



Pemerintah Daerah
Kabupaten Malang



International
Labour
Organization

MANAJEMEN JALAN PEDESAAN DI INDONESIA MENGUNAKAN MODEL PARTISIPATIF



PETUNJUK TEKNIS UNTUK PENYELIA

Pembangunan Jalan Padat Karya
dibawah Program Kemitraan Masyarakat-Pemerintah
di Kabupaten Malang

MANAJEMEN JALAN PEDESAAN DI INDONESIA MENGGUNAKAN MODEL PARTISIPATIF

PETUNJUK TEKNIS UNTUK PENGAWAS

Pembangunan Jalan Berbasis Tenaga Kerja
dibawah Program Kemitraan Pemerintah-Masyarakat
di Kabupaten Malang

Copyright © Organisasi Perburuhan Internasional 2010

Edisi Bahasa Indonesia, Cetakan Pertama 2010

Publikasi-publikasi Kantor Perburuhan Internasional memperoleh hak cipta yang dilindungi oleh Protokol 2 Konvensi Hak Cipta Universal. Meskipun demikian, kutipan-kutipan singkat dari publikasi tersebut dapat diproduksi ulang tanpa izin, selama terdapat keterangan mengenai sumbernya. Permohonan mengenai hak reproduksi atau penerjemahan dapat diajukan ke ILO Publications (Rights and Permissions), International Labour Office, CH-1211 Geneva 22, Switzerland, atau melalui e-mail: pubdroit@ilo.org. Kantor Perburuhan Internasional menyambut baik permohonan-permohonan seperti itu.

Perpustakaan, lembaga dan pengguna lain yang terdaftar di Inggris Raya dengan Copyright Licensing Agency, 90 Tottenham Court Road, London W1T 4LP [Fax: (+44) (0)20 7631 5500; email: cla@cla.co.uk], di Amerika Serikat dengan Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 [Fax: (+1) (978) 750 4470; email: info@copyright.com] atau di negara-negara lain dengan Reproduction Rights Organizations terkait, dapat membuat fotokopi sejalan dengan lisensi yang diberikan kepada mereka untuk tujuan ini.

Organisasi Perburuhan Internasional, 2010

Manajemen Jalan Pedesaan di Indonesia menggunakan Model Partisipatif: *Petunjuk Teknis untuk Penyelia*/Organisasi Perburuhan Internasional - Jakarta: ILO, 2010

xviii, 174 p.

ISBN 978-92-2-823528-9 (print);

ISBN 978-92--2-823529-6 (web pdf)

Juga tersedia dalam bahasa Inggris: Management of Rural Roads in Indonesia Using a Participatory Model: Technical Guidelines for Supervisors; ISBN: 978-92-2-123528-6 (print); 978-92-2-123529-3 (web pdf) / International Labour Organization - Jakarta: ILO, 2010

Katalog ILO dalam Data Publikasi

Penggambaran-penggambaran yang terdapat dalam publikasi-publikasi ILO, yang sesuai dengan praktik-praktik Perserikatan Bangsa-Bangsa, dan presentasi materi yang ada di dalamnya tidak mewakili pengekspresian opini apapun dari sisi Kantor Perburuhan Internasional mengenai status hukum negara, wilayah atau teritori manapun atau otoritasnya, atau mengenai batas-batas negara tersebut.

Tanggungan atas opini-opini yang diekspresikan dalam artikel, studi, dan kontribusi lain yang ditandatangani merupakan tanggung jawab penulis, dan publikasi tidak mengandung suatu dukungan dari Kantor Perburuhan Internasional atas opini-opini yang terdapat di dalamnya.

Rujukan ke nama perusahaan dan produk komersial dan proses tidak menunjukkan dukungan dari Kantor Perburuhan Internasional, dan kegagalan untuk menyebutkan suatu perusahaan, produk komersial atau proses tertentu bukan merupakan tanda ketidaksetujuan.

Publikasi ILO dapat diperoleh melalui penjual buku besar atau kantor lokal ILO di berbagai negara, atau secara langsung dari ILO Publications, International Labour Office, CH-1211 Geneva 22, Switzerland (e-mail: pubvente@ilo.org) ; atau Kantor ILO Jakarta, Menara Thamrin, Lantai 22, Jl. M.H. Thamrin Kav. 3, Jakarta 10250, Indonesia (e-mail: jakarta@ilo.org). Katalog atau daftar publikasi tersedia secara cuma-cuma dari alamat di atas atau melalui email.

Kunjungi Website kami : www.ilo.org/publication ; www.ilo.org/jakarta

Dicetak di Jakarta

Ucapan Terimakasih

Panduan ini dihasilkan dengan pendananaan dari ILO *Job Opportunities for Youth Project* (JOY), setelah permintaan dari Departemen Pekerjaan Umum Kabupaten Malang untuk memberikan panduan kepada para pelaku terutama pengawas yang terlibat dalam pembangunan jalan pedesaan pada Program Kemitraan Pemerintah dan Masyarakat di Kabupaten Malang.

Panduan ini dibuat dengan menggunakan bahan dari berbagai sumber termasuk panduan teknis yang ada sekarang dan panduan dari ILO serta organisasi lain. Beberapa bahan referensi terkait tersedia dalam proyek ILO lain di Indonesia dan negara-negara lain yang menggunakan panduan tersebut. Lampiran 1 memberikan dan meninjau beberapa panduan serta bahan referensi yang ada digunakan untuk mengembangkan panduan ini.

Penulis juga ingin menyampaikan penghargaan kepada Pemerintah Malang dan Dina Bina Marga untuk kemauan dan kerjasama dalam menyiapkan panduan ini. Komentar dan masukan yang berharga dari staf DPU di Malang juga sangat kami hargain dalam menyelesaikan isi panduan ini.

Tanpa dukungan dari Kantor ILO Jakarta dan staf Proyek JOY ILO, maka tidak akan mungkin menerbitkan panduan ini dan para penulis berterimakasih akan komitmen dan dukungan mereka dalam mengkoordinasikan dan memfasilitasi berbagai kegiatan yang dibutuhkan untuk penerbitan panduan ini.

Ucapan terimakasih khusus kami sampaikan kepada para pengawas dari kalangan masyarakat di Kabupaten Malang yang memberikan masukan dan saran berharga ketika pertemuan dan lokakarya yang kami selenggarakan dalam mendefinisikan kebutuhan dari kelompok yang nantinya akan menggunakan buku panduan ini.

Bagus Mudiantoro dan Bas Athmer

Konsultan

Jakarta, April 2010

Kata Pengantar

Puji syukur kehadiran Allah SWT. Tuhan Yang Maha Kuasa atas taufik dan hidayah-Nya telah diterbitkan Buku *"Management Rural Roads in Indonesia Using a Participatory Model"* oleh Tim International Labour Organisation (ILO) bersama Pemerintah Kabupaten Malang yang berisikan pola pembangunan jalan berbasis kemitraan atau gotong royong yang diselenggarakan oleh Pemerintah Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur Indonesia bersama-sama dengan masyarakatnya.

Kabupaten Malang merupakan salah satu dari 38 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur dengan luas wilayah 3.534,86 km² merupakan wilayah terluas ke-2 dan jumlah penduduk sebesar 2.734.375 jiwa yang juga merupakan jumlah penduduk terbesar ke-2 di Provinsi Jawa Timur. Kedua aspek yaitu luas wilayah dan jumlah penduduk tersebut membawa konsekuensi terhadap infrastruktur yang tersedia termasuk panjang jalan. Data panjang jalan di Kabupaten Malang pada tahun 2003 awal dimulainya pola kemitraan dan gotong royong ini untuk jalan desa ketersediaannya dibandingkan dengan kebutuhan baru mencapai + 50,1% yang berarti masih perlu dibangun jalan desa sepanjang 4.491 km atau 49,9% lagi, disisi lain kemampuan Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD) sangat terbatas.

Dalam melaksanakan pembangunan jalan, Pemerintah Kabupaten Malang telah mampu menjalin kerjasama yang baik bersama masyarakat melalui kemitraan. Kemitraan masyarakat diwujudkan melalui Gotong royong. Gotong royong adalah bekerja bersama-sama untuk menyelesaikan suatu urusan yang dilandasi semangat kebersamaan-sukarela dan tanggung jawab yang tinggi. Melalui kemitraan ini, pemerintah telah mampu menjalin kerjasama yang handal dalam penyelenggaraan jalan di perdesaan.

Hasil pembangunan jalan desa dengan pola kemitraan dan gotong royong dari tahun 2003 sampai dengan akhir tahun 2009 sepanjang + 2.398 km jalan baru yang dapat dibangun atau senilai total Rp. 255 milyar yang terdiri dari Rp. 176 milyar swadaya masyarakat dan dari APBD sebesar Rp. 79 milyar sehingga total panjang jalan desa menjadi 6.907,9 km. atau tingkat ketersediaan meningkat menjadi 76,8% yang semula tahun 2003 hanya 50,1%

Dalam perkembangannya pola kemitraan dan gotong royong tidak terbatas pada pembangunan jalan desa tapi meluas hingga ke aspek lainnya seperti pembangunan irigasi desa dan bangunan perdesaan lainnya. Rasio kontribusi masyarakat dengan pemerintah daerah juga semakin meningkat yaitu rata-rata 70:30 artinya komitmen dan rasa tanggung jawab masyarakat untuk membangun desa bersama-sama dengan pemerintah daerah semakin kuat.

Kehadiran ILO yang merekam kearifan lokal Kabupaten Malang termasuk model pembangunan infrastruktur perdesaan dengan pola kemitraan dan gotong royong semakin memberi semangat kepada masyarakat Kabupaten Malang bahwa apa yang sudah dirintis dan dikembangkan ternyata mendapatkan apresiasi dari lembaga yang berkompeten dibidang ketenagakerjaan. Apalagi ILO juga memberikan kontribusi dengan program peningkatan ketrampilan sumberdaya manusia pemuda khususnya dibidang ketrampilan teknis pembuatan jalan desa.

Semoga karya kecil kearifan lokal masyarakat Kabupaten Malang dalam bentuk model Pembangunan Jalan Perdesaan Berbasis Partisipatif atau Kemitraan Masyarakat dapat bermanfaat dalam rangka percepatan pemenuhan kebutuhan fundamental masyarakat perdesaan dan lebih luas lagi akan dapat menjadi sumbangan masyarakat Indonesia kepada masyarakat dunia khususnya negara yang sedang berkembang. Terima kasih kepada ILO dan semoga kiprah ILO akan semakin dirasakan manfaatnya oleh banyak bangsa di dunia. Filosofi kami cinta damai dan mendambakan persahabatan sejati dengan Visi Pembangunan: menjadi Kabupaten Malang yang Aman, Maju, Adil dan Makmur;

Selamat Datang di Kabupaten Malang.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sujud Pribadi', with a long horizontal line extending to the left.

Sujud Pribadi
Bupati Malang

Jalan pedesaan merupakan salah satu faktor penting dalam mendorong dan memfasilitasi pembangunan ekonomi daerah. Jalan pedesaan memberikan akses terhadap fasilitas serta pelayanan perekonomian dan sosial seperti pasar, lembaga keuangan dan penyedia jasa pemerintahan, penyedia produk pertanian, sekolah dan pelayanan kesehatan. Sebuah jaringan jalan pedesaan yang baik akan meningkatkan mobilitas dan memberikan ruang bagi penghematan pergerakan manusia dan barang. Di berbagai Negara ini manfaat dari jaringan jalan desa yang baik terhadap pembangunan perekonomian daerah telah terlihat nyata. Dengan penekanan utama dari Proyek *Job Opportunities for Youth* (JOY) ILO kepada Pembangunan Ekonomi Daerah, perlunya pembangunan dan pemeliharaan jaringan jalan desa dalam konteks memfasilitasi dan berkontribusi terhadap perekonomian daerah telah diakui oleh Pemerintah Daerah Malang dan juga ILO.

Dengan kepemimpinan Bupati Kabupaten Malang yang dinamis—Kemitraan dengan masyarakat dilaksanakan yang berfokus kepada peningkatan dan pemeliharaan infrastruktur daerah. Penekanan program ini adalah pada jalan desa yang dibangun oleh masyarakat. Program ini dilaksanakan di Kabupaten Malang sejak tahun 2003, dan berdasarkan konsep tradisional Gotong Royong. Melalui program ini, masyarakat daerah dan pemerintah daerah bekerja sama membangun infrastruktur daerah. Masyarakat memberikan kontribusi sukarela mereka terutama dalam bentuk tenaga kerja dimana pemerintah yang bersangkutan, departemen terkait, Departemen Pekerjaan Umum (Bina Marga) memberikan bantuan keuangan dan keahlian teknis.

Meskipun Program Kemitraan Pemerintah—Masyarakat telah menunjukkan kemajuan yang pesat selama tujuh tahun terakhir, kebutuhan untuk meningkatkan kualitas pekerjaan yang bertujuan untuk memaksimalkan manfaat investasi pun terwujud. Untuk menangani masalah tersebut, Kantor Dinas Pekerjaan Umum di Malang dan proyek JOY ILO menyepakati bahwa akan sangat berguna untuk membuat panduan teknis bagi para pengawas yang terlibat dalam pembangunan jalan desa serta kegiatan pemeliharaan dalam program kemitraan ini. Para pengawas memainkan peran penting dalam pelaksanaan kegiatan konstruksi dan telah diakui bahwa kualitas pekerjaan sangat terkait erat dengan kualitas pengawasannya.

Panduan yang ada saat ini merupakan hasil dari berbagai pengkajian, diskusi, konsultasi dan lokakarya yang diselenggarakan selama setahun terakhir. Mengingat inisiatif gotong royong di Malang dan tujuan dari pekerjaan yang disediakan oleh Pemerintah Daerah Malang, maka disepakati bahwa penekanan panduan ini haruslah kepada pendekatan dan teknologi berbasis tenaga kerja. Pendekatan dan teknologi ini sangat sesuai dengan jenis pekerjaan pembangunan jalan yang dilakukan dalam

program kemitraan ini. Kerjasama yang konstruktif dan bermanfaat antara Dinas PU Malang dan Proyek JOY ILO menghasilkan panduan ini. Tujuan dari panduan ini adalah untuk memberikan serangkaian alat bagi para pengawas sehingga mereka dapat meningkatkan kualitas dari pekerjaan jala karenanya akan mengoptimalkan manfaat investasi dan juga memfasilitasi pembangunan perekonomian daerah.

Melalui pengembangan pengetahuan dan keterampilan yang terus menerus dilakukan dari para pengawas dan tenaga kerja yang terlibat dalam proyek konstruksi ini, juga dipercaya bahwa ini akan meningkatkan kesempatan kerja dari para pengawas dan tenaga kerja. Bukti dari proyek serupa menunjukkan bahwa memang tenaga kerja dan pengawas akan mudah mendapatkan pekerjaan di industri konstruksi swasta setelah pengetahuan dan keterampilan mereka meningkat.

Ir. Agus Prajitno M.T.

Kepala Bagian Teknis

Dinas Pekerjaan Umum, Malang

Matthieu Cognac,

Kepala Penasihat Teknis, Proyek ILO-JOY

ILO Jakarta

Daftar Isi

Ucapan Terima Kasih	iii
Kata Pengantar	iv
Sambutan	vii
1. Pendahuluan	1
2. Inisiatif Gotong Royong di Malang	5
3. Survey, Desain dan Perkiraan Biaya	9
3.1 Surveys	9
3.2 Desain	11
3.3 Perkiraan Biaya	12
4. Alat dan Perlengkapan	17
4.1 Alat Tangan	17
4.2 Perlengkapan	20
5. Bahan Bangunan	21
5.1 Semen	21
5.2 Agregat	23
5.3 Bahan Bakar, Minyak, Pelumas dan Bitumen	24
6. Perencanaan dan Pengorganisasian Kerja	25
6.1 Rencana Kerja	25
6.2 Motivasi Tenaga Kerja	27
6.3 Pengorganisasian Tenaga Kerja	27
6.4 Keselamatan di Lapangan dan Persyaratan Kerja	29
6.5 Pengawasan	30
7. Konstruksi	31
7.1 Pekerjaan Persiapan	31
7.1.1 Pengaturan Horizontal	33
7.1.2 Kelengkungan	33
7.1.3 Pengaturan Vertikal	33

7.1.4	Saluran Pembuang	36
7.1.5	Saluran Drainase Samping	38
7.1.6	Potongan Melintang	38
7.2	Pembersihan Lahan	40
7.3	Pekerjaan Tanah	40
7.4	Pekerjaan Kerikil	52
7.5	Pemadatan	57
7.6	Pekerjaan Drainase	61
7.6.1	Drainase Muka Jalan	62
7.6.2	Drainase Samping	62
7.6.3	Drainase Off-Road	63
7.6.4	<i>Culverts</i>	68
7.6.5	Drift	71
7.6.6	Jembatan Kecil	76
7.7	Road Wearing Course	94
7.7.1	<i>Otta Seal</i>	96
7.7.2	Aplikasi berbasis Emulsi Campuran Dingin	99
7.7.3	Perkerasan batu	100
7.7.4	Perkerasan beton	100
7.7.5	<i>Telford</i>	101
7.7.6	Perawatan Permukaan Aspal Tunggal dan Ganda	102
7.7.7	Makadam Penetrasi Aspal	103
7.7.8	Makadam Basah dan Makadam Kering	103
7.7.9	Permukaan Lapis perkerasaan Pasir dan Latasir	104
7.8	Pengendalian Erosi	105
7.8.1	Langkah-langkah Pengendalian Erosi Vegetatif	105
7.8.2	Dinding Penahan Tanah	106
8	Pemeliharaan	109
8.1	Pendahuluan	109
8.2	Kebutuhan Tenaga Kerja untuk Pemeliharaan	112
8.3	Perencanaan dan Pengaturan Kegiatan Pemeliharaan	119
9	Pelaporan	123

Tabel

Table 1: Contoh Catatan Inventarisasi Pekerjaan Awal untuk Pembangunan Jalan	9
Table 2: Item-item Desain yang Spesifi kasinya Disediakan oleh Pekerjaan Umum	12
Table 3: Contoh ilustratif bagaimana menghitung perkiraan biaya untuk 1 kilometer DBST	14
Table 4: Contoh penghitungan biaya pekerjaan galian dan pondasi batu kali	15
Table 5: Kebutuhan Alat untuk Konstruksi Jalan berbasis Tenaga Kerja	16
Table 6: Kegiatan Pemeliharaan Harian untuk Peralatan	20
Table 7: Contoh ilustratif rencana kerja bulanan untuk pembangunan jalan 1 km DBST	26
Table 8: Contoh mengatur pekerjaan menurut kelompok pekerja untuk satu ruas jalan.	28
Table 9: Contoh cara menghitung jumlah lintasan untuk Pemadatan	60
Table 10: Jumlah lintasan untuk Pemadatan untuk beragam peralatan Pemadatan	60
Table 11: Jarak bangunan terjunan untuk kemiringan dan jenis tanah yang berbeda	66
Table 12: Pertimbangan dalam Penentuan Lapis Perkerasan	94
Table 13: <i>Some possible options for base course and surfacing combinations</i>	95
Table 14: Potensi penggunaan peralatan dan tenaga kerja untuk kegiatan pemeliharaan tertentu	110
Table 15: Tugas pemeliharaan rutin tipikal	110
Table 16: Unsur-unsur struktur yang perlu diperiksa untuk menentukan kebutuhan pemeliharaan	111
Table 17: Prioritas pemeliharaan rutin sesuai dengan iklim musim	111
Table 18: Kebutuhan tenaga kerja untuk memberikan gorong-gorong	112
Table 19: Kebutuhan tenaga kerja untuk pembersihan reruntuhan dari jembatan	113
Table 20: Kebutuhan tenaga kerja untuk membersihkan saluran pembuang	113
Table 21: Kebutuhan masukan tenaga kerja untuk menyingkirkan reruntuhan dari saluran drainase samping jenis A	113
Table 22: Kebutuhan masukan tenaga kerja untuk membersihkan saluran drainase samping jenis B	114
Table 23: Kebutuhan tenaga kerja untuk pekerjaan benching	114
Table 24: Kebutuhan tenaga kerja untuk menambal galur-galur erosi	115
Table 25: Kebutuhan tenaga kerja untuk penambalan lubang jalan	116
Table 26: <i>Labour input requirements for filling ruts</i>	116
Table 27: Kebutuhan tenaga kerja untuk membongkar bahu jalan	117
Table 28: Kebutuhan tenaga kerja untuk pembentukan kembali jalur kendaraan	117

Table 29: Kebutuhan tenaga kerja untuk pembersihan	118
Table 30: Kebutuhan tenaga kerja untuk penanaman rumput	119
Table 31: Contoh masukan kebutuhan untuk kegiatan pemeliharaan	120
Table 32: Contoh rencana pemeliharaan 4-minggu, berdasarkan info dari tabel 31	120

Bagan

Bagan 1: Langkah-langkah dalam Melaksanakan Program Kemitraan	7
Bagan 2: Penggunaan BoQ dan Harga Satuan untuk menghitung Biaya dan Persyaratan Input	12
Bagan 3: Langkah-langkah dalam Menyiapkan Anggaran	13
Bagan 4: Prosedur untuk memindahkan ketinggian dari satu lokasi ke lokasi lain	18
Bagan 5: Prosedur memeriksa keakuratan waterpass	19
Bagan 6: Kotak takar untuk mengontrol proporsi adukan	22
Bagan 7: Merancang Garis Tengah Lurus	31
Bagan 8: Merancang sudut 90° dari garis tengah	33
Bagan 9: Merancang Kelengkungan “Dengan pandangan Mata”	33
Bagan 10: Menetapkan papan profil di tiang penanda di sepanjang garis tengah	34
Bagan 11: Melihat papan profil	34
Bagan 12: Menyesuaikan papan profil untuk mengurangi jumlah pekerjaan perataan	34
Bagan 13: Contoh Penghitungan Lereng Vertikal di Sepanjang Jalan	35
Bagan 14: Merancang sebuah Lereng Vertikal	36
Bagan 15: Merancang Level Di Bawah Garis Pandang	36
Bagan 16: Merancang Kelengkungan Vertikal	37
Bagan 17: Galian Berlebih Saat Mengaplikasikan Lereng Lurus	37
Bagan 18: Meminimalkan Galian dengan mengaplikasikan Dua Lereng berbeda	37
Bagan 19: Merancang Panjang sebuah Saluran Katup	38
Bagan 20: Merancang Saluran Drainase Samping	38
Bagan 21: Contoh sebuah Cross section sebuah Jalan Batu	39
Bagan 22: Merancang tiang penanda dan pasak untuk menandai garis tengah, bahu jalan dan saluran samping	39
Bagan 23: Merancang papan profil di permulaan dan akhir bagian tersebut	39
Bagan 24: Melihat profil di tiang penanda bagian tengah	40
Bagan 25: Pindahkan level garis tengah ke sisi luar saluran	40
Bagan 26: Merancang level bahu jalan	41
Bagan 27: Contoh Cross section di dataran bergunung-gunung	41
Bagan 28: Contoh Pekerjaan Tanah di Daerah Rata	42
Bagan 29: Contoh Pekerjaan Tanah di Daerah Miring	43

Bagan 30: Tahap 1 dalam pembangunan sebuah jalan di dataran miring	43
Bagan 31: Tahap 2 dalam pembangunan sebuah jalan di dataran miring	43
Bagan 32: Contoh Menyeimbangkan galian dan timbunan dalam Pekerjaan Tanah	44
Bagan 33: Contoh Kalkulasi Pekerjaan Penggalian	45
Bagan 34: Formula untuk Kalkulasi Area Penggalian	46
Bagan 35: Contoh Kalkulasi Area untuk Digali per Hari	46
Bagan 36: Menggunakan Pelintas untuk Mengecek bahwa Penggalian Dilakukan sebagaimana Diminta	47
Bagan 37: Contoh merancang pekerjaan penggalian dalam periode 3 hari	47
Bagan 38: Merancang landaian urugan 1: 2	48
Bagan 39: Membangun urugan melalui lapisan-lapisan yang dipadatkan	48
Bagan 40: Penguncian material urugan melalui penguncian sisi	48
Bagan 41: Membangun lengkungan menggunakan tanah dari saluran samping dan lereng penyangga	49
Bagan 42: Penggalian saluran samping dua tahap	50
Bagan 43: Merancang lengkungan dengan menggunakan pasak dan benang	50
Bagan 44: Mengecek lengkungan menggunakan pasak dan benang	51
Bagan 45: Contoh menambah ketinggian lengkungan di kelengkungan tajam	51
Bagan 46: Penampang khas pada jalan kerikil	53
Bagan 47: Uji kemantapan	53
Bagan 48: Kegiatan yang diperlukan untuk menerapkan kerikil	54
Bagan 49: Arah penerapan kerikil yang salah dan benar berkaitan dengan lokasi penggalian	55
Bagan 50: Arah Pemadatan: dari bahu ke as	57
Bagan 51: Unsur-unsur khas sistem drainase untuk sebuah jalan	62
Bagan 52: Camber yang dibangun untuk memungkinkan air permukaan terbuang ke drain samping	62
Bagan 53: Penampang khas drain samping	63
Bagan 54: Saluran Pembuang	64
Bagan 55: Pastikan ada block-off yang kokoh pada sisi/samping saluran drainase	64
Bagan 56: Sudut saluran pembuang yang dikehendaki	65
Bagan 57: Menentukan sudut antara saluran pembuang dengan saluran drainase samping	65
Bagan 58: Penampang saluran pembuang yang khas untuk berbagai jenis tanah	65
Bagan 59: Terjunan	65
Bagan 60: Penampang pemeriksaan gesekan yang khas yang dibuat dengan bahan daerah setempat	66
Bagan 61: Contoh pembangunan saluran drainase limpasan yang benar dan yang salah	67
Bagan 62: Penampang gorong-gorong pipa tipikal	68

Bagan 63: Membuat lerengan di atas gorong-gorong pipa	70
Bagan 64: Contoh cetakan tengah yang buruk dan yang benar	70
Bagan 65: Penampang Tipikal Drift	71
Bagan 66: Contoh penentuan lolasi drift	72
Bagan 67: Penetapan kelerengan untuk approach drift	72
Bagan 68: Contoh drift yang dibuat dari kerikil atau batu dengan kotak-kotak bronjong	73
Bagan 69: Lantai beton yang digunakan untuk membuat drift	74
Bagan 70: Penampang yang dibuat dari pitched stone dan dinding pasangan batu	74
Bagan 71: Pematang yang dibuat dari beton masal	74
Bagan 72: Pematang yang dibuat dari lantai beton dan pelindung dasar yang fleksibel	74
Bagan 73: Penampang dan elevasi tipikal dari pematang berlubang-lubang	75
Bagan 74: Jembatan penyeberangan untuk sungai sempit dan sesuai dengan persyaratan	78
Bagan 75: Penggunaan kaki pangkal untuk penyeberangan sungai yang lebih lebar	79
Bagan 76: Penggunaan tanggul dan gorong-gorong untuk sungai sempit melintasi bidang banjir lebar	79
Bagan 77: Kotak Bronjong	81
Bagan 78: Dua jenis dinding bronjong	81
Bagan 79: Matres bronjong	81
Bagan 80: Contoh matres bronjong – jenis launching apron	82
Bagan 81: Tiang-tiang yang dipancang membentuk dinding panjang untuk mencegah pengaruh gerusan	83
Bagan 82: Bentuk tipikal bangunan bawah dari beton	83
Bagan 83: Unsur-unsur utama sebuah tumpuan	84
Bagan 84: Kedalaman pondasi kaki pangkal dalam berbagai situasi	85
Bagan 85: Belahan memanjang dari jembatan gelondongan	89
Bagan 86: Penampang jembatan gelondongan	89
Bagan 87: Typical cross section of a sawn beam bridge	90
Bagan 88: Jembatan kayu dengan tumpuan kayu	91
Bagan 89: Jembatan dengan kaki pangkal kayu	92
Bagan 90: Struktur lapis perkerasan jalan	94
Bagan 91: Tinjauan Ilustratif pelbagai teknik penyegelan aspal	96
Bagan 92: <i>Lay-out for the use of grass runners</i>	105
Bagan 93: Penguatan saluran pembuang pada susunan batu-batu sampung	113
Bagan 94: Penampang tipikal A dari drain sampung	113
Bagan 95: Penampang tipikal B dari saluran drainase sampung	114
Bagan 96: Undakan (<i>benching</i>) pada pekerjaan tanah	114
Bagan 97: Penambalan lubang-lubang jalan	115
Bagan 98: Bekas roda di jalur kendaraan	116

Gambar

Gambar 1:	Membersihkan penyemprot emulsi setelah digunakan	20
Gambar 2:	Merancang garis lurus dan lereng	32
Gambar 3:	Merancang sudut 90° dari garis tengah	32
Gambar 4:	Memeriksa lereng di sepanjang garis tengah	35
Gambar 5:	<i>Cutting and leveling</i>	44
Gambar 6 :	Membangun lengkungan dengan tanah dari saluran samping	49
Gambar 7:	Lengkungan lengkap jalan batu	49
Gambar 8:	Pemadatan dan Pembentukan Kemiringan Jalan	50
Gambar 9:	Mengecek lengkungan menggunakan pasak dan benang	51
Gambar 10:	Penentuan penyebaran kerikil	56
Gambar 11:	Penyiraman sebelum Pemadatan	56
Gambar 12:	Pemadatan dengan penggiling getar pejalan kaki	57
Gambar 13:	Penggiling bergetar	59
Gambar 14:	Pastikan ada cukup tumpang-tindih ketika Anda melakukan Pemadatan	59
Gambar 15:	Pekerjaan saluran drainase samping: penggalian, pemasangan batu dan pemeriksaan penampang	63
Gambar 16:	<i>Example of concrete drift</i>	73
Gambar 17:	Gabungan Drift dengan Beberapa Gorong-Gorong (<i>Vented Causeway</i>)	75
Gambar 18:	<i>Consider traffic requirements when designing bridge</i>	76
Gambar 19:	<i>Construction of box culvert</i>	77
Gambar 20:	Jembatan kayu sederhana	77
Gambar 21:	Konstruksi lantai pelat beton utuh untuk jembatan kecil	86
Gambar 22:	<i>Otta seal road after 9 years of operation and without maintenance</i>	97
Gambar 23:	<i>Cold-mix sealed road section</i>	99
Gambar 24:	<i>Concrete block pavement</i>	100
Gambar 25:	<i>Stone pavement road</i>	101
Gambar 26:	<i>Completed concrete road</i>	101
Gambar 27:	<i>Telford after some years of operation</i>	102
Gambar 28:	<i>Road with DBST Surface</i>	102
Gambar 29:	<i>Spraying bitumen for Penetration Macadam</i>	103
Gambar 30:	<i>Grass protection of shoulders</i>	105
Gambar 31:	<i>Turfing of side slopes</i>	106
Gambar 32:	<i>Masonry retaining wall</i>	106
Gambar 33:	<i>Dry stone retaining wall under construction</i>	107
Gambar 34:	<i>Gabion retaining wall</i>	107
Gambar 35:	Campuran dingin does not require heating of aspal	147
Gambar 36:	<i>Spreading aggregates for base-course using steel shutters for form work</i>	150

Gambar 37: <i>Compaction of base-course for cold mix sealing</i>	150
Gambar 38: <i>Measuring aggregates for mixing cold mix</i>	150
Gambar 39: <i>Mixing of the cold mix</i>	151
Gambar 40: <i>Spreading and screening cold mix</i>	151
Gambar 41: <i>Compacting cold mix</i>	151
Gambar 42: <i>Completed road section</i>	152
Gambar 43: Jalan telford sedang dibangun	156
Gambar 44: Pemadatan agregat	163
Gambar 45: <i>Applying bitumen</i>	164
Gambar 46: <i>Mixing and heating of Latasir</i>	171
Gambar 47: Penghamparan perkerasan	171
Gambar 48: Perataan Latasir	172
Gambar 49: Pemadatan lapisan Latasir	172

Lampiran

Lampiran 1: Dokumen Referensi	127
Lampiran 2: Format Proposal di bawah Kemitraan Masyarakat – Pemerintah	129
Lampiran 3: Menghitung Area, Volume dan Bobot	135
Lampiran 4: Menghitung Kemiringan	137
Lampiran 5: Terminologi, Klasifikasi dan Kesesuaian Tanah	138
Lampiran 6: Otta seal	140
Lampiran 7: Campuran dingin	147
Lampiran 8: Perkerasan Blok Batu dan Blok Beton	153
Lampiran 9: Telford	156
Lampiran 10: Perawatan Permukaan Aspal Tunggal dan Ganda	158
Lampiran 11: Makadam Penetrasi	161
Lampiran 12: <i>Water Bound and Dry Macadam</i>	166
Lampiran 13: Latasir	171
Lampiran 14: Campuran Beton Biasanya dan Pedoman Bangunan Batu	174

Daftar Singkatan

BoQ:	<i>Bill of Quantity</i>
DBM:	<i>Dry Bound Macadam</i>
DBST:	<i>Double Bituminous Surface Treatment</i>
DFL:	<i>Design Flood Level</i>
HFL:	<i>High Flood Level</i>
ILO:	<i>International Labour Organization/Organisasi Perburuhan Internasional</i>
JOY:	<i>Job Opportunities for Youth/Program Peluang Kerja bagi Kaum Muda</i>
LB:	Labour-based (Berbasis Tenaga Kerja)
LED:	<i>Local Economic Development/Pembangunan Ekonomi Daerah</i>
O&M:	<i>Operation and Maintenance/Operasional dan Pemeliharaan</i>
Rp:	Rupiah
PW:	<i>Public Works/Pekerjaan Umum</i>
PWD:	<i>Public Works Department/Departemen Pekerjaan Umum</i>
SBST:	<i>Single Bituminous Surface Treatment</i>
SNI:	Standar Nasional Indonesia
USD:	<i>United States Dollars</i>
APBD:	Anggaran pendapatan dan Belanja Daerah
RAB:	Rencana Anggaran Biaya



Program ILO Job Opportunities for Youth (JOY) di Jawa Timur berupaya meningkatkan kesempatan kerja bagi orang muda. Tujuannya adalah menciptakan kesempatan mendapatkan pendapatan bagi laki-laki maupun perempuan muda di Indonesia melalui kebijakan nasional dan inisiatif lokal yang berujung pada pertumbuhan lapangan kerja yang intensif.

Salah satu komponen dari program ini, Komponen Pengembangan Ekonomi Daerah atau Local Economic Development (LED) berupaya mengidentifikasi dan memaksimalkan potensi ekonomi di dua kabupaten dimana proyek ini dilaksanakan. Dalam lingkup kegiatannya dan sebagai dokumen proyek, proses LED termasuk juga peningkatan kesempatan kerja yang intensif (juga dikenal sebagai kegiatan berbasis tenaga kerja) dan investasi infrastruktur

Melalui JOY, ILO memberikan bantuan teknis pada bulan Maret-April 2009 kepada pemerintah dan Kantor Dinas Pekerjaan Umum di Malang dalam meningkatkan pemahaman dan kemampuan mereka mengenai penerapan metodologi berbasis tenaga kerja dalam melakukan pembangunan infrastruktur berskala kecil di tingkat komunitas.

Hal ini dilakukan melalui penyampaian orientasi dasar dan pelatihan aplikasi pendekatan dan teknologi LB yang berada di dalam konteks inisiatif Gotong Royong di Malang. Pelatihan ini diberikan kepada staf teknis dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten, para pengamat masyarakat dan staf kunci pemerintah Daerah tingkat Kabupaten dan beberapa Kecamatan.

Tujuan dari inisiatif Gotong Royong di Malang ini juga berupaya untuk menggunakan tenaga kerja, dan bahan dasar yang tersedia secara lokal di Malang, dan untuk mempercepat pembangunan infrastruktur desa. Inisiatif ini diawali pada tahun 2003 dan mengaplikasikan metode berbasis tenaga kerja yang juga bertujuan untuk menghidupkan kembali semangat Gotong Royong yang sudah mulai luntur di antara masyarakat Indonesia. Masyarakat, melalui pemerintah daerah dapat meminta Kabupaten Malang untuk berbagi tentang proyek kemitraan Gotong Royong dengan syarat masyarakat di daerah tersebut bersedia menyediakan materia setempat dan lahan yang dibutuhkan untuk melakukan inisiatif yang diusulkan.

Kegiatan-kegiatan yang ada di bawah inisiatif Gotong Royong ini dilaksanakan di berbagai sektor dengan sebagian besar upaya diarahkan untuk peningkatan kualitas jalan pedesaan. Hingga tahun 2009 DPU di Malang telah menyalurkan sekitar Rp. 80 Miliar (atau sekitar USD 8 Juta) untuk mendanai program kemitraan antara

komunitas dan pemerintah daerah untuk mengembangkan infrastruktur pedesaan. Program kemitraan ini telah mencakup 1,141 desa di seluruh Kabupaten Malang. Total kontribusi masyarakat dalam program kemitraan ini sekitar Rp. 176 Miliar (USD 17.6 Juta) dan total biaya dari semua proyek yang dilaksanakan hampir mencapai Rp. 256 Miliar (USD 25.6 Juta).

Setelah bantuan yang diberikan oleh Proyek ILO JOY pada tahun 2009, DPU Malang telah meminta ILO untuk memberikan bantuan tindak lanjut. Permohonan tersebut adalah untuk memberikan bantuan dalam mengembangkan panduan teknis yang praktis mencakup berbagai rancangan dan aspek pelaksanaan pembangunan jalan desa, menggunakan pendekatan dan teknologi berbasis tenaga kerja. Para pengguna dari buku panduan ini diantaranya para penyelia di tingkat Kabupaten dan pengamat berbasis komunitas yang terlibat dalam proses konstruksi, rehabilitasi dan pemeliharaan infrastruktur jalan desa bervolume rendah.

Dinas Bina Marga Kabupaten Malang telah mempersiapkan draf awal dan meminta Proyek JOY untuk meninjau panduan ini dan memberikan bantuan teknis untuk meningkatkan kualitasnya. Hasil dari bantuan teknis yang diberikan melalui proyek JOY ILO ini adalah panduan yang ada saat ini.

Tujuan dari panduan ini adalah untuk memberikan panduan teknis bagi para pengawas berbasis komunitas dan penyelia PWD dalam hal desain, konstruksi, rehabilitasi dan pemeliharaan jalan desa bervolume rendah dilaksanakan dalam inisiatif Gotong Royong. Panduan ini juga dapat digunakan oleh para pelatih PWD profesional dalam memberikan pelatihan bagi para penyelia.

Para pengawas yang terampil dan memiliki pengetahuan yang banyak merupakan KUNCI dalam memastikan bahwa proyek ini dibangun seperti yang disyaratkan dalam standard dan spesifikasi desainnya. Panduan ini bertujuan memberikan para pengawas kemampuan dan pengetahuan yang mereka butuhkan dalam mengawasi pembangunan jalan desa dan pekerjaan-pekerjaan pemeliharaan. Ini akan menjamin keuntungan optimal dari investasi yang dilakukan dan usia penggunaan maksimal dari aset infrastruktur yang dibangun.

Ruang lingkup panduan ini adalah untuk memberikan panduan bagi para pengawas yang akan dapat memberikan mereka kemudahan dalam memeriksa apakah kondisi dan persyaratan dasar dari desain jalan pedesaan, konstruksi dan pemeliharaannya dipatuhi. Tergantung dengan ruang lingkup pekerjaan, rancangan dan konstruksi jalan pedesaan yang mungkin akan membutuhkan pekerjaan rekayasa yang rumit. Artinya ketersediaan kemampuan rekayasa yang memadai akan sangat dibutuhkan. Tanpa masukan rekayasa profesional maka tidaklah mungkin dapat dipastikan kendali mutu dalam hal desain, konstruksi, pemeliharaan jalan pedesaan dan akan mempengaruhi kualitas, ketahanan secara negatif dan pada akhirnya ikut mempengaruhi usia guna dari aset infrastruktur yang dibangun.

Pengalaman dengan inisiatif pembangunan infrastruktur daerah yang dilakukan oleh masyarakat menunjukkan bahwa masukan-masukan rekayasa teknik yang memadai dibutuhkan dalam merancang dan membangun pekerjaan yang lebih kompleks. Biasanya keterlibatan masyarakat lokal terbatas pada kegiatan-kegiatan seperti pembersihan dan pekerjaan galian. Karenanya penting memastikan adanya masukan profesional untuk pekerjaan-pekerjaan yang lebih rumit, misalnya pengaspalan dan pembangunan jembatan, kelokan dan struktur drainase lainnya serta bendungan. Panduan ini mencakup sejumlah besar aspek yang terkait dengan desain

dan pembangunan jalan desa. Pengenalan akan aspek-aspek ini akan memberikan kemudahan bagi para pengawas untuk memahami kerumitan dari beberapa pekerjaan dan kebutuhan untuk mengaplikasikan keahlian profesional.

Panduan ini dapat digunakan sebagai panduan bagi para pelatih yang akan melatih para pengawas. Berbagai ilustrasi dan foto dimasukkan ke dalam panduan ini bagi mereka yang menggunakan panduan ini. Lokakarya juga diselenggarakan bagi para pengawas dari kalangan masyarakat karena mereka memang membutuhkan pelatihan yang banyak agar dapat melaksanakan pekerjaan pengawasan dengan cara efektif.

Inisiatif Gotong Royong di Malang

Bab

2

Program Kemitraan Kabupaten Malang, yang juga dikenal sebagai Inisiatif Gotong Royong dilaksanakan di Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Masyarakat setempat dan beberapa lembaga pemerintahan yang bertanggungjawab seperti Dina Bina Marga terlibat secara aktif dalam program kemitraan ini dimana di dalamnya mereka bekerja sama.

Program Kemitraan Malang ini merupakan sebuah inisiatif inovatif yang menarik banyak minat dari masyarakat daerah yang menunjukkan kesungguhan dan kesiapan mereka selama tujuh tahun terakhir untuk terlibat secara proaktif di dalam program ini. Program ini bertujuan untuk mengembangkan dan meningkatkan kualitas infrastruktur daerah dan mengembangkan tradisi Gotong Royong dalam memberikan bantuan. Dengan Gotong Royong masyarakat melakukan kerja sukarela atau memberikan kontribusi dalam bentuk barang atau lahan untuk kegiatan-kegiatan yang akan berkontribusi kepada pembangunan infrastruktur publik di masyarakat.

Penekanan utama dari Program Kemitraan di Malang adalah pada pembangunan, peningkatan dan pemeliharaan infrastruktur masyarakat dengan penekanan khusus kepada jalan-jalan bervolume rendah. Berbagai proyek seperti PNPM Mandiri IP dan PNPM Mandiri Pedesaan juga terlibat di dalam inisiatif ini.

Program seperti program Kemitraan pemerintah di Malang ini akan dapat sangat efektif bagi pembangunan, peningkatan dan pemeliharaan infrastruktur kecil dan sederhana di tingkat masyarakat misalnya jalan desa bervolume rendah. Kondisi di Malang secara khusus menunjukkan jika masyarakat setempat ingin memberikan kerja swadaya dan masukan sukarela lainnya secara berkelanjutan untuk menangani batasan-batasan pembangunan daerah yang mereka anggap sebagai prioritas.

Syarat lain adalah perlu adanya sejumlah besar tenaga kerja. Kedekatan sosial yang kuat, dukungan aktif dari para pemimpin daerah serta rasa memiliki dan sikap proaktif dari masyarakat juga menjadi faktor penting yang akan meningkatkan kemungkinan berhasil.

Sepertinya semua persyaratan yang disebutkan di atas ada di dalam Program Kemitraan Malang dan program ini mungkin juga akan dipertimbangkan untuk ditiru di tempat lain di Indonesia. Yang perlu diperhatikan adalah peningkatan kualitas pekerjaan itu sendiri. Masalah yang terjadi saat ini terkait dengan hal tersebut juga telah diakui oleh PWD Malang dan inilah alasannya mengapa panduan ini dikembangkan.

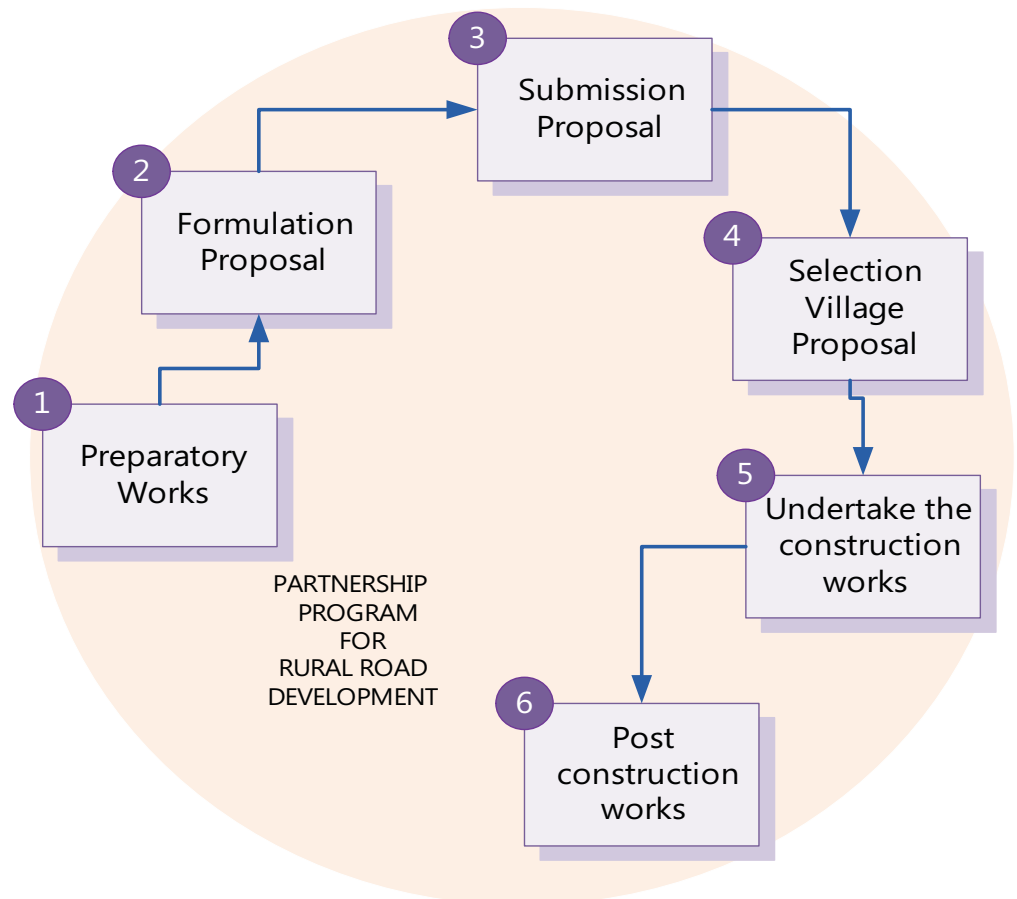
Panduan ini bertujuan untuk memberikan pengawasa PWD dan Komite Pembangunan Komunitas dengan panduan yang akan membantu mereka dalam memelihara standard

kualitas tertentu untuk infrastruktur yang relatif kecil dan sederhana. Pekerjaan ini harus menjadi kapasitas (potensi) dari masyarakat desa. Bergantung pada jenis pekerjaan yang akan dilakukan bantuan teknis dari PWD mungkin akan dibutuhkan. Melihat lingkup kerja dan kondisi daerah setempat, panduan ini mempromosikan penggunaan pendekatan dan teknologi berbasis tenaga kerja. Pendekatan semacam ini membutuhkan organisasi tertentu dan pengelolaan tenaga kerja dan kesemua aspek ini ada di dalam panduan.

Filosofi Program kemitraan malang adalah masyarakat menjadi aktor utama pembangunan. Mereka terlibat di semua siklus proyek misalnya sejak perencanaan dan pemrograman hingga pelaksanaan dan pemeliharaan.

Ada enam langkah yang dapat dibedakan dalam pelaksanaan program Kemitraan ini. Ke enam langkah itu ditunjukkan dalam Gambar 1

Bagan 1: Langkah-langkah dalam Melaksanakan Program Kemitraan



1 Pekerjaan Persiapan: Masyarakat, dengan panduan dari Kepala Desa membentuk Panitia Pembangunan Desa (PPD). PPD ini akan bertanggungjawab untuk perencanaan pembangunan desa. PPD membuat prioritas kegiatan pembangunan untuk meningkatkan kondisi desa terutama dalam hal persyaratan infrastruktur.

2 Pembuatan Proposal: PPD menyiapkan proposal sederhana untuk rencana pembangunan desa. Program Kemitraan mengharuskan kontribusi komunitas

dalam bentuk uang tunai setidaknya 40% dari total biaya dari proyek yang diusulkan. Prasyarat ini merupakan kriteria utama bagi PWD untuk memutuskan apakah proposal proyek akan disetujui. Kriteria utama lain untuk PWD adalah ketersediaan dana yang memadai untuk kontribusi pemerintah. Jika semua persyaratan ini terpenuhi, PWD akan mengundang PPD untuk menyelesaikan dan menyerahkan proposal.

3

Penyerahan Proposal: PPD, melalui Kepala Desa, menyerahkan proposal kemitraan kepada Seksi Fasilitasi Jalan Desa Bina Marga PWD di tingkat Kabupaten. Contoh dari format yang digunakan untuk menyerahkan proposal terdapat dalam Lampiran 1.

4

Pemilihan Proposal Desa: Setelah PWD melakukan verifikasi terhadap masyarakat yang memohon bantuan akan menyediakan kontribusi, PWD akan memeriksa desain, spesifikasi, dan perkiraan biaya dari proposal yang diserahkan. Jika proposal sesuai dengan standard anggaran kabupaten untuk pembangunan jalan, PWD akan melakukan verifikasi apakah dana tersedia di dalam APBD. Jika hal ini terjadi maka langkah berikutnya dapat dilakukan.

5

Pelaksanaan Konstruksi: PWD dan PPD akan melakukan kesepakatan Kemitraan begitu proyek disetujui. Pada dasarnya PPD akan bertanggungjawab dalam melakukan dan mengawasi pekerjaan sipil. Ketika fase konstruksi berlangsung PWD akan mengawasi kegiatan ini secara teratur dan memberikan bantuan teknis yang dibutuhkan melalui staf PWD di tingkat kecamatan.

6

Tahapan Pasca Konstruksi: Setelah fase konstruksi selesai, masyarakat bertanggungjawab untuk memelihara infrastruktur. Masyarakat juga harus mendanai operasional pemeliharaan dan harus memutuskan bagaimana mendanai dan mengelola pemeliharaan. PPD dapat memfasilitasi pembentukan Panitia Pengawas dan Pemeliharaan serta memberikan formulasi rencana O&M.

3.1 Survey

Kegiatan Survey mencakup beberapa kegiatan di bawah ini:

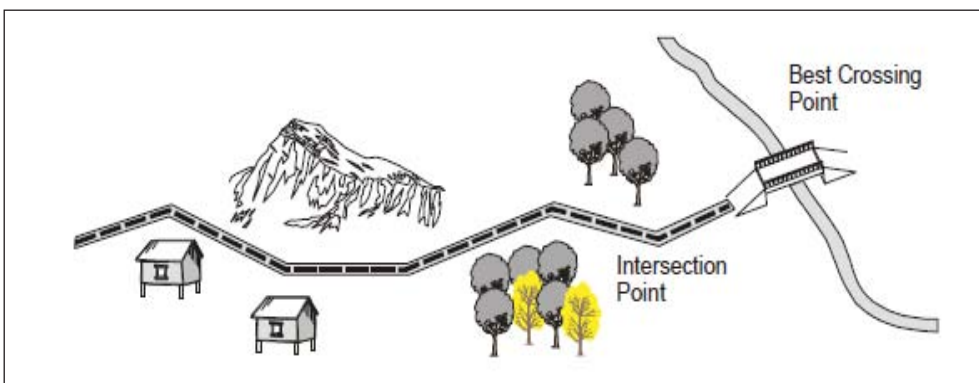
1. Survey awal topografi untuk memilih muka tanah terbaik;
2. Survey daerah tangkapan untuk menentukan kebutuhan jembatan dan selokan;
3. Periksa kondisi tanah (bagian bawah), bahan-bahan galian dan bahan-bahan yang tersedia di daerah tersebut;
4. Melakukan survey terinci untuk menentukan desain dan memperkirakan beban pekerjaan.

Panduan Survey Umum dirangkum di bawah ini:

- ⦿ Pemilihan ketinggian tanah (elevasi) yang tepat merupakan bagian terpenting dari desain, terutama untuk jalan baru. Jika memilih ketinggian yang salah, maka akan berujung pada biaya yang sangat tinggi, erosi, dan masalah-masalah teknis konstruksi kelak.
- ⦿ Coba hindari ketinggian tanah (elevasi) yang memiliki masalah dengan drainase atau yang membutuhkan pekerjaan (galian) yang besar.
- ⦿ Periksa apakah ada masalah dengan akuisisi lahan tersebut.
- ⦿ Identifikasi lokasi-lokasi sepanjang jalan dimana diperlukan jembatan dan selokan untuk memastikan jalan yang aman bagi air menjauhi jalan;
- ⦿ Periksa bahan-bahan konstruksi yang tersedia di daerah tersebut. Ketersediaan bahan konstruksi di daerah tersebut akan menjadi salah satu faktor penentu dari pemilihan desain.

Kegiatan Survey

Panduan Survey Umum



Panduan Survey Khusus terdapat di bawah ini:

- ⦿ Rencanakan alur yang akan mengurangi pergerakan material;
- ⦿ Sedapat mungkin ikuti jalur berkontur di sisi pegunungan;
- ⦿ Rencanakan alur jalan untuk menghindari pertemuan berbagai atau sungai yang besar;
- ⦿ Pilih pertemuan sungai dimana konstruksi jembatan dapat menggunakan konstruksi sederhana;
- ⦿ Ketika ada aliran air dengan kedalaman rendah melewati jalan, periksa apakah mungkin membuat "jembatan yang bercelah" dengan selokan, pengarung atau jalan yang memiliki celah;
- ⦿ Pertimbangkan jumlah materi jalan yang sesuai ketika memilih rute jalan;
- ⦿ Hindari daerah berbatu dan daerah dengan semak-semak yang amat banyak;
- ⦿ Pilih muka tanah yang memungkinkan perbaikan di masa yang akan datang;
- ⦿ Rencanakan tempat bagi kendaraan untuk lewat. Daerah ini harus dapat terlihat dari kedua sisi;
- ⦿ Jika memungkinkan, bersihkan pepohonan dari jalan yang sama tingginya dengan pohon;
- ⦿ Hindari dua belokan dengan satu garis lurus diantaranya. Lebih baik menggabungkannya menjadi satu belokan panjang;
- ⦿ Hindari membangun bagian jalan yang mungkin akan rusak di masa yang akan datang dan ini akan mengakibatkan masalah pemeliharaan;
- ⦿ Hindari belokan horisontal di bagian atas atau berada di belakang belokan vertikal dimana pengendara kendaraan tidak akan bisa melihatnya;
- ⦿ Hindari kemiringan tanah yang terjal. Usahakan kemiringan tanah di bawah 12%;
- ⦿ Berikan kemungkinan untuk drainase dan selokan drainase yang lebar dan dangkal;
- ⦿ Pikirkan juga kegiatan pertanian yang ada di daerah tersebut ketika memilih desain. Hindari desain yang mungkin akan memicu erosi tanah kelak;
- ⦿ Putuskan pilihan ketinggian jalan (elevasi) yang paling tepat. Pertimbangkan juga kelayakan secara teknis, persyaratan lalu lintas, tanah lapang dan kondisi iklim, kondisi jalan yang ada, ketersediaan bahan di daerah tersebut, biaya dan preferensi pengguna.

Ketika survey awal, catat semua informasi tentang pekerjaan yang akan dilakukan. Ini akan mempermudah ketika melakukan survey terinci tentang rincian pekerjaan yang akan dilakukan. Contoh formulir yang dapat digunakan ditunjukkan dalam Tabel 1. Tergantung pada pekerjaan yang dilakukan, beberapa item pekerjaan mungkin harus ditambahkan atau mungkin ada pekerjaan yang tidak perlu dilakukan.

Tabel 1: Contoh Catatan Inventarisasi Pekerjaan Awal untuk Pembangunan Jalan

Ketika survey awal catat semua pekerjaan yang akan dilakukan

Nama Jalan									
Kabupaten									
Kecamatan									
Inventarisasi dilakukan oleh:			Tanggal:						
Pekerjaan			Panjang (meter)						
			0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	etc
1	Pembersihan	Kiri	←→			←→			
		Kanan	←→			←→			
2	Rekonstruksi Dasar					←→			
3	Perbaikan Dasar		←→						
4	Pekerjaan Galian				←→				
5	Pekerjaan Urugan		←→						
6	Penanggulan Konstruksi				←→				
7	Selokan Samping	Kiri	←→						
		Kanan	←→						
8	Selokan Tengah	Kiri	At 25m		At 225m		At 400m		
		Kanan							
9	Saluran Air	Lokasi		At 150m		At 330m	At 400m		
		diameter		600mm		600mm	600mm		
10	Drift	Lokasi			At 245m				
		Panjang			10m				
11	Jembatan	Lokasi				At 390m			
		Panjang				8m			
12	DII								

3.2 Desain

Berbagai langkah dalam proses desain adalah yang ada di bawah ini:

1. Tentukan fungsi jalan (misalnya jalan kabupaten, jalan pedesaan, jalan kota);
2. Analisis persyaratan lalu lintas;
3. Analisis faktor-faktor lain yang mempengaruhi pemilihan desain (seperti tanah lapang, jenis tanah dan kekuatannya, ketersediaan dan biaya bahan bangunan, dll);
4. Pilih standar desain geometris (misalnya perempatan jalan, desain kecepatan);
5. Pilih desain alinemen (jalur) jalan yang tepat;
6. Analisis kebutuhan akan struktur jalan (jembatan, gundukan, tanggul, dll);
7. Analisis ketersediaan tenaga kerja dan keterampilan mereka;

Di daerah pegunungan seringkali tidaklah praktis atau terlalu mahal untuk mempertahankan penggunaan standar desain yang tinggi misalnya beberapa kelokan kecil atau gradien jalan yang rendah, karena hal ini akan mengakibatkan adanya pergeseran tanah dan akhirnya biaya pun semakin tinggi.

Berbagai langkah dalam proses desain

Item-item yang membutuhkan spesifikasi desain

Menghitung prakiraan biaya dan persyaratan input

Tabel 2 memberikan contoh item-item desain yang membutuhkan spesifikasi desain. Biasanya ini disediakan oleh kementerian teknis seperti Departemen Pekerjaan Umum.

Tabel 2: Item-item Desain yang Spesifikasinya Disediakan oleh Pekerjaan Umum

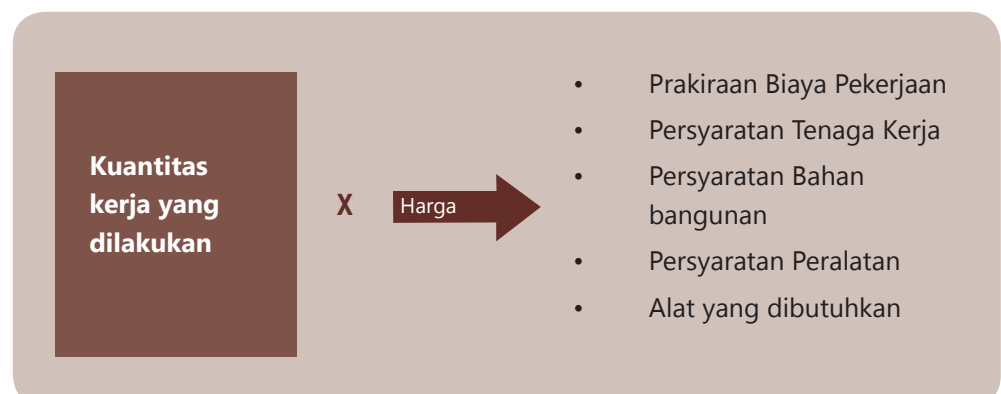
Pengaturan Horizontal dan Vertikal ♦ Tingkatan maksimal ♦ Radius Putar Minimum ♦ Kelokan vertikal minimum ♦ jarak pandang horisontal	Perpotongan yang Tipikal ♦ Lebar jalan ♦ Maksimal kemiringan lahan ♦ Lebar perkerasan ♦ Ketebalan lapisan ♦ Detail saluran drainase ♦ Lebar yang harus bebas dari vegetasi
Bahan ♦ Jenis tanah atau batu ♦ Kepadatan dan Kadar Air ♦ Persyaratan untuk penyiraman air (curing) ♦ Gradasi Agregat ♦ Proporsi Campuran ♦ Persyaratan kekuatan ♦ Uji yang harus dilakukan	Desain Struktur Tipikal ♦ Pertemuan sungai ♦ Gundukan ♦ Saluran air/drainase ♦ Tanggul ♦ Jembatan ♦ Tindakan-tindakan melindungi tanah

3.3 Prakiraan Biaya

Setelah desain selesai, jumlah pekerjaan dapat dihitung. Setelah dihitung, maka perkiraan biaya dapat dipersiapkan. Ini dilakukan dengan mengalikan volume item kerja dengan harga satuan untuk item tersebut.

Harga satuan untuk satu item merupakan berapa harga dan input apa saja yang dibutuhkan untuk item tersebut. Setelah jumlah pekerjaan (Jumlah Kuantitas Pekerjaan atau Bill of Quantities atau BoQ) dihitung untuk satu item kerja, jumlah ini dikalikan dengan harga satuan untuk mendapatkan jumlah total dan input total yang dibutuhkan.

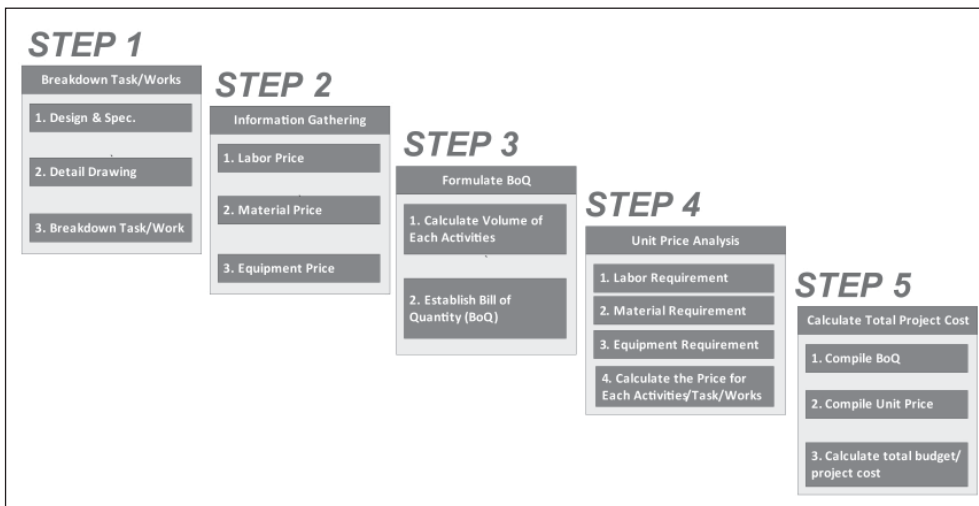
Bagan 2: Penggunaan BoQ dan Harga Satuan untuk menghitung Biaya dan Persyaratan Input



Bagian di bawah ini menjelaskan, berdasarkan contoh, bagaimana memperhitungkan prakiraan biaya (anggaran) dan persyaratan input dapat dihitung. Harga termasuk biaya bahan bangunan, tenaga kerja, alat dan input lainnya yang dibutuhkan untuk pekerjaan konstruksi (dan mungkin juga untuk pekerjaan persiapan). Karena harga tenaga kerja, bahan, peralatan (sewa) dan input lainnya mungkin berbeda dari satu wilayah ke wilayah lainnya, biaya untuk satu unit untuk satu item pekerjaan berbeda di berbagai wilayah.

Dalam menyiapkan anggaran, lima langkah harus diikuti. Kelima langkah ini disimpulkan dalam Bagan 3 dan dijelaskan di bawah ini

Bagan 3: Langkah-langkah dalam Menyiapkan Anggaran



Langkah 1: Pekerjaan Persiapan termasuk pengumpulan informasi terkait dengan desain dan spesifikasi, gambar teknis dan rincian pekerjaan konstruksi ke dalam item pekerjaan spesifik dan jabaran pekerjaannya. Dengan adanya informasi ini, maka dapat diidentifikasi berbagai item pekerjaan yang harus dikerjakan dan volume pekerjaan untuk masing-masing item ini. Lampiran 2 memberikan informasi bagaimana menghitung luasan, volume dan beban yang biasa digunakan untuk bahan bangunan. Beberapa contoh juga terlihat di Lampiran 3.

Langkah 2: Informasi tentang Biaya: Kumpulkan informasi mengenai biaya bahan bangunan, tenaga kerja, peralatan dan input lain yang dibutuhkan untuk berbagai pekerjaan. Ke semua biaya ini didapat dari pasar dan menghasilkan Daftar harga Satuan Bahan dan Daftar Harga Satuan Pekerjaan. Dengan cara yang sama didapat biaya untuk input lain misalnya biaya menyewa alat juga bisa didapat.

Langkah 3: Hitung Volume Pekerjaan: Hal ini dilakukan berdasarkan informasi yang ada di dalam Langkah 1. Hasilnya adalah Bill of Quantities (BoQ). BoQ biasanya disiapkan oleh Departemen Tenaga Kerja. Termasuk di dalamnya volume input yang dibutuhkan untuk masing-masing item pekerjaan (dan kegiatannya)

Langkah 4: Hitung Harga Satuan untuk masing-masing Item Pekerjaan: Hal ini dilakukan dengan menggunakan informasi yang didapat dalam Langkah 2. Prosedur ini disebut sebagai analisis harga satuan dan biasanya juga dilakukan oleh DPU.

Langkah 5: Hitung total perkiraan biaya pekerjaan: Dengan adanya informasi mengenai harga satuan dan BoQ, maka dapat dihitung total perkiraan biaya pekerjaan.

Example of calculating the cost of 1 km of DBST pavement

Sebuah contoh perkiraan biaya terdapat dalam Tabel 3. Contoh ini menunjukkan berapa biaya untuk 1 kilometer Double Bituminous Surface Treatment (DBST) dihitung. Kolom pertama menunjukkan aturan kerja bagi tenaga kerja. Ini disebut sebagai norma produktifitas tenaga kerja. Kolom ini menunjukkan berapa banyak pekerjaan dapat dilakukan dengan satu tenaga kerja per harinya.

Misalnya pekerjaan Pembersihan Lahan. Dalam contoh di tabel 3, terlihat bahwa seorang tenaga kerja mampu melakukan pembersihan sebesar 60 m² satu harinya. Pada contoh tersebut 1 m² pembersihan membutuhkan Rp.800,-. Sehingga untuk 3,000 m² untuk jalan DBST sepanjang 1 km dan jumlah biaya keseluruhan untuk membersihkan lahan adalah Rp. 2,4 Juta. Tabel 3 juga menunjukkan bahwa jumlah hari kerja yang dibutuhkan untuk pembersihan lahan adalah 50. Jumlah hari kerja dihitung dengan membantu jumlah pekerjaan yang dibutuhkan (dalam hal ini 3,000 m²) dengan aturan kerja (atau produktifitas tenaga kerja) untuk pembersihan lahan (dalam hal ini 602 per hari kerja).

Perlu dicatat bahwa informasi yang ada di tabel 3 hanya sebagai contoh saja. Norma, kuantitas kerja dan harga satuan akan berbeda-beda tergantung pada persyaratan spesifiknya.

Tabel 3: Contoh ilustratif bagaimana menghitung perkiraan biaya untuk 1 kilometer DBST

Activity	Work Norm	Unit	Rate per Unit (Rp)	Unit	Qty (BoO)	Cost	Labour-days
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (3) x (5)	(7) = (5) / (1)
Labour							
Site Clearing	60.0	m ² /day	800	m ²	3000	2,400,000	50
Prep. Sub grade incl. Benching	1.5	m ³ /day	32,000	m ³	40	1,280,000	27
Cutting boxes and benches	1.5	m ³ /day	32,000	m ³	160	5,120,000	107
Spread Sub base	5.0	m ³ /day	9,600	m ³	480	4,608,000	96
Spread Shoulder	4.0	m ³ /day	12,000	m ³	260	3,120,000	65
Spread Base course	3.3	m ³ /day	14,560	m ³	840	12,230,400	255
Spread Chips 1st Layer	3.0	m ³ /day	16,000	m ³	60	960,000	20
Application of 1st Coat	100.0	m ² /day	480	m ²	4000	1,920,000	40
Application of 2nd Coat	100.0	m ² /day	480	m ²	4000	1,920,000	40
Roller Operator 1 Ton	0.06	km	800,000	km	1	800,000	17
Roller Operator 3 Ton	0.05	km	960,000	km	1	960,000	20
Transport of Material	5.0	m ³ /day	9,600	m ³	500	4,800,000	100
Labour for Struct. - Lump Sum		no	20,000,000	no	3	60,000,000	
Labour Support - Storekeeper, etc.	0.003	day/km	17,280,000	km	1	17,280,000	360
Surveys, Setting Out	0.008	day/km	5,760,000	km	1	5,760,000	120
Supervision							
Engineers	0.033	day/km	6,000,000	km	1	6,000,000	30
Technical Officer	0.017	day/km	6,000,000	km	1	6,000,000	60
Supervisor	0.008	day/km	8,640,000	km	1	8,640,000	120
Tools							
Shovel			30,000	no	5	150,000	
Wheelbarrow			280,000	no	5	1,400,000	
Hoes			95,000	no	6	570,000	
Crowbar			115,000	no	4	460,000	
Pickaxe			80,000	no	6	480,000	
Line Level			35,000	no	2	70,000	
Equipment							
Roller 3 Ton			400,000	day	30	12,000,000	
Roller 1 Ton			250,000	day	30	7,500,000	
Tractor Bowser			300,000	day	40	12,000,000	
Tractor Trailer			300,000	day	40	12,000,000	
Structures							
3 Culverts/ km			16,000,000	no	3	48,000,000	
Material							
Gravel			64,000	m ³	700	44,800,000	
Base Course			280,000	m ³	840	235,200,000	
Quarry Dust			160,000	m ³	30	4,800,000	
Sand			60,000	m ³	20	1,200,000	
Bitumen 1st coat			10,000	1 km	7200	72,000,000	
Bitumen 2nd coat			10,000	1 km	4000	40,000,000	
Chips 14.5 mm/ 9.5 mm			500,000	m ³	100	50,000,000	
Total						686,428,400	1,526

Di Indonesia, Standard nasional Indonesia untuk pekerjaan sipil digunakan untuk menentukan kebutuhan tenaga kerja, bahan dan peralatan untuk kegiatan konstruksi.

Mari kita ambil contoh lain dengan menggunakan standard SNI. Misalnya kita harus menghitung biaya 103 pekerjaan galian ditambah biaya pembangunan pondasi batu kali sepanjang 2 m³. Tabel 4 menunjukkan bagaimana perkiraan biaya untuk pekerjaan ini dihitung. Tabel 4 menunjukkan bahwa di dalam contoh tersebut biaya keseluruhan untuk pekerjaan 103 galian plus biaya pembangunan pondasi batu kali sepanjang 2 m³ adalah Rp. 1,659,500,-. Dibutuhkan 18 hari kerja untuk menyelesaikan pekerjaan ini. Aturan pekerjaan yang ada di Tabel 4 adalah yang sesuai dengan Standard SNI.

**Contoh untuk
menghitung biaya
10 m³ pekerjaan
galian dan 2 m³
pondasi batu kali**

Tabel 4: Contoh penghitungan biaya pekerjaan galian dan pondasi batu kali

		work- norm	unit	wage rate per day (Rp)	Quantity	Unit	Cost (Rp)	Labour- days required
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1) x (3) x (4)	(1) x (4)
1	Earthwork excavation							
	Labour							
	Unskilled labour	0.75	person-day per m3	50,000	10	m3	375,000	7.5
	Gang-leader	0.025	person-day per m3	70,000	10	m3	17,500	0.25
2	Stone foundation							
	Labour							
	Unskilled labour	3.6	person-day per m3	50,000	2	m3	360,000	7.2
	Gang-leader	0.12	person-day per m3	70,000	2	m3	16,800	0.24
	Skilled labour	1.2	person-day per m3	80,000	2	m3	192,000	2.4
	Foreman	0.18	person-day per m3	80,000	2	m3	28,800	0.36
	Materials			price per unit material (Rp)				
	Portland cement	4.1	bags per m3	55,000	2	m3	451,000	
	Stone	1.2	m3 per m3	65,000	2	m3	156,000	
	Sand	0.52	m3 per m3	60,000	2	m3	62,400	
	Total						1,659,500	18

4.1 Alat Tangan

Kebutuhan alat tangan bergantung pada besarnya kegiatan/proyek, jenis tanah, tanah lapang dan jenis pekerjaan yang direncanakan. Alat-alat yang biasanya digunakan terdapat dalam tabel 5. Tabel ini juga menunjukkan berapa banyak alat itu dibutuhkan untuk 25 orang tenaga kerja.

Tabel 5: Kebutuhan Alat untuk Konstruksi Jalan berbasis Tenaga Kerja

Alat	Kegunaan	Jumlah
Profile Board dan Ranging Rod	Survey, persiapan dan pengukuran	Setidaknya 5
Pita ukur 30 m dan 3/5	Survey, persiapan dan pengukuran	Setidaknya 1
Benang nylon, waterpass	Survey, persiapan dan pengukuran untuk semua pekerjaan galian menggali di permukaan keras	Setidaknya 1 set satu per tenaga kerja
Cangkul, sekop, Linggis dan bajak Sabit, kampak, gergaji bulat	membersihkan dan memotong vegetasi	tergantungan kebutuhan
Sekop garpu	menyebarkan tanah	tergantungan kebutuhan setidaknya 5
Kereta beroda	membawa bahan	5-10
Palu penghancur	memadatkan daerah-daerah yang sulit dijangkau	setidaknya 5
Ember, ember penyiram	berbagai kegunaan, termasuk menyiram	tergantungan kebutuhan
Palu godam	berbagai kegunaan, termasuk memalu pasak	setidaknya 2
Alat pahat	berbagai kegunaan, termasuk melubangi untuk pasak	setidaknya 2
Pasak	untuk mengatur tempat kerja	tergantungan kebutuhan

Alat berkualitas akan meningkatkan produktifitas dan kualitas pekerjaan. Alat yang digunakan untuk pekerjaan pertanian terkadang tidak terlalu kuat untuk pekerjaan pembangunan jalan.

Alat untuk pekerjaan galian adalah **linggis, bajak, arit, cangkul, sekop, palu, dan kereta beroda**.

Linggis panjangnya harus antara 1.5-1.8 m, terbuat dari baja dan salah satu ujungnya lancip dan satunya lagi bergigi.

Kebutuhan alat tangan untuk 25 orang tenaga kerja

Alat berkualitas dibutuhkan untuk menghasilkan pekerjaan yang berkualitas

Memindahkan ketinggian atau mengatur kemiringan dengan waterpass

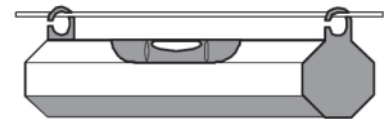
Prosedur memeriksa keakuratan waterpass

Palu digunakan untuk memadatkan wilayah-wilayah sempit yang tidak bisa terjangkau oleh alat-alat pemadat (misalnya di sekeliling struktur). Palu beratnya harus 6-8 kg, harus memiliki pegangan yang cukup panjang dan diameter bagian bawah harus sekitar 13-15 cm. Bisa terbuat dari kayu, baja atau beton.

Kereta beroda digunakan untuk memindahkan bahan bangunan, misalnya tanah, pasir, agregat, batu, beton, dll dalam jarak hingga 200 meter. Sebuah kereta beroda yang bagus harus dapat mengangkut beban yang berat (60-70 liter) dan mudah dikemudikan dan diseimbangkan.

Alat-alat untuk survey juga penting untuk pekerjaan survey. Tanpa alat-alat itu tidak ada pekerjaan yang bisa dilakukan dengan benar dan akan berpengaruh negatif terhadap kualitas pekerjaan. Bagian di bawah ini menjelaskan berbagai alat yang digunakan untuk bekerja

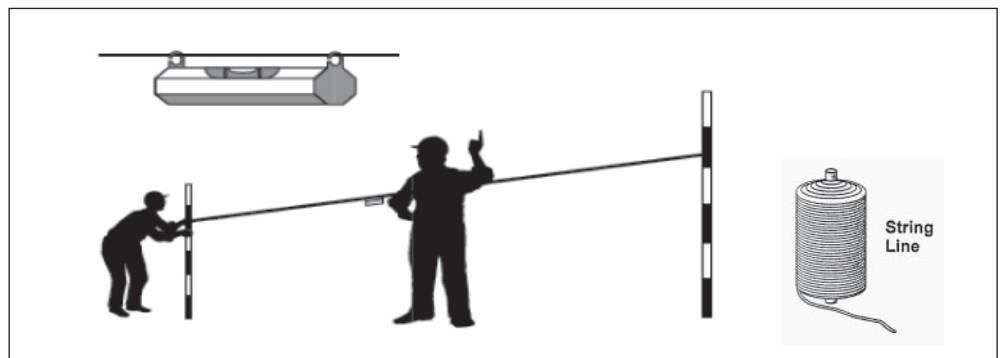
Waterpass merupakan sebuah penyeimbang yang pendek (panjangnya sekitar 100 mm), dengan kaitan di ujung2nya untuk tempat bergantung dari sebuah benang nylon yang halus. Alat ini dapat digunakan untuk memindahkan ketinggian dari satu lokasi ke titik lain dan mengatur gradien yang tidak kurang dari 1: 300. Kisaran jaraknya hingga 50 meter. Membutuhkan dua orang untuk menggunakannya



Line level with string

Gambar 4 menunjukkan bagaimana menggunakan waterpass ini untuk memindahkan ketinggian. Letakkan alat ini di tengah-tengah dua buah tongkat. Biarkan benangnya ketat jangan sampai kendur. Operator garis kemudian menggerakkan benang itu ke atas atau ke bawah sampai gelembungnya ada di tengah-tengah waterpass. Benang ini menunjukkan garis yang lurus

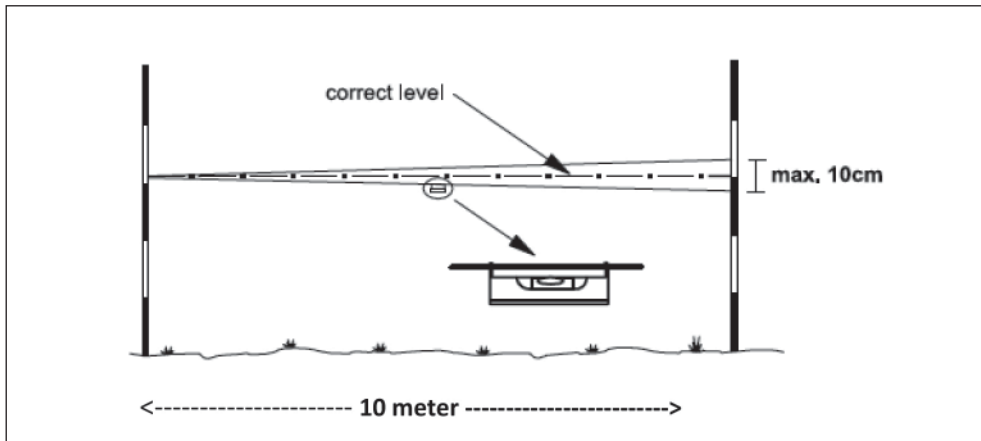
Bagan 4: Prosedur untuk memindahkan ketinggian dari satu lokasi ke lokasi lain



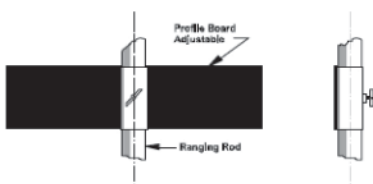
Bagaimana memeriksa keakuratan waterpass

1. Letakkan dua tongkat, dan kaitkan benang di salah satu tongkat;
2. Pindahkan ketinggian dari tongkat yang lain dan beri tanda ketinggiannya;
3. Biarkan sejajar dan pindahkan ke ketinggian lain;
4. Sesuaikan garisnya lagi dan beri tanda ketinggian barunya;
5. Ukur perbedaan di antara dua ketinggian itu;
6. Jika perbedaannya kurang dari 10 cm, waterpassnya bekerja dengan baik, namun jika tidak ganti ketinggiannya

Bagan 5: Prosedur memeriksa keakuratan waterpass

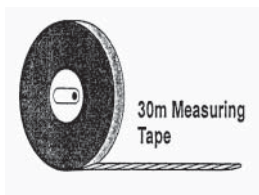


Tongkat dan profile board digunakan untuk mengatur dan menghitung volume galian. Tongkat dibuat dari tabung metal yang kosong (pipa besi galvanis berdiameter 20-25mm) dengan ujung lancip terbuat dari baja tekan. Standarnya mereka memiliki panjang 2 meter dan dicat belang-belang merah putih untuk mempermudah penglihatan ketika mengatur pekerjaan. Panjang tiap warna adalah 250mm.



Profile board digunakan untuk mengatur profil jalan tersebut. Profile board dapat dinaik turunkan di tongkat dan dapat diatur secara tepat di titik manapun dengan menggunakan baut. profile

board biasanya terbuat dari pelat baja tipis yang dipatri dengan sebuah tabung metal pendek yang bisa naik dan turun dan dikunci. Ukurannya adalah 40 x 12cm, dicat warna merah.



Pita pengukur sepanjang 30 meter dan 3 atau 5 meter digunakan untuk mengukur. Pita ini dibuat dari baja atau kain linen. Selalu bersihkan pita dan hindari kotoran masuk ke dalam rumah pelindung pita.



Pasak berujung runcing adalah sebuah tiang pendek terbuat dari baja berbentuk oktagon dengan ujung yang lancip. Diameternya minimal 20mm dan panjangnya 30-40 cm. Harus kuat. Dan digunakan bersama dengan palu untuk membuat lubang untuk memasang pasak bambu atau tiang di tanah yang padat.



Pasak terbuat dari kayu atau bambu, kurang lebih panjangnya 40 cm. Jarak jalan tempat pasak diletakkan diberi tanda dengan spidol tahan air.

Perlengkapan yang Umum

Pemeliharaan

4.2 Perlengkapan

Perlengkapan yang Umum Digunakan:

- ⦿ Traktor dan trailer;
- ⦿ *Smooth-wheeled pedestrian or sit-on vibratory rollers of 0.8 – 1.7 ton;*
- ⦿ Tangki Penyiram Air;
- ⦿ *Tractor-towed graders;*
- ⦿ Pengaduk beton;
- ⦿ *Bitumen sprayers*



Gambar 1: membersihkan penyemprot emulsi setelah digunakan

Peralatan harus diperiksa dan pelihara secara teratur. Operatornya harus mengetahui cara memelihara dan persyaratan pemeliharaannya. Pemeriksaan, pembersihan dan pemeliharaan harian untuk alat-alat itu ada di tabel 6

Tabel 6: Kegiatan Pemeliharaan Harian untuk Peralatan

	Pemeriksaan harian Peralatan
✓	Tingkat minyak pelumas, hidrolis dan transmisi
✓	Tingkat cairan Rem dan kopling
✓	Tekanan hidrolis dan kopling
✓	Air Radiator
✓	Pelumas dan Gemuk (<i>Grease</i>)
✓	Penyambungan Battery (aki) dan air aki
✓	Hubungan dari dynamo alternator
✓	Seluruh V-belt baik dari sambungan maupun kekencangan
✓	Tekanan udara dalam ban
✓	<i>Nuts and bolts</i>

Bahan bangunan yang cukup harus tersedia di lokasi sebelum memulai pekerjaan. Saat menerima bahan bangunan di lokasi, periksalah kuantitasnya, lakukanlah verifikasi terhadap kualitasnya dan simpanlah dengan semestinya. Catatlah jumlah barang yang diterima di buku inventaris gudang. Catatlah juga jumlah barang yang digunakan dalam pekerjaan bangunan tersebut.

5.1 Semen

Semen harganya mahal untuk itu harus ditangani dan disimpan dengan hati-hati. Selalu tumpuklah kantong semen di lantai dan pergunakan semen yang paling lama terlebih dahulu. Semen digunakan untuk bangunan beton. Bab di bawah ini menjelaskan bagaimana cara membuat beton.

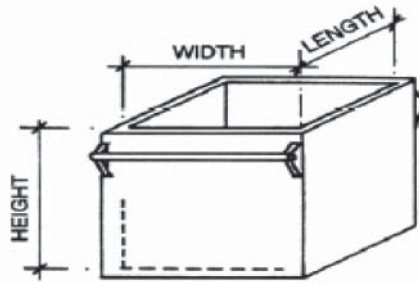
Beton harus dibuat sesuai dengan prosedur yang telah digariskan untuk memastikan bahwa beton tersebut mencapai kekuatan yang dibutuhkan. Hindarilah desain di bawah atau di atas ketentuan. Desain di bawah ketentuan lebih lemah dari pada yang dikehendaki dan berkemungkinan gagal (yang menghantarkan ke biaya lebih). Desain di atas ketentuan terlalu kuat dan ini menimbulkan biaya tidak perlu.

Pencampuran beton disebut pengadukan. Biasanya pengadukan dilakukan sangat dekat dengan bangunan yang akan dibangun. Lokasi harus dibersihkan dari segala tetumbuhan dan humus, dan diratakan untuk mencegah air mengalir selama pengadukan.

Lokasi pengadukan harus memiliki tempat untuk menimbun bahan bangunan dan sebagian dari lokasi tersebut harus disisakan untuk pengadukan beton. Lokasi pengadukan haruslah minimal 4 x 6 m dan perlu dipadatkan dengan baik. Jika beton diaduk dengan menggunakan tangan, aplikasikan satu lapisan mortar semen pada bagian yang disisihkan untuk pengadukan dan biarkan agar mengeras selama kira-kira 2 hari sebelum pengadukan dimulai. Untuk pengadukan, sangatlah praktis menggunakan sebuah kotak takar dengan sisi dalam berukuran 400 mm x 300 mm x 300 mm. Volume kotak tersebut adalah 0,036 m³ atau 36 liter, setara dengan volume satu kantong semen ((50 kg) (lihat bagan 6).

Bagan 6: Kotak takar untuk mengontrol proporsi adukan

Beton dapat diaduk menurut volume
Kotak takar terbuat dari baja, kayu atau kayu lapis digunakan untuk ini



Ukuran kotak

Pengukuran sisi dalam

Panjang	lebar	tinggi
400 mm	300 mm	300 mm

Volume

0,036m³ atau 36 liter

36 liter setara dengan 1 kantong semen
(50 kg)

Volume bahan-bahan lain dihitung secara proporsional untuk satu kantong semen. Satu adukan beton adalah campuran satu kantong semen dan pasir serta Kerikil sebanyak yang diperlukan. Perbandingan ini bergantung pada desain campuran yang disetujui. Jika desain campuran adalah 1:2:4, maka satu kantong semen dicampur dengan 2 kotak takar pasir dan empat kotak takar Kerikil. Ini disebut satu adukan beton.

Di sebagian besar proyek berbasis tenaga kerja, beton untuk bangunan kecil diaduk dengan menggunakan tangan karena volume beton yang diperlukan layak untuk pengadukan dengan tangan. Jika volume beton yang besar perlu diaduk, harus digunakan alat pengaduk beton.

Prosedur pengadukan beton dengan tangan:

- ➊ Masukkan bahan-bahan secara berlapis, dimulai dengan pasir di bagian dasar diikuti dengan semen dan kemudian batu beton. Jika lebih dari satu adukan harus diaduk sekaligus, urutan lapisan bahan-bahan yang sama diletakkan di bagian atas adukan sebelumnya dan seterusnya.
- ➋ Aduk secara merata dan kemudian tambahkan air dan lanjutkan mengaduk hingga semua Kerikil tersebut terlapisi dengan adonan semen dan adukan terlihat merata. Beton yang tercampur dengan baik memiliki warna yang merata dan terlihat licin. Pastikan proses pengadukan tidak lebih dari 15 menit dari saat air ditambahkan.

Prosedur pengadukan beton dengan alat pengaduk beton:

- ➊ Takarlah bahan-bahan berbeda dengan menggunakan kotak takaran sesuai dengan desain adukan yang diperlukan;
- ➋ Masukkan bahan-bahan ke dalam alat pengaduk beton dimulai dengan batu beton diikuti oleh pasir dan semen dan, terakhir, air.
- ➌ Aduk beton secara merata kira-kira 90 detik.

Air merupakan campuran yang penting di dalam pekerjaan beton. Jika airnya kotor, maka akan menghasilkan beton yang lebih lemah. Secara umum, tidak perlu dilakukan

pengujian terhadap air jika air tersebut terlihat bersih. Air yang terlihat kotor harus diperiksa. Jika bangunan beton yang diinginkan tidak lebih besar dari pada sebuah gorong-gorong kotak kecil, adukan beton uji coba sudah cukup untuk mengecek apakah airnya sudah sesuai. Untuk bangunan yang lebih besar, air perlu diuji di laboratorium.

Setelah pengadukan, beton perlu diletakkan dalam 30 menit. Seringkali kereta sorong digunakan untuk mengangkut beton. Kereta sorong tersebut haruslah bersih dan tidak berlobang. Penuangan beton harus dilakukan secara berlapis. Beton perlu dipadatkan, jika tidak maka beton tersebut tidak akan mencapai kekuatan yang dibutuhkan. Pemadatan harus dilakukan hingga tidak ada gelembung udara yang muncul di permukaan beton tersebut. Pemadatan berlebihan harus dihindari karena bisa muncul keretakan. Jika pemadatan dilakukan dengan palu godam yang digunakan dengan tangan, lapisan seharusnya tidak lebih tebal dari 300 mm. Jika digunakan mesin pemadat, lapisan haruslah memiliki ketebalan maksimal 600 mm.

Untuk mencegah keretakan, beton harus dituang pada ketinggian di atas 1,5 m di bawah tempat penuangan. Bila kedalaman tempat penuangandi atas 1,5 m, harus digunakan corong kayu atau baja. Beton pada seluruh sloop atau bidang bangunan horisontal harus dituang secara berkelanjutan guna untuk menghindari ruas konstruksi. Untuk bidang bangunan vertikal, ruas konstruksi harus dibuat kasar atau beralur untuk menjamin terikatnya dua tuangan berbeda. Bagian atas beton harus dibuat mengapung ke permukaan dengan alat pengapung dari kulit, logam atau kayu.

Setelah penuangan dan pemadatan, dan setelah beton dipasang dan mengalami pengerasan awal, beton perlu dirawat. Air untuk perawatan dapat diaplikasikan dengan menggenangi, memberi balutan basah atau menutup dengan pasir basah atau metode lain sepanjang permukaan beton tetap basah. Perawatan sangat penting karena akan menjamin beton mendapatkan kekuatan dan kekerasan. Jika perawatan tidak dilakukan dengan tepat maka beton yang dekat dengan permukaan bangunan tidak akan mengeras dengan benar. Perawatan normalnya harus dilakukan sekurang-kurangnya selama 7 hari.

Untuk bidang yang tidak membengkok, rangka bisa dilepas setelah 2 hari. Pada bidang membengkok yang pendek, penutup samping bisa dilepas setelah 3 hari tetapi tiang penyangga harus dibiarkan tetap terpasang sekurang-kurangnya selama 7 hari. Pada bidang membengkok yang panjang tiang penyangga harus dibiarkan tetap terpasang selama 28 hari, jika tidak maka retak yang lebar bisa berkembang yang akan memperlemah bangunan atau bangunan tersebut bisa saja runtuh. Ruas perluasan dalam sloop beton diperlukan untuk sekira setiap 10 hingga 15 meter.

5.2 Kerikil

Kerikil di gunakan di dalam pekerjaan beton, dalam menutup permukaan jalan, di jalan kerikil dan sebagai bahan sub dasar. Kerikil halus mencakup pasir galian, pasir kali dan Kerikil halus lain yang serupa yang bisa digunakan di dalam adukan beton. Kerikil kasar dapat berupa batu pecahan dari penambangan, batu pecahan tangan atau Kerikil alam. Kerikil kali bulat alami adalah lemah jika terbuka terhadap cuaca. Jika spesifikasi ukuran Kerikil tertentu diperlukan, Kerikil dari batu kerikil alam perlu diayak. Kerikil dari batu kerikil kali dapat digunakan di pekerjaan beton berukuran kecil dan sedang (yakni, pekerjaan beton yang lebih kecil dari jembatan).

Bagaimana cara memeriksa apakah Kerikil bersih

Jika Kerikil mengandung lumpur atau bahan-bahan organik, Kerikil tersebut harus dicuci karena kekuatan beton jauh berkurang jika Kerikil kotor digunakan. Untuk mengecek kontaminasi terhadap sebuah Kerikil, isilah hingga setengahnya sebuah wadah tembus pandang (berdiameter kecil dan memiliki dinding vertikal lurus) dengan sampel Kerikil tersebut. Tuangkan air ke dalam wadah tersebut hingga penuh. Kocoklah isinya selama 5 menit dan letakkan wadah tersebut di sebuah bidang datar. Biarkan wadah tersebut berdiri sekurang-kurangnya selama 3 jam. Jika airnya tetap kotor, berarti ada tanah liat di Kerikil tersebut. Bila demikian halnya, biarkan endapan tanah liat tersebut mengendap selama 12 jam lagi.

Kerikil yang mengandung bahan yang tak diinginkan lebih dari 5% harus ditolak

Langkah berikutnya mengukur ketebalan kandungan bahan yang tak diinginkan pada lapisan teratas. Lakukan ini tanpa mengganggu wadah tersebut. Ketebalan bahan yang tak diinginkan (t) tidak boleh lebih dari 5% dari total ketebalan endapan (T). Jika misalnya total ketebalan sampel adalah 60 cm dan ketebalan lapisan-lapisan halus adalah 6 cm, bahan yang tidak diinginkan tersebut sebesar $= (6:60) \times 100\% = 10\%$ dan Kerikil tersebut harus ditolak.

Mengecek kekuatan Kerikil untuk bangunan kecil

Untuk mengecek kekuatan Kerikil tersebut ambillah sekira 200 contoh partikel Kerikil dan letakkan di atas sebuah permukaan yang keras. Masing-masing batu kemudian dipukul sekali dengan palu cakar biasa. Jika lebih dari 10% dari bebatuan tersebut hancur menjadi partikel-partikel halus atau hancur lebur maka Kerikil tersebut harus ditolak. Metode ini hanya bisa diterapkan untuk Kerikil yang diajukan dalam konstruksi bangunan kecil.

Pasir untuk pekerjaan konstruksi

Pasir kali biasanya merupakan yang terbaik untuk digunakan dalam beton karena umumnya memenuhi persyaratan kualitas dan biasanya bersih. Pasir galian seringkali bercampur dengan bahan-bahan organik dan jika demikian halnya, perlu dicuci. Berhati-hatilah bila menggunakan pasir galian alih-alih pasir kali untuk pekerjaan beton. Bila pasir kali terlalu kasar, pasir galian dapat dicampur dengan pasir kali.

5.3 Bahan bakar, Minyak, Pelumas dan Aspal

Bahan bakar, minyak, pelumas dan aspal harus disimpan terpisah, jauh dari pasokan lain. Pastikan tidak terdapat api yang terbuka di dekat tempat penyimpanan tersebut. Simpanlah bahan bakar, minyak, pelumas dan aspal di drum bagus yang tidak bocor.

6.1 Perencanaan Pekerjaan

Sebelum mulai melaksanakan pekerjaan konstruksi, diperlukan perencanaan pekerjaan itu. Ini meliputi perencanaan untuk tenaga kerja yang diperlukan, pengadaan material konstruksi dan pengusahaan peralatan yang diperlukan. Urutan umum tentang kegiatan yang harus dilaksanakan dan dimana perlu diadakan perencanaan adalah sebagai berikut:

- ❶ Pengukuran lapangan;
- ❷ Pembersihan semak, pohon, rumput penutup, reruntuhan, humus, dsb;
- ❸ Pekerjaan Galian dan Timbunan, yaitu membuat penampang dimana jalan akan dibentuk;
- ❹ Membangun dinding penahan;
- ❺ Membangun bangunan setempat, seperti gorong-gorong, jembatan, drift;
- ❻ Membuat saluran drainase, seperti drain samping, saluran pembuang dan saluran drainase limpasan, terjunan (scour check), dsb;
- ❼ Pembentukan kemiringan dan trase jalan;
- ❽ Pembuatan perkerasan, termasuk dasar permukaan;
- ❾ Kegiatan finishing seperti tindakan perlindungan dari erosi, pembersihan akhir, dsb.

Sebelum membuat rencana kerja, kita perlu mengumpulkan berbagai informasi yang spesifik, karena tanpa informasi yang memadai, tidak mungkin membuat suatu rencana yang realistis. Perlu diingat bahwa rencana harus dibuat dengan baik dan realistis. Tanpa rencana demikian, sulit untuk membuat estimasi berapa besar masukan (termasuk tenaga kerja) diperlukan dan bilamana masukan ini harus tersedia. Tanpa adanya rencana kerja akan menghasilkan tenaga kerja yang tidak teratur (dan tidak optimal) dan keadaan demikian akan menghalangi kita untuk mencapai sasaran yang ditetapkan (baik dalam arti kualitas dan kuantitas). Informasi yang diperlukan untuk dapat menyusun rencana kerja adalah sebagai berikut:

- ⦿ Tanggal awal dan tanggal penyelesaian pekerjaan
- ⦿ Volume dan lokasi berbagai jenis pekerjaan yang akan dilaksanakan

**Operasi kerja
yang perlu
direncanakan**

**Informasi yang
diperlukan untuk
penyusunan
rencana kerja**

- Kebutuhan masukan untuk tenaga kerja, material konstruksi, perkakas;
- Ketersediaan tenaga kerja, peralatan, perkakas dan material konstruksi
- Informasi tentang awal dan akhir musim hujan pada umumnya.

Tabel 7 menyajikan contoh gambaran tentang bagaimana tampaknya suatu rencana kerja. Dalam contoh ini, kita beranggapan bahwa suatu ruas jalan sepanjang 1 kilometer akan diberi lapisan dengan menggunakan Double Bituminous Surface Treatment (DBST). Contoh Informasi yang diperlukan untuk pekerjaan DBST disajikan dalam tabel 3. Katakan, misalnya, pekerjaan yang digambarkan dalam tabel 3 harus diselesaikan dalam 6 bulan dan bahwa waktu kerja tiap bulannya adalah 20 hari. Tabel 7 menunjukkan rencana bulanan untuk kebutuhan masukan tenaga kerja, material dan peralatan. Perlu dirinci perencanaan dalam rencana mingguan juga. Pendekatan yang sama dapat digunakan untuk menyusun rencana mingguan untuk rencana bulanan yang disajikan dalam tabel 7.

Dalam membuat rencana dengan ilustrasi seperti yang disajikan dalam tabel 7, tujuannya adalah mengikuti urutan dan tata kala tentang kegiatan untuk mencoba menyeimbangkan jumlah masukan hari kerja-orang yang dibutuhkan setara dalam jangka waktu 6 bulan itu. Tabel 7 menunjukkan bahwa tiap bulan diperlukan 10-12 pekerja, dengan asumsi bahwa tiap pekerja bekerja 20 hari per bulan (misalnya bulan 1: baris 13 menunjukkan bahwa 230 pekerja diperlukan dan bila seorang pekerja bekerja 20 hari sebulan, ini berarti bahwa untuk bulan 1 diperlukan $230/20 = 11,5$ pekerja. Jumlah ini dibulatkan menjadi 12).

Tabel 7: Contoh ilustratif rencana kerja bulanan untuk pembangunan jalan 1 km DBST

	Bulan 1	Bulan 2	Bulan 3	Bulan 4	Bulan 5	Bulan 6	Jumlah
Kebutuhan masukan tenaga kerja							
Kegiatan							
1 Pengukuran keliling	120						120
2 Pembersihan tapak	50						50
3 Penyiapan landasan		27					27
4 Cutting boxes		107					107
5 Penyebaran lapis dasar		16	80				96
6 Penyebaran bahu			65				65
7 Penyebaran base course				140	115		255
8 Penyebaran chip						20	20
9 Pemakaian lapis						80	80
10 Operator mesin gilas						37	37
11 Angkutan material			20	40	40		100
12 Dukungan tenaga kerja	60	60	60	60	60	60	360
13 Jumlah harikerja-orang	230	210	225	240	215	197	1,317
14 Jumlah pekerja	12	11	11	12	11	10	
15 Harikerja ahli teknik	5	5	5	5	5	5	30
16 Harikerja pejabat teknik	10	10	10	10	10	10	60
17 Harikerja pengawas	20	20	20	20	20	20	120
Daftar jumlah kebutuhan perkakas, peralatan dan material							
Pengamanan perkakas							
Penyewaan mesin gilas 1 ton							
Penyewaan mesin gilas 3 ton							
Penyewaan truk-penarik + gandengan							
Penyewaan tangki dan penyemprot air (waterboser)							
Pengadaan material base							
Pengadaan pasir							
Pengadaan bitumen							
Pengadaan chip							

Tabel juga menunjukkan bilamana alat, material dan peralatan perlu diadakan, sejalan dengan rencana kerja. Persiapan rencana kerja sebagaimana disajikan dalam Tabel memerlukan sedikit percobaan sebelum kita dapat membuat rencana kerja yang berimbang dan logis. Pejabat atau ahli teknik dapat membantu penyusunan rencana kerja.

Bila seluruh rencana kerja sudah dibuat, persiapan memulai pekerjaan dapat dilakukan. Ini juga meliputi penyiapan rencana pekerjaan lebih rinci di tapak yang memberi informasi tentang bagaimana para pekerja harus diatur di tapak. Bagaimana rencana demikian dapat disusun, terutama tentang pengaturan pekerja, dijelaskan dalam alinea 6.3.

6.2 Insentif Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang termotivasi dengan baik penting artinya untuk keberhasilan pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Peran pengawas penting artinya dalam memotivasi tenaga kerja. Ia dapat membantu memotivasi para pekerja dalam berbagai cara:

- ☉ Menciptakan rasa pencapaian dan menunjukkan penghargaan atas pekerjaan yang dilakukan oleh pekerja;
- ☉ Mendelegasikan tanggung jawab kepada pekerja serta memberi petunjuk dan pelatihan kepada pekerja sehingga mereka dapat melaksanakan pekerjaannya dengan baik.
- ☉ Mengatur dan mengelola pekerjaan dengan cara yang efisien dan efektif dan mengkomunikasikan serta berperilaku benar di depan pekerja;
- ☉ Memastikan adanya kondisi kerja yang baik dan pantas di lapangan.

6.3 Pengaturan Tenaga Kerja

Pengaturan tenaga kerja di lapangan penting sekali bila kegiatan konstruksi sedang dilaksanakan dengan menerapkan metode kerja berbasis-tenaga kerja. Ada sejumlah hal yang perlu diperhatikan dalam mengatur tenaga kerja di tapak pekerjaan:

- ☉ **Mobilisasi pekerja.** Pastikan bahwa cukup tenaga kerja tersedia untuk pekerjaan yang direncanakan dalam hari atau minggu tertentu. Usahakan memobilisasi tenaga kerja di sekitar tapak pekerjaan. Rencanakan pekerjaan jauh sebelumnya sehingga penduduk setempat dapat menyiapkan diri bila tenaga mereka diperlukan;
- ☉ **Menetapkan kelompok pekerja.** Kelompok tenaga kerja dapat disusun untuk melaksanakan pekerjaan. Tergantung pada jenis dan volume pekerjaan, satu kelompok terdiri dari 10-25 pekerja. Tiap kelompok harus ada ketua kelompok;
- ☉ **Pengaturan jarak antara kelompok pekerja.** Kelompok-kelompok pekerja sebaiknya tidak bekerja berdekatan satu dengan lainnya. Bila mereka bekerja terlalu terpisah, ini akan menyulitkan pengawasan. Jarak antara lokasi kerja berbagai kelompok pekerja tidak boleh lebih dari 2 kilometer;

**Memotivasi
pekerja
menghasilkan
dampak positif
pada pekerjaan**

**Hal-hal yang
perlu diperhatikan
dalam mengatur
tenaga kerja**

Contoh bagaimana mengatur pekerja dalam kelompok-kelompok kerja

- **Menugaskan kegiatan bagi kelompok-kelompok pekerja.** Untuk secara optimum menggunakan pengalaman dan keterampilan yang diperoleh, coba membiarkan satu kelompok bekerja terus dalam bidang dan kegiatan yang sama selama masa kondstuksi;
- **Penyeimbangan kelompok.** Pastikan bahwa beban kerja dibagi rata antara berbagai kelompok. Juga pastikan bahwa ada keseimbangan yang baik dalam pembagian tugas antara pekerja dalam kelompok tertentu;
- **Tetapkan tugas-tugas harian** yang memungkinkan rata-rata pekerja menyelesaikan kerja sehari dalam sekitar 75% dari jam kerja normal. Tabel 6 menunjukkan rata-rata beban tugas. Ini hanya boleh digunakan pada tahap permulaan, sebelum lebih banyak kuantitas ditentukan melalui percobaan di tapak.

Contoh dalam bentuk ilustrasi disajikan di sini untuk menunjukan bagaimana pekerja dilibatkan dalam kegiatan pembuatan jalan dapat disusun di tapak kerja. Anggaphlah bahwa untuk pekerjaan tanah satu ruas jalan 0,4 kilometer, harus dilakukan penggalian, pengangkutan dan penyebaran (termasuk perataan). Pekerjaan harus diselesaikan dalam 10 hari. Dari informasi hasil survai kita mengetahui berapa banyak dan pekerjaan jenis apa yang harus dilakukan tiap 100 meter dari ruas jalan. Tabel 8 menunjukkan bagaimana tenaga kerja dapat diatur untuk contoh ini.

Tabel 8: Contoh mengatur pekerjaan menurut kelompok pekerja untuk satu ruas jalan.

		Volume Pekerjaan	Produktifitas (volume per harijerja-orang)	0-100m	100-200m	200-300m	300-400m
I				Volume pekerjaan (m3 per ruas jalan)			
1	Penggalian	500		200	50	100	150
2	Pengangkutan (10m)	250		100	0	100	50
3	Penebaran	500		200	50	100	150
II				Herikerja-orang yang diperlukan			
4	Penggalian		1 m ³ /ld	200	50	100	150
5	Pengangkutan (10m)		5 m ³ /ld	20	0	20	10
6	Penebaran		2.5 m ³ /ld	80	20	40	60
III				Jumlah pekerja yang diperlukan			
	Penggalian			20	5	10	15
	Pengangkutan (10m)			2	0	2	1
	Penebaran			8	2	4	6
	Jumlah			30	7	16	22
IV							
	10 penggalian; 1 pengangkutan; 4 penyebaran; jumlah 15 pekerja			kelompok 1			
	10 penggalian; 1 pengangkutan; 4 penyebaran; jumlah 15 pekerja			kelompok 2			
	15 penggalian; 2 pengangkutan; 6 penyebaran; jumlah 23 pekerja				kelompok 3		
	15 penggalian; 1 pengangkutan; 6 penyebaran; jumlah 22 pekerja						kelompok 4

Langkah pertama untuk menunjukkan berapa banyak pekerjaan untuk tiap kegiatan perlu dilakukan di tiap ruas. Ini ditunjukkan dalam (I) di tabel. Bila ini sudah dilakukan dan dengan informasi tentang produktifitas pekerja, jumlah harikerja-orang untuk berbagai kegiatan dan untuk ruas tertentu dapat dihitung. Ini ditunjukkan dalam (II). Tingkat produktifitas tenaga kerja yang disajikan di tabel hanya sekedar ilustrasi. Norma produktifitas tenaga kerja yang sebenarnya perlu dicari dari sumber setempat, baik dari Departemen Pekerjaan Umum atau berdasarkan pengalaman setempat. Langkah II menunjukkan misalnya bahwa dengan produktifitas tenaga kerja 5m^3 per harikerja-orang untuk pengangkutan dan volume pengangkutan dalam ruas jalan 200-300m dari 100m^3 , jumlah harikerja-orang yang diperlukan untuk pengangkutan dalam ruas 200-300m adalah 20. Karena pekerjaan perlu diselesaikan dalam 10 hari dalam contoh ini, berarti bahwa $20/10 = 2$ pekerja diperlukan untuk pengangkutan dalam ruas jalan 200-300m. Langkah III dalam tabel menunjukkan jumlah pekerja yang diperlukan dalam berbagai kegiatan dalam ruas jalan yang ditentukan.

Dalam langkah IV, pengaturan kelompok pekerja disiapkan. Karena kekuatan satu kelompok yang dapat diterapkan adalah 25 pekerja, diputuskan dalam contoh itu untuk memisahkan tempat kerja yang diperlukan sebanyak 30 orang untuk ruas jalan 0-100m, dalam dua kelompok yang terdiri dari 15 pekerja. Dalam ruas-ruas jalan 100-200m dan 200-300m, masukan tenaga kerja yang diperlukan relatif lebih sedikit dan kebutuhan tenaga kerja untuk ruas-ruas jalan ini dapat ditangani oleh satu kelompok untuk semua ruas ini bersama-sama (kekuatan kelompok ini adalah $7 + 16 = 23$ pekerja). Pekerjaan dalam ruas jalan 300-400 m dapat dilakukan oleh kelompok berkekuatan 22 orang.

Dalam langkah IV, ditunjukkan juga berapa banyak pekerja dalam tiap kelompok harus melaksanakan penggalian, pengangkutan dan penyebaran untuk mencapai keseimbangan kelompok yang efisien, berdasarkan kebutuhan pekerjaan. Informasi ini diambil dari langkah III dimana jumlah pekerja yang diperlukan untuk berbagai kegiatan sudah ditetapkan.

6.4 Keselamatan di Tapak dan Kondisi kerja

Untuk membatasi kecelakaan dan tepajannya para pekerja pada kondisi kerja yang berbahaya, pengawas harus memastikan adanya langkah-langkah untuk mengatasi bahaya dan terpajannya pekerja pada kondisi yang membahayakan. Kondisi dan keadaan yang membahayakan dapat terjadi kecuali langkah-langkah pengamanan ditempuh selama penebangan pohon, penyingkiran batu besar, peledakan, bekerja dengan bitumen, semen dan bahan kimia lainnya.

Keadaan berbahaya lainnya dapat juga timbul misalnya bila menggali tanah yang kurang stabil di medan berlereng bila bekerja pada punggung bukit sempit. Bekerja dengan peralatan kimia dapat juga menimbulkan ancaman bahaya bila para operatornya kurang terampil atau bila tidak ada tindakan yang semestinya dilakukan untuk menjaga agar para pekerja dan orang-orang yang lewat tidak berada dekat peralatan demikian. Ini hanya beberapa contoh tentang kemungkinan risiko yang dihadapi dalam kegiatan konstruksi. Masih banyak lagi risiko demikian dan pengawas harus menyadari berbagai potensi risiko dan menempuh langkah-langkah yang diperlukan. Ini dapat berupa memastikan tersedianya alat pelindung yang memadai.

Mutu pengawasan menentukan mutu pekerjaan

Petunjuk langsung paling efektif hasilnya

Perisa pekerjaan kelompok kerja tiap hari

Alasan-alasan kegagalan menyelesaikan tugas harian

Sebagai bagian dari tindakan pencegahan, pengawas harus memberi penjelasan singkat kepada para pekerja dan operator tentang potensi keselamatan dan risiko terhadap kesehatan dalam berbagai kegiatan konstruksi dan memberitahu mereka bagaimana mengatasi semua itu. Bila terjadi kecelakaan, pengawas harus tahu apa yang harus dilakukan dalam tiap kasus tertentu. Ia seharusnya sudah menyiapkan perangkat pertolongan pertama dan seorang harus senantiasa ada di tempat dan tahu bagaimana membantu memberikan pertolongan pertama. Pengawas juga seharusnya mengetahui pihak-pihak yang dapat dihubungi serta nomor-nomor telepon klinik kesehatan atau rumah sakit bila terjadi cedera berat. Untuk kecelakaan besar, harus sudah tersedia pengaturan angkutan bagi orang yang cedera.

Para pekerja harus melaksanakan pekerjaan yang berat secara fisik dan dengan demikian air minum harus tersedia di tapalk. Air perlu disediakan minimum 3 liter per perang per hari.

6.5 Pengawasan

Mutu pengawasan adalah faktor terpenting yang menentukan mutu pekerjaan. Dengan demikian, peran pengawas lapangan sangat menentukan. **Pekerjaan Apa, Bagaimana, Dimana, Bilamana dan oleh Siapa** pekerjaan harus dilakukan.

Petunjuk langsung kepada semua pekerja yang ditunjuk, termasuk kepada ketua kelompok, sangat efektif hasilnya. Sebaiknya pengawas menunjukkan cara bagaimana kegiatan harus dilakukan.

Para pengawas perlu memeriksa dan menyetujui pekerjaan sebelum para pekerja berangkat ke tempat tugas mereka tiap hari. Mereka harus memeriksa hal-hal berikut:

- ☒ Apakah kegiatan pengukuran lapangan sudah dilaksanakan dengan benar?
- ☒ Apakah sisi-sisi pekerjaan tanah sudah sesuai dengan alinemen jalan dan sudah dilakukan?
- ☒ Apakah tanah ditempatkan dengan benar?
- ☒ Apakah semua pekerjaan diselesaikan dengan benar sesuai dengan tugas harian yang diberikan?

Bila tugas harian belum diselesaikan sampai akhir waktu kerja, cari penyebab kelambatan itu. Bila alasan tidak selesainya pekerjaan berkaitan dengan kesulitan yang tidak terlihat sebelumnya, pengukuran keliling yang tidak sesuai atau penghitungan tugas, kekurangan tenaga kerja atau cuaca buruk, para pekerja boleh pulang dan para pekerja dan kelompok mereka boleh dibebaskan. Bila alasan tidak-selesainya pekerjaan terletak pada para pekerja, pengawas perlu membahas dengan para pekerja tentang cara untuk menyelesaikan tugas itu tanpa ketinggalan sesuai dengan rencana kerja. Bila ini juga masih tidak memungkinkan, rencana kerja itu harus disesuaikan.

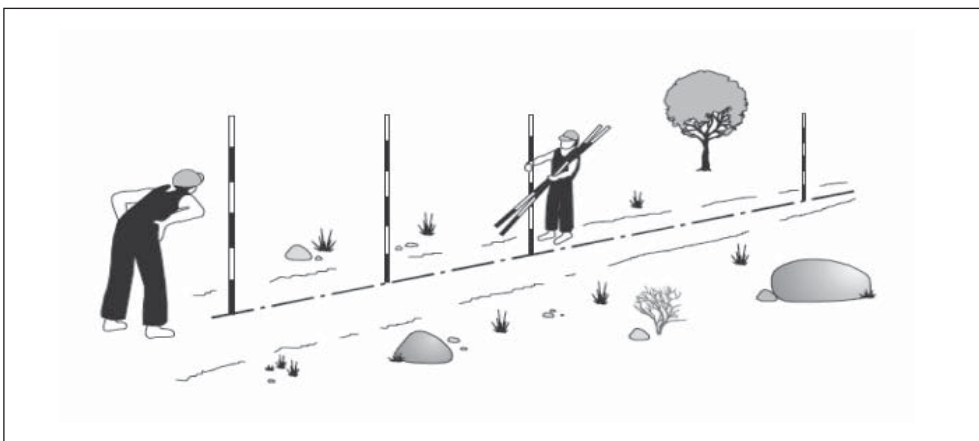
7.1 Persiapan pelaksanaan

Bab ini mendeskripsikan bagaimana cara mensurvey jalan dan bagaimana cara merancang pekerjaan untuk kegiatan pembangunan jalan. Membuat rancangan pekerjaan dan survey merupakan dua hal kunci dalam desain dan pekerjaan pembangunan jalan. Pembuatan rancangan juga memungkinkan kalkulasi kuantitas kerja yang akan dilakukan dan berbagai kondisi landaian dan kemiringan jalan dan struktur bangunan pelengkap terkait. Lampiran 2 memberi informasi mengenai bagaimana cara mengkalkulasi area dan volume bentuk-bentuk dasar. Informasi dasar mengenai bagaimana cara merancang atau mengkalkulasi landaian dan lereng diberikan di Lampiran 3.

7.1.1 Alinemen Horisontal

Garis-garis lurus dirancang dengan menandai titik-titik setiap 50 m hingga 100 m dengan tiang penanda/jolon ukur (lihat juga bagan 7 dan gambar 2). Diantara tiang-tiang penanda ini, titik tengah dirancang di setiap 10 m. Normalnya, bagian-bagian yang tidak lebih dari 50 hingga 100 m dirancang pada saat itu. Di daerah bergunung-gunung, bagian-bagian di bawah dari 50 m bisa dipilih. Metode ini juga digunakan untuk merancang "Garis Tengah" sebuah jalan.

Bagan 7: Merancang Garis Tengah Lurus



**Mengkalkulasi
area, volume dan
landaian**

**Merancang garis
lurus**

Tandai garis tengah dengan memasang pasak ordinat

Gunakan metode 3-4-5 merancang sudut 90° dari garis tengah



Gambar 2: Merancang garis lurus dan lereng

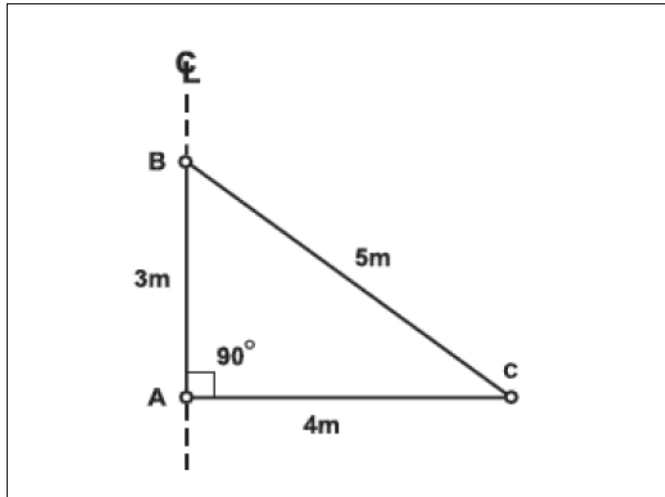
Setelah garis tengah selesai dirancang, tandai garis ini dengan merancang pasak ordinat yang kuat di 900 ke sisi pasak-pasak yang mengindikasikan garis tengah. Dalam kasus pembuatan tanggul, pasang pasak ordinat di masing-masing sisi di kaki tanggul yang direncanakan, dalam interval 10 m di sepanjang garis jalan tersebut. Pasang pasak ordinat di masing-masing sisi jalan tersebut dalam jarak yang sama dari pasak yang dipasang di garis tengah.

Merancang pasak ordinat, buatlah sebuah sudut 90° dari garis tengah, dengan menggunakan pita 30 m. Ukurlah 3 m dari tiang penanda (A) di sepanjang garis tengah dan pasang sebuah pasak sementara di posisi ini (B). Kemudian temukan tanda 8 m di pita Anda (C) sembari memekelompok pekerja pita di tanda 12 m di titik (A). Pasanglah sebuah tiang penanda di tanda 8 m pada pita tersebut, dengan membuat sebuah garis antara A dan C, 90° ke garis tengah (lihat juga bagan 8 dan gambar 3). Ulangilah kegiatan ini di sisi sebaliknya di garis tengah dan periksalah bahwa ketiga tiang penanda tersebut segaris. Ukurlah posisi pasak-pasak ordinat tersebut dengan melihat sepanjang ketiga tiang penanda tersebut. Sebuah metode alternatif untuk merancang sudut 90 derajat adalah menggunakan sebuah pola cetakan dengan proporsi 3:4:5.



Gambar 3: Merancang sudut 90° dari garis tengah

Bagan 8: Merancang sudut 90° dari garis tengah



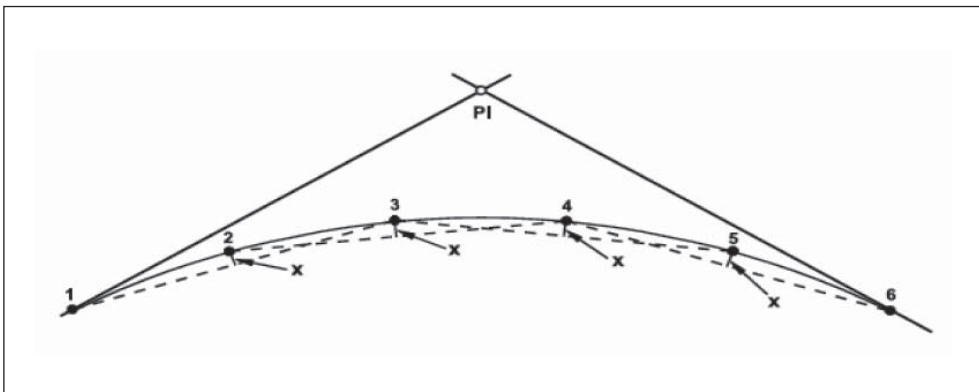
7.1.2 Kelengkungan

Setelah garis tengah telah dirancang dengan garis lurus yang bertemu di titik persinggungan (seperti P1 di bagan 9), kelengkungan perlu dirancang. Lakukan hal ini dengan memasang pasak di kelengkungan tersebut "dengan pandangan mata" hingga pasak-pasak tersebut tampak mengikuti sebuah kelengkungan yang halus. Periksa apakah kelengkungan tersebut halus dengan menggaris pasak ke-1 dan ke-3 dan ukurlah ordinat pasak ke-2 ke garis ini (ini adalah jarak "x" di bagan 7).

Ulangilah kegiatan ini dengan menggaris pasak ke 2 dan ke-4 dan ukurlah ordinat pasak ke-3 ke garis ini. Ulangilah hal ini untuk seluruh pasangan pasak. Periksa dan sesuaikanlah semua ordinat ini hingga hampir sama.

Setting out smooth curves by using the "by Eye" method

Bagan 9: Merancang Kelengkungan "Dengan pandangan Mata"

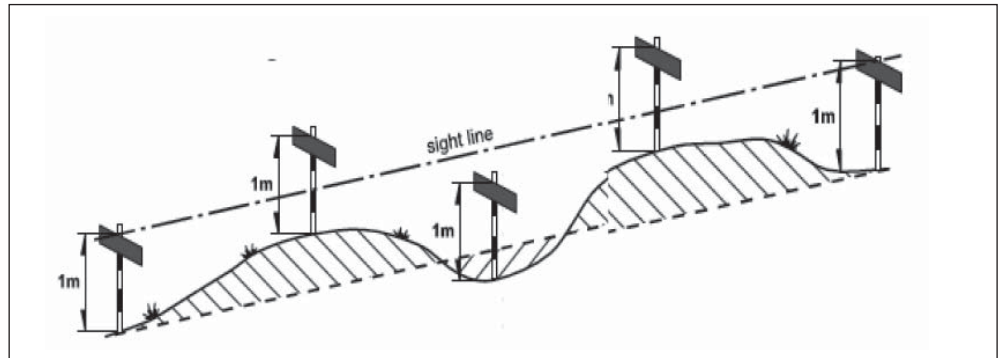


7.1.3 Alinemen Vertikal

1. Tetapkan papan profil di tiang penanda di sepanjang garis tengah pada level yang tetap, misalnya 1 meter di atas level dasar (bagan 10).

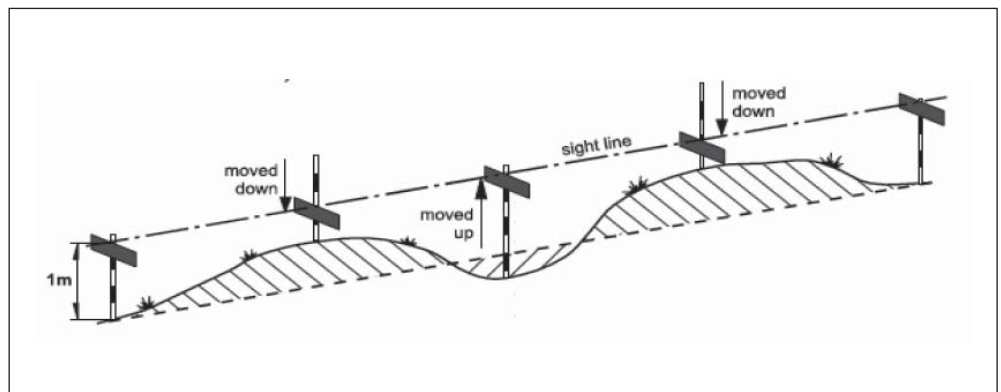
4 langkah merancang posisi vertikal menggunakan papan profil

Bagan 10: Menetapkan papan profil di tiang penanda di sepanjang garis tengah



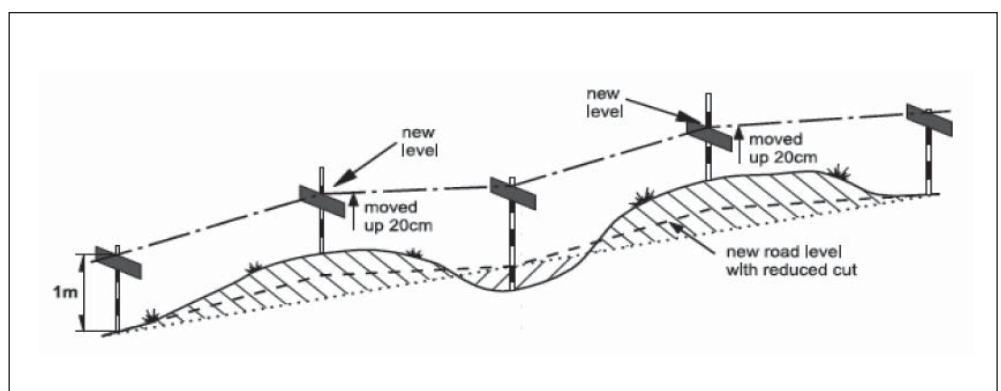
- ② Lihatlah sepanjang papan-papan profil tersebut (bagan 11). Biarkan seorang asisten menyesuaikan level tiap-tiap papan profil tengah sehingga papan-papan tersebut seluruhnya segaris dengan profil yang pertama dan terakhir. Seluruh papan profil kemudian akan berada 1 m di atas level garis tengah jalan baru tersebut (sebelum mendesain lengkungan).

Bagan 11: Melihat papan profil



- ③ Jika level garis tengah terlalu dalam ke dataran tersebut, yakni membutuhkan terlalu banyak penggalian, pindahkan papan-papan profil tersebut ke atas dan ke bawah untuk mengurangi pekerjaan perataan, lihat bagan 12.

Bagan 12: Menyesuaikan papan profil untuk mengurangi jumlah pekerjaan perataan



- 4 Pastikan papan-papan profil sepanjang garis tengah dipasang dengan benar. Seluruh level lain untuk struktur jalan tersebut akan dirancang berdasarkan profil-profil di sepanjang garis tengah.



Gambar 4: Memeriksa lereng di sepanjang garis tengah

Saat merancang garis tengah, periksalah lereng di sepanjang profil jalan. Jika lereng jalan tersebut terlalu curam, ubahlah profil jalan tersebut. Saat memilih garis tengah jalan, periksa juga lereng dataran yang ada untuk memastikan lereng tersebut tidak terlalu curam. Jika Anda harus mengkalkulasi lereng vertikal di sepanjang jalan yang ada, pindahkan level satu papan profil ke tiang penanda berikutnya dan ukurlah perbedaannya.

Lereng sebuah jalan ditentukan dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Perbedaan level} / \text{panjang}) \times 100\% = \text{landaian} (\%)$$

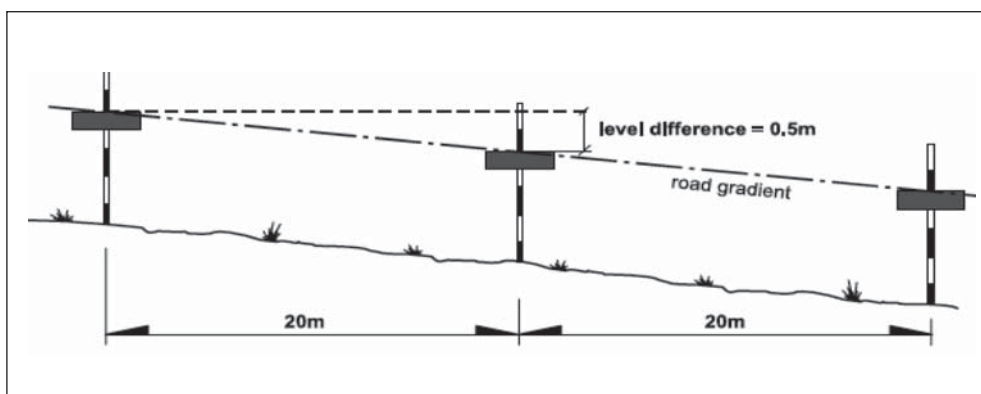
Jika perbedaan level antara dua papan profil (berjarak 20 m) adalah 0,5 m, Anda dapat mengkalkulasi lereng tersebut menjadi (lihat juga bagan 13):

$$\text{Lereng} = (0,5/20) \times 100 = 2,5\%$$

Periksa lereng di sepanjang jalan tidak terlalu curam

Contoh kalkulasi lereng vertikal di sepanjang jalan yang ada

Bagan 13: Contoh Penghitungan Lereng Vertikal di Sepanjang Jalan



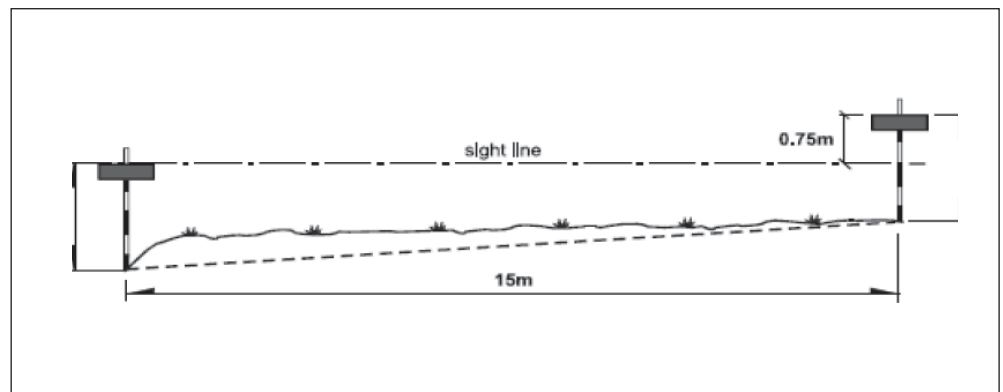
Contoh merancang lereng vertikal

Contoh membuat rancangan sebuah lereng vertikal dengan papan profil ditunjukkan di bagan 14. Jika Anda harus merancang sebuah lereng vertikal 5% pada sebuah dataran sepanjang 15 meter, Anda dapat mengkalkulasi perbedaan ketinggian yang dibutuhkan:

$$\text{Perbedaan ketinggian} = 5\% \times 15\text{m} = (5/100) \times 15\text{m} = 0,75\text{m}$$

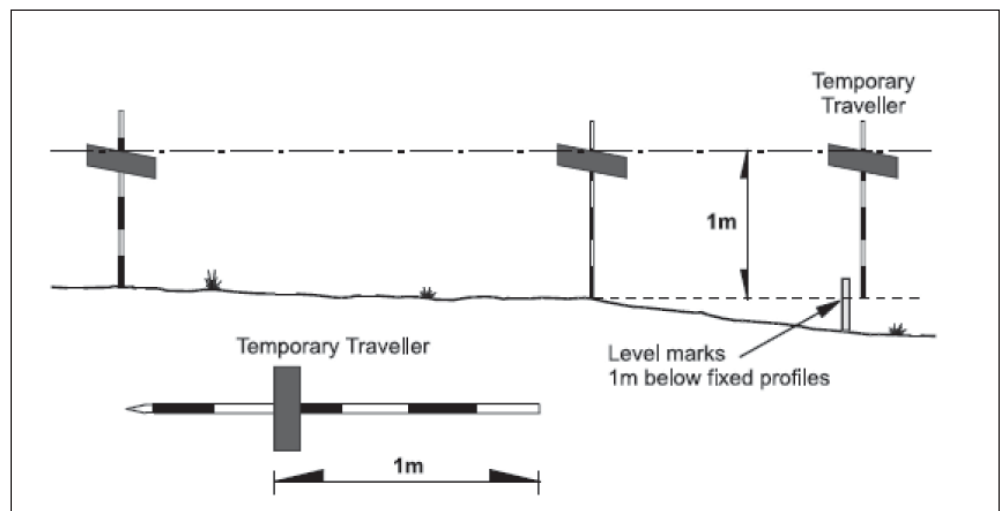
Selanjutnya, pindahkan level satu profil ke tiang penanda 15 m dan pasanglah papan profil 0,75 m di atas tanda ini. Kedua papan tersebut kemudian dipasang di landaian 5%.

Bagan 14: Merancang sebuah Lereng Vertikal



Di kasus-kasus itu di mana level harus dirancang di bawah garis pandang, sebuah pelintas sementara perlu digunakan, sebagaimana ditunjukkan di bagan 15.

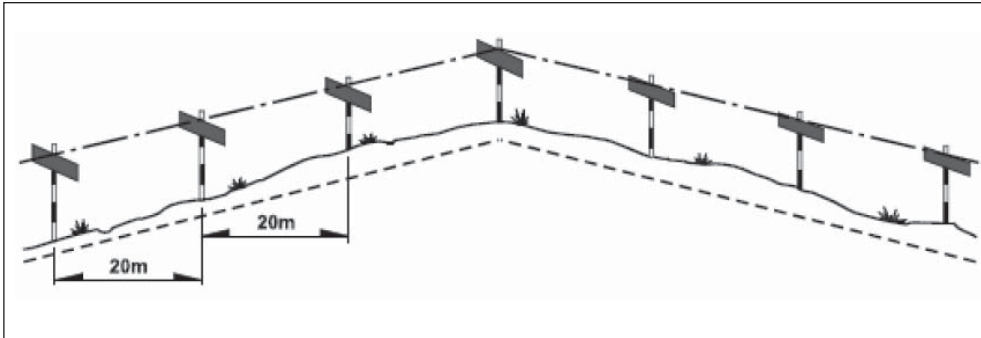
Bagan 15: Merancang Level Di Bawah Garis Pandang



Jika Anda harus merancang sebuah kelengkungan vertikal pada sebuah bukit atau melalui sebuah lengkungan, papan profil dipasang untuk memberikan kedalaman standar galian ke saluran tersebut dan kemudian disesuaikan dengan pandangan mata untuk memberi kelengkungan yang halus. Pemberian jarak 20 m antara papan-papan profil cukup untuk membuat serangkaian garis pandang tampak sebagai sebuah kelengkungan saat jalan tersebut selesai dibangun (lihat juga bagan 16).

Contoh merancang level di bawah garis pandang

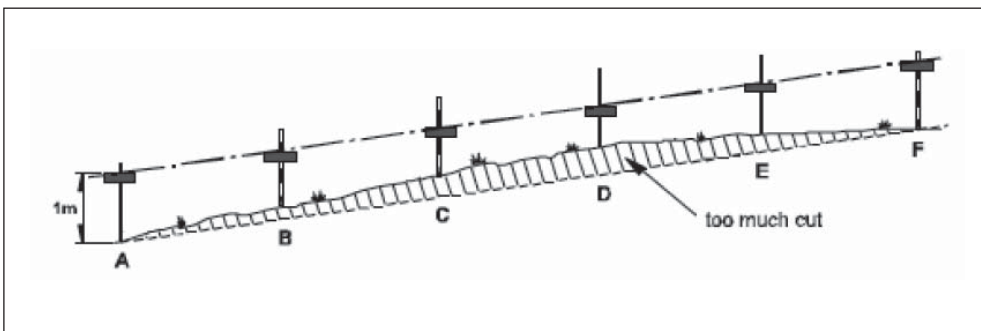
Bagan 16: Merancang Kelengkungan Vertikal



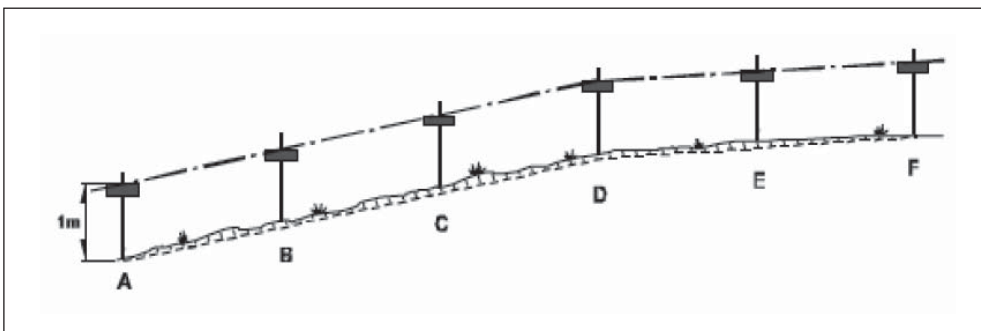
Untuk merancang sebuah kelengkungan vertikal melalui sebuah lembah atau sebuah turunan, pada prinsipnya prinsip yang sama diterapkan sebagaimana ketika merancang sebuah kelengkungan vertikal pada sebuah bukit. Tetapi kini Anda dapat menggunakan sebuah garis benang nilon untuk merancang sebuah “kelengkungan vertikal menurun” yang halus.

Untuk meminimalkan kuantitas pekerjaan tanah, maka dimungkinkan untuk meragamkan lereng vertikal tersebut. Jika ketinggian papan profil di atas level dasar adalah lebih dari 10 cm +/- level 1 m, periksalah lereng tersebut dan sesuaikanlah sebagaimana ditunjukkan di bagan 17 dan 18. Saat melakukan ini, ingatlah bahwa lereng vertikal tersebut tidak boleh melebihi lereng vertikal maksimal yang diperbolehkan, yaitu 12%.

Bagan 17: Galian Berlebihan Saat Mengaplikasikan Lereng Lurus



Bagan 18: Meminimalkan Galian dengan mengaplikasikan Dua Lereng berbeda



Contoh merancang kelengkungan vertikal di atas bukit

Contoh merancang kelengkungan vertikal melalui lembah atau turunan

Contoh meminimalkan pekerjaan tanah dengan meragamkan lereng vertikal

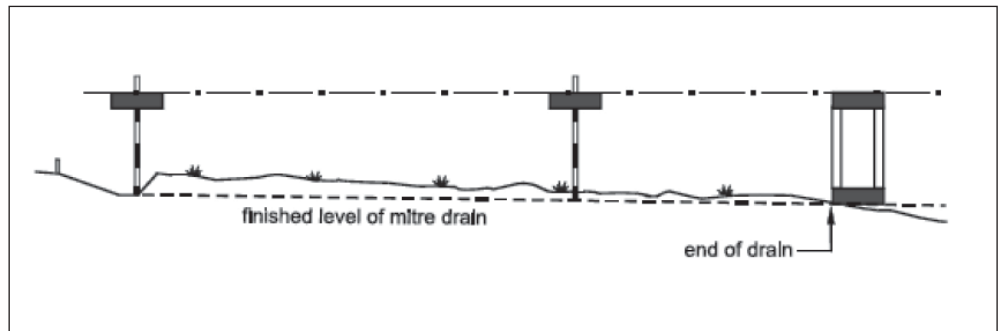
Contoh merancang panjang saluran pembuang

7.1.4 Saluran Pembuang

Saluran pembuang adalah sebuah saluran yang mengosongkan saluran samping secara berkala sebelum volume air bertambah dan menyebabkan erosi.

Setelah Anda menentukan lereng saluran katup tersebut, rancanglah lereng ini dengan papan profil (bagan 19). Kemudian gunakan sebuah **Pelintas sementara (lihat gambar)** untuk melihat berapa jauh Anda telah membuat ketiga profil tersebut sejajar. Posisi di mana **Pelintas sementara** berada di tanah dan berjajar dengan dua papan profil tetap tersebut menunjukkan di mana penggalian tidak diperlukan dan oleh karena itu merupakan ujung saluran tersebut.

Bagan 19: Merancang Panjang sebuah Saluran Katup

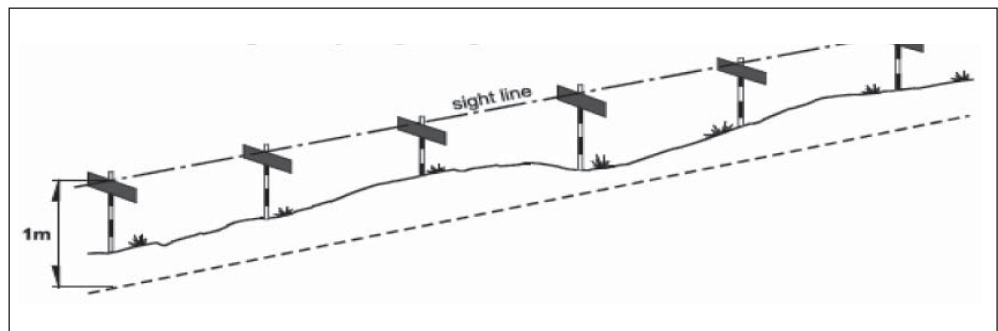


Contoh merancang saluran samping dengan lereng lurus

7.1.5 Saluran Drainase Samping

Bagan 20 menunjukkan bagaimana cara merancang sebuah saluran samping dengan sebuah lereng lurus dengan menggunakan papan profil, sekalipun kedalaman penggalian akan bervariasi di sepanjang saluran tersebut.

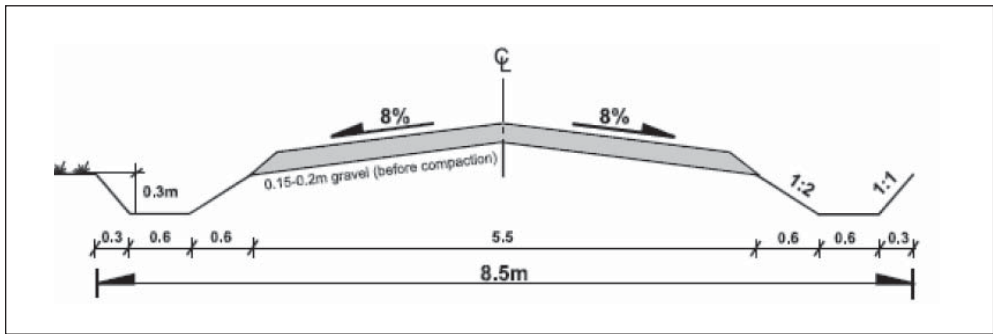
Bagan 20: Merancang Saluran Drainase Samping



7.1.6 Potongan Melintang

Begitu posisi dan level garis tengah telah ditentukan, maka memungkinkan untuk merancang saluran samping dan lengkungan. Cross section harus dirancang pada sudut yang benar ke garis tengah jalan tersebut dengan menggunakan metode 3-4-5. Contoh sebuah cross section tersaji di bagan 21. Dimensi bisa bervariasi, berdasarkan spesifikasi desain aktual. Lengkungan jalan dirancang bersama dengan saluran samping.

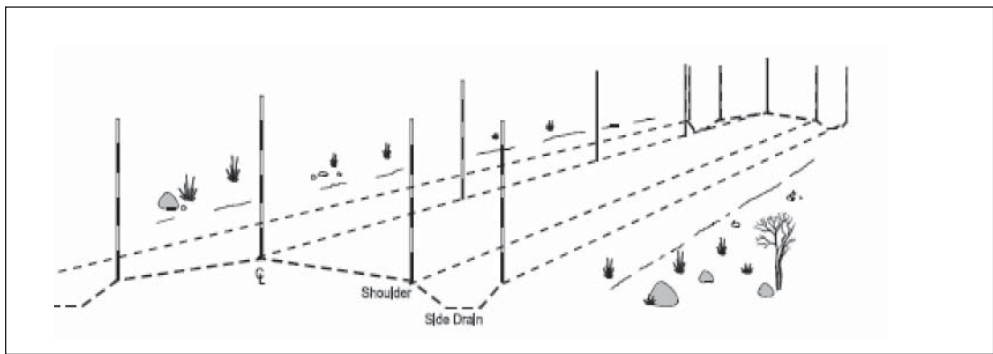
Bagan 21: Contoh sebuah Cross section sebuah Jalan Batu



Prosedur merancang Cross section yang meminimalkan pekerjaan tanah:

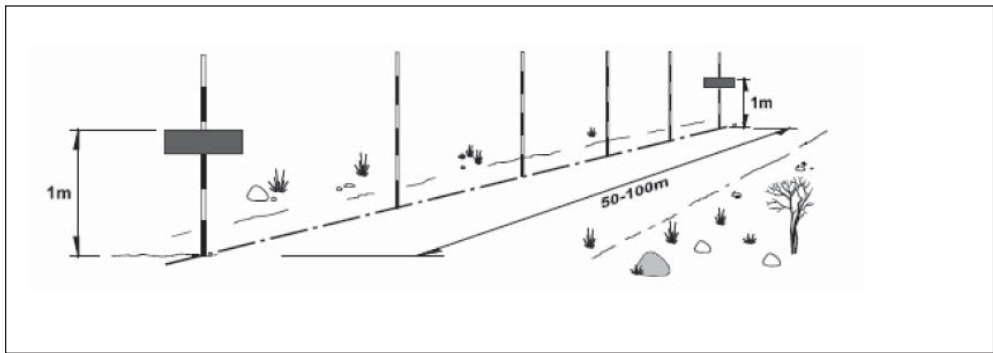
- ❶ On the center line, set out ranging rods at 10m intervals over a section of 50 to 100 meters. At the start of the section, set out the position of the road shoulders and the outer end of the side drains. Repeat this at the other end of the section. Place a wooden peg next to each of the ranging rods.
- ❷ Lihatlah di tiang penanda bagian tengah di setiap 10 m di sepanjang bahu jalan dan saluran samping (bagan 22). Pasanglah pasak di samping tiap-tiap tiang penanda bagian tengah.

Bagan 22: Merancang tiang penanda dan pasak untuk menandai garis tengah, bahu jalan dan saluran samping



- 3 Pada garis tengah, betulkan papan profil di permulaan dan akhir bagian tersebut (bagan 23).

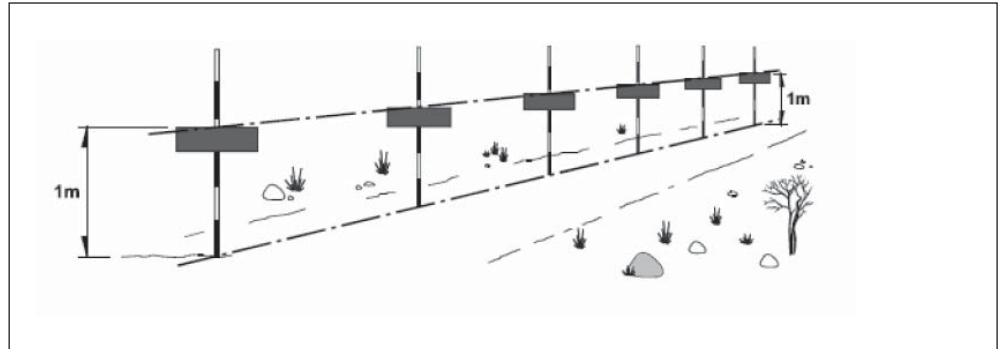
Bagan 23: Merancang papan profil di permulaan dan akhir bagian tersebut



10 langkah merancang pembelahan

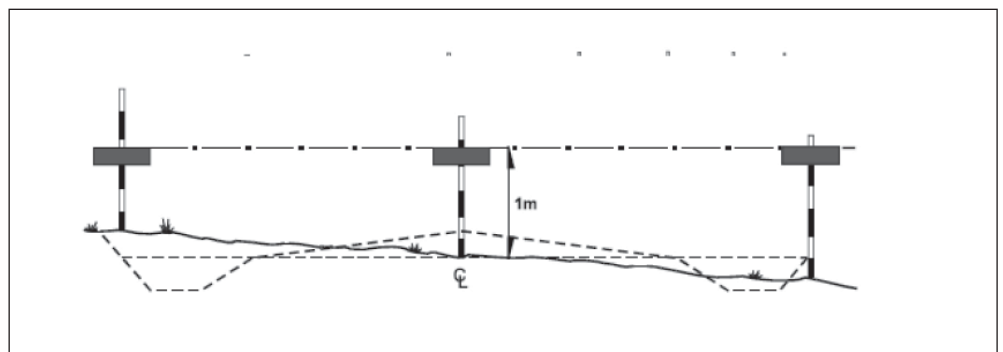
- ④ Lihatlah profil bagian tengah dari satu ujung dan betulkan papan profil di atas tiang penanda pada as jalan di sepanjang garis tengah sehingga semuanya berada pada level yang sama (bagan 24).

Bagan 24: Melihat profil di tiang penanda bagian tengah



- ⑤ Periksa ketinggian masing-masing papan profil. Jika ketinggian papan profil berbeda lebih dari 10 cm dari 1 m, periksalah garisnya. Mungkin garis yang dirancang berada di atas bukit atau di sebuah turunan di dataran tersebut. Kemudian, Anda harus menyesuaikan profil tersebut untuk menghindari terlalu banyaknya penggalian.
- ⑥ Pindahkan level tiang penanda di ujung luar saluran samping (bagan 25). Mulailah di bagian permulaan jalan tersebut. Gunakanlah level dari benang dan garis untuk pindahkan level papan profil di garis tengah ke saluran samping. Pasangi level dengan papan profil dan berilah tanda di atas pasak di samping tiap-tiap tiang penanda. Ulangi prosedur ini untuk kedua tiang penanda yang sama di bagian ujung lain jalan tersebut dan juga untuk profil tengah. Kemudian, lihatlah level tengah saluran samping.

Bagan 25: Pindahkan level garis tengah ke sisi luar saluran



Biasanya ketinggian profil saluran di sisi rendah dari garis as jalan sekitar kurang lebih dari 1 m. Ini karena Anda harus memulai dari tanah yang lebih tinggi, dan karena jalan tersebut rata, saluran samping yang lebih rendah akan kurang dalam.

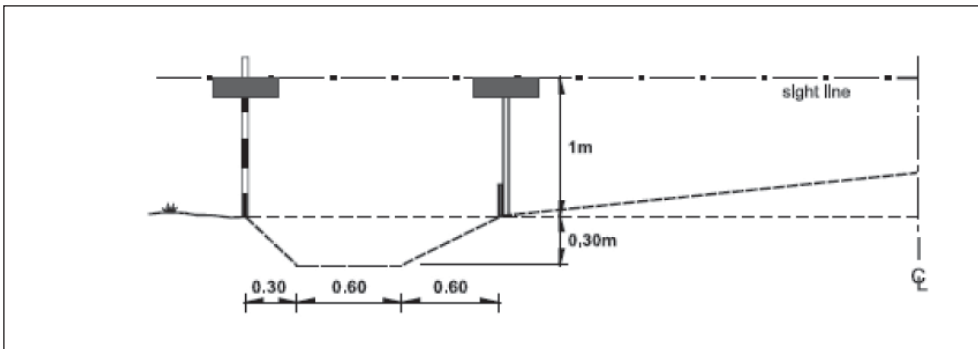
- ⑦ Tandai level untuk garis tengah di atas pasak yang dipasang di samping tiang penanda di sepanjang garis tengah. Kemudian gunakan along the center line. Kemudian gunakan papan profil garis tengah untuk merancang pasak tengah setiap 5 m di sepanjang garis tengah. Ini dapat dilakukan dengan sebuah pelintas sementara 1 m. Tandailah pasak-pasak ini di titik di mana dasar pelintas sementara tersebut menyentuh pasak tersebut,



ketika digaris dengan profil-profil tersebut. Di atas seluruh pasak garis tengah, tandailah level puncak lengkungan 0,25 m di atas level 1 meter pada pasak. Kini Anda harus merancang profil untuk perataan bagian jalan ini.

- 8 Untuk merancang level bahu jalan, gunakanlah sebuah pelintas dengan tinggi 1 m. Bila Anda mensejajarkan pelintas tersebut di sepanjang garis antara kedua profil saluran samping, dasar pelintas tersebut akan menunjukkan level bahu jalan yang benar (bagan 26).

Bagan 26: Merancang level bahu jalan

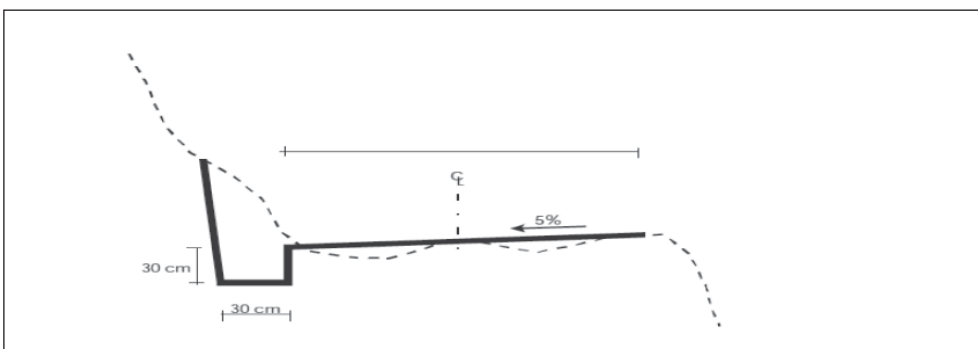


Pasanglah pasak setiap 5 m di sepanjang tepi bahu jalan dan, dengan menggunakan *ranging rod*, tandailah pasak-pasak ini di titik di mana dasar pelintas tersebut berakhir ketika pelintas tersebut sejajar dengan profil-profil tersebut.

- 9 Tempatkan dan rancanglah saluran pembuang. Ini harus dilakukan sebelum pekerjaan penggalian untuk saluran samping dan lengkungan dimulai.
- 10 Merancang dengan menggunakan sebuah benang untuk member tanda elevasi saluran samping yang perlu digali. Ingatlah untuk menyisakan bagian pendekat dari saluran pembuang.

Normalnya, bagian-bagian yang tidak lebih dari 50 hingga 100 m dirancang pada saat di dataran rata. Di dataran bergunung-gunung, bagian yang kurang dari 20 m bisa dipilih. Sebuah cross section yang khas di dataran bergunung-gunung dengan penurunan 5% ditunjukkan di bagan 27.

Bagan 27: Contoh Cross section di dataran bergunung-gunung



Contoh
pembelahan
khas di dataran
bergunung-
gunung

Pembersihan semak, pohon dan rumpun

Membuang batu besar

Membuang humus

Selalu upayakan meminimalisir pekerjaan tanah

Pekerjaan tanah di daerah rata

7.2 Pembersihan Lahan

Pembersihan lahan meliputi penebangan dan pembuangan pepohonan, pembersihan semak and penggalan dan pembuangan akar. Hindarilah pembersihan semak yang lebat dan penebangan pepohonan yang tak perlu di manapun memungkinkan dengan pemilihan garis tengah yang cermat. Bila Anda tidak dapat menghindari menebang pepohonan, galilah dan buanglah akarnya juga hingga kedalaman lebih dari 200 mm di bawah level dasar. uruglah lubang yang ditimbulkan oleh pencabutan akar dan padatkan lubang urugan ini dengan benar dengan menggunakan palu godam. Permukaan yang tertutup oleh rumput lebat harus dibersihkan. Permukaan yang tertutup oleh rumput yang tidak lebat biasanya dapat digunakan dalam pekerjaan tanah konstruksi tanpa menimbulkan terlalu banyak masalah. Setelahnya rerumputan tersebut akan tumbuh kembali, yang membentuk perlindungan terhadap erosi pada bahu jalan. Rimbunan rumput yang lebat dapat digunakan untuk melindungi lereng samping.

Usahkan menghindari perlunya memindahkan batu-batu besar karena pekerjaan ini seringkali menghabiskan banyak waktu dan biaya. Bila terdapat banyak batu besar di tanah tersebut, yang menimbulkan masalah dalam menggali saluran, pertimbangkan kemungkinan menaikkan level jalan tersebut.

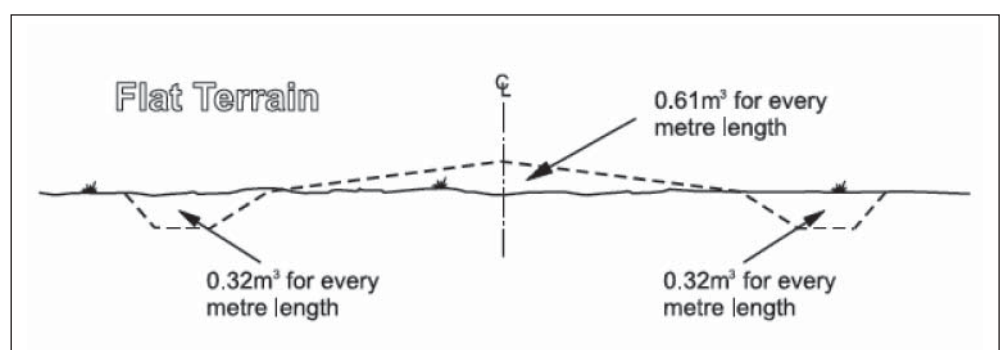
Humus biasanya baru perlu dibuang bila humus tersebut dalam (lebih dari 10-15 cm), sangat organik dan jauh kurang kuat dibandingkan tanah di bawahnya. Pembuangan humus paling mungkin diperlukan di lembah sungai dan area banjir yang membentuk endapan lumpur. Sebagian besar tanah pertanian dan area terbuka bersifat erotif, dengan lapisan humus sangat tipis yang tersisa, yang dapat dicampur dengan pekerjaan tanah untuk konstruksi jalan.

7.3 Pekerjaan Tanah

Pekerjaan tanah meliputi penggalian saluran dan pembangunan formasi jalan dan lengkungan (atau penurunan). Saat merancang pelurusan, selalu upayakan untuk melakukan ini sedemikian rupa sehingga meminimalkan pekerjaan tanah. Ini berlaku baik untuk pembangunan jalan baru maupun perbaikan atau peningkatan jalan yang telah ada.

Bagan 28 memberi contoh pekerjaan penggalian di dataran rata (yakni, dengan sangat sedikit landaian). Karena biasanya terdapat titik-titik rendah di tanah, gunakan agak banyak material dari saluran samping untuk membentuk lengkungan dibandingkan yang secara aktual dibutuhkan.

Bagan 28: Contoh Pekerjaan Tanah di Daerah Rata



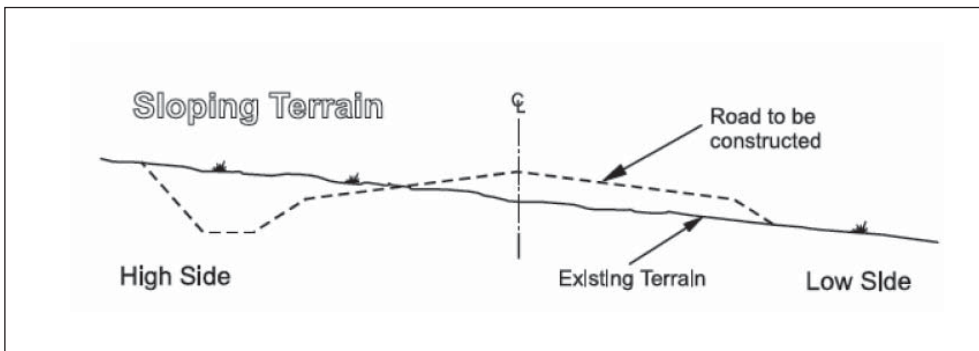
Untuk membuat jalan, galilah material dari saluran dan letakkan di bagian atas alas jalan untuk membentuk lapisan *sub-grade*. Material hasil penggalian tersebut haruslah berkualitas *sub-grade*. Buanglah bebatuan, batu besar dan tanah organik. Pastikan bahwa lengkungan dan saluran dibentuk sesuai dengan spesifikasi desain. Lampiran 5 memberikan ulasan mengenai jenis-jenis tanah berbeda yang bisa dibedakan, karakteristik utamanya dan sebuah penjelasan mengenai terminologi yang digunakan dalam mendeskripsikan tanah.

Di dataran yang melandai (bagan 29) usahakan mengurangi pekerjaan tanah. Lokasikan jalan di punggung bukit bila memungkinkan – ini akan mengurangi pekerjaan tanah dan pekerjaan drainase. Saluran samping yang tinggi normalnya harus digali dalam sementara secara normal tidak dibutuhkan adanya saluran samping yang rendah. Di sisi rendah dari landaian simpang, jalan biasanya harus dibangun di atas urugan.

Penggalian saluran dan pembentukan lengkungan

Di dataran melandai minimalkan pekerjaan tanah dan seimbangkan galian dan pengurugan

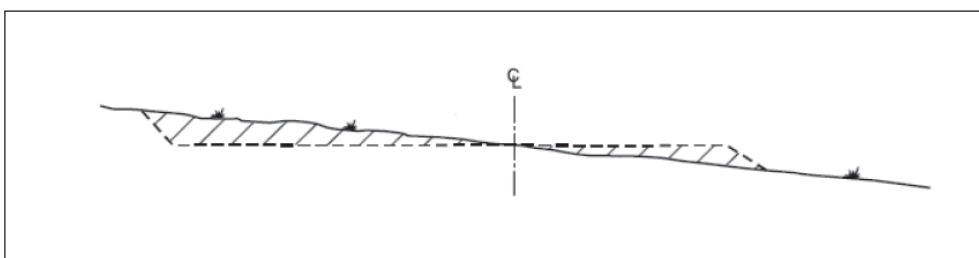
Bagan 29: Contoh Pekerjaan Tanah di Daerah Miring



Di dataran melandai bangunlah jalan dalam dua tahap. Dengan menggunakan metode ini Anda dapat membuat pekerjaan tanah menjadi minimal karena galian dan pengurugan diseimbangkan dan biasanya akan menghindarkan diperlukannya saluran samping di sisi rendah.

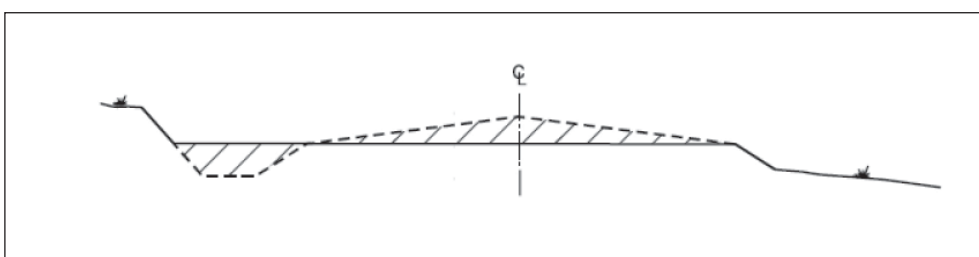
Tahap 1: Galilah sisi yang tinggi dan naikan sisi yang rendah dan bentuklah landaian sisi di sisi yang rendah (bagan 30).

Bagan 30: Tahap 1 dalam pembangunan sebuah jalan di dataran miring



Tahap 2: Galilah saluran sisi yang tinggi dan bentuklah lengkungan.

Bagan 31: Tahap 2 dalam pembangunan sebuah jalan di dataran miring



2 tahap dalam membangun jalan di dataran melandai

Bagan 32 menunjukkan bagaimana cara menyeimbangkan galian dan pengurugan dengan menggunakan metode ini. Bila Anda menyeimbangkan galian dan timbunan, pastikan menyisihkan ruang yang cukup untuk saluran samping di sisi yang tinggi. Di contoh 32 tanah perlu diratakan menjadi 4,25 m dari garis tengah untuk memberi ruang yang cukup untuk menggali dan lereng penyangga saluran samping. Lebar lereng penyangga ke penggalian harus memadai untuk mencapai kemiringan 1:1, serupa dengan lereng penyangga saluran samping.

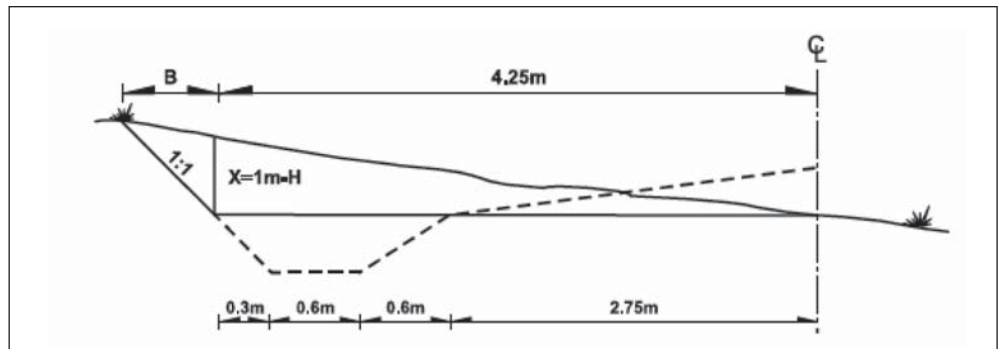


Picture 5: Cutting and leveling

Minimalisir pekerjaan tanah dengan menyeimbangkan galian dan pengurugan dalam pembangunan jalan

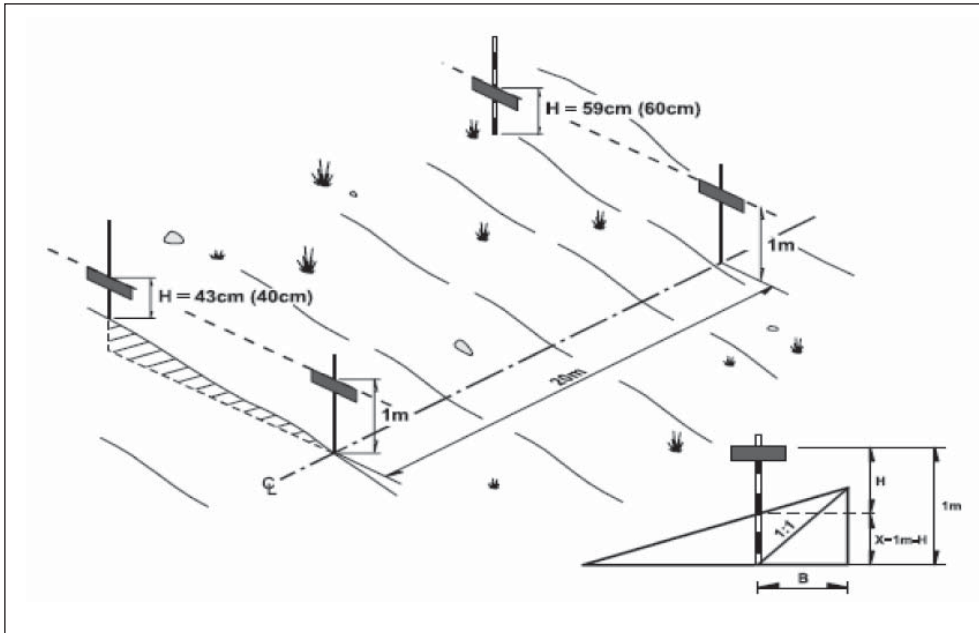
Kalkulasi kuantitas pekerjaan tanah untuk digali

Bagan 32: Contoh Menyeimbangkan galian dan timbunan dalam Pekerjaan Tanah



Jika terdapat sangat banyak pekerjaan penggalian untuk suatu kelompok pekerja yang harus diselesaikan dalam satu hari, pekerjaan tersebut perlu dibagi menjadi beberapa hari. Di contoh bagan 33 ketinggian di permulaan bagian sepanjang 20 m adalah 43 cm, di ujungnya ketinggiannya adalah 59 cm, maka tinggi rata-rata $H = (43 + 59)/2 = 51$ cm.

Bagan 33: Contoh Kalkulasi Pekerjaan Penggalan



Panjang sepanjang cross section yang harus digali adalah 4,25 meter (lihat bagan 33). Ini tidak termasuk penggalian lereng penyangga. Untuk lereng penyangga dengan kemiringan 1:1 bagan 35 menunjukkan bagaimana area penggalian ini bisa dikalkulasikan. Di contoh ini H = 0,51 meter, maka X = 1 – H = 0,49 meter. D = 4,25 meter dan L = 20 meter.

Dengan menggunakan formula di bagan 34, volume (V) pekerjaan tanah untuk menggali adalah:

$$V = ((D^2 \times X) / (2 \times (D-X))) \times L, \text{ so}$$

$$V = ((4.25^2 \times 0.49) / (2 \times (4.25 - 0.49))) \times 20 = 23.5 \text{ m}^3$$

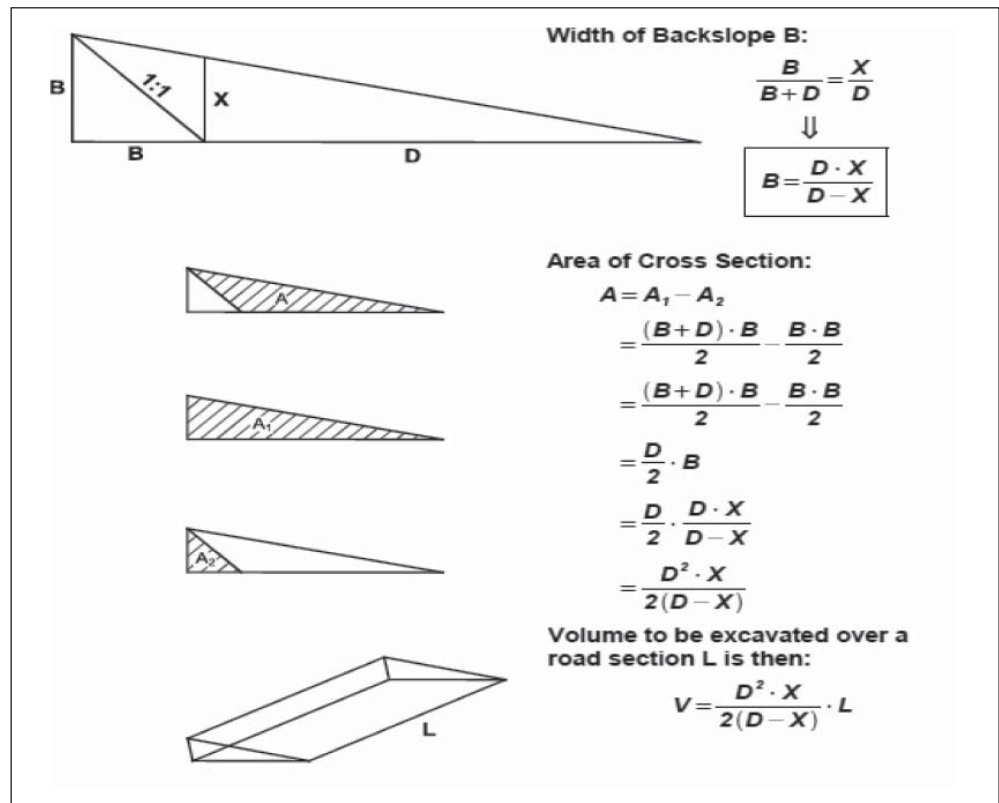
Jika misalnya satu pekerja bisa menggali 1,45 m³ tanah per hari, jumlah hari kerja untuk menggali **23,5m³ = 23,5 / 1,45 ≈ 16 hari kerja**.

Andaikan sebuah kelompok pekerja berisi 8 pekerja, ini berarti **16 hari kerja / 8 pekerja = 2 hari** dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Di masing-masing 2 hari tersebut volume pekerjaan tanah yang harus digali adalah 23,5 / 2 = 11,75 m³. Bagan 35 menunjukkan bagaimana ini bisa dirancang untuk contoh ini.

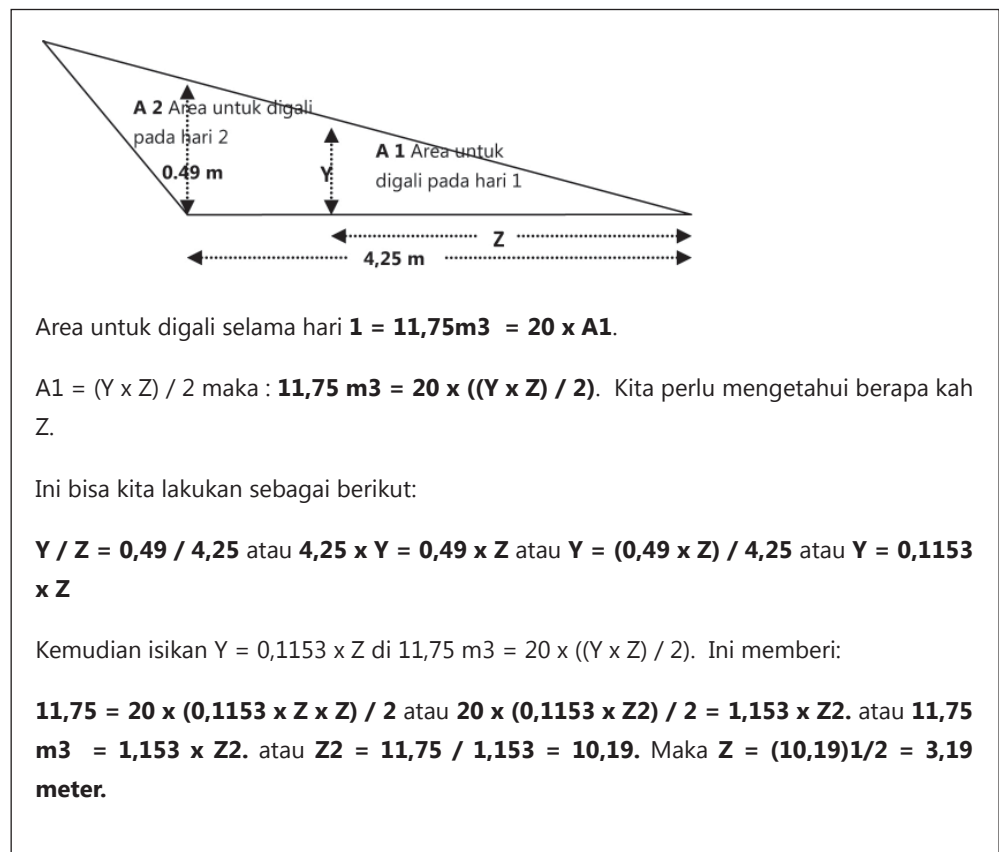
Contoh kalkulasi
kuantitas pekerjaan
penggalian tanah

Formula yang digunakan untuk mengkalkulasi kuantitas pekerjaan penggalian

Bagan 34: Formula untuk Kalkulasi Area Penggalian

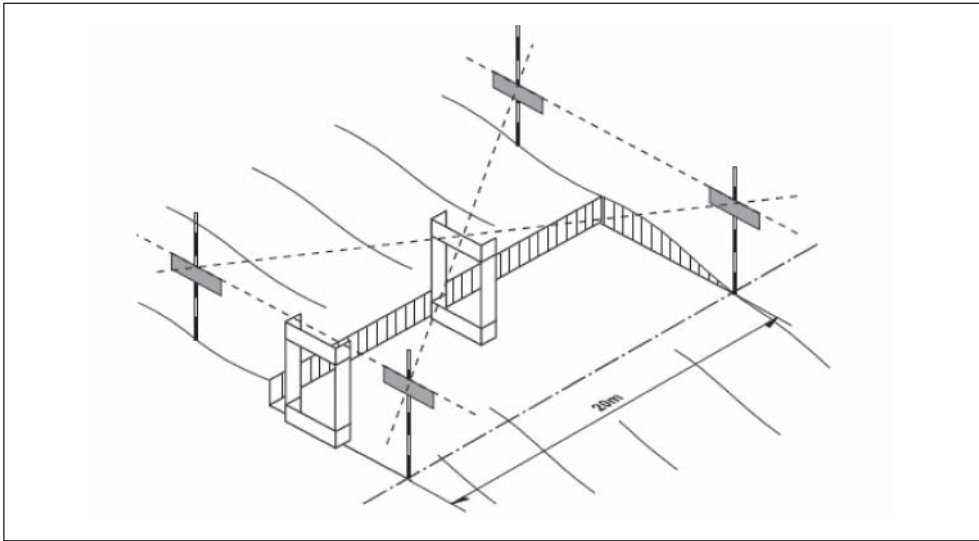


Bagan 35: Contoh Kalkulasi Area untuk Digali per Hari



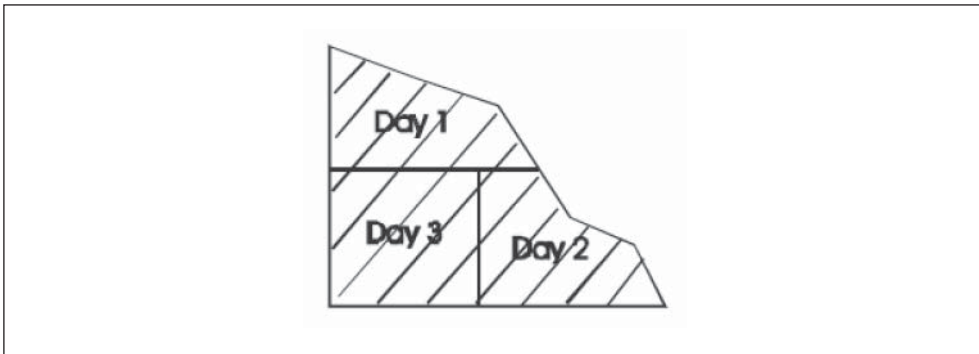
Untuk menjamin bahwa galian sepenuhnya dilakukan selama satu hari kerja, sebuah pelintas sementara dapat digunakan sebagaimana ditunjukkan di bagan 36.

Bagan 36: Menggunakan Pelintas untuk Mengecek bahwa Penggalian Dilakukan sebagaimana Diminta



Jika area yang harus digali sangat tinggi, bagian teratas biasanya digali lebih dahulu. Bagan 37 menunjukkan contoh bagaimana pekerjaan tersebut dapat diorganisir dalam suatu bagian. Di contoh ini akan dibutuhkan 3 hari untuk pekerjaan penggalian.

Bagan 37: Contoh merancang pekerjaan penggalian dalam periode 3 hari



Tanah hasil penggalian digunakan untuk membentuk sisi urugan. Jika jarak penkelompok pekerja dari lokasi penggalian ke lokasi urugan pendek, Biasanya Anda akan membutuhkan dua kali lipat pekerja untuk pekerjaan penggalian (cut) dari pada untuk pekerjaan urugan.

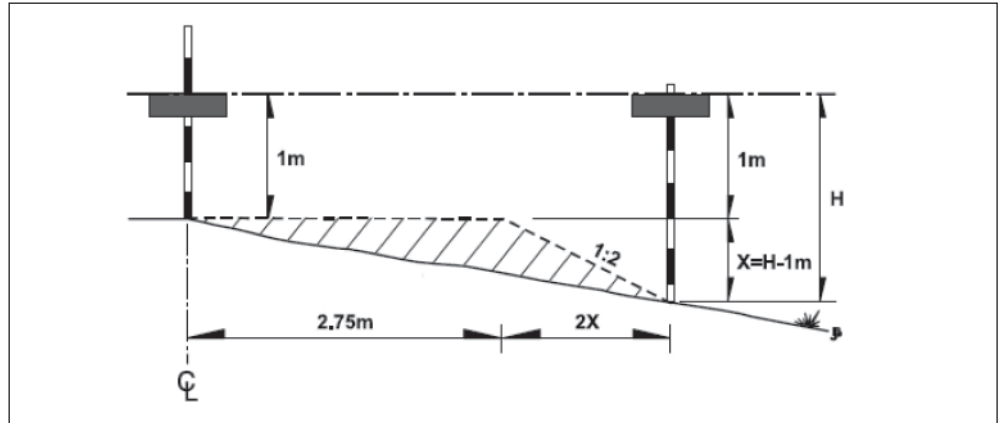
Jika kedalaman urugan di bahu jalan sisi rendah di atas 0,3 m, biasanya tidak dibutuhkan saluran samping di sisi jalan yang rendah. Pastikan bahwa landaian urugan memiliki landaian 1:2 sebagaimana ditunjukkan di bagan di bawah.

Gunakan pelintas untuk mengecek bahwa pekerjaan penggalian dilakukan sesuai ketentuan

Untuk pekerjaan penggalian biasanya dibutuhkan pekerja dua kali lipat untuk pekerjaan pengurugan

Kemiringan pengurugan umumnya membutuhkan 1:2, tergantung pada jenis tanah

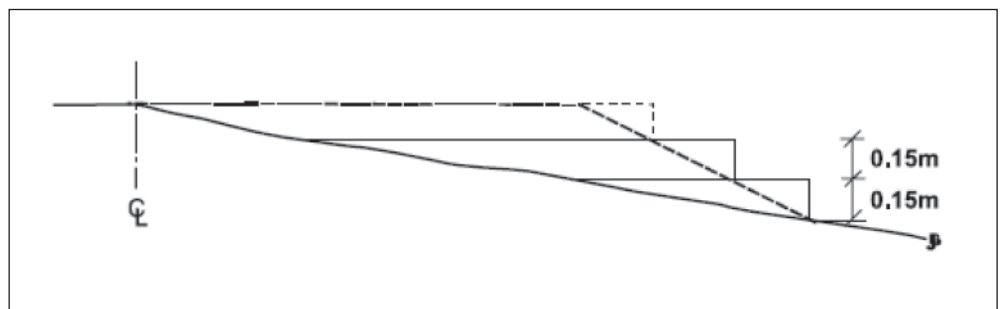
Bagan 38: Merancang landaian urugan 1: 2



Pengurugan harus dilakukan secara berlapis dan lapisan perlu dipadatkan dengan baik

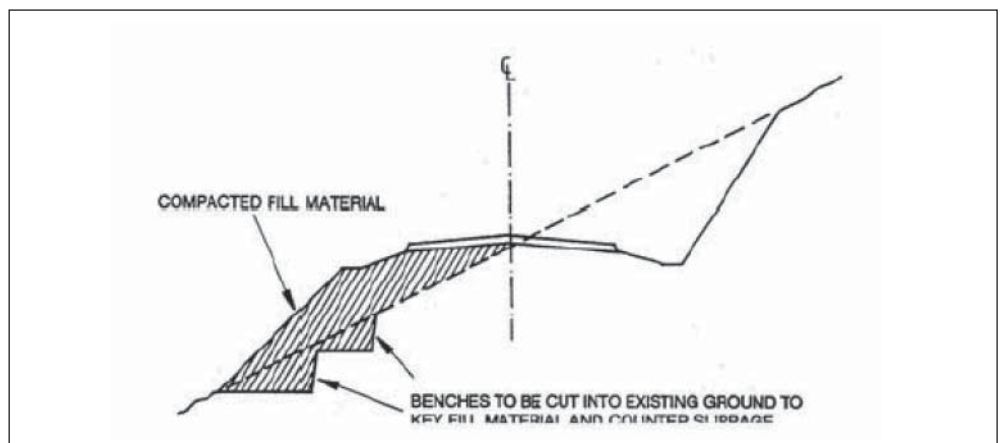
Untuk mendapatkan urugan berkualitas baik di sisi rendah, pastikan bahwa tanah dipadatkan secara tepat. Urugan perlu dibuat berlapis setebal 15 cm, dan tiap-tiap lapisan perlu dipadatkan dengan baik sebelum sebuah lapisan baru ditambahkan (lihat bagan 39). Jika area tersebut terlalu kecil untuk menggunakan peralatan pemadatan bermesin, gunakanlah palu godam untuk pemadatan.

Bagan 39: membangun urugan melalui lapisan-lapisan yang dipadatkan



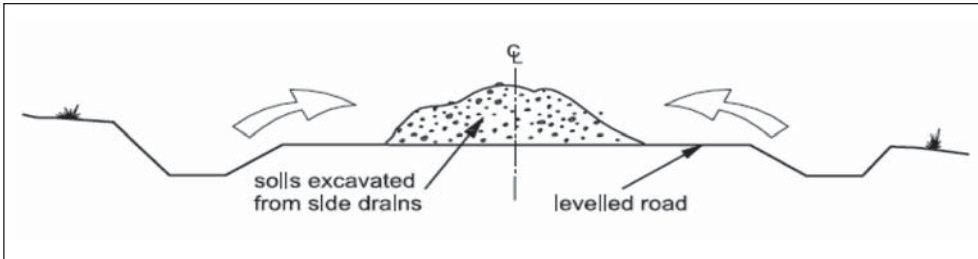
Penguncian sisi urugan juga direkomendasikan karena ini akan meminimalisir resiko meratakan material urugan ke tanah yang ada. Bagan 40 menunjukkan bagaimana cara melakukan hal ini.

Bagan 40: Penguncian material urugan melalui penguncian sisi



Begitu penggalian dan pengurugan selesai, bangunlah lengkungan jalan menggunakan tanah dari saluran samping dan lereng penyangga. Biasanya dibutuhkan pekerja lebih sedikit untuk menggali lereng penyangga dari pada untuk menggali saluran. Tanah hasil galian dilemparkan ke tengah jalan dan dari sana tanah tersebut diratakan ke arah tiap-tiap bahu jalan untuk membentuk lengkungan (lihat bagan 41 dan gambar 6). Gambar 7 menunjukkan sebuah lengkungan lengkap untuk sebuah jalan batu.

Bagan 41: Membangun lengkungan menggunakan tanah dari saluran samping dan lereng penyangga



Gambar 6 : Membangun lengkungan dengan tanah dari saluran samping

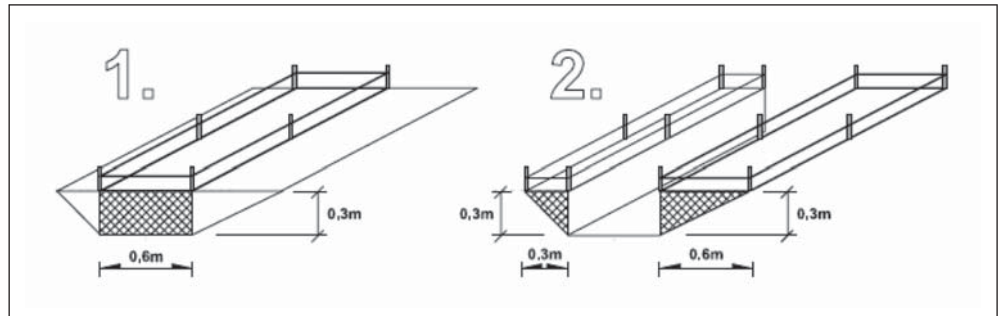


Gambar 7: Lengkungan lengkap jalan batu

Saluran samping digali dalam dua tahap

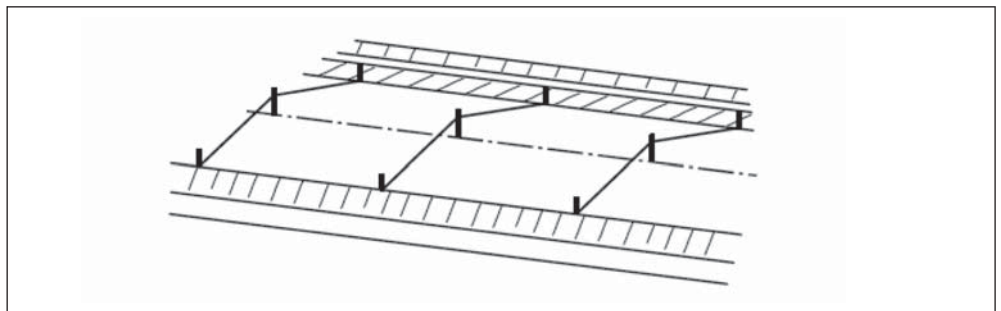
Penggalian saluran samping dilakukan dengan terlebih dahulu menggali parit dan kemudian membentuk landaian samping parit tersebut (bagan 42). Penggalian saluran samping dirancang menggunakan garis benang dan pasak, dan dikontrol dengan menggunakan pola cetakan parit.

Bagan 42: Penggalian saluran samping dua tahap



Untuk mendapatkan lengkungan yang tepat dan diratakan dengan benar, pekerja tersebut dirancang menggunakan pasak dan benang (lihat bagan 43). Begitu tanah untuk lengkungan telah diratakan, lengkungan dipadatkan dengan tepat. Pastikan bahwa tanah tersebut mengandung kandungan kelembaban optimal

Bagan 43: Merancang lengkungan dengan menggunakan pasak dan benang

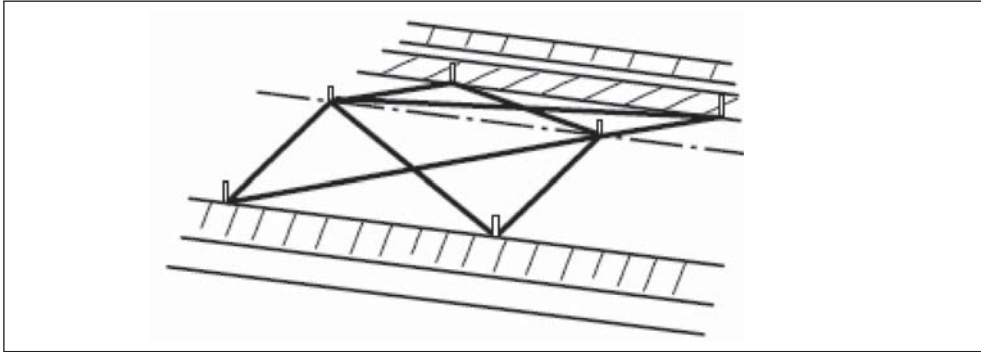


Untuk mengecek apakah level lengkungan jalan yang dicapai tepat serta sesuai dengan standar dan kualitas yang ditentukan. Ini dapat dilakukan dengan merancang papan profil dan mengecek level antar profil dengan sebuah pelintas. Metode yang lebih tepat tetapi kurang akurat adalah menggunakan garis-garis benang (bagan 44 dan gambar 9). Jika levelnya tidak akurat, harus dikoreksi. Jika dibutuhkan pengurangan tambahan, pastikan bahwa tambahan urugan ini dipadatkan dengan tepat.



Gambar 8: Pemadatan dan Pembentukan Kemiringan Jalan

Bagan 44: Mengecek lengkungan menggunakan pasak dan benang



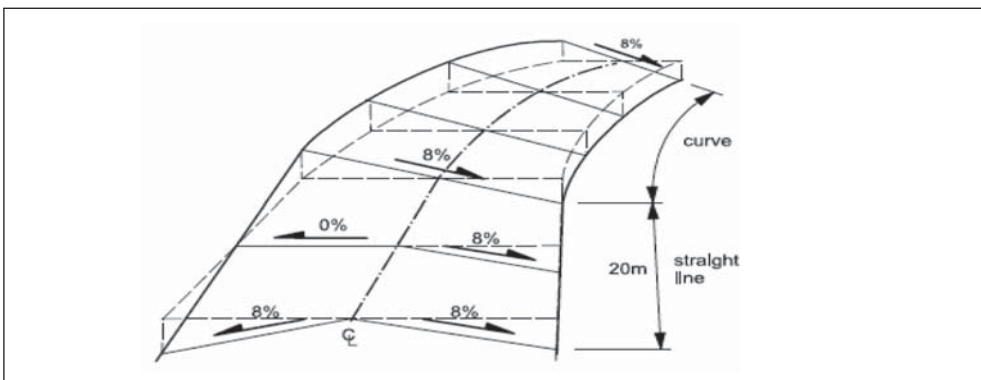
Periksa lengkungan menggunakan pasak dan benang atau dengan papan profil



Gambar 9: Mengecek lengkungan menggunakan pasak dan benang

Jika terdapat kelengkungan tajam di jalan tersebut di mana kendaraan dapat tetap melaju kencang, tambahkan ketinggian lengkungan jalan tersebut (lihat juga bagan 43). Ini akan mengurangi resiko kendaraan tergelincir. Menambahkan ketinggian lengkungan dibangun secara bertahap pada satu bagian sepanjang 20 m sebelum masuk kelengkungan.

Bagan 45: Contoh menambah ketinggian lengkungan di kelengkungan tajam



Di kelengkungan tajam lengkungan di sisi luar perlu dinaikkan

Keterbatasan Permukaan kerikil

Situasi di mana kerikil tidak sesuai sebagai pilihan permukaan

Menggunakan kerikil untuk seluruh badan jalan (lapis perkerasan) dan bahu jalan

Jarak pengangkutan sebaiknya kurang dari 5 km

7.4 Penerapan kerikil

Dulu pengguna lapis perkerasan kerikil untuk jalan dianggap sebagai pilihan yang efektif dan hemat biaya untuk melapisi permukaan jalan pedesaan yang bervolume kendaraan rendah. Namun demikian, dari berbagai penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa jalan-jalan dengan lapis perkerasan kerikil memiliki banyak keterbatasan dalam berbagai kondisi untuk jalan perdesan, tidak dapat bertahan lama, dikeranakan perlunya dilakukan "*regraveling*" secara berkala sehingga pada akhirnya biaya yang dikeluarkan menjadi mahal dan tidak terjangkau. Dengan demikian, pemeliharaan dan ketahanan permukaan kerikil (atau jalan-jalan tanah biasa) menjadi permasalahan yang tidak sederhana. Walaupun biaya investasi awal untuk pembangunan jalan dengan perkerasan kerikil rendah, biaya pemeliharaannya sangat tinggi.

Ketahanan jalan-jalan berlapis perkerasan kerikil tergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut mencakup kemiringan jalan, mutu bahan, jarak pengangkutan, dan sistem pemeliharaan. Kerikil sebaiknya TIDAK digunakan jika salah satu dari kondisi di bawah, atau gabungan daripadanya, terjadi:

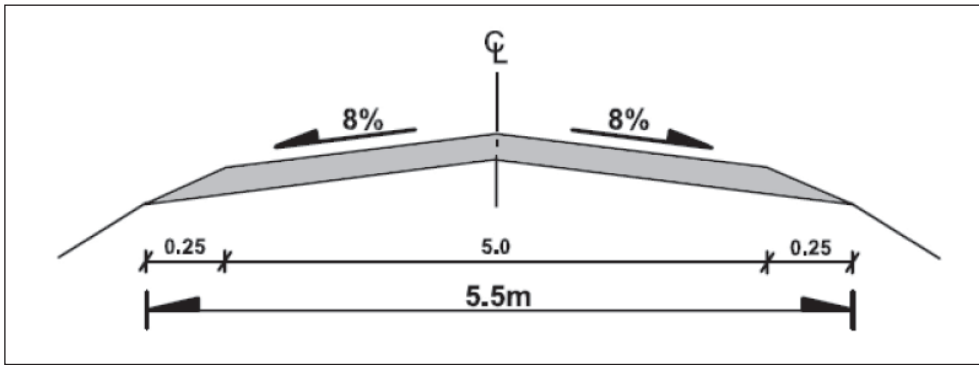
- ⦿ Mutu kerikil rendah;
- ⦿ Pemadatan dan ketebalan tidak terpelihara;
- ⦿ Jarak pengangkutan lebih panjang dari 10 km;
- ⦿ Curah hujan sangat tinggi – Hilangnya kerikil terkait dengan curah hujan;
- ⦿ Ada masalah yang terkait dengan debu di musim kemarau;
- ⦿ Volume lalu lintas tinggi, y.i. lebih dari 200 kendaraan per hari;
- ⦿ Kemiringan jalan lebih dari 6% (dengan curah hujan <1000 mm per tahun) atau lebih dari 4% (dengan curah hujan 1000 - 2000 mm per tahun)
- ⦿ Jika curah hujan lebih dari 2000 mm per tahun;
- ⦿ Pemeliharaan yang memadai tidak dilakukan;
- ⦿ Dasarnya lemah atau terbenam;
- ⦿ Cadangan kerikil terbatas atau peka terhadap lingkungan.

Walaupun kerikil alam bukanlah merupakan permukaan yang paling hemat biaya atau sesuai dalam banyak situasi, uraian tentang beberapa pertimbangan konstruksi utama diberikan dalam bagian ini untuk melengkapi Informasi mengenai perilaku lapis perkerasan kerikil.

Apabila jalan dilapisi dengan lapis perkerasan kerikil, direkomendasikan agar seluruh badan jalan dan bahu jalan dilapisi dengan kerikil secara penuh, dan dilakukan secara bertahap dengan beberapa lapis. Masing-masing lapisan disarankan dengan ketebalan 15-20 cm (sebelum dipadatkan). Untuk kemiringan jalan (camber) disarankan sebesar 8% atau sebesar 10% sebelum dipadatkan. Secara tipikal, untuk lapis perkerasan kerikil dapat digambarkan pada gambar 46.

Jarak pengangkutan dari lokasi sumber kerikil (quary) ke tempat penghamparan umumnya tidak lebih dari 5 km, jika tidak, biaya pekerjaan untuk permukaan kerikil akan menjadi sangat mahal. Traktor dan truk gandeng atau truk tipper ringan bisa digunakan sebagai alat pengangkutan.

Bagan 46: Penampang khas pada jalan kerikil



Kerikil yang baik terdiri dari campuran batu, pasir dan tanah lempung dengan perbandingan kasar seperti di bawah ini:

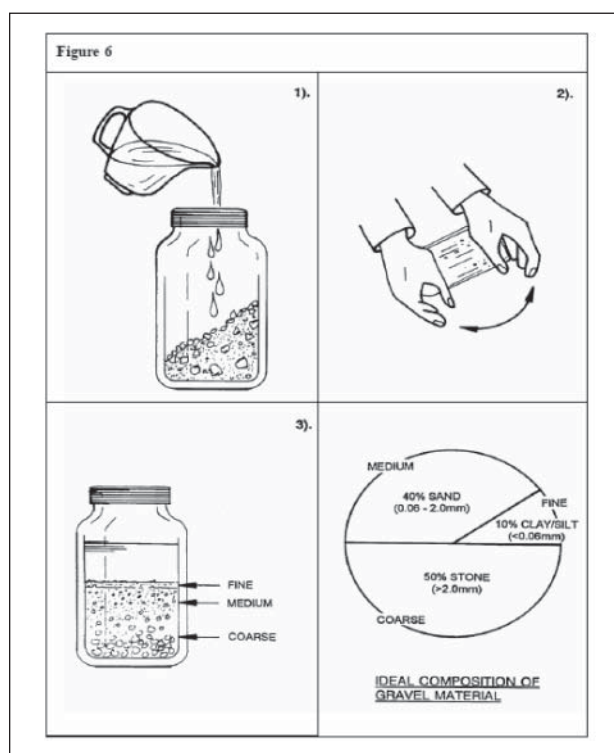
- ⊙ **Batu** (>2 mm): 50% (**kisaran: 35-65%**)
- ⊙ **Pasir** (0,06-2mm) 40% (**kisaran: 20-40%**)
- ⊙ **Tanah** lempung dan lanau (2mm) 10% (**kisaran: 10-25%**)

Untuk mengetahui perbandingan berbagai ukuran agregat dalam sampel, lakukan Uji Kepadatan (bagan 47). Letakkan sampel dalam botol obat atau toples gelas dengan kedua sisi tegak lurus. Kemudian tambahkan air sampai toples tersebut terisi $\frac{3}{4}$. Kocok toples dengan kencang dan kemudian biarkan tenang untuk memungkinkan agar tanah mengendap. Kerikil dan pasir kasar akan segera mengendap, sedangkan pasir halus dan lanau kasar akan mengendap secara lebih perlahan, makan waktu kira-kira 30 detik. Perkiraan jumlah setiap ukuran bisa dilihat sebagai lapisan-lapisan pada sampel, biasanya materi yang lebih halus juga memiliki warna berbeda. Hasil hasil tes ini bersifat indikatif. Uji laboratorium mungkin perlu juga dilakukan.

**Komposisi
kerikil yang
disarankan**

**Cara menaksir
perbandingan
berbagai ukuran
kerikil**

Bagan 47: Uji kemantapan



Uji kerikil: remas satu sampel kerikil

Kegiatan utama pada upaya penggunaan kerikil

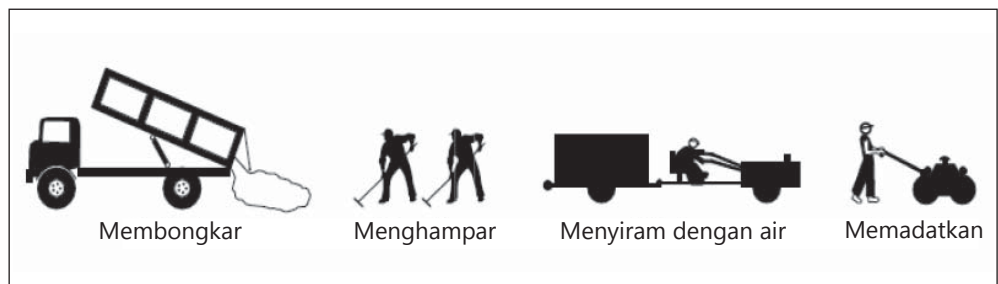
Bongkar kerikil di tempat yang sudah ditandai dan hamparkan kerikil secara merata untuk membantu penyebaran

Contoh penghitungan volume dan lokasi kerikil yang akan dibuang

Untuk menguji mutu kerikil, ambil sampel, lembabkan sampel itu dan bentuk menjadi sebuah bola. Anda bisa merasakan pasir dan batu dengan berbiji sampel ketika Anda meremasnya. Setelah mengering, bola itu tetap mempertahankan bentuknya, Anda bisa beranggapan bahwa ada cukup pengikat yang mengandung lempung di dalam bahan tersebut. Uji lainnya adalah membuat satu potongan tebal yang pipih dari sampel kerikil lembab dan cobalah menembusnya dengan pensil. Jika pensil bisa menembusnya dengan mudah, berarti bahan tersebut tidak cocok karena ia mengandung sangat banyak pengikat atau bahan yang mengandung lempung. Anda juga mengambil satu sampel kerikil dan meremasnya dengan tangan Anda. Sekitar setengah dari partikel-partikel itu mestinya berdiameter lebih besar dari 2mm. Cobalah meremas partikel-partikel di tangan Anda atau dengan cara menakiknya PERLAHAN-LAHAN dengan palu. Jika partikel-partikel tersebut berderai menjadi partikel seukuran pasir, maka berarti ia tidak cocok untuk digunakan untuk perkerasan.

Prosedur kerja untuk penempatan kerikil meliputi empat kegiatan: membongkar, menghampar, menyiram dengan air dan memadatkan. Sebelum melakukan salah satu dari pekerjaan kerikil, periksa lebih dahulu apakah pekerjaan tanah telah dilakukan sebagaimana mestinya dan diratakan sesuai dengan standar yang tepat dan disyaratkan. Sebelum melakukan pekerjaan kerikil, periksa apakah semua permukaan telah benar dan apakah bentuknya mengalami kerusakan.

Bagan 48: Kegiatan yang diperlukan untuk menerapkan kerikil

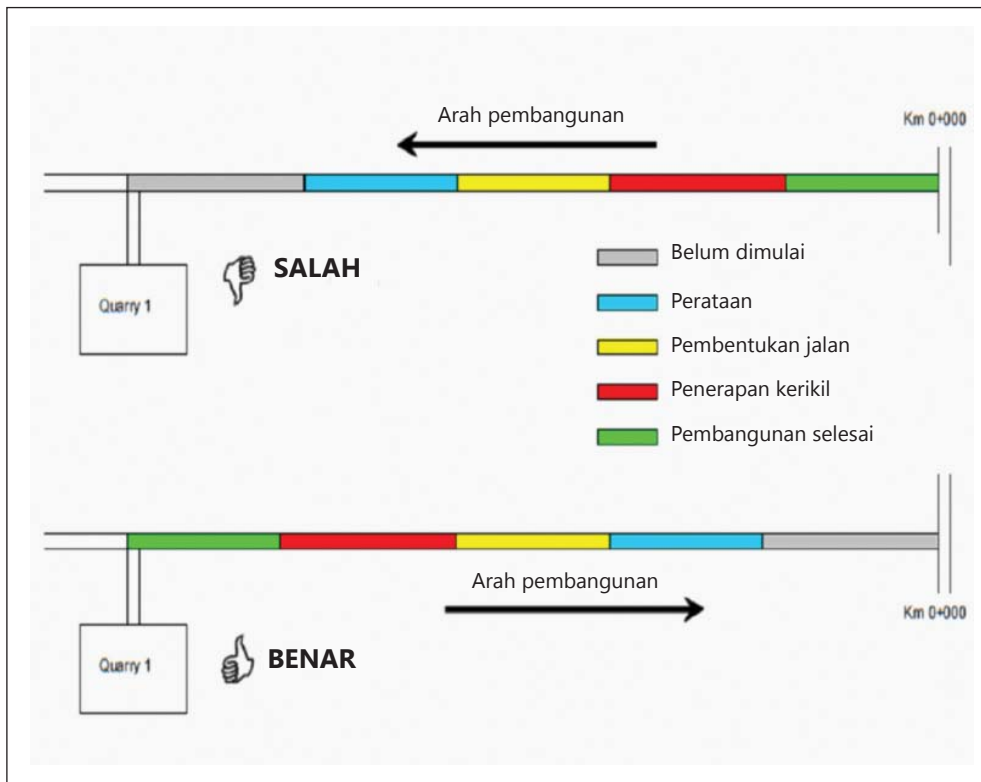


Atur pembongkaran sedemikian rupa sehingga waktu tunggu untuk kendaraan bisa diminimalisir. Berdasarkan ketersediaan tenaga kerja, truk dump, dan waktu yang dibutuhkan untuk membongkar dan menyebarkan, pengawas sebaiknya membuat rencana yang hemat waktu untuk kegiatan bongkar muat. Ketika membongkar kerikil, seluruh muatan sebaiknya dibuang dalam satu daerah yang telah ditandai dengan jelas. Agar penyebaran lebih mudah dilakukan, instruksikan sopir untuk bergerak secara perlahan ke arah depan sambil melakukan pembuangan sehingga kerikil bisa disebar secara merata di sepanjang ukuran daerah yang berbentuk empat persegi panjang.

Daerah yang ditetapkan untuk setiap muatan kerikil tergantung pada volume kerikil yang dibutuhkan dan muatan truk rata-rata. Ambil sampel di mana 15 cm kerikil yang telah dipadatkan perlu diletakkan di atas jalan yang memiliki lebar 4m. Karena tanah yang dipadatkan memiliki volume kira-kira 1,2 kali lebih besar daripada kerikil yang dimampatkan, maka lapisan yang dipadatkan yang berukuran 15m memerlukan ketebalan kerikil yang belum dipadatkan sebesar $1,2 \times 15\text{cm} = 18\text{cm}$. Untuk ukuran jalan per meter (meter lari), volume yang diperlukan adalah $18 \times 5 \times 1 = 0,9\text{m}^3$. Jika Anda telah memutuskan untuk membuang kerikil di setiap jarak 2 meter di sepanjang jalan (y.i. per buangan $2 \times 0,9\text{m}^3 = 1,8\text{m}^3$) dan jika kapasitas muatan truk adalah 9m^3 , ini berarti bahwa satu truk penuh harus membuang muatan kerikilnya lebih dari $9/1,8 = 5$ setara dengan tumpukan kerikil setiap dua meter.

Selalu usahakan untuk memulai penerapan kerikil dari titik di mana akses penggalian bersambungan dengan jalan (lihat bagan 49). Ini akan mengurangi waktu pengangkutan (dan juga biaya) dan ini juga akan meningkatkan mutu Pemadatan karena gerakan truk akan membantu Pemadatan. Ini juga akan memungkinkan pengangkutan kerikil ke ruas jalan yang telah selesai tanpa mengganggu pekerjaan pembersihan, perataan, dan pembentukan. Keuntungan lainnya adalah bahwa penerapan kerikil bisa terus berlanjut, walaupun dalam musim hujan. Selalu usahakan untuk memulai penerapan kerikil sesegera mungkin setelah selesainya pekerjaan pembentukan jalan untuk mempekecil kerusakan pada jalan yang sudah dibentuk.

Bagan 49: Arah penerapan kerikil yang salah dan benar berkaitan dengan lokasi penggalian



Penyebaran dimulai setelah kerikil dibongkar. Disarankan untuk menyebarkan kerikil segera setelah kerikil tersebut dibuang untuk memanfaatkan kadar kelembaban bahan yang alami. Jika kerikil ditimbun di sepanjang jalan selama sehari-hari sebelum diratakan dan dipadatkan, maka kerikil tersebut akan mengering dan lebih banyak air yang diperlukan untuk memampatkannya.

Wrong and correct direction of graveling in relation to the location of the quarry

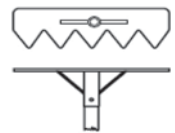
Saat melakukan pekerjaan penyebaran dari jalur tengah ke arah bahu

Pastikan bahwa kerikil memiliki kadar kelembaban optimum ketika sedang dipadatkan



Gambar 10: Penentuan penyebaran kerikil

Para pekerja sebaiknya menggunakan garu penyebar khusus, seperti yang terlihat di sebelah kanan, atau cangkul untuk menyebarkan bahan/material secara merata ke dasar jalan. Kerjakan mulai dari jalur tengah ke arah bahu, dan sebarakan di satu sisi jalan satu persatu. Singkirkan atau hancurkan pecahan-pecahan batu yang berukuran lebih besar daripada kerikil.



Penyiraman dan Pemadatan dilakukan setelah penyebaran. Pemadatan lapisan kerikil sangat penting. Pemadatan sebaiknya dilakukan ketika kerikil sedang memiliki kadar kelembaban optimum.



Gambar 11: Penyiraman sebelum Pemadatan

Terutama ketika kerikil tersebut sangat kering, tidak mungkin untuk mencapai Pemadatan yang bagus.

Periksa kadar kelembaban sebelum pamampatan menyebabkan lubang melalui lapisan kerikil longgar yang basah untuk memeriksa apakah air telah merembas melalui seluruh lapisan. Anda juga bisa melaksanakan memeras dengan tangan di tempat-tempat/titik-titik pengujian.

Peralatan Pemadatan yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan pembangunan berbasis tenaga kerja adalah penggiling getar jalan kaki (bagan 13). Penggiling getar jalan kaki dan penggiling sit-on berbobot antara 0,8 - 1,7 ton lebih disukai. Bila kerikil yang sangat kasar dan sangat plastis harus dipadatkan, maka penggiling dengan roda yang lembut biasanya "walk" di atas lapisan-lapisan untuk mencapai Pemadatan yang bagus. Dalam banyak hal, penggiling kaki domba (untuk bahan-bahan yang sangat plastis seperti tanah lempung, dan penggiling grid untuk bahan-bahan yang sangat kasar) sebaiknya digunakan.



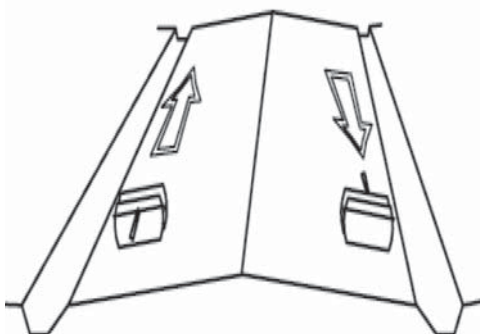
Gambar 12: Pemadatan dengan penggiling getar pejalan kaki

Setelah Pemadatan, gunakan papan profil di sepanjang garis tengah dan bahu jalan, dipadukan dengan traveler sementara untuk memeriksa apakah permukaan yang telah dipadatkan telah berada dalam kondisi perataan yang diinginkan dan mulus, dan apakah kemiringan bulatan/camber yang disyaratkan telah dicapai di seluruh jalur jalan.

7.5 Pemadatan

Untuk menghasilkan jalan yang bermutu bagus, penting artinya agar semua tanah dipadatkan dengan baik. **Tanpa adanya Pemadatan yang baik, maka jalan akan mengalami pengikisan dengan sangat cepat.** Pemadatan sebaiknya dilakukan di sepanjang jalur jalan dimulai dari bahu jalan dan secara perlahan bekerja ke arah as jalan. Pastikan bahwa tumpang-tindih saat Anda berjalan mondar mandir minimal 10mm. Ketika jalan sedang dipadatkan, pastikan bahwa bulatan jalan selalu dipertahankan dalam kemiringan yang ditentukan untuk lapisan dasar dan lapisan permukaan.

Bagan 50: Arah Pemadatan: dari bahu ke as



Jumlah air yang optimal (biasanya antara 8 sampai 20% tergantung jenis tanah) dibutuhkan jika tanah sedang dipadatkan. Jika tanah terlalu kering atau terlalu basah maka ia tidak bisa dipadatkan dengan baik. Untuk memeriksa kadar kelembaban, ambil beberapa bahan dan remas sehingga berbentuk bola. Jika Anda tidak bisa membentuk bola, berarti bahan tersebut terlalu kering. Jika Anda bisa membentuk bola yang menyatu bersama-sama, juga di bawah tekanan, dan tidak memperlihatkan tanda-tanda bebas air di permukaan yang kasat mata, berarti kerikil tersebut memiliki kadar kelembaban yang tepat. Jika bola itu lengket di tangan Anda dan air keluar dari bola itu, itu artinya bahan tersebut terlalu basah. Jika tanah diambil dari parit-parit atau di side borrow dan disebar serta dipadatkan dengan segera, maka kadar kelembaban alami biasanya cukup untuk Pemadatan yang bagus.

Ada empat metode Pemadatan: Pemadatan alami, Pemadatan manual, Pemadatan dengan penggiling bobot mati, Pemadatan dengan peralatan Pemadatan bergetar.

Pemadatan alami dicapai dengan membiarkan tanah mengendap secara alami. Proses ini lambat dan memakan waktu minimal 6 bulan. Ini biasanya digunakan pada timbunan yang sangat rendah, dan cukup efektif, jika bahan timbunan sangat lembab dan harus dikeringkan. Karena ada cukup waktu, jalan-jalan yang dipadatkan dengan konsolidasi alami bisa mencapai kepadatan yang sama seperti jalan-jalan yang dipadatkan dengan peralatan. Keunggulan utama dari pemadatan alami ini adalah walaupun tanah tidak terkonsolidasi, tanah tersebut akan terkikis dengan mudah.



Pemadatan manual dilakukan dengan rammer tangan. Rammer tersebut terdiri dari sebuah gagang kayu panjang dengan beton tuang atau beton yang diberi pemberat di ujungnya. Beratnya biasanya antara 6 sampai 8 kilogram. Rammer tangan diangkat dan diturunkan pada permukaan secara berulang-ulang untuk menghasilkan pemadatan. Rammer tangan tidak mencapai Pemadatan yang bagus dan merata di daerah yang luas. Rammer tangan paling bermanfaat jika digunakan di daerah-daerah yang kecil dan terbatas seperti gorong-gorong, lubang-lubang, dan tempat-tempat lain di mana kita tidak mungkin menggunakan peralatan Pemadatan mekanik.

Mesin Penggilas (*Deadweight Rollers*)¹ adalah, misalnya, drum baja tunggal atau ganda, yang ditarik atau digerakkan sendiri, atau dengan peti kemas muatan untuk menahan bobot mati. Jika mesin penggilas tidak ada di sekitar lokasi proyek, maka harus dicari informasi apakah mesin penggilas dapat diangkut ke lokasi dengan mempertimbangkan biaya. Hal ini sangat tergantung kondisi tapak/lokasi, dan perlu juga dipertimbangkan kemudahan untuk mengoperasikan dan menggerakkan misalnya di medan-medan yang bergunung-gunung.

Mesin Penggilas dengan getaran (*Vibrating Rollers*). Mesin penggilas portable dengan lebih cocok digunakan untuk pemadatan jalan-jalan pedesaan dibandingkan dengan rammer tangan dan pemadat pelat bergetar (*stemper*). Sebuah penggiling getar berbobot satu ton biasanya disarankan pembangunan jalan berbasis tenaga kerja (padat karya). Alat ini bisa memampatkan lapisan tanah dengan ketebalan 10-15 cm. Alat ini juga bisa memampatkan sampai di tempat yang lebih mempunyai tingkat kesulitan tinggi dibandingkan dengan mesin penggilas karena efek getaran yang dihasilkannya. Alat ini juga memerlukan kadar kelembaban yang lebih rendah. Namun demikian, penting untuk mempertahankan kecepatan yang merata untuk mendapatkan Pemadatan yang merata (dengan penggilas biasa (*deadweight roller*) ini kurang begitu penting)

1 Deadweight roller lebih dikenal sebagai mesin penggilas biasa, yang tidak menggunakan getar/vibrator



Picture 13: Penggiling bergetar

Lintasan pertama sebaiknya dilakukan tanpa getaran, untuk menghindari agar pemadatan tersebut mengalami kesulitan terjerembab ke dalam tanah. Kecepatannya sebaiknya sekitar 3 km/jam atau kecepatan jalan lambat. Dengan getaran, kecepatan rata-rata yang dipertahankan adalah sekitar 1 km/jam. Small smooth-wheeled vibratory (vibrator roller portable) biasanya digunakan pada proyek-proyek padat karya. Bila lintasan yang pertama telah selesai, kerjakan lintasan kedua, juga dimulai dari pinggir ke arah tengah. Ulangi prosedur tersebut sampai jumlah lintasan yang telah ditentukan benar-benar telah selesai. Di medan yang bergunung-gunung, seringkali sulit untuk mengoperasikan dan mengendalikan vibrator roller portable pada gradasi yang curam. Di sini kita lebih baik menggunakan mesin vibrator roller yang lebih besar (yang dikemudikan oleh operator).



Gambar 14: Pastikan ada cukup tumpang-tindih ketika Anda melakukan Pemadatan

Sangat penting untuk mengetahui berapa banyak lintasan dengan peralatan Pemadatan khusus yang dibutuhkan untuk Pemadatan sub-grade. Beberapa cara-cara pemadatan yang benar adalah sebagai berikut:

1. Pilih seksi/segmen percobaan yang mewakili yang panjangnya kira 10 meter dan lebar 3 meter;
2. Pasang dengan palu pancang-pancang baja di kedua sisi bagian ini, di tengah ukuran lebar, dan pastikan bahwa bagian atas pancang sama tingginya;
3. Tarik tali di atas pancang dan beri tanda pada tali posisi pancang dan 5 titik antara di antara dua tanda pancang dengan jarak antara yang sama
4. Dengan tali yang sudah diposisikan, ukur dan catat ketinggian tali dan tali di setiap titik dari puncak lapisan sub-grade;
5. Lepaskan tali atas gunakan satu lintasan penggiling yang tersedia pancang-pancang baja. Rentangkan tali di atas pancang-pancang baja, dan ukur serta catat ketinggian titik-titik pada tali dari lapisan sub-grade;
6. Ulangi prosedur ini sampai 12 lintasan penggiling telah dibuat;
7. Hitung ketinggian rata-rata setelah setiap dan catat perbedaan ketinggian (Hi) dalam milimeter terhadap lintasan, di mana Hi adalah perubahan rata-rata ketinggian sebagai akibat dari lintasan nomor Ni.
8. Baca dari grafik itu nilai N bila H telah mencapai 1 mm. Tambahkan 2 lintasan lagi ke jumlah tersebut sehingga ini akan memberikan kepada Anda jumlah yang lintasan dibutuhkan. Contoh pada tabel 9 memperlihatkan bahwa Pemadatan adalah 9mm. Jadi $9 + 2 = 11$ lintasan yang dibutuhkan untuk mencapai Pemadatan yang bermutu bagus.

Tabel 9: Contoh cara menghitung jumlah lintasan untuk Pemadatan

	Ketinggian dari tali ke atas sub-base (dalam mm)						Perbedaan antara lintasan (mm)
	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Rata-rata	
Nomor lintasan	221	212	209	207	204	210,6	
Lintasan 1	230	224	220	221	215	222,0	- 11,4
Lintasan 2	238	230	229	230	225	230,4	- 8,4
Lintasan 3	244	235	235	236	231	236,2	- 5,8
Lintasan 4	247	238	239	240	236	240,0	- 3,8
Lintasan 5	250	241	242	243	239	243,0	- 3,0
Lintasan 6	252	244	245	246	242	245,8	- 2,8
Lintasan 7	254	246	247	248	245	248,0	- 2,2
Lintasan 8	256	247	249	250	246	249,6	- 1,6
Lintasan 9	257	247	251	251	247	250,6	- 1,0
Lintas 10	257	247	252	252	248	251,2	- 0,6
Lintas 11	258	247	253	253	248	251,8	- 0,6
Lintas 12	258	248	253	253	249	252,2	- 0,4

Tabel 10 memberikan informasi indikatif tentang jumlah lintasan yang dibutuhkan untuk beragam jenis peralatan Pemadatan untuk pekerjaan tanah dan kerikil.

Tabel 10: Jumlah lintasan untuk Pemadatan untuk beragam peralatan Pemadatan

Jenis peralatan Pemadatan	Massa kategori per lebar meter penggiling	Jumlah lintasan untuk lapisan lapisan kurang dari			
		Pekerjaan tanah/ penimbunan		Kerikil	
		100mm	150mm	110mm	150mm
Vibrating roller	750 kg s/d 1300 kg	12	16	16	Unsuitable
(smooth wheeled)	1300 kg s/d 1800 kg	8	10	6	16
Dead weight roller	lebih dari 2500 kg	6	8	16	Unsuitable

Cara yang sederhana untuk memeriksa apakah pemadatan telah dilakukan dengan standar yang dapat diterima adalah dengan menggunakan kendaraan yang sudah dimuat. Kendarai bagian yang sudah dipadatkan beberapa kali dan lihat apakah kendaraan itu meninggalkan bekas ban di trotoar. Jika bekas-bekas ban tersebut ada maka diperlukan Pemadatan yang lebih banyak lagi. Setelah pemadatan, penting untuk memeriksa dengan papan profil dan traveler apakah semua permukaan/perataan sudah benar dan apakah permukaan sudah mulus dan tidak ada tempat-tempat yang tidak rata.

7.6 Pekerjaan drainase

Air adalah musuh utama bagi jalan. Air bisa merusak jalan dengan dua cara:

- ☉ Menggerus tanah (erosi atau gerusan)
- ☉ Menjadikan badan jalan kurang kuat (menurunkan daya dukung jalan)

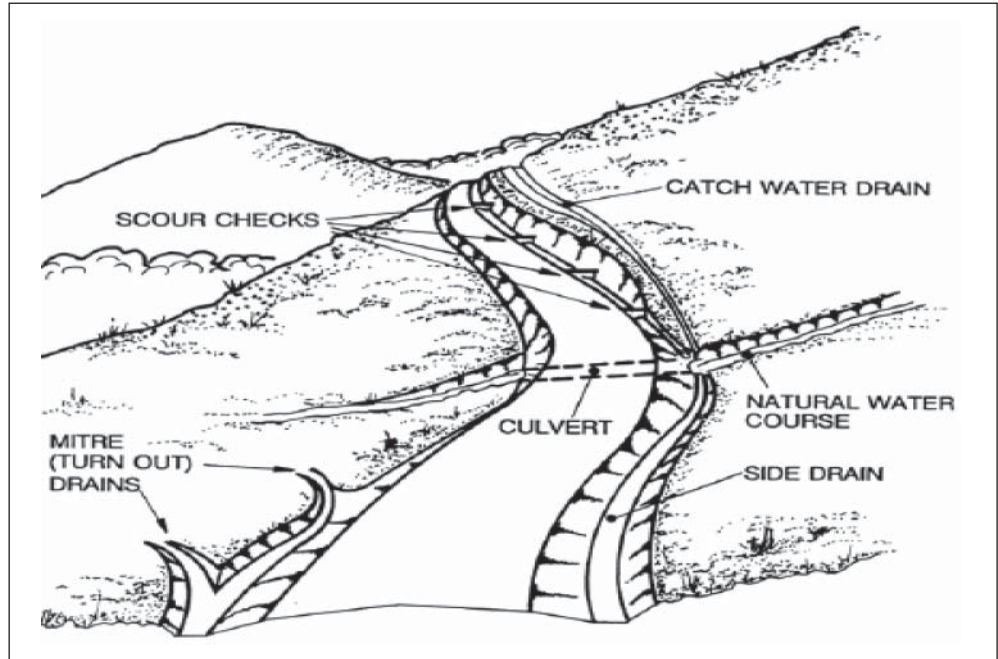
Sistem tersebut sebaiknya mencakup:

- ☉ **Drainase permukaan jalan** untuk memungkinkan air mengalir ke luar dari permukaan jalan,
- ☉ **Drain samping dan saluran pembuang** untuk mengumpulkan mengarahkan air menjauh jalan,
- ☉ **Drain penangkap air** yang menangkap air permukaan sebelum air tersebut mencapai jalan,
- ☉ **Terjunan** (*Scour Check*) untuk mencegah erosi di parit dengan cara memperlambat aliran air,
- ☉ **Gorong-gorong** untuk menuntun air dari drain samping di bawah jalan ke sisi yang lebih rendah,
- ☉ **Jembatan-jembatan kecil dan drift** (saluran limpasan air) yang akan memungkinkan jalan memotong sungai dan anak sungai.

Bagan 51 memperlihatkan unsur-unsur khas sistem drainase untuk sebuah jalan. Ingat bahwa cara terbaik untuk mengatasi masalah yang disebabkan oleh aliran air biasanya adalah dengan menjauhkan air dari jalan sebelum air itu menyebabkan kerusakan.

Air adalah musuh utama bagi jalan

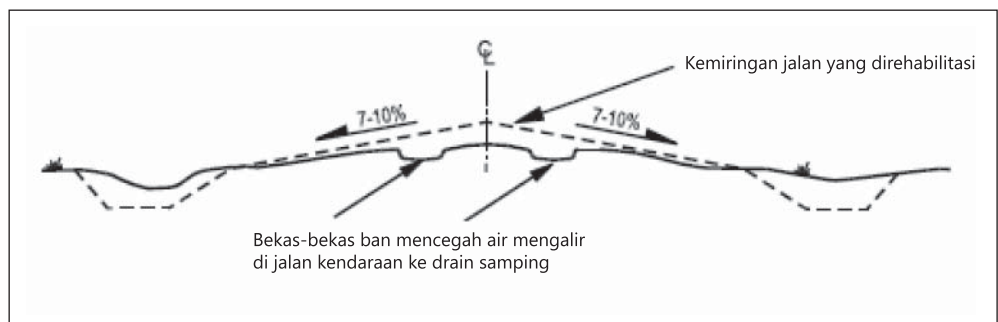
Sistem drainase yang bagus sangat penting



7.6.1 Drainase Permukaan Jalan

Air yang diam di permukaan jalan akan dengan cepat menyebabkan erosi pada permukaan jalan. Air permukaan juga akan merembes ke dalam badan jalan, dan mengurangi kekuatan badan jalan. Untuk mencegah hal ini terjadi, dibuatlah kemiringan badan jalan yang dapat mengalirkan air dari badan jalan ke saluran drainase samping (bagan 52). Kemiringan badan jalan (Camber), yang di kabupaten malang dikenal juga dengan istilah "geger sapi" atau "geger lewut", adalah satu kemiringan dari garis tengah ke arah bahu jalan (baik ke kanan dan kiri badan jalan). Kemiringan (camber) bervariasi tergantung pada jenis bahan/material jalan. Untuk jalan tanah dan kerikil, kemiringan biasanya berkisar antara 7 sampai 10%.

Bagan 52: Camber yang dibangun untuk memungkinkan air permukaan terbuang ke drain samping



7.6.2 Saluran Drainase Samping

Saluran samping berfungsi mengumpulkan dan membuang air hujan dari jalan kendaraan dan bisa dibangun dengan bentuk V, empat persegi panjang atau trapesium. Bentuk V biasanya dibangun dengan sebuah motor-grader. Saluran drainase ini bisa dipelihara dengan mudah dengan alat berat, namun kemampuannya rendah. Bentuk persegi panjang memerlukan sedikit ruangan tetapi perlu dipasang untuk mempertahankan bentuknya. Drain berbentuk trapezium seringkali dibangun dalam kegiatan operasi padat karya. Saluran drainase dapat membawa banyak air

Sebuah bulatan (camber) yang dibangun untuk memungkinkan air permukaan terbuang ke drain samping

Saluran Drainase Samping dibutuhkan untuk mengumpulkan dan membuang air hujan dari jalan kendaraan

dan, dengan memilih kemiringan secara hati-hati kemiringan lerengnya (kedua sisi saluran), terutama mempertimbangkan ketahanan tanah untuk menahan erosi.

Bagan 53: Penampang khas drain samping



Bentuk V

Bentuk persegi panjang

Bentuk trapesium



Gambar 15: Pekerjaan saluran drainase samping: penggalian, pemasangan batu dan pemeriksaan penampang

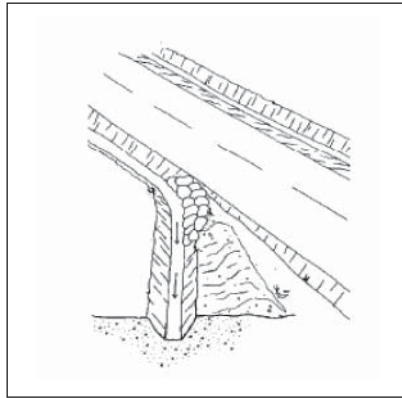
Untuk memberikan akses masuk ke sekolah-sekolah, klinik-klinik, gudang-gudang, jalan lingkungan, jalur samping dsb., seringkali dianggap perlu untuk membangun gorong-gorong atau in-gang. Jika dirasa tidak memungkinkan untuk membangun gorong-gorong akses karena masalah drainase, maka satunya-satunya pilihan adalah membangun sebuah drift akses dan bagian drainase samping yang diperkeras untuk memberikan akses yang memadai. Jika kendaraan ringan harus dapat melintas, maka bisa dibuat dengan konstruksi pasangan batu atau dengan beton.

7.6.3 Drainase jauh dari jalan

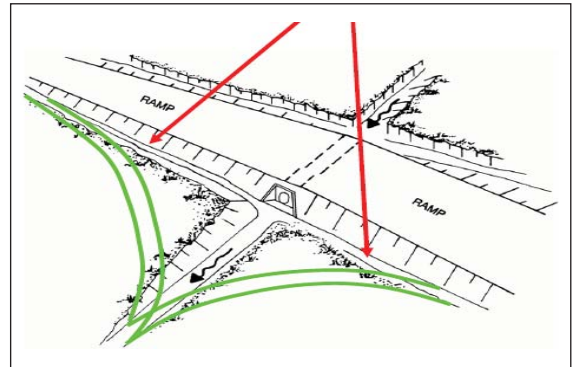
Saluran Pembuang(bagan 54) dibangun untuk mengosongkan saluran drainase samping secara berkala sebelum volume air yang lewat tidak terlalu besar, sehingga dapat diperkecil resiko terjadinya erosi. Lokasi saluran pembuang sebaiknya ditentukan ketika kita menetapkan sempadan jalan. Bilamana memungkinkan, sediakan salurn pembuang untuk minimal setiap jarak 100 m atau kurang. Jika kemiringan jalan terlalu kecil, sediakan saluran pembuang minimal untuk setiap jarak 50 meter di sepanjang saluran drainase samping.

Saluran pembuang mengosongkan drain samping secara periodik

Bagan 54: Saluran Pembuang



Bagan 55: Pastikan ada block-off yang kokoh pada sisi/samping saluran drainase



Saluran Pembuang membutuhkan block-off yang kokoh pada drain samping

Saluran Pembuang sebaiknya berukuran cukup besar untuk membawa semua air dari saluran drainase samping

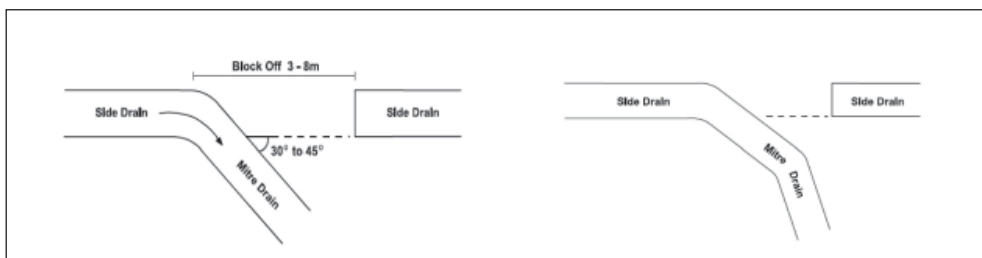
Kemiringan terbaik untuk saluran pembuang adalah kira-kira 2-5%

Sudut terbaik saluran pembuang adalah 30°. Sudut tersebut sebaiknya tidak boleh lebih dari 45°.

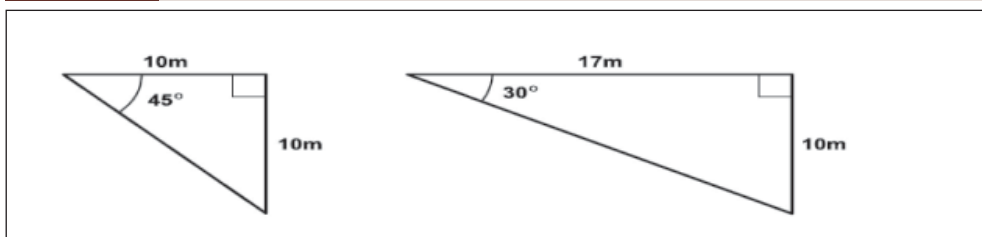
Pertimbangan-pertimbangan rancangan untuk Saluran Pembuang:

- Buatlah block-off yang kokoh pada saluran drainase samping, buatlah sedemikian rupa agar mudah mengalirkan air lewat ke saluran pembuang. Cara untuk menyediakan block-off yang kokoh adalah membiarkan 3 - 8m tanah alam di atas garis tidak tergal..
- Pastikan bahwa saluran pembuang cukup besar untuk membawa semua air dari saluran drainase samping. Dalam situasi di mana saluran drainase samping membawa lebih banyak air dari biasanya atau di mana kemiringan saluran drainase samping jauh lebih besar daripada saluran pembuang, usahakan agar dimensi saluran pembuang lebih besar dari saluran drainase samping sehingga ia bisa membawa lebih banyak air. Usahakan untuk menghubungkan saluran pembuang ke kanal-kanal limpasan alamiah (sungai) dan sepakati lokasi-lokasinya dengan para petani setempat, untuk menghindari rusaknya tanah mereka.
- Saluran Pembuang diusahakan agar bisa sependek mungkin. Saluran pembuang yang panjang harganya mahal, mudah tersumbat, dan sulit untuk dipelihara. Kemiringan yang disarankan untuk saluran pembuang adalah 2-5%, dikarenakan kemiringan yang lebih besar dapat menyebabkan erosi. Di medan bergunung-gunung, gradien yang lebih curam tidak dapat dihindari. Jika demikian halnya, lakukan langkah-langkah pengendalian erosi tanah yang sesuai.
- Sudut pertemuan antara saluran pembuang dan drainase samping tidak boleh lebih besar daripada 450. Sudut 300 adalah yang paling ideal (bagan 56). Untuk menentukan sudut antara saluran pembuang dan saluran drainase samping, buatlah bangun segitiga seperti yang diperlihatkan pada bagan 57 untuk menentukan pertemuan saluran pembuang dengan saluran drainase samping. Jika Anda bisa menghindari sudut yang lebih besar, buatlah dua atau beberapa bengkokan, yang masing-masing sudutnya kurang dari 450 (lihat juga bagan 56).bends,

Bagan 56: Sudut saluran pembuang yang dikehendaki

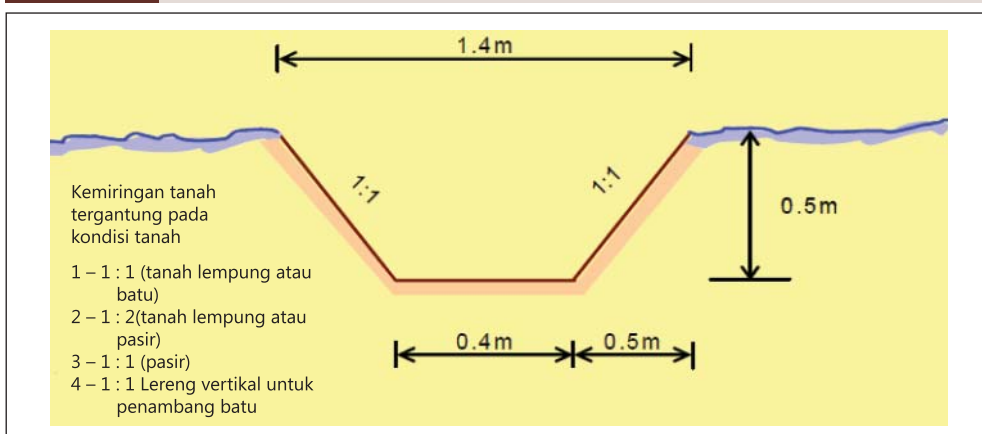


Bagan 57: Menentukan sudut antara saluran pembuang dengan saluran drainase samping



Untuk jenis tanah yang berbeda, dianjurkan penampang berbeda. Bagan 58 menunjukkan penampang tipikal yang dianjurkan untuk berbagai jenis tanah.

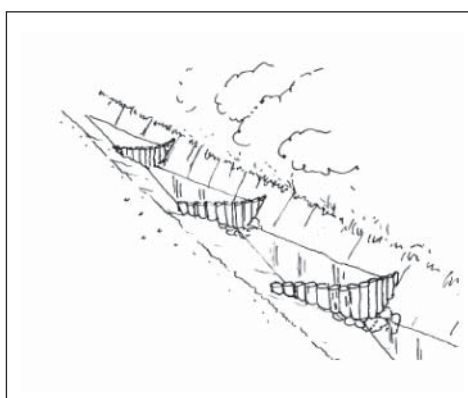
Bagan 58: Penampang saluran pembuang yang khas untuk berbagai jenis tanah



Pemeriksaan gerusan dan erosi (bagan 59) digunakan untuk mengendalikan erosi di lokasi yang bergunung-gunung/ berbukit bila tidak memungkinkan untuk menempatkan saluran pembuang dalam jumlah yang memadai. Pemeriksaan gerusan atau terjunan (scour check) dibangun pada saluran drainase samping untuk memperlambat aliran air.

Terjunan (Scour check) memungkinkan air mengendap sebelum masuk pada bagian bangunan terjunan. Jarak antar terjunan tergantung pada kemiringan saluran dan mutu (kondisi) tanah. Tanah yang berpasir atau lanau biasanya mudah terkikis dan memerlukan terjunan yang lebih banyak dibandingkan dengan tanah yang tidak gampang terkikis. Terjunan diperlukan bila gradien drain samping lebih dari 4%.

Figure 59: Terjunan



Terjunan (Scour check) digunakan di medan yang bergunung-gunung pada saluran drainase samping untuk mencegah erosi.

Fondasi terjunan sebaiknya cukup dalam untuk mencegah agar air tidak rusak

Bagian depan terjunan perlu diperkuat untuk mencegah erosi pada bagian hilir terjunan

Drainase Limpasan mengalirkan air agar tidak mengarah ke jalan

Terjunan bisa dibuat dari bahan-bahan seperti pancang kayu atau bambu, pasangan batu kosong maupun pasangan batu. Bila pepohonan jarang, maka tidak disarankan untuk menggunakan bahan kayu. Perlu dicatat bahwa pasangan pancang-pancang dari kayu juga bisa dirusak oleh anai-anai (rayap). Jika mempergunakan pasangan batu kosong, maka batu-batu tersebut dipasang/diatur secara kompak, dan dapat ditanami rumput disekitarnya, agar batu-batu tersebut tidak disebarkan akibat orang atau ternak yang berjalan di atasnya. Pondasi terjunan sebaiknya cukup dalam di bagian dasar, depan dan belakang untuk menghindari agar rusak akibat aliran air.

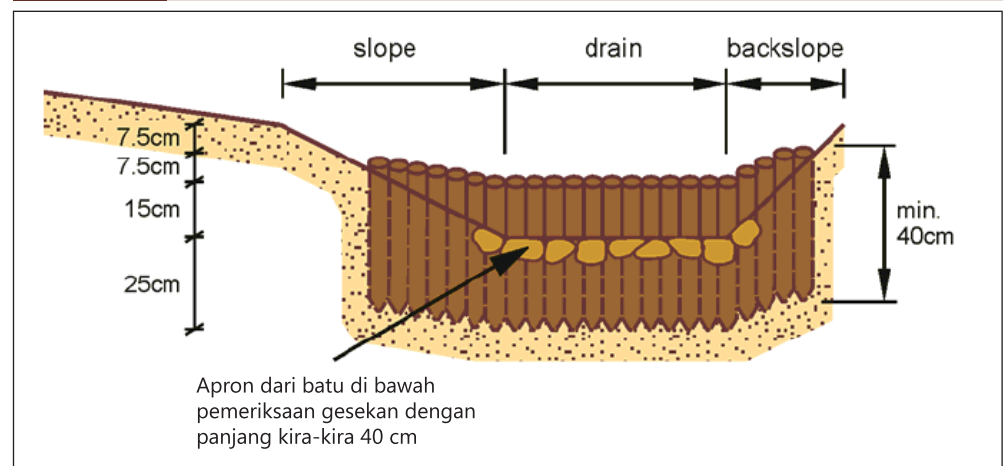
Jarak antara terjunan tergantung pada gradient jalan dan jenis tanah di tempat mana ia dibangun. Hubungan ini diperlihatkan pada table 11.

Penguatan bagian depan (apron) diperlukan di hilir terjunan untuk mencegah pengkisan oleh air (bagan 60). Apron dapat dibuat dari batu-batuan, dan diperkuat dengan rumput yang sebaiknya ditempatkan pada dinding bagian depan terjunan di hilir untuk mencegah air merembes melalui dinding dan untuk mendorong pengendapan di bagian hulu.

Tabel 11: Jarak bangunan terjunan untuk kemiringan dan jenis tanah yang berbeda

GRADIEN JALAN	PEMBERIAN RUANG UNTUK PEMERIKSAAN GESEKAN SESUAI DENGAN KONDISI TANAH		GRADIEN JALAN	PEMBERIAN RUANG UNTUK PEMERIKSAAN GESEKAN SESUAI DENGAN KONDISI TANAH	
	BAGUS	BURUK		BAGUS	BURUK
2%	Tidak ada	Tidak ada	8%	7,5m	4m
3%	Tidak ada	20m	9%	6m	3m
4%	Tidak ada	15m	10%	5m	2,5m
5%	20m	10m	12%	4m	Lining dengan pasangan batu
6%	15m	7,5m			
7%	10m	5m	15%	Lining dengan pasangan batu	Lining dengan pasangan batu

Bagan 60: Penampang pemeriksaan gesekan yang khas yang dibuat dengan bahan daerah setempat



Drain Limpasan (*cut off drain*) dipergunakan untuk mencegah air permukaan mencapai jalan atau untuk mengarahkan air ke tempat yang aman seperti di perlintasan-perlintasan air, gorong-gorong, drifts. Drainase limpasan juga digunakan untuk menjauhkan aliran air dari sisi jalan yang tinggi di medan yang landai.

Pemanfaatan saluran drainase limpasan akan lebih murah dan lebih aman untuk melindungi badan jalan dari gerusan air limpasan, terutama dibandingkan dengan dengan melakukan langkah pengendalian erosi untuk saluran drainase samping.

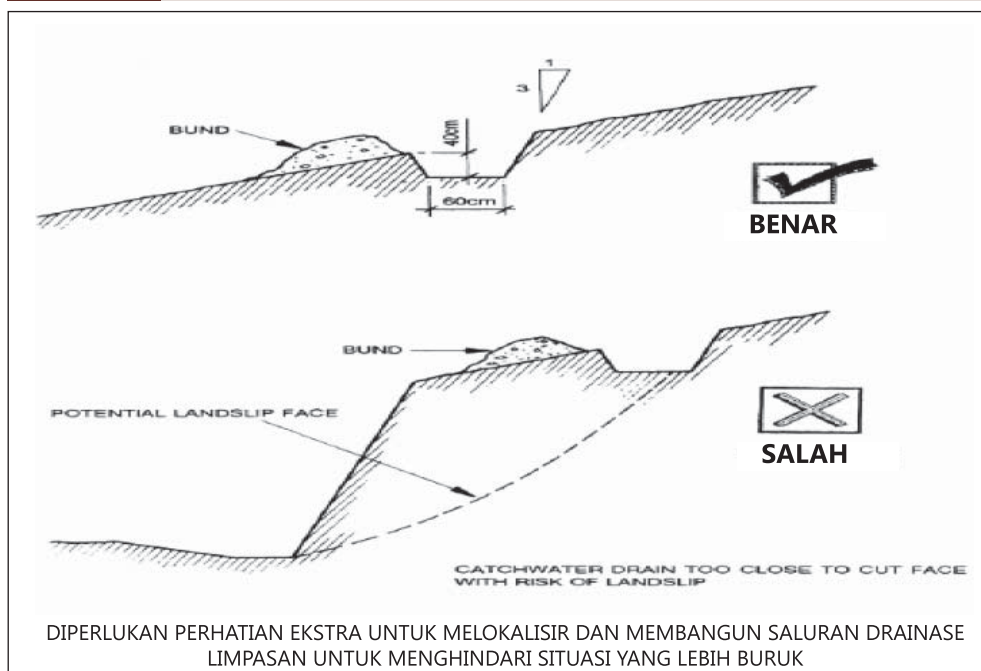
Namundemikian, dalam membuat saluran drainase limpasan perlu mempertimbangkan beberapa hal teknis secara mendalam agar tidak terjadi berbagai resiko yang dapat mempengaruhi konstruksi jalan.

Pertimbangkan poin-poin di bawah ini jika Anda membangun saluran drainase limpasan:

- ⊙ Jika saluran tidak dibangun dengan baik maka saluran akan mengalami endapan dengan mudah. Untuk mengurangi risiko, pastikan bahwa ada kemiringan yang berkesinambungan dan ada outlet yang bebas hambatan di saluran;
- ⊙ Saluran yang ditempatkan jauh dari jalan seringkali kurang terpelihara. Jadi, buatlah saluran drainase limpasan sedemikian rupa sehingga saluran tidak memerlukan pemeliharaan yang serius, misalnya dengan membuatnya dengan lebar sama dengan lereng;
- ⊙ Jika saluran tidak berfungsi sebagaimana mestinya, air limpasan akan dapat menyebabkan kerusakan konstruksi jalan. Untuk itu, perlu mengurangi risiko dengan cara membuat saluran yang cukup kokoh;
- ⊙ Petani (penggarap lahan) dapat menyebabkan tertutupnya saluran drainase limpasan. Untuk itu, dalam menempatkan saluran perlu dilakukan secara rinci dan dengan berdiskusi bersama penduduk setempat. Bila orang harus melintasi drain, sediakan lereng samping yang mudah sehingga orang tidak akan mengisi drain tersebut;
- ⊙ Saluran Drainase Limpasan perlu mempunyai saluran pembuang sekurang-kurangnya 200 -300 m agar volume air tidak mengumpul terlalu banyak. Kemiringan saluran sebaiknya berkisar antara 2-4%. Gunakan bangunan terjunan sederhana jika gradient lebih curam. Dimensi minimum untuk penampang adalah 0,60m lebar x 0,40m panjang. Kemiringan lereng sebaiknya 3:1, sehingga air dapat mengalir dengan bebas ke dalam saluran.

Dalam mempertimbangkan pembangunan drain penghalang sejumlah faktor di bawah ini perlu dijadikan bahan pertimbangan

Bagan 61: Contoh pembangunan saluran drainase limpasan yang benar dan yang salah



Jangan bangun saluran drainase limpasan terlalu dekat dengan lereng

Pasang gorong-gorong di tempat yang benar

Bahas tempat gorong-gorong dengan para petani

Diameter pipa gorong-gorong harus sekurang-kurangnya 0,6 meter

Penampang gorong-gorong pipa tipikal

Contoh penghitungan beda permukaan antara as jalan dan puncak pondasi apron inlet

7.6.4 Gorong-gorong

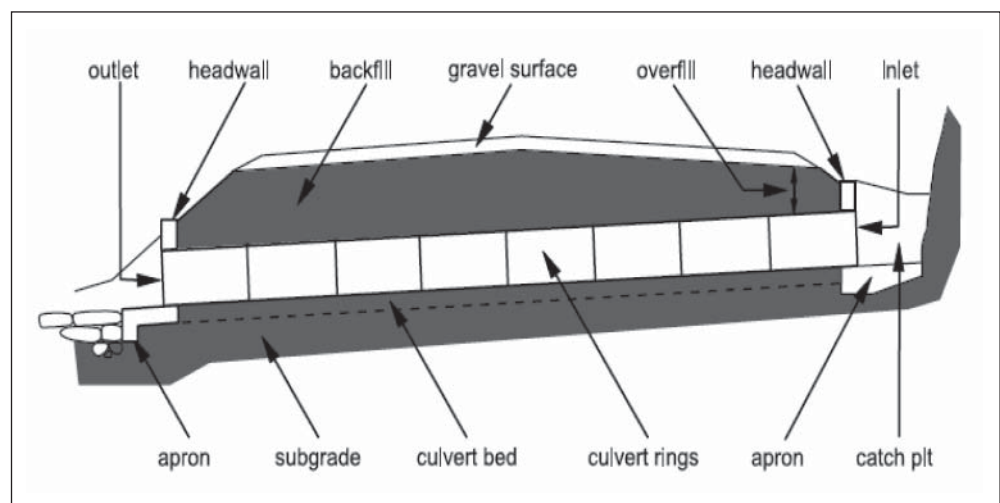
Struktur saluran melintang dari pipa beton adalah struktur saluran yang paling umum digunakan pada jalan-jalan pedesaan. Tergantung pada medannya, normalnya rata-rata 3-5 gorong-gorong per kilometer. Gorong-gorong memungkinkan air melintas di bawah jalan ke tempat dimana air itu dapat dibuang dengan aman. Penetapan lokasi gorong-gorong perlu dilakukan pada waktu perancangan awal denah jalan. Bila jalan yang sudah ada diperbaiki, sebagian besar lokasi gorong-gorong akan kelihatan. Cari tempat-tempat dimana lubang (kecil) terbentuk karena air mengalir melintasi jalan, dimana pasir sudah menumpuk di jalan karena air tidak mengalir, atau dimana saluran mengalami kerusakan berat karena menyalurkan terlalu banyak air.

Air yang dibuang melalui gorong-gorong dapat mengakibatkan erosi berat di daerah sekitarnya bila gorong-gorong itu tidak dipasang di tempat yang benar. Bila diperlukan, air dapat dialirkan ke lahan pertanian, terkait hal ini perlu dibahas bersama para petani setempat agar tidak terjadi kerusakan atau gangguan pada kegiatan petani.

Jenis gorong-gorong yang paling umum digunakan adalah dari jenis beton pracetak. Diameternya harus sekurang-kurangnya 0,6 m dengan pertimbangan bila diameternya kurang dari ini, pemeliharaannya akan menjadi sulit dan gorong-gorong akan mudah tersumbat. Bila pipa bergaris-tengah 0,6 m tidak cukup, boleh dipilih pipa lebih besar garis-tengahnya atau gunakan dua atau lebih jalur gorong-gorong berdiameter 0,6m. Cara ini akan menghindari banyak genangan di atas cincin (disebut terisi berlebihan).

Dasar gorong-gorong harus stabil dan berada pada permukaan yang lebar, sebaiknya sama permukaannya dengan medan sekitar. Singkirkan batu-batu yang dapat merusak pipa. Bila bahan alamiah tidak sesuai, buat dasar kerikil di bawah pipa. Dasar ini harus dibuat dengan kemiringan antara 3 dan 5%.

Bagan 62: Penampang gorong-gorong pipa tipikal



Untuk menghitung beda permukaan antara as jalan dan dasar saluran inlet (apron), lihat contoh bagan 63 dan gunakan dimensi-dimensi berikut:

- ☑ Ketebalan permukaan kerikil yang dipadatkan: 0,15m
- ☑ Lengkungan: 8%
- ☑ Lebar jalan kendaraan termasuk bahu jalan: 7m
- ☑ Panjang horisontal pipa antara inlet dan outlet: 8m

- ☑ Diameter pipa: 0,6m
- ☑ Ketebalan dinding pipa: 0,07m
- ☑ Kelerengan pipa: 4%
- ☑ Penutup atas yang diperlukan di atas gorong-gorong pipa: $\frac{3}{4} \times$ diameter pipa.

Hitung beda permukaan yang diperlukan antara as jalan dan dasar saluran inlet (apron) sebagai berikut:

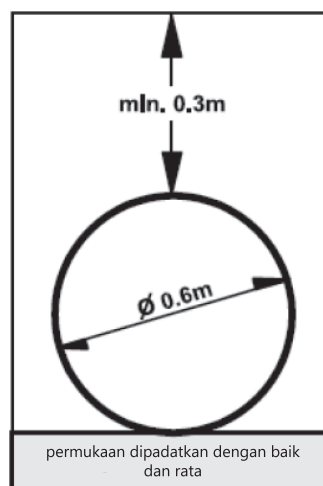
1. Anggap permukaan as pondasi apron pada bagian inlet adalah 0,0m
2. Tambahkan: penutup atas pada ujung pipa dekat inlet apron = $\frac{3}{4} \times 0,6\text{m} = 0,45\text{m}$
3. Tambahkan 2 x ketebalan pipa = 0,14m
4. Tambahkan: Diameter pipa 0,6m = 0,60m
5. Tambahkan: Beda tinggi permukaan jalan antara as dan pinggiran jalan kendaraan dekat apron inlet = $8\% \times (7\text{m}/2 = 8\% \times 3,5 \text{ m} = 0,28 \text{ m}$.
6. Tambahkan ketebalan kerikil yang dipadatkan = 0,15m
7. Permukaan as adalah: $0,0\text{m} + 0,45\text{m} + 0,14\text{m} + 0,60\text{m} + 0,28\text{m} + 0,15\text{m} = 1.62\text{m}$ di atas permukaan puncak pondasi apron inlet.

Bila panjang pipa adalah 8m, dan kelerengan pipa adalah 4%, beda permukaan bagian atas inlet dan apron outlet adalah $4\% \times 8\text{m} = 0,32\text{m}$.

Apron (Penguatan dasar saluran) harus dibuat pada inlet dan outlet untuk melindungi dasar gorong-gorong dan dasar saluran dari erosi. Apron dapat dibuat dari batu-batu, tembok, atau beton. Panjangnya harus sekurang-kurangnya 1,5 kali diameter pipa. Dinding puncak dan dinding samping sangat dianjurkan untuk melindungi penutup galian dari kerusakan air. Ini dapat dibuat dari batu-batu, pasangan batu atau beton dan harus dibuat sebelum penutupan galian. Bila tidak ada ketentuan untuk itu, pastikan bahwa kelerengan sisi penutupan-kembali tidak lebih curam dari 1:2 dan bahwa gorong-gorong cukup panjang untuk mencapai ujung kelerengan sisi.

Bila digunakan pipa 0,6m, lebar parit yang harus digali harus sekurang-kurangnya 1m (agar ada tempat kerja yang cukup bila memasang gorong-gorong). Periksa permukaan dasar parit untuk memastikan kerataannya dan kemiringan yang dikehendaki.

Selama penggalian, pastikan bahwa air yang dapat masuk ke parit dapat mengalir keluar. Untuk itu, saluran penangkap harus digali dulu. Pastikan ada kemiringan yang cukup di saluran outlet di bagian hilir gorong-gorong. Bila perlu, gunakan 0,1m alas kerikil yang dipadatkan untuk membuat dasar yang kokoh bagi gorong-gorong.



Sertakan apron dan dinding puncak

Peletakan pipa-pipa gorong-gorong

Bagaimana membuat gorong-gorong pipa

Harus ada cukup urugan di atas gorong-gorong

Langkah berikut adalah menurunkan pipa-pipa dengan **berhati-hati** kedalam parit dengan menggunakan tali. Gunakan linggis untuk merapatkan pipa satu dengan lainnya dan pastikan semua pipa itu berada pada satu garis lurus. Kedapkan hubungan antar pipa dan di luar cincin.

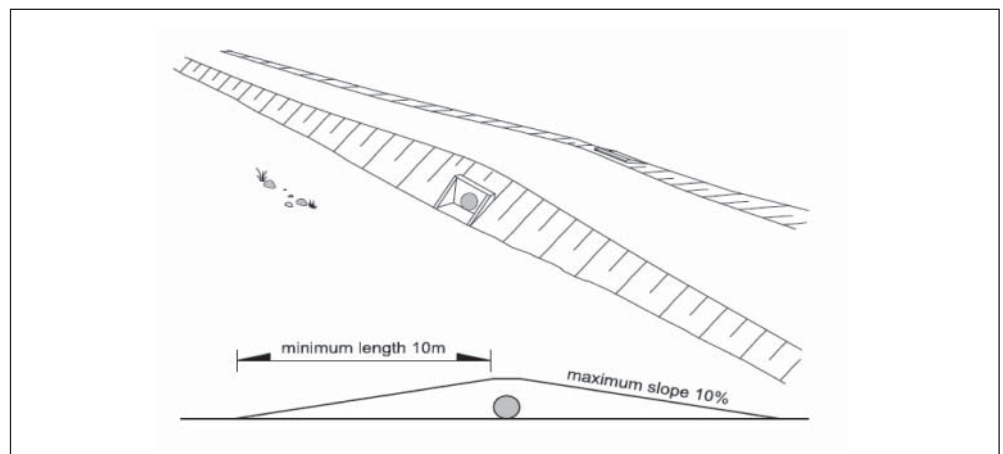
Urugan kembali tanah sekitar pipa dan timbunan harus ditempatkan di atas alas 15cm dari bahan urugan yang sesuai, dan perlu dipadatkan dengan baik menggunakan pemadat yang dikendalikan dengan tangan. Jangan membentur dan merusak pipa selama memampatkan. **Ketebalan minimum dari urugan di atas cincin gorong-gorong harus sekurang-kurangnya seperdua diameter pipa, sebaiknya $\frac{3}{4}$ dari diameter pipa.**

Seringkali perlu untuk membuat tanggul agar dapat membuat urugan yang cukup di atas cincin gorong-gorong (lihat bagan 64). Dalam hal ini, perlu dibuat lengan (dan dipadatkan) pada tiap sisi gorong-gorong untuk menghindari perubahan cepat kelerengan jalan.

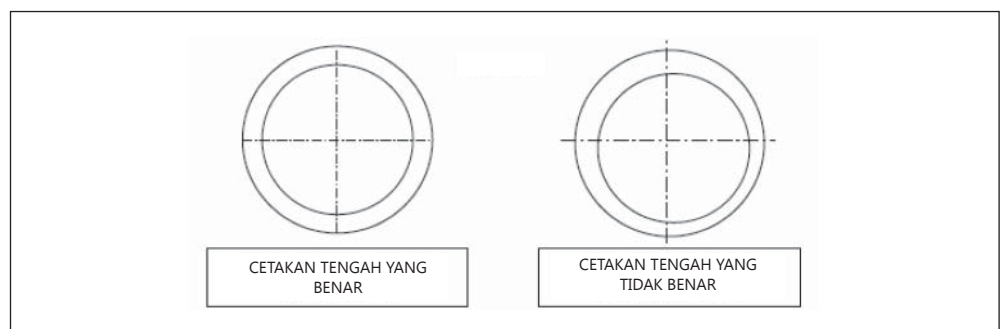
Untuk membuat gorong-gorong pipa, semen, agregat, pasir dan air bersih harus disediakan dalam jumlah yang cukup. Lantai penuangan (sebaiknya lantai beton) harus rata dan kokoh. Cetakan harus bebas kerusakan atau perubahan bentuk dan harus bersih. Sisa beton kering pada ujung-ujung dan sekitar engsel serta bak akan merubah bentuk pipa.

Bagian dalam cetakan harus benar-benar berada di tengah dari cetakan bagian luar (bagan 65). Setelah pencetakan, pipa harus dibiarkan mengering selama 28 hari sebelum dipakai. Untuk pengeringan, gunakan kantong-kantong yang dapat sering dibasahi dengan air.

Bagan 63: Membuat lerengan di atas gorong-gorong pipa



Bagan 64: Contoh cetakan tengah yang buruk dan yang benar



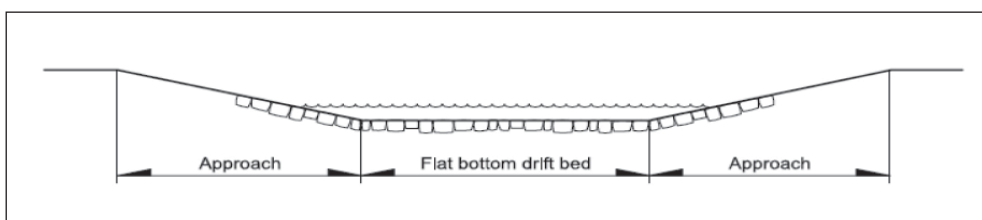
Cincin gorong-gorong biasanya disimpan di sisi jalan di rencana lokasi gorong-gorong. Barang-barang ini perlu ditangani dengan berhati-hati, terutama pada waktu penurunan agar tidak patah. Bila cincin gorong-gorong dipesan, selalu cadangkan sepasang cincin cadangan untuk pengganti bila ada yang patah.

7.6.5 Drift

Drift memungkinkan air mengalir ke sisi lain jalan dengan melewati permukaan jalan. Dengan demikian, permukaan jalan harus diberi perlindungan cukup agar tahan dilewati aliran air. Ini biasanya dilakukan melalui permukaan berlapis batu atau beton dimana air akan mengalir. Permukaan drift harus lebih rendah dari jalan pada tiap sisi agar air yang melintas tidak akan meluber ke permukaan yang tidak dilindungi.

Drift biasanya dibuat bila melewati sungai yang kering selama satu tahun. Bila datang hujan, sebagian besar drift akan mengantar aliran dangkal air yang dapat dilewati kendaraan. Namun, kadang-kadang, drift yang dalam akan dibanjiri air untuk jangka pendek sehingga jalan akan ditutup untuk lalu lintas. Bagan 66 menyajikan penampang tipikal drift.

Bagan 65: Penampang Tipikal Drift



Ada tiga jenis struktur yang sama-sama dikenal sebagai drift. Ketiganya adalah **Splash, Drift** dan **Penyeberangan Sungai**.

Splash adalah penyeberangan kecil yang membawa air dari satu saluran samping menyeberangi jalan ke sisi yang lebih rendah. Splash dibuat di tempat-tempat rendah sepanjang jalan dan bila saluran sisi tidak dapat langsung menampung volume air sehingga air harus dialirkan melintasi jalan.

Drift adalah penyeberangan air si saluran besar dan sungai kecil. Jalan di sini mungkin harus mampu dialiri air deras.

Penyeberangan Sungai: adalah penyeberangan panjang di atas dasar sungai pasir. Biasanya, dasar sungai terdiri dari pasir dalam dan penyeberangan harus dibuat dengan pondasi kokoh.

Untuk semua jenis drift, langkah terpentingnya adalah menentukan lokasi yang sesuai untuk penyeberangan sungai. Bila drift kurang sesuai letaknya, ia dapat menimbulkan pekerjaan tambahan selama pembuatan dan pemeliharannya kemudian. Contoh pemilihan lokasi drift dijelaskan dalam bagan 67. Hal-hal utama untuk menentukan lokasi drift adalah:

- ➡ Sudut antara tengah lintasan jalan dan aliran air harus sekitar 90°;
- ➡ Lokasi harus memanjang sama dengan dasar aliran;
- ➡ Hindari lokasi dimana terdapat tanda-tanda gerusan dan lanau;

Drift memungkinkan air mengalir ke sisi lain jalan dengan melewati permukaan jalan.

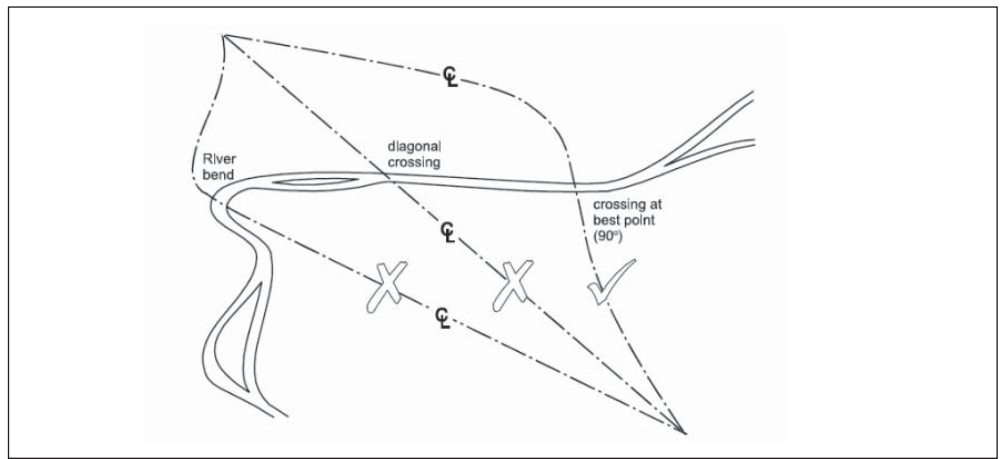
Hal-hal utama untuk menentukan lokasi drift

Penetapan permukaan dan approach struktur drift

- Hindari lokasi dengan tanggul-tanggul curam yang memerlukan banyak penggalian atau apron curam;
- Lokasi harus bedampingan lurus dengan panjang jalan.

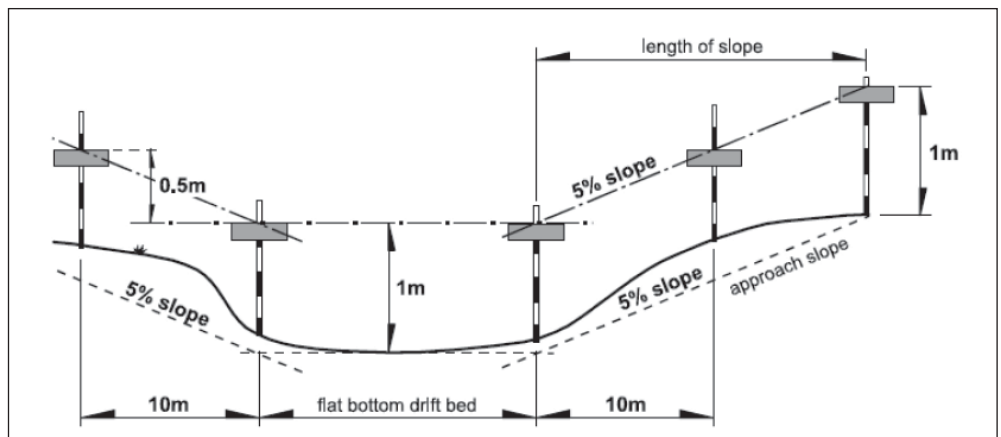
Setelah lokasi drift sudah ditentukan, tetapkan permukaan drift sama tinggi dengan dasar sungai. Jangan menetapkan permukaan drift lebih rendah atau lebih tinggi dari dasar sungai. Bila sungai melanau, sebaiknya menaikkan drift 20-25 cm di atas dasar sungai. Ini akan mempercepat air melewati drift dan mengurangi drift mengalami endapan erosi.

Bagan 66: Contoh penentuan lokasi drift



Kelerengan ideal approach drift (bagian pendekat) adalah 5%. Contoh penentuan kelerengan approach drift disajikan dalam bagan 68. Profil ditetapkan sampai kelerengan 5% pada tiap sisi penyeberangan. Panjang approach dapat ditemukan dengan menjalankan traveler tinggi 1m sepanjang garis profil kelerengan sampai menanjak ke profil lereng bila berada pada permukaan tanah sebenarnya. Traveler dapat juga digunakan untuk mengukur kedalaman galian sepanjang approach yang disarankan, dan ini dapat digunakan untuk menaksir volume penggalian yang diperlukan.

Bagan 67: Penetapan kelerengan untuk approach drift





Gambar 16: Example of concrete drift

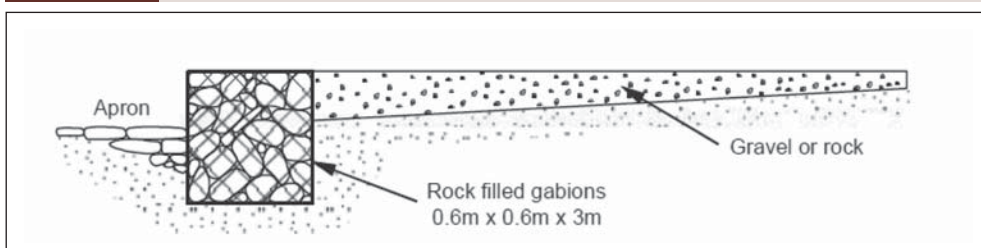
Ada beberapa kemungkinan untuk memilih bahan permukaan drift. Ini dapat, misalnya, berbentuk bronjong dengan kerikil, lapisan batu, atau pembuatan lantai beton. Pilihannya tergantung pada:

- Perkiraan tenaga aliran air;
- Ketersediaan bahan, y.i., kerikil, batu, agregat beton, pasir, dsb.;
- Kekuatan pondasi dasar sungai;
- Biaya.

Untuk air yang mengalir lambat, drift berlandasan kerikil dengan bronjong atau lapisan batu kosong sudah memadai. Pasangan batu kosong lebih sesuai untuk dasar sungai dengan pasir lepas dan aliran lembut. Bila sulit memutuskan, permukaan kerikil dapat digunakan – bahan ini mungkin akan sering tersapu air – namun Anda dapat mencobanya dulu dan menunggu sampai musim hujan selesai sebelum memutuskan apakah perlu menyempurnakan penyeberangan dengan perkerasan batu atau lantai beton. Untuk air yang mengalir deras, seringkali perlu membuat lantai beton atau perkerasan dengan semen.

Contoh drift yang dibuat dengan kotak-kotak bronjong dan kerikil/batu disajikan dalam bagan 69. Puncak bendung bronjong adalah 15-20cm lebih tinggi dari dasar sungai di ujung hilir. Penampang tipikal dari lantai beton yang dapat digunakan untuk drift disajikan dalam bagan 70.

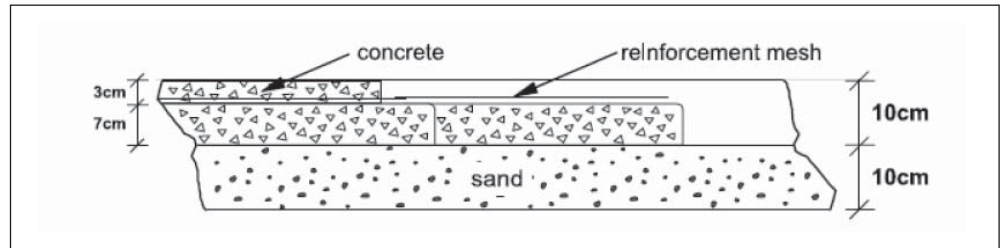
Bagan 68: Contoh drift yang dibuat dari kerikil atau batu dengan kotak-kotak bronjong



Pertimbangan dalam memilih bahan permukaan drift

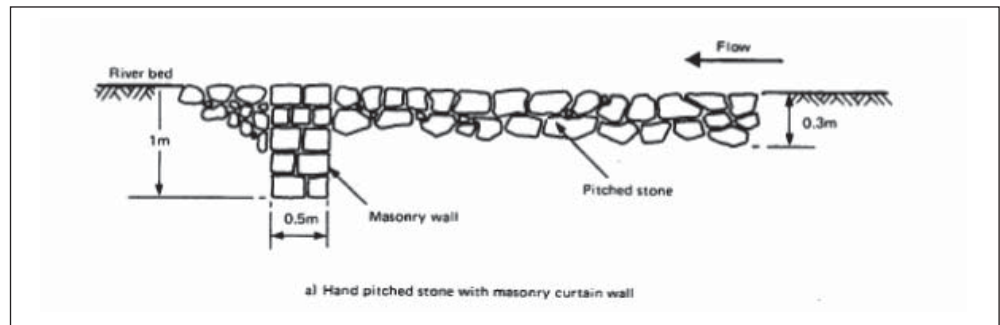
Contoh pembuatan drift

Bagan 69: Lantai beton yang digunakan untuk membuat drift

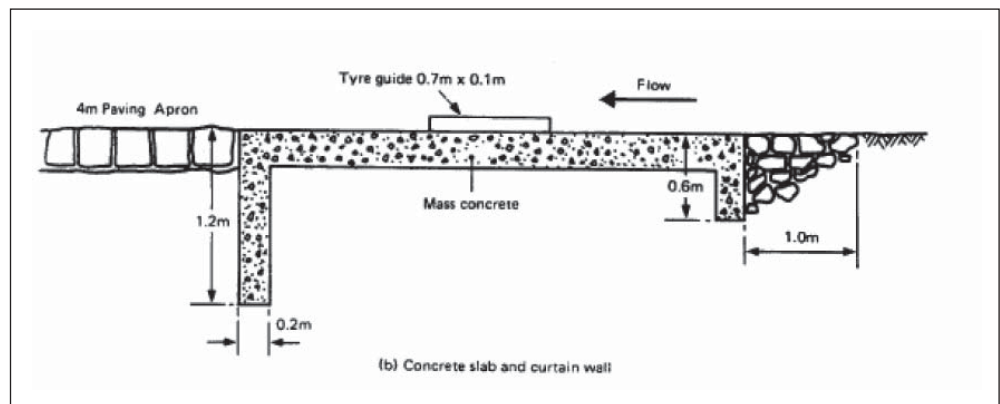


Bagan 71 sampai 73 menyajikan penampang jenis-jenis pematang (disebut juga "level causeways" atau "paved ford")

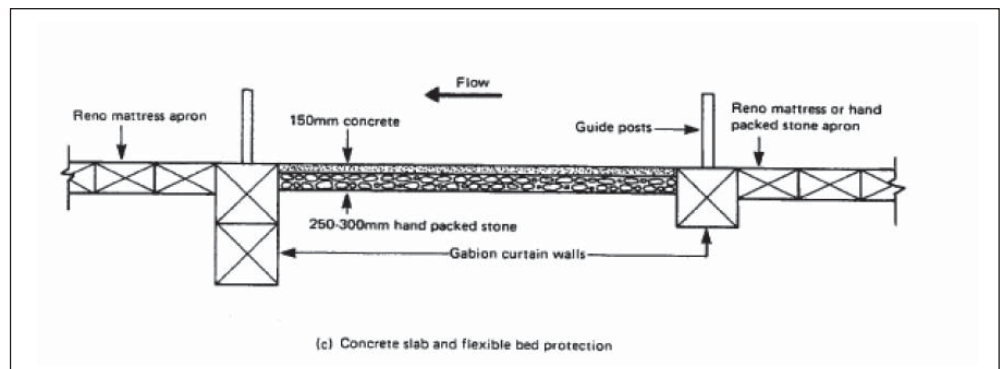
Bagan 70: Penampang yang dibuat dari pitched stone dan dinding pasangan batu



Bagan 71: Pematang yang dibuat dari beton masal



Bagan 72: Pematang yang dibuat dari lantai beton dan pelindung dasar yang fleksibel



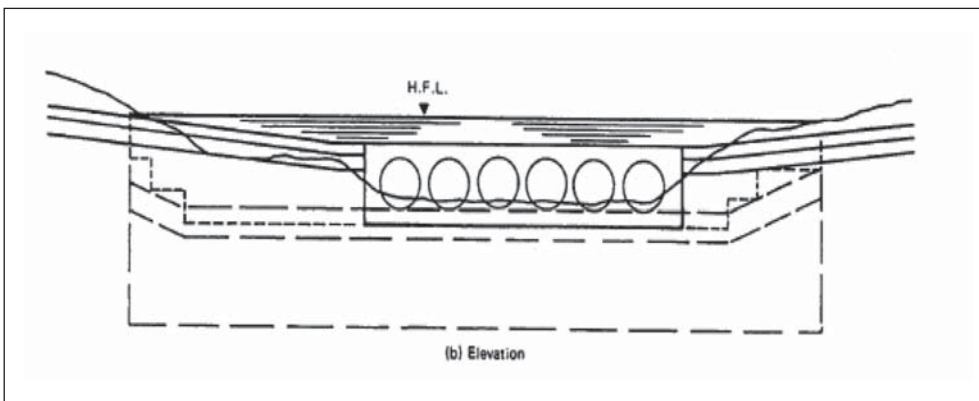
Dalam hal dimana aliran sungai terlalu besar selama beberapa hari dalam setahun, diperlukan pematang berlubang-lubang (foto 18) agar lalu lintas dapat menyeberangi drift atau dasar. Karena struktur-struktur ini memberikan banyak hambatan bagi aliran bebas banjir biasa atau banjir rencana, struktur-struktur itu harus dibuat cukup masif agar tahan terhadap tekanan air dampak erosi dan gerusan. Struktur-struktur itu juga harus diberi pelindung agar tahan gerusan bila dasarnya dapat mengalami erosi dan tempat penandaan. Lubang-lubang itu biasanya dari beton atau pipa baja gelombang berdiameter 0,6 sampai 1m, dipasang dalam blok beton atau pasangan batu. Dinding-dinding dan apron-apron penahan dari beton atau pasangan batu diperlukan untuk menyalurkan aliran dan mencegah gerusan di tempat masuk dan tempat keluar.



Gambar 17: Gabungan Drift dengan Beberapa Gorong-gorong (Vented Causeway)

Untuk mencegah terhambatnya aliran oleh endapan erosi yang terbawa banjir, pipa-pipa itu harus dipasang sama tinggi dengan lantai aliran dan dengan lereng yang sama. Bagian-bagian dari lubang-lubang itu tidak boleh lebih sempit dari lubang masuk. Dinding pelindung berbentuk baji mungkin diperlukan di sisi hulu untuk mengarahkan runtunan besar yang mengalir di atas lubang-lubang. Bagan 7.6 menunjukkan penampang dan elevasi tipikal dari pematang berlubang-lubang.

Bagan 73: Penampang dan elevasi tipikal dari pematang berlubang-lubang



Masukan ahli teknik diperlukan untuk rancangan dan konstruksi jembatan kecil

Jembatan kecil bentangnya kurang dari 12 meter

7.6.6 Jembatan Kecil

Karena rancangan dan konstruksi jembatan kecil relatif rumit, disarankan agar pekerjaan ini dilaksanakan oleh dinas teknis yang berwenang seperti Dinas Bina Marga, karena mereka memiliki keahlian dan pengalaman yang diperlukan. Bagian ini menyajikan penjelasan ringkas tentang sifat-sifat utama yang perlu dipertimbangkan tentang lokasi, jenis, rancangan dan konstruksi jembatan kecil.



Gambar 18: Consider traffic requirements when designing bridge

Jembatan adalah struktur yang membentang dan mempunyai lintasan di atas suatu bukaan atau suatu hambatan, seperti sungai. Jembatan kecil umumnya didefinisikan sebagai memiliki bentangan tidak lebih dari 12m. Dalam merancang lokasi, jenis, ukuran dan kapasitas jembatan, ahli teknik harus memperhitungkan keadaan tapak dan medannya, perkiraan volume lalu lintas, bahan konstruksi yang tersedia dan keterampilan, sumber daya keuangan yang tersedia, dan masa pakai jembatan.

Bila bukaan jalan air kurang dari sekitar 15m² dan khususnya, dimana jalan memotong suatu sungai atau tanggul yang relatif tinggi, biasanya lebih murah membuat gorong-gorong daripada jembatan. Jenis konstruksi gorong-gorong yang paling umum adalah gorong-gorong pipa sambungan beton pracetak, pipa baja gelombang prafabrikasi dan pracetak atau kotak beton dibuat di-tempat. Gorong-gorong pipa beton umumnya digunakan untuk bukaan kecil sampai sekitar 2m² dan pipa ganda, dengan atau tanpa dinding ujung, digunakan untuk luasan yang lebih besar. Untuk luasan lebih dari 2m², dapat digunakan gorong-gorong kotak beton bertulang, atau kadang-kadang gorong-gorong pipa baja gelombang, baik tunggal maupun ganda.

Dalam memilih tapak, perlu diperiksa apakah mungkin mendirikan batang-batang vertikal atau horisontal untuk jembatan itu, apakah tanahnya cukup kuat untuk menjamin stabilitas struktur dan apakah jembatan itu pada lokasi yang disarankan akan menimbulkan dampak yang merusak lingkungan (mis., mengganggu aliran sungai) atau dapat dirusak oleh lingkungan (mis., risiko tanah longsor).

Dalam memilih lokasi jembatan kecil, biasanya harus dicari optimalisasi antara penyeberangan paling mudah dan jajaran jalan terpendek. Pilihan ini bersifat ekonomis. Biaya jembatan yang paling murah (optimal) secara potensial memiliki masa pakai terlalu lama adalah pada lokasi yang:

- ➡ Berada pada bagian sungai yang lurus;
- ➡ Jauh dari pengaruh gangguan oleh pertemuan sungai;



Gambar 19: Construction of box culvert

- Mempunyai tanggul-tanggul yang jelas;
- Mempunyai jalan-jalan pendekat yang cukup lurus;
- Memungkinkan struktur pondasi yang baik.

Bila ahli teknik telah menemukan tapak yang dirasa sesuai untuk gorong-gorong, ia perlu mencari informasi lapangan tentang medan setempat dan kondisi sungai. Informasi ini juga menyangkut permukaan air minimum dan maksimum, perkiraan aliran air maksimum dan kondisi tanah. Informasi tentang tinggi bersih di bawah gorong-gorong mungkin juga diperlukan bila sungai membawa runtuhan selama banjir atau bila sungai digunakan untuk pelayaran.

Bila tapak telah dipilih, pilihan antara jembatan permanen dengan masa pakai lebih 40 tahun atau bangunan sementara tergantung pada volume lalu lintas dan muatan serta sumber daya yang tersedia. Bila diperlukan struktur permanen dalam waktu dekat namun sumber daya yang tersedia pada saat diperlukan tidak cukup membuat struktur permanen, pemecahan alternatifnya adalah membuat tumpuan permanen dan lantai ringan yang dapat ditingkatkan atau diganti bila perkembangan sudah memerlukannya. Pilihan rancangan struktur jembatan tergantung juga pada perkiraan volume lalu lintas selama masa pakai jembatan. Ini adalah faktor terpenting karena ini menentukan sifat rancangan struktur, y.i., kekuatan jembatan.

Pertimbangan dalam memilih lokasi jembatan

Pertimbangan dalam memilih jenis jembatan



Gambar 20: Jembatan kayu sederhana

Informasi tentang tanah diperlukan untuk pondasi rancangan

Desain hidrolis sangat penting dalam perancangan jembatan

Rancangan lebar jembatan ditentukan oleh kondisi lalu lintas. Bila kurang 200 kendaraan sehari yang melintasi jembatan, jembatan berjalur satu sudah cukup. Jembatan yang melayani lebih 200 kendaraan sehari sebaiknya memiliki dua jalur. Karena gorong-gorong kotal biasanya kurang nyata dari jembatan kecil, disarankan untuk membuat gorong-gorong kotak dengan lebar dua jalur.

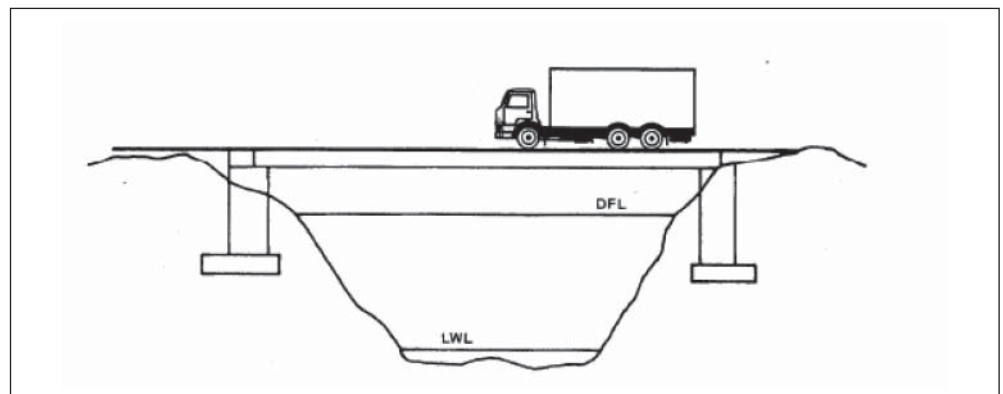
Jembatan pedesaan yang pendek bentangnya tidak perlu dirancang untuk kendaraan berat. Rancangan standar yang sesuai dengan British Standard yang memikul beban kotor 40 ton kendaraan (BS.HA.LOAD) dan American AASHTO yang memikul 20 beban bruto 20 ton kendaraan (HS 20-44) biasanya cukup menutup persyaratan beban untuk sebagian besar jembatan pedesaan. Standar rancangan yang akan dipakai untuk jembatan selalu perlu ditetapkan oleh ahli teknik yang bertanggung jawab dari dinas teknis yang bersangkutan.

Untuk merancang pondasi yang sesuai suatu jembatan, penting artinya bahwa sifat, kedalaman dan lokasi berbagai jenis tanah yang ada di calon lokasi jembatan diteliti. Berat lalu lintas, bangunan atas, tumpuan dan kaki pangkalnya semuanya harus dipikul oleh tanah yang mendukung tumpuan dan pondasi kaki pangkal sehingga penelitian tanah penting artinya. Berbagai uji tanah perlu dilakukan oleh Departemen Pekerjaan Umum untuk memeriksa sifat tanah, termasuk uji lapangan dan uji laboratorium.

Desain hidrolis sebuah jembatan adalah bagian dari perancangan jembatan yang perlu memastikan bahwa air banjir rencana dapat dengan aman lewat di bawah jembatan. Jembatan, misalnya, tidak boleh menghalangi aliran air karena ini menyebabkan banjir di hulu. Sebaliknya, adalah tidak efektif-biaya untuk membuat bentangan sangat lebar yang memberi ruang bawah di seluruh lebar sungai. Dengan demikian, jembatan seringkali dirancang sedemikian rupa sehingga ia dapat melewati aliran besar tahunan tanpa sangat membatasi aliran air atau mengakibatkan kerusakan pada struktur atau lahan sekelilingnya. Dalam beberapa hal, mungkin dapat diterima bahwa biasanya banjir besar akan mencapai puncak bangunan atas dan menimbulkan gangguan sementara. Namun demikian, bagian-bagian jembatan harus cukup kuat untuk tahan terhadap banjir besar. beberapa contoh desain hidrolis jenis-jenis jembatan tipikal disajikan dalam bagan-bagan di bawah ini.

Keadaan yang paling sederhana disajikan dalam bagan 75 dimana dasar sungai yang relatif sempit berisi cukup dan dapat dibentangkan oleh jembatan satu-bentangan tanpa mengganggu aliran sungai. Tumpuan-tumpuannya dibangun cukup tinggi sehingga menyediakan cukup ruang di bawah jembatan untuk menjamin kelancaran aliran air. Penyesuaian sungai tampaknya tidak diperlukan dan tidak ada air terhenti atau gerusan tambahan akan terjadi setelah adanya jembatan.

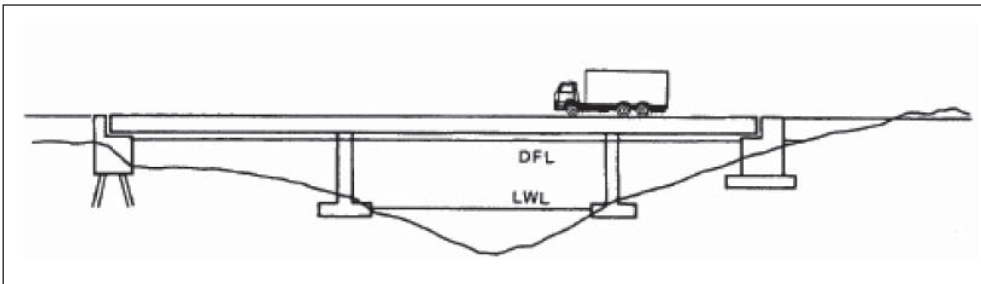
Bagan 74: Jembatan penyeberangan untuk sungai sempit dan sesuai dengan persyaratan



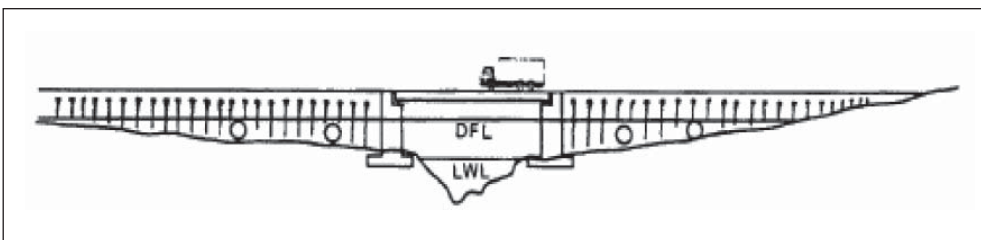
Contoh saluran banjir yang lebih lebar disajikan dalam bagan 76. Dalam contoh ini, bangunan atas lebih panjang dan akan memakan biaya lebih besar bila kaki-kaki pangkal tidak digunakan. Baik pondasi kaki pangkal dan tumpuan berada di bawah DFL dan memerlukan perlindungan terhadap gerusan. Dinding-dinding tumpuan dan kaki pangkal akan menimbulkan sedikit gangguan pada aliran air. Ini kemungkinan akan menyebabkan adanya air diam dan gerusan tambahan pada dasar sungai dan ini harus diperhitungkan dalam rancangan pondasi.

Dalam hal-hal dimana sebuah sungai kecil mempunyai bidang banjir yang lebar, seperti dalam bagan 77, maka pemecahan yang paling ekonomis adalah jembatan yang relatif kecil dengan pendekatan melalui tanggul tanah. Strktur ini akan membatasi aliran air selama banjir rencana tetapi tidak demikian selama aliran normal. Untuk mencegah air bajir naik terlalu tinggi di sisi hulu, gorong-gorong perlu dibangun pada tanggul-tanggul pendekat dan bagian alirasn sungai harus mampu melewati aliran banjir melalui bagian jembatan dengan aman. Bagian penumpu jembatan (abutmen) dirancang untuk tahan terhadap gerusan yang terjadi karena adanya pembatasan aliran.

Bagan 75: Penggunaan kaki pangkal untuk penyeberangan sungai yang lebih lebar



Bagan 76: Penggunaan tanggul dan gorong-gorong untuk sungai sempit melintasi bidang banjir lebar



Pertimbangan utama untuk desain hidrolis sebuah jembatan dapat dirangkum sebagai berikut:

- Tetapkan tinggi bangunan atas (y.i., tinggi di atas ketinggian air banjir);
- Tetapkan letak pondasi pangkal jembatan untuk tumpuan sesuai dengan bentuk dasar sungai;
- Tetapkan jumlah tiang penyangga yang akan sangat berpengaruh pada biaya untuk bangunan atas, kaki pangkal dan tumpuan;
- Hitung gerusan dan gerusan setempat pada pangkal dan pondasi jembatan oleh air yang lewat;
- Periksa apakah air yang tertahan (backwater) akibat berkurangnya bidang aliran air tidak merusak lahan sekitar bagian hulu serta struktur atas jembatan;

**Pertimbangan
utama untuk
desain hidrolis
sebuah
jembatan**

Persyaratan rancangan pangkal dan tumpuan jembatan

- Siapkan rancangan sementara dari pangkal dan penjangga jembatan;
- Periksa dampak gerusan dan backwater, serta lakukan penyesuaian yang diperlukan, dengan menghitung kembali pengaruh perubahan pada jalan air;
- Hitung biaya bangunan atas (upper structure) bila panjangnya sudah ditentukan, serta biaya bangunan bawah, tanggul, pekerjaan normalisasi arah aliran sungai;
- Untuk memperoleh rancangan yang paling ekonomis, atau untuk membandingkan biaya struktur yang disiapkan untuk berbagai banjir rencana, sebaiknya mengulangi prosedur di atas untuk dapat menemukan kondisi jalur aliran sungai lainnya.

Persyaratan pangkal dan tumpuan jembatan tergantung pada ketersediaan dan biaya material untuk bagian-bagian struktural bangunan atas; beban lalu lintas; jarak antara kedua tumpuan; panjang kayu atau balok baja yang tersedia; muatan HA dan HS20 dan panjang lebihan. Berdasarkan informasi ini, konfigurasi produk dan kaki pangkal harus ditentukan dan untuk konfigurasi kemungkinan gerusan dan pengaruh air diam, dapat dipilih.

Perlu ditekankan bahwa gerusan, dampak erosi dari air yang mengalir pada dasar sungai dan tanggul-tanggulnya menjadi penyebab umum kegagalan jembatan dam dengan demikian sangat penting agar kemungkinan dampak gerusan dihitung dengan benar. Untuk menemukan pekerjaan pengendalian apa yang diperlukan untuk mengimbangi kemungkinan dampak dari gerusan, penting artinya memeriksa sungai di tapak jembatan dan struktur yang ada, sebaiknya dilakukan selama atau segera sesudah terjadinya banjir.

Tindakan-tindakan melindungi tumpuan dan tiang pangkal dari gerusan

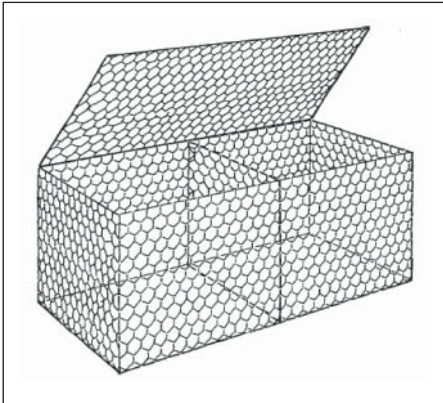
Perlindungan dari gerusan dapat dilakukan melalui berbagai cara, termasuk rip rap pada kemiringan dasar sungai, penggunaan bronjong untuk apron atau revetment, kreb (penguatan bagian depan pondasi), dan beberapa jenis vegetasi. Selain kreb dan beberapa bentuk vegetasi, kriteria teknisnya bahwa pelindung-pelindung ini tidak boleh mempengaruhi jalur aliran air rencana pada as jembatan karena ini akan dapat menghalangi aliran. Pengalaman dan pemeriksaan tapak selama dan setelah banjir biasanya menjadi petunjuk terbaik dimana lokasi yang memerlukan pengendalian dan penguatan gerusan. Perlu juga memeriksa berfungsinya pengarah aliran sungai yang ada di sekitar tapak yang direncanakan.

Perlindungan dasar sungai rip rap terdiri dari hamparan batu lepas, yang mencegah arus air menggerus materi dasar sungai. Unsur batu ini harus cukup berat agar tidak terbawa oleh aliran air maksimum selama banjir, dan batu-batu itu tidak boleh dipasang dengan cara yang akan mengurangi bidang jalan air yang dirancang untuk menerima gerusan umum. Keuntungan utama rip rap adalah bahwa harganya relatif murah, ia menjadi perlindungan fleksibel dan mudah dipasang dan diperbaiki. Batu-batu gradasi perlu digunakan sedemikian rupa agar rasio antara ukuran maksimum dan rata-raya dan antara ukuran rata-rata dan ukuran minimum adalah sekitar 2:1.

Kotak-kotak bronjong juga sangat sesuai untuk perlindungan terhadap erosi. Bronjong standar berbentuk kotak persegi panjang dari kawat baja (Bagan 78). Ukuran standarnya adalah panjang 2m, 3m dan 4m kali lebar 1m dan tinggi 0,5m atau 1m. Kotak bronjong diperkuat pada sudut-sudutnya dengan kawat lebih tebal dan dengan diafragma anyaman, yang membagi kotak dalam ruang-ruang berukuran 1m. Bronjong dapat dipasang siap pakai dari sumber setempat bila ada keterampilan

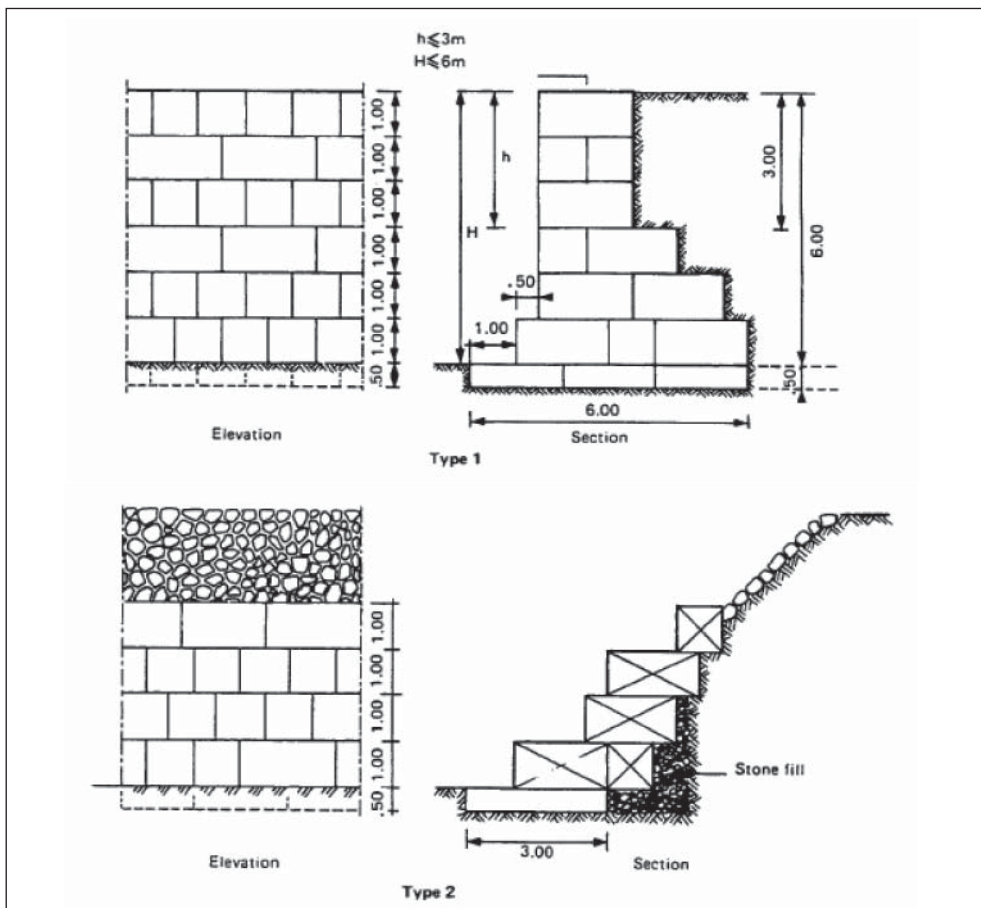
Penggunaan kotak-kotak bronjong dan matres sebagai perlindungan terhadap gerusan

Bagan 77: Kotak Bronjong



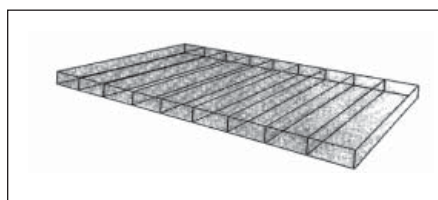
membuatnya. Kotak bronjong diisi di tempat dengan batu galian atau batuan besar yang dibulatkan dalam ukuran yang sesuai untuk mencegah batu keluar melalui anyaman. Struktur bronjong lebih stabil, kuat dan tahan lama bila batu-batu dikemas seksama dengan tangan, hampir seperti membuat dinding tembok. Kawat bagian dalam berjarak 0,5m membantu mempertahankan bentuknya. Bagian-bagian bronjong dikaitkan dengan aman oleh kawat dalam posisi untuk membentuk turap atau dinding. Dua jenis rancangan dinding bronjong disajikan dalam Bagan 79.

Bagan 78: Dua jenis dinding bronjong



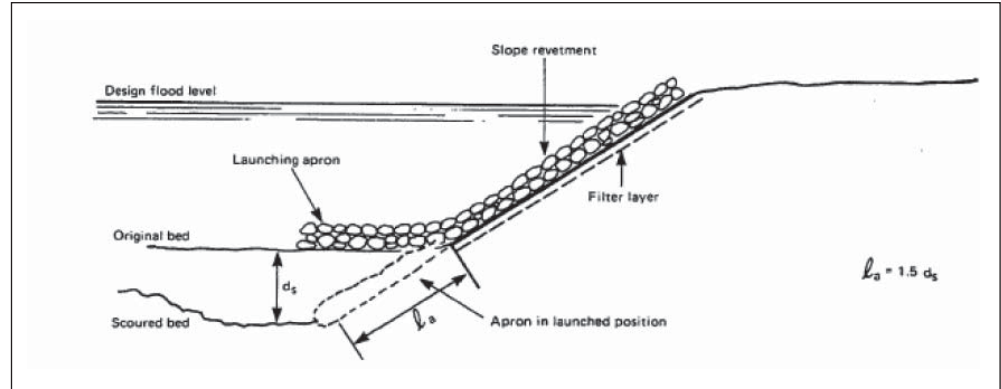
Matres bronjong adalah bentuk matres dari kotak bronjong. Matres ini digunakan misalnya dalam mensejajarkan tanggul-tanggul dan dasar sungai. Panjang standar matres 6m dibagi dalam enam ruang 1m sesuai kebutuhan. Setelah dirakit di tapak, matres diikat kawat dan diisi untuk membentuk selimut atau garis memanjang.

Bagan 79: Matres bronjong



Contoh penggunaan matres bronjong untuk membuat tanggul sungai sampai kedalaman 1,5 x kedalaman gerusan di dasar sungai. Ini menjamin bahwa bila gerusan terjadi, tanggul sungai tetap terlindung sesuai tingginya, bahkan setelah penggerusan terjadi. Jeni matres ini disebut *launching apron*.

Bagan 80: Contoh matres bronjong – jenis *launching apron*



Penggunaan dinding pancang untuk melindungi tanggul dari gerusan sungai

Bila tanggul sungai terdiri dari bahan halus, tidak kohesif, anda dapat mencegah gerusan padanya melalui ruang-ruang kosong rip rap atau lining bronjong dengan menggunakan filter kain atau lapis filter kerikil.

Dapat juga menggunakan tiang-tiang kayu, baja atau beton yang dipancang untuk membentuk dinding panjang yang melindungi dari pengaruh erosi atau mengarahkan aliran utama melalui jembatan. Contohnya disajikan dalam bagan 82. Dinding yang dipancang kurang fleksibel dibanding bronjong atau rip rap dan dapat gagal bila terjadi gerakan kecil.

Ahli teknik harus memastikan bahwa masuknya pasak /tiang kayu cukup dalam untuk tahan terhadap gerusan air, dan masih tetap stabil untuk tahan terhadap tekanan tanah pada satu sisi bila permukaan air lebih rendah dari sisi sebaliknya. Bila digunakan kayu, pengetahuan local tentang keawetan dalam keadaan basah dan kering diperlukan untuk menentukan pilihan jenis kayu. Pembentukan tiang-tiang kayu seperti dalam Bagan 82 akan membantu pembuatan dinding ketat. Tiang-tiang baja yang dibuat untuk maksud ini saling terkancing dan dengan demikian menjadi dinding yang lebih kuat daripada panjang rel pegangan, bekas bantalan rel atau bagian lain yang disempurnakan.

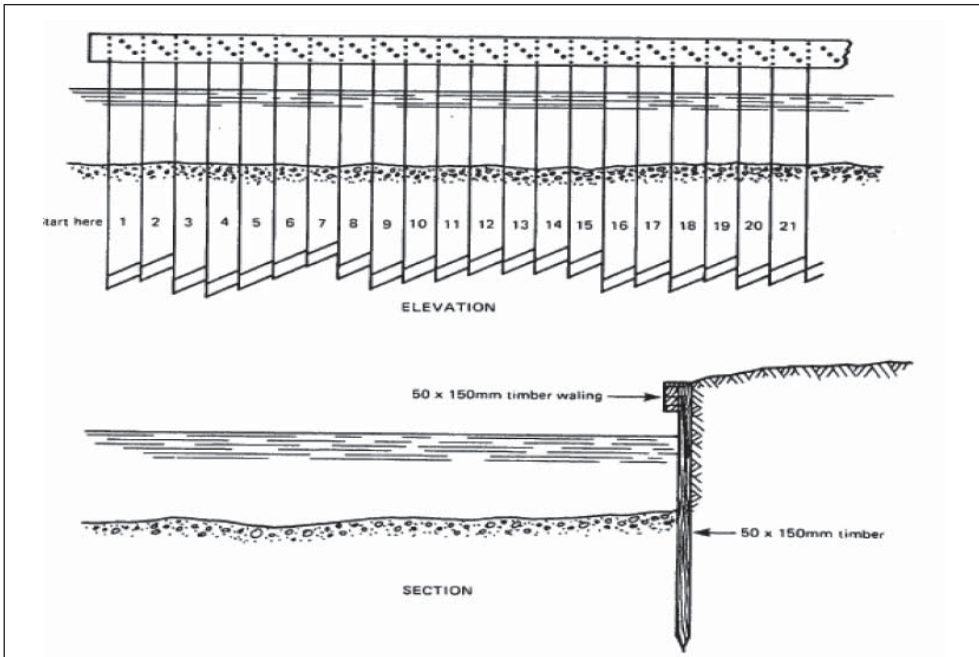
Banyak jenis tanaman dapat digunakan untuk melindungi tanggul sungai dari erosi. Yang paling berhasil adalah apa yang tumbuh secara alamiah sepanjang sungai dimana jembatan dibangun. Perlu melindungi tanaman ini dari banjir tahunan dengan menggunakan bronjong tahan arus (bronjong groney).

Dinding penahan tanah dapat digunakan untuk mengalihkan aliran sungai keluar dari tanggul sungai untuk mengurangi erosi. Ini dapat dibuat dari dinding impermeable (tidak dapat menyerap air) maupun permeable (dapat menyerap air) dan dapat dibuat dari tiang-tiang pancang, bronjong, rip rap, bahan setempat atau beton masal. Panjang, tinggi dan lokasi dinding penahan tanah ini tergantung bukan hanya pada arah sungai yang diperlukan dalam keadaan bajir tetapi juga pada tanggul sungai, materi dasar sungai dan penghalang lain di sekitarnya, termasuk bangunan bawah jembatan. Alat penahan tanah yang digunakan sebagai pengarah aliran harus ditempatkan dan dibuat sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan dampak negatif pada daya gerus aliran sungai.

Vegetasi untuk perlindungan terhadap gerusan

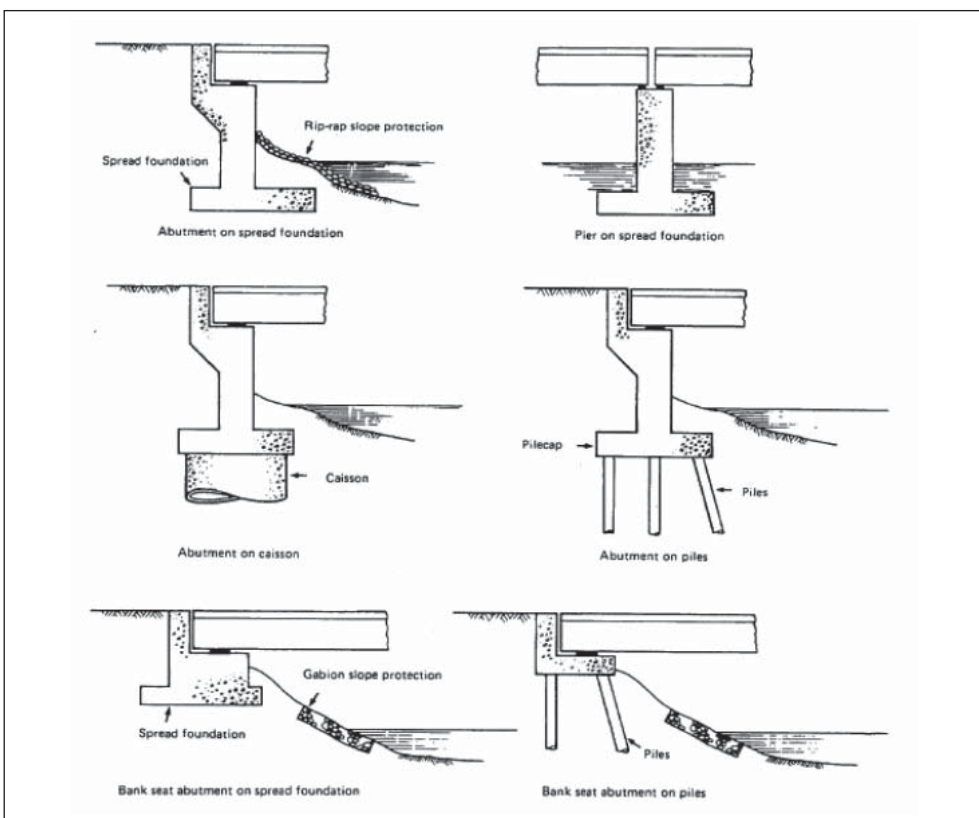
Alat penahan arus dapat digunakan untuk mengalihkan aliran sungai untuk mengurangi gerusan yang menimbulkan erosi

Bagan 81: Tiang-tiang yang dipancang membentuk dinding panjang untuk mencegah pengaruh gerusan



Bangunan bawah jembatan terdiri dari tumpuan, kaki pangkal dan pondasinya. Ini mendukung bangunan atas, y.i., lantai jalan. Bagan 83 menunjukkan beberapa bentuk tipikal dari bangunan bawah terbuat dari beton. Tumpuan dari kayu atau tumpuan bronjong dapat digunakan untuk bangunan sementara tetapi tidak dianjurkan untuk jembatan permanen, walaupun bangunan atasnya dibuat dari kayu. Tumpuan dan kaki pangkal dari beton dapat dibuat untuk mendukung bangunan atas yang kemudian akan diganti dengan bahan yang lebih permanen. Dalam hal ini, bobot mati dan lebar final, dsb. Harus digunakan dalam rancangan tumpuan.

Bagan 82: Bentuk tipikal bangunan bawah dari beton



Beberapa contoh kaki pangkal dan tumpuan dari beton

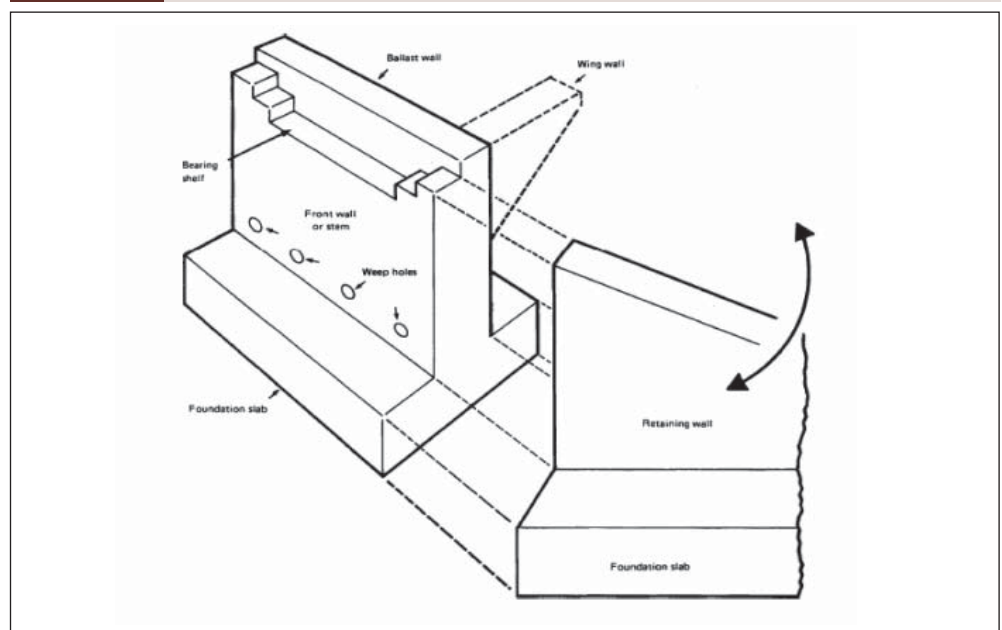
Key elements of abutments

Karena kemungkinan besar kegagalan bangunan bawah adalah gerusan oleh air sungai, ahli teknik harus memperhatikan benar perkiraan gerusan umum dan setempat, dan kemungkinan kedalaman terjadinya. Tumpuan gagal juga bila tanah di bawah pondasi kurang kuat untuk menghadapi daya dari bangunan dan tanggul bersama-sama. Oleh karena itu dianjurkan bahwa hamparan fondasi digunakan dimana memungkinkan, tetapi bila ini tidak mungkin karena daya dukung tanah untuk pondasi, pondasi tiang perlu digunakan. Penggunaan pondasi tiang untuk jembatan permanen adalah teknik spesialis yang hanya dapat dipercayakan kepada kontraktor berpengalaman. Bila tanah pondasi yang kuat ditemukan tidak terlalu jauh di bawah permukaan pondasi yang dikehendaki, maka dapat dipertimbangkan dukungan kaison.

Tumpuan-tumpuan sebuah jembatan tidak hanya mendukung beban mati dari bangunan atas tetapi harus juga 1) menahan beban hidup vertikal dan horisontal yang disebabkan oleh unsur-unsur lalu lintas dan cuaca; ii) mempertahankan approach ke tanggul dan beban hidup yang dimuat padanya, iii) memberi kelancaran peralihan dari permukaan jalan ke permukaan jembatan. Bagan 84 menunjukkan unsur-unsur utama tumpuan. Unsur-unsur utamanya adalah:

- Pelat pondasi, yang mengirim berat tumpuan dan sebagian dari bangunan atas langsung ke tanah pendukung, atau yang membentuk pelat capping ke sistem tiang-tiang pendukung beban;
- Dinding depan dengan landas pemikul yang mendukung bangunan atas dan biasanya mempertahankan tanah tanggul;
- Dinding-dinding sayap atau dinding-dinding penahan dapat berada terpisah dari tumpuan atau, bila dinding-dinding itu rendah, dapat dibuat menyatu dengan tumpuan. Dinding-dinding ini mempertahankan tanggul jalan dan tanggul sungai di sebelah tumpuan dan biasanya dibuat sedemikian rupa sehingga membagi-dua sudut antara tanggul jalan dan sungai, walaupun dinding-dinding itu dapat dipasang pada sudut ke tumpuan dan dapat dibuat sejajar dengan jalan atau tegak padanya.

Bagan 83: Unsur-unsur utama sebuah tumpuan



Kaki-kaki pangkal juga melaksanakan fungsi dukungan. Kaki-kaki pangkal ini mengirim beban vertikal dan horisontal dari bangunan atas melalui landas, batang dan pelat pondasi ke tanah pendukung, dalam banyak contoh, kaki pangkal dan tanah saturasi hampir atau praktis sepanjang tahun: struktur-struktur ini tidak menahan tanggul tanah tetapi dirancang untuk menahan tekanan dan beban dampak. Kaki pangkal seringkali lebih rawan rusak oleh gerusan dibanding tumpuan dan perlu disesuaikan dengan seksama dengan arah aliran. Pondasi-pondasinya harus terletak dibawah di bawah kedalaman gerusan maksimum. Bagan 85 menunjukkan kedalaman pondasi tipikal kaki pangkal dalam berbagai situasi.

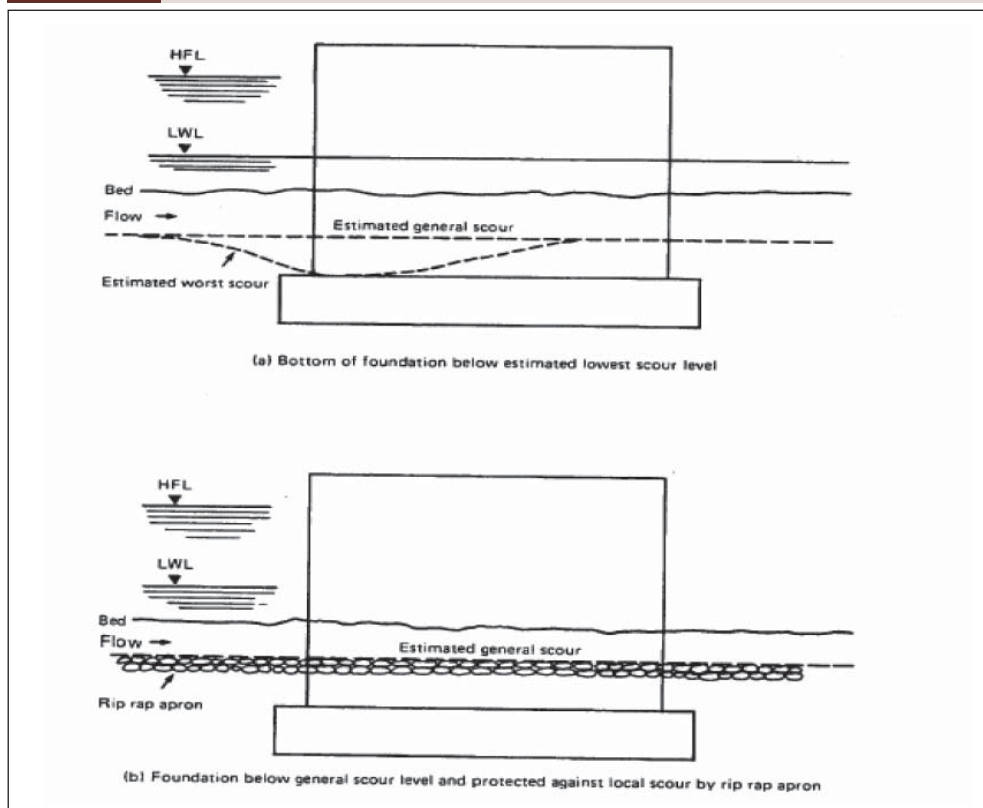
Bila jembatan sedang dibangun, tekanan tanah yang disebabkan oleh bangunan bawah dan bangunan atas akan menyebabkan penurunan tanah pada bagian perletakan. Ahli teknik, yang bertanggung jawab, perlu menghitung secermat mungkin berapa banyak penurunan tanah terjadi untuk rancangan yang dipilih. Penurunan tanah tidak boleh melebihi batas tertentu yang diijinkan, kalau tidak maka ada risiko kegagalan jembatan atau, bahkan lebih buruk lagi, runtuh.

Kaki-kaki pangkal dapat dibuat dari pasangan batu atau konstruksi beton siklop, dan struktur beton bertulang memiliki beberapa kelebihan, terutama memungkinkan dibuatnya batang yang lebih ramping, dengan demikian akan mengurangi gangguan pada aliran air di sungai dan tentu saja akan mengurangi gerusan.

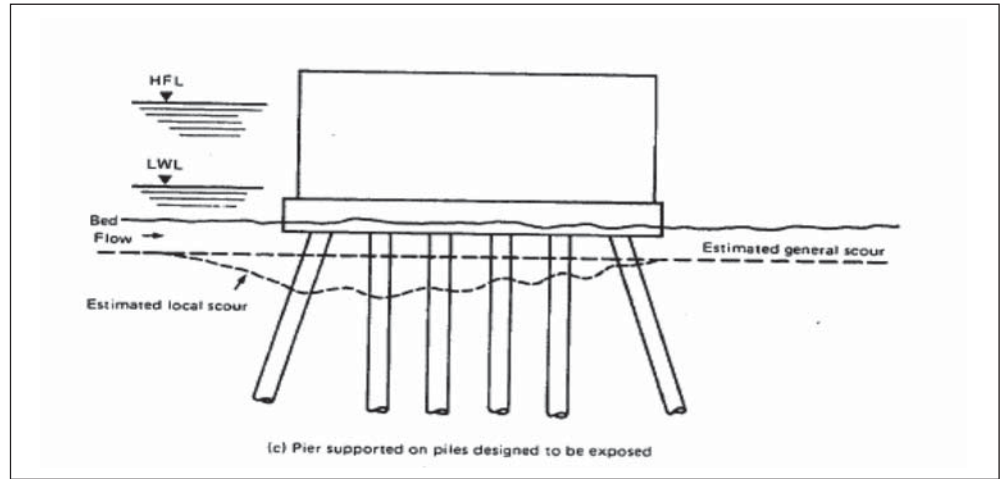
Di daerah-daerah rawan gempa, rancangan jembatan harus memperhitungkan beban tambahan pada perletakan dan abutmen yang dapat disebabkan oleh gempa.

Untuk jembatan yang membentang sampai 12m, pelat beton utuh untuk lantai jembatan biasanya merupakan pemecahan yang ekonomis dan praktis. Cara ini memberi sejumlah kelebihan daripada bentuk balok-dan-pelat beton, terutama karena lebih sederhana konstruksinya. Lantai pelat utuh juga menunjukkan mutu pembagian beban yang lebih baik dibanding bentuk balok dan pelat.

Bagan 84: Kedalaman pondasi kaki pangkal dalam berbagai situasi



**Kedalaman
pondasi tipikal
kaki pangkal
dalam berbagai
situasi**



Dalam konstruksi lantai pelat beton utuh, bentuk dukungan yang paling sederhana adalah dengan mencetak pelat beton pada landas pendukung tumpuan, hanya dengan satu lapisan bitumen yang membagi kedua permukaan beton. Ini mungkin memuaskan untuk bentangan yang sangat pendek, misalnya sampai 6m, tetapi untuk bentangan yang lebih panjang, ada risiko bahwa gerakan termal akan merusak baik struktur pendukung maupun pelatnya. Oleh karena itu, digunakan bantalan jalur sederhana. Bantalan-bantalan ini terdiri dari jalur-jalur karet hitam alam, yang memanjang di atas seluruh lebar pelat pada titik pendukung, dengan lebar maksimum sekitar 300 mm dan ketebalan maksimum sekitar 25mm.

Sambungan konstruksi seringkali menjadi jalur rembesan yang berkembang yang dapat menyebabkan korosi pada tulangan betin. Oleh karena itu, dianjurkan untuk mencetak pelat dengan satu kali tuangan terus-menerus. Bila ahli teknik tahu bahwa ini tidak mungkin terjadi karena volume takaran yang diperlukan terlalu banyak untuk kerja satu-hari, sebaiknya harus ditentukan lokasi yang dapat digunakan sebagai titik sambungan. Bila sambungan terpaksa harus dibuat, maka ia harus sejajar dengan as jembatan dan sebaiknya terletak di titik tinggi dari kemiringan jalan.



Gambar 21: Konstruksi lantai pelat beton utuh untuk jembatan kecil

Panjang maksimum batang penulangan yang umum tersedia adalah 12m. Bila diperlukan batang yang lebih panjang, dua batang harus ditumpang. Menurut ketentuan umum, panjang tumpangan itu harus sekurang-kurangnya 40 kali diameter batang. Batang-batang utama tidak boleh ditumpang dekat pusat bentangan, dan tumpangan harus dilenggokkan sehingga tidak membuat adanya baris kelemahan sepanjang pelat.

Sambungan tulangan sedapat mungkin diminimalisasi demi menjamin kualitas, meminimalkan terlalu banyak penulangan (*oversteel*) dan dengan demikian dapat dihasilkan lekatan baja dan kepadatan beton yang ideal. Pembuatan angker dan penempatan serta penulangan sangat penting bila pelat duduk di atas pendukungnya. Penentuan posisi yang tepat dari penulangan penting artinya untuk mempertahankan tutupan minimum 50mm dari beton yang cukup pampat, dan dengan demikian menghindari kelengasan dan polutan menembus kedalam pelat dan menimbulkan korosi pada baja penulangan.

Bila air permukaan (hujan) dapat bebas mengalir dari jembatan ke sistim saluran jalan, tidak diperlukan drainase di bangunan atas jembatan (mis., pada jembatan satu bentangan dimana sambungan antara lantai jembatan dan tumpuan dikedapkan). Bila jembatan terdiri dari lebih satu bentangan, atau mempunyai profil datar atau merosot, dengan titik rendah di atas jembatan, drainase harus dibuat di atas jembatan. Cara yang paling sederhana adalah memasang pipa PVC berdiameter 100mm sepanjang tepian, dengan melubangi beton sekitarnya, dan memasang selokan logam di permukaannya.

Pelat beton standar dirancang untuk digunakan dengan 75mm permukaan aspal. Bila ini tidak dilakukan dan permukaan atas pelat digunakan untuk lalu lintas, tutupan minimum dari penulangan di bagian atas pelat harus ditambah 75mm. Untuk jembatan yang melayani jalan kerikil, lebih 75mm diperlukan untuk mengimbangi pengikisan batu yang melekat pada ban mobil di atas lantai beton.

Sebagai alternatif dari jembatan lantai pelat beton, jembatan dibuat dari balok-balok baja dengan pelat lantai beton komposit sebagai jembatan permanen (y.i., yang dengan rancangan masa pakai sekurang-kurangnya 40-50 tahun). Tindakan komposit dari pelat beton dan balok-balok baja diamankan dengan penggunaan shear connector yang dilas pada flens atas dari balok-balok dan dicetakkan ke beton. Struktur lantai komposit baja/beton memiliki kelebihan-kelebihan berikut:

- Berat sendiri lantai dapat menjadi kurang dari berat ekuivalen semua struktur beton.
- Pra-fabrikasi luar tapak dari unsur-unsur pengangkut beban utama dari jembatan mengurangi secara berarti pekerjaan yang perlu dilakukan di tapak, sehingga pekerjaan konstruksi akan menjadi lebih cepat.
- Tidak diperlukan dukungan sementara selama pelat lantai, karena semua pemetaan dapat didukung langsung dari balok baja. Ini sangat menguntungkan untuk lokasi dengan kondisi tanah yang kurang baik, medan yang berlereng terjal, atau dengan sungai deras.
- Baja adalah bahan yang handal yang dipasok dengan properti kekuatan yang dijamin, yang memungkinkan dicapainya struktur dengan keandalan tinggi dan konsisten.

Balok-balok paling berat yang diperlukan untuk jembatan standar dengan bentangan 12 meter adalah kurang dari 2 ton. Dengan demikian, balok-balok ini dapat dipasang menggunakan kran mobil kecil atau alat pengangkat yang dipayakan sendiri. Sebagai alternatif, balok-balok itu dapat didorong atau ditarik di atas celah yang akan dipasang jembatan dengan menggunakan pendukung sedang sementara dan/atau sebuah petunjuk peluncuran ringan yang dipasang pada balok. Dukungan balok-balok baja itu selama pembuatan beton untuk lantai tidak diperlukan karena bagian baja sudah

**Kebutuhan
drainase di
bangunan atas
jembatan**

**Pemasangan
permukaan pada
pelat lantai beton**

**Jembatan dengan
pelat lantai beton
komposit**

Pelapisan (pengecatan) harus dilakukan untuk memperpanjang masa pakai balok-balok baja

Jembatan dengan balok-balok baja dan lantai kayu

Kelebihan-kelebihan jembatan kayu

Keterbatasan pemakaian jembatan kayu

dirancang untuk dengan dengan memadai mendukung beton basah, bekisting dan pemuatan konstruksi.

Pembebanan beton basah menjadi rancangan kritis untuk balok-balok baja. Beban angin selama penuangan dapat secara berarti menambah tekanan pada balok-balok. Oleh karena itu, perlu dipastikan bahwa pelat beton tidak dituang bila kecepatan angin adalah (60 km/jam) atau lebih terjadi atau diperkirakan akan terjadi dalam 48 jam berikutnya.

Masa pakai struktur lantai komposit baja/beton tergantung pada mutu pekerjaan selama masa konstruksi pada umumnya, dan pada tingkat perlindungan pekerjaan baja khususnya. Perlindungan yang diperlukan oleh baja tergantung pada lingkungan setempat. Penanganan khusus diperlukan pada struktur di daerah pantai atau dimana terjadi banyak polusi atmosfer.

Jenis-jenis cat yang digunakan dan metode penyiapan permukaannya tergantung pada ketersediaan material dan peralatan setempat. Untuk menjamin masa pakai yang wajar atas balok-balok baja, perlu digunakan cat multi-lapisan dengan ketebalan kering total 0,25mm. Ini perlu dilakukan pada permukaan bersih (y.i. bersih dari semua karatan kepas, skala pengelasan, dsb.). Sekurang-kurangnya satu lapis cat perlu diberikan di tapak setelah selesainya konstruksi, sehingga kerusakan pada cat yang terjadi selama pengangkutan, pemasangan baja dan pembuatan beton dapat diperbaiki.

Pembangunan jembatan dengan balok-balok baja dan lantai kayu dapat juga dipertimbangkan. Pilihan ini lebih murah tetapi karena masa pakai kayu terbatas, papan-papan lantai perlu lebih sering diganti. Kekurangan lainnya adalah bahwa sebagian dari balok-balok baja tidak dapat dicapai untuk dicat selama pemeliharaan dan ini dapat mengurangi masa pakai balok-balok baja.

Untuk jembatan-jembatan kecil dengan beban lalu lintas relatif ringan, jembatan kayu dapat juga dipertimbangkan. Jembatan kayu memiliki kelebihan-kelebihan berikut:

- Biaya material rendah untuk bentangan pendek;
- Persyaratan lebih ringan untuk tenaga kerja terampil dan peralatan;
- Tidak perlu menunggu dasar sungai kering untuk membuat pemetian selama pembangunan;
- Kemampuan mengimbangi penurunan permukaan dari bangunan bawah tanpa regangan.

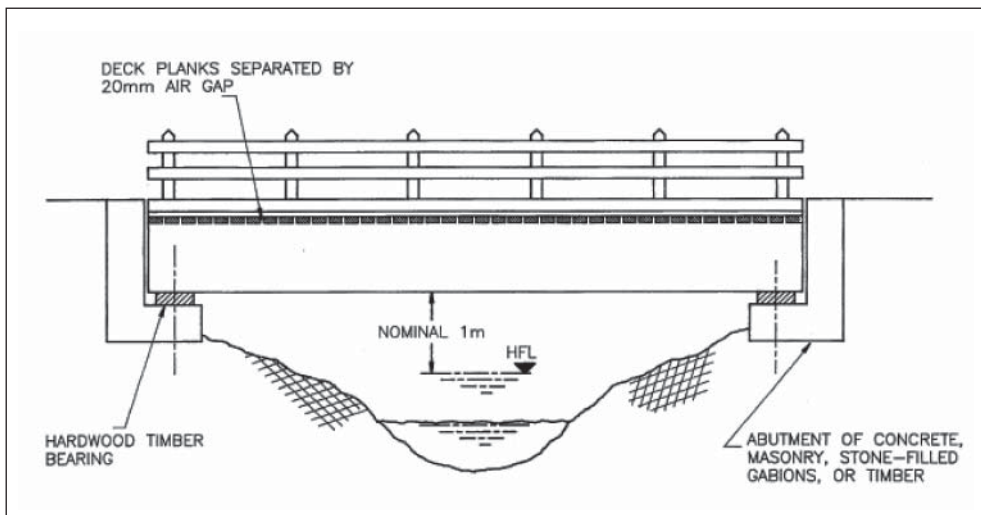
Jembatan kayu dapat juga dipertimbangkan untuk dipakai dalam keadaan darurat, misalnya, bila jembatan permanen rusak dan sementara penggantinya sangat mendesak.

Ada beberapa batas penggunaan kayu dalam pembuatan jembatan:

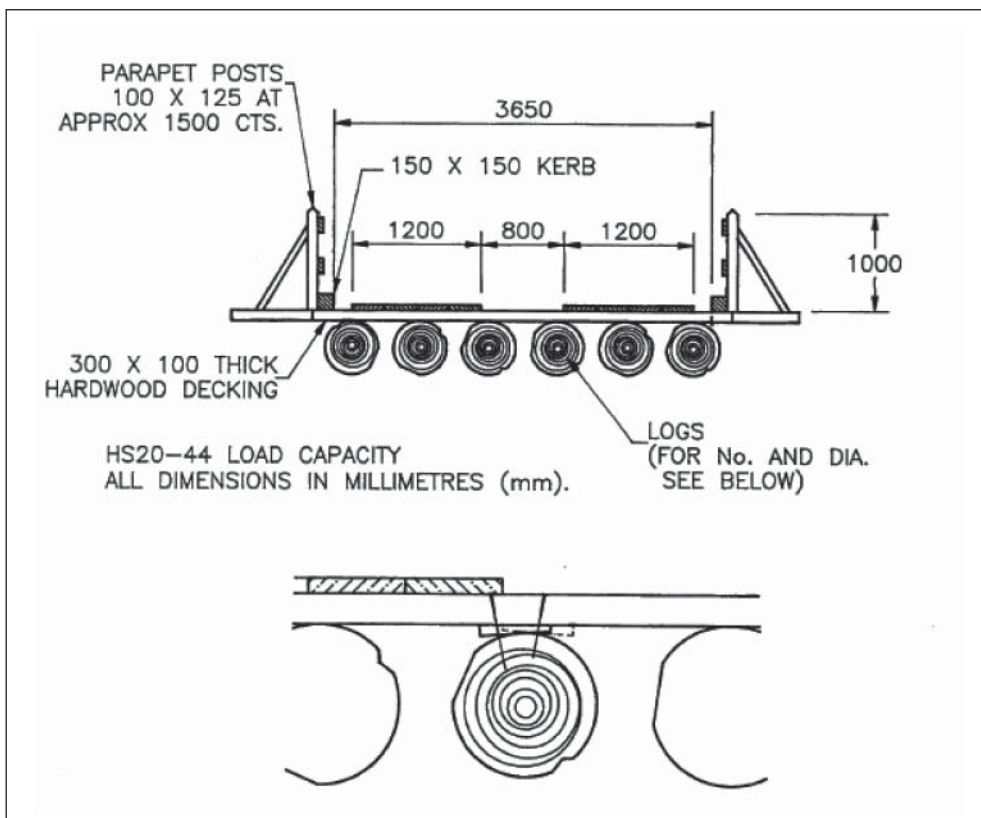
- Mudah keropos dan diserang serangga
- Sering perlu pekerjaan pemeliharaan
- Lantai kayu tugas berat atau berbentang panjang memerlukan banyak material, dan dengan demikian akan menjadi lebih mahal dari alternatif dari baja atau beton.

Jembatan gelondongan umum dikenal di jalan-jalan akses di banyak negara. Bagan 86 dan 87 menunjukkan penampang memanjang dan melintang dari rancangan standar jembatan gelondongan satu jalur (untuk memikul beban AASHTO H520-44). Bila kemungkinan digunakan gelondongan kering, gelondongan-gelondongan itu harus dipadu dan diletakkan dengan cara sama, y.i., dengan ujung yang berdiameter lebih besar pada ujung yang sama sehingga papan-papan lantai dapat dipasang menyentuh semua gelondongan itu. Lebih baik menakik bagian bawah gelondongan yang tinggi di tumpuan daripada membuang materi yang lebih banyak sepanjang permukaan bagian atas dari gelondongan itu. Bentangan maksimum biasanya dibatasi menurut ukuran pohon yang ada atau panjang maksimum yang dapat diangkut.

Bagan 85: Belahan memanjang dari jembatan gelondongan



Bagan 86: Penampang jembatan gelondongan



Contoh jembatan kayu olahan

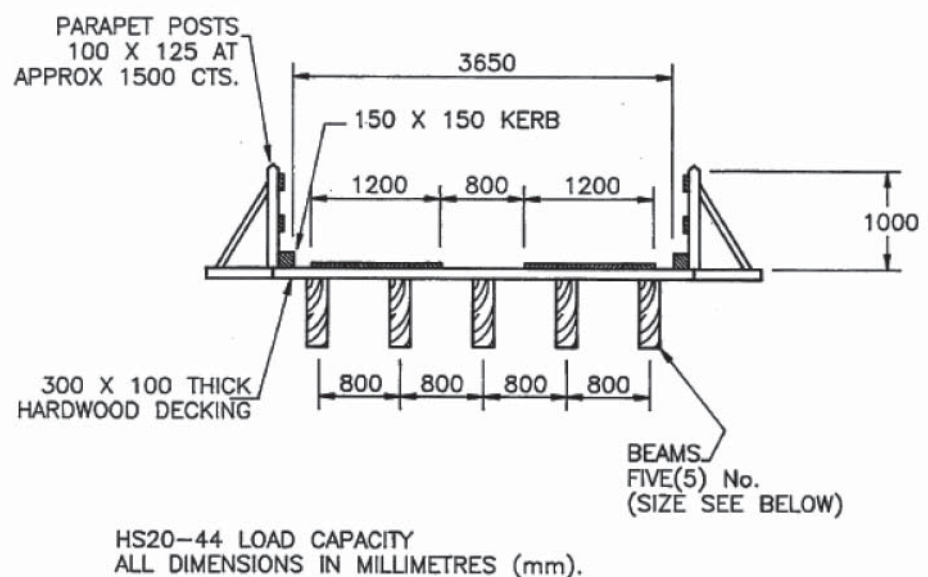
BENTANGAN (M)	JUMLAH GELONDONGAN	DIAMETER UNTUK KELOMPOK KAYU		
		KELOMPOK A	KELOMPOK B	KELOMPOK C
4	7	325	400	475
6	6	375	475	550
8	6	450	525	625
10	5	500	600	675
12	5	550	675	800

CATATAN: DIAMETER YANG DIBERI ADALAH MINIMUM SEPANJANG TENGAH KETIGA DARI BENTANGAN DAN MENGACU PADA GELONDONGAN YANG SUDAH BEBAS KULIT

Jembatan kayu olahan menggunakan balok kayu persegi panjang sebagai struktur jembatan. Pekerjaan konstruksinya lebih mudah dengan bentuk yang sama seperti ini, karena tiap anggota terletak di atas permukaan datar dan dikancingkan pada lantai ke balok-balok lebih positif. Pemotongan memungkinkan pemeriksaan cermat, sehingga kayu dapat dengan mudah dipilih untuk menghindari dampak serius.

Namun demikian, banyak waktu, upaya dan biaya dapat dihabiskan, yang dapat timbul dalam pengangkutan gelondongan ke penggergajian, dan bagian yang digergaji tidak sama kuat dengan gelondongan dari mana potongan itu diambil. Bagan menunjukkan penampang rancangan standar untuk jembatan balok gergajian untuk bentangan sampai 12m untuk memikul beban AASHTO HS 20-24.

Bagan 87: Typical cross section of a sawn beam bridge



BENTANGAN (M)	UKURAN BALOK UNTUK KELOMPOK KAYU		
	KELOMPOK A	KELOMPOK B	KELOMPOK C
4	150 x 375	150 x 500	200 x 550
6	150 x 475	200 x 550	200 x 700
8	200 x 500	200 x 650	250 x 750
10	200 x 600	250 x 725	300 x 850
12	200 x 700	250 x 850	300 x 1000

Pemakaian lantai kayu untuk jembatan kayu terdiri dari papan-papan kayu, biasanya dengan tebal 100mm, yang dipasang melintang di atas balok-balok kayu. Agar air mengalir lebih mudah dan untuk menghindari kotoran dan lengasan terperangkap antara papan-papan lantai, dibuat senjang (celah) 20mm antara papan. Dalam prakteknya, balok-balok jarang seragam bentuknya untuk dipasang semua papan lantai langsung pada tiap balok. Daripada memaksa sebuah papan kebawah sampai menyentuh balok, perlu digunakan pak-pak kayu keras untuk menutup senjang itu, seperti tampak pada Bagan 87.

Untuk melindungi kayu lantai jembatan dan mengarahkan para pengemudi menempatkan kendaraan mereka di tengah jembatan, dua lonjor papan memanjang dipasang pada lantai di tengah yang sesuai dengan jarak antar roda kendaraan umumnya. Jalur papan itu harus cukup lebar dan diberi jarak untuk sesuai dengan semua kendaraan umumnya. Seperti kereta bullock dan rickshaw, serta truk. Dianjurkan juga untuk memasang papan ujung melintang lebar jembatan pada tiap akhir lonjoran-lonjoran itu. Ini mengurangi dampak pada ujung-ujung lonjoran itu dan mengurangi kecenderungan lepasnya lonjoran-lonjoran itu.

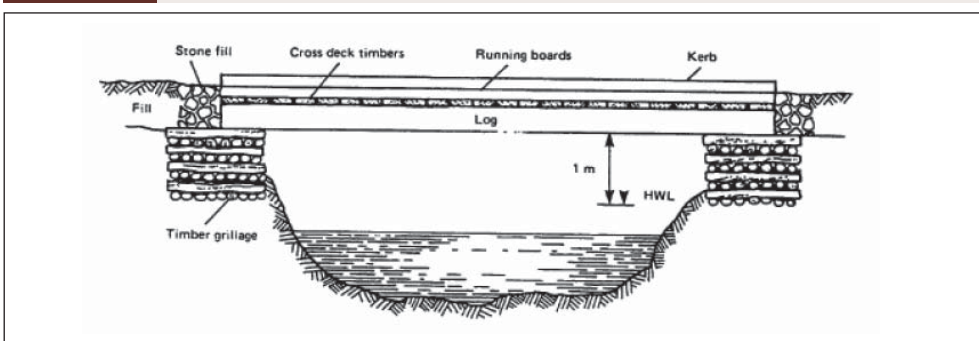
Papan-papan untuk lantai dan lonjoran harus dipasang pada permukaan yang paling dekat dengan tengahan dari telungkup, sehingga tepi-tepinya tidak mengeriting ke atas atau mengering lagi. Penggunaan paku adalah metode yang paling kurang berhasil untuk memasang lantai dan lonjoran, karena gerakan lantai di bawah beban lalu lintas cenderung mendorong paku sampai lepas. Sekrup galvanized atau baut dan skrup coach jauh lebih baik. Jalur khususnya harus dibaut ke papan-papan lantai.

Balok tepi berfungsi sebagai pinggiran jembatan dan ujung dari semua papan lantai. Pagar pejalan kaki disediakan memanjang papan-papan lantai di hanya posisi pancang, untuk memikul penguat pancang yang miring.

Tumpuan-tumpuan permanen untuk jembatan kayu dapat dibuat dari pasangan batu atau beton. Penting artinya agar landas pendukung tumpuan cukup kering dan bahwa udara dapat beredar bebas sekitar ujung-ujung balok. Landas-landas ini harus duduk pada pendukung yang menonjol, bebas dari lengasan, tanah dan runtuh, yang dapat berkumpul di landas pendukung, dan landas-landas ini dapat ditetapkan di kedudukan bersama baji-baji kayu yang dipasang pada pendukung.

Tumpuan sementara terbuat dari bronjong atau balok dapat juga dipertimbangkan. Namun demikian, tumpuan ini sangat rawan gerusan dan erosi, dan harus dibuat dengan cermat menggunakan pengikat dan angker dimana memungkinkan karena struktur ini dapat dirusak oleh banjir. Bagan 89 menunjukkan contoh jembatan kayu dengan tumpuan kayu sementara. Dalam contoh Bagan 89 tanggul dudukan tumpuan dibuat dalam bentuk grillage balok.

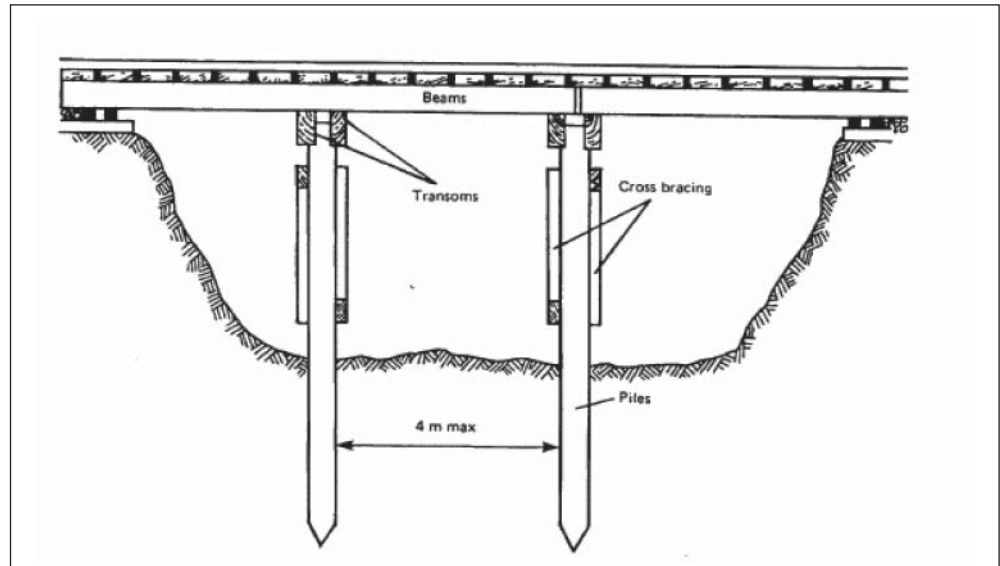
Bagan 88: Jembatan kayu dengan tumpuan kayu



Perawatan kayu untuk jembatan kayu

Dimana aliran air lambat, tumpuan terpancang kayu dengan kaki pangkal terbukti berhasil. Penggunaan kaki pangkal mengurangi seksi balok pendukung jalan, dan seluruh jembatan seperti yang disajikan dalam Bagan 90 dapat dibangun dengan kayu berdiameter tidak lebih dari 325 mm.

Bagan 89: Jembatan dengan kaki pangkal kayu



Agar jembatan kayu lama masa pakainya, kayu perlu dirawat. Faktor iklim yang paling penting yang mempengaruhi masa pakai kayu adalah kelembaban. Jamur dan serangga yang merusak kayu adalah dua faktor biologis paling penting yang mengancam kekuatan kayu. Kayu keras umumnya tahan lama dibanding kayu lunak, terutama terhadap serangan bubuk. Masa pakai rencana dari 5 tahun untuk kayu lunak yang tidak dirawat sampai 20 tahun atau lebih untuk kayu keras dapat dipakai sebagai asumsi.

Perawatan dengan pengawet kimiawi untuk melindungi kayu terhadap serangan serangga dan pembusukan oleh jamur dapat sangat memperpanjang masa pakai rencana ini. Perawatan khusus tergantung pada jenis kayu, ukuran bagian-bagian kayu, dan masa pakai rencana diperlukan. Sgar berhasil-guna dalam jangka panjang, perawatan kimiawi atas kayu harus dilaksanakan di dalam tangki bertekanan, karena perlindungan tidak lama kemampuannya bila pengawet masuk memadai kedalam kayu. Bila pengeboran atau pembentukan kayu dilakukan setelah perawatan, permukaan yang terpajan harus direndam kedalam pengawet sebelum pemasangan akhir.

Kimia aktif digunakan dengan dicairkan dalam air atau dalam spirtus. Umumnya, jantung rapat keras dari kayu keras tidak menolak masuknya kimia pengawet, dan juga tidak memerlukannya, tetapi bila kayu keras akan digunakan termasuk kayu bergetah, perawatan perlu dilakukan. Semua kayu lunak harus dirawat. Kayu yang baru ditebang harus diberikan pelapisan awal dari pengawet untuk mencegah kontaminasi oleh sepura dari jamur, dan harus dikeringkan sebelum perawatan tekanan.

Bila cara penembusan dengan tekanan tidak tersedia, perawatan tangki panas dan dingin menggunakan creosote menjadi alternatif yang berguna. Kayu dibenamkan dalam tangki pengawet dingin yang kemudian dipanaskan sampai sekitar 85-90°C. Suhu ini dipertahankan selama sekurang-kurangnya satu jam dan pengawetnya dibiarkan menjadi dingin sebelum kayu dikeluarkan. Perawatan pengawetan dengan

semprotan hanya memberi sedikit perlindungan dibanding dengan metode yang digambarkan di atas dan bila, dimana memungkinkan, digunakan hanya untuk perawatan-lembali permukaan setelah pemotongan atau pengerjaan.

Karena ada risiko korosi baja lunak atau baja galvanisasi yang bersentuhan dengan pengawet jenis garam, penting artinya untuk tidak menggunakan pengikat logam sampai pemasukan pengawet kedalam kayu selesai. Ini biasanya memakan waktu sekitar 7 hari. Bila kayu dengan pengawet yang mengandung tembaga, pengikat aluminium tidak boleh dipakai. Semua pengawet beracun dan pengawet yang dilarutkan dalam spirtus putih sangat mudah menyala. Oleh karena itu, para pekerja yang menangani bahan kimia ini harus berhati-hati dan harus mengenakan pakaian kerja terusan, sarung tangan karet, dan pelindung mata bila bekerja dengan bahan kimia ini.

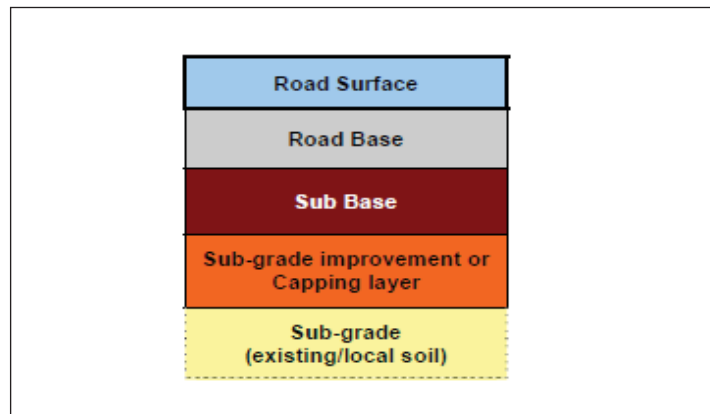
**Tindakan
perlindungan
yang harus
dilakukan dalam
merawat kayu
dengan pengawet**

Tipikal struktur lapis perkerasan

7.7 Lapisan Atas Perkerasan jalan

Lapisan jalan paling atas disebut lapisan atas atau permukaan jalan. Lapisan ini terdiri dari beberapa lapisan yang membentuk penampang ditunjukkan pada Gambar 91. Lapis perkerasan dapat berupa lapisan dengan perkuatan aspal ataupun lapisan tanpa perkerasan aspal. Setiap lapisan pada mempunyai fungsi dan perlu dibuat dengan kepadatan yang optimum sehingga mampu menjamin bahwa lapis perkerasan jalan mampu menahan beban kendaraan yang lewat.

Bagan 90: Struktur lapis perkerasan jalan



Faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan perkerasan jalan

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan perkerasan yang paling tepat diringkas di tabel 12. Faktor-faktor tersebut terkait dengan ketersediaan material bangunan, iklim, isu-isu hidrologis, dataran, kondisi sub-grade, persyaratan lalu lintas, pertimbangan konstruksi dan faktor pemeliharaan. Terlepas dari faktor-faktor ini, biaya investasi secara menyeluruh (termasuk biaya pemeliharaan), yaitu biaya konstruksi awal ditambah dengan biaya pemeliharaan selama usia jalan, perlu dipertimbangkan. Dinas teknis terkait dapat membuat suatu analisis biaya secara menyeluruh untuk setiap jenis lapis perkerasan.

Kombinasi pilihan lapisan dasar dan permukaan untuk jalan volume rendah yang umum digunakan adalah salah satu dari kombinasi yang disajikan di tabel 13 berikut ini.

Tabel 12: Pertimbangan dalam Penentuan Lapis Perkerasan

Faktor	Keterangan
Material Bangunan	Sifat, karakter teknik dan lokasi material bangunan merupakan aspek kunci penilaian lingkungan jalan.
Iklim	Iklim yang ada akan mempengaruhi pasokan dan pergerakan air. Dampak iklim terhadap jalan berkenaan dengan erosi langsung melalui aliran air, dampak terhadap sistem air tanah (hidrologi), sistem kelembaban di dalam perkerasan, dan aksesibilitas untuk perawatan
Hidrologi	Interaksi air, di dalam dan di sekitar struktur jalan memiliki dampak menyeluruh terhadap kinerja jalan.
Dataran	Dataran, baik rata, bergelombang atau bergunung-gunung, mencerminkan sejarah geologi dan geo-morfologi. Terlepas dari dampaknya yang jelas terhadap geometri longitudinal (susunan tingkat) jalan, karakteristik dataran juga akan mencerminkan dan mempengaruhi kemunculan dan jenis tanah yang ada.
Kondisi Sub-grade	Sub-grade adalah lapisan pondasi untuk perkerasan dan dengan demikian penilaian mengenai kondisinya adalah fundamental.

Sistem lalu lintas	Pertimbangan yang sebenarnya perlu diberikan terhadap dampak lalu lintas terhadap kinerja struktur, termasuk jenis, ukuran, beban dan perilaku pengguna kendaraan. Kerusakan jalan perkerasan yang disebabkan oleh lalu lintas utamanya dikarenakan besarnya beban roda individual dan berapa kali beban ini terjadi. Namun, lingkungan jalan, dan sistem konstruksi dan perawatan dapat mempengaruhi tingkat kerusakan.
Sistem konstruksi	Regime konstruksi mengatur apakah desain jalan diaplikasikan secara benar. Elemen-elemen kunci meliputi: • Penggunaan peralatan yang tepat • Pemilihan material penempatan • Jaminan mutu • Kesesuaian dengan spesifikasi • Pengawasan teknis
Sistem pemeliharaan	Semua jalan, didesain dan dikonstruksi seperti apapun, akan membutuhkan beragam kadar pemeliharaan berkala untuk menjamin bahwa usia yang direncanakan dicapai. Mencapai ini akan bergantung pada strategi pemeliharaan yang diadopsi, penentuan waktu pelaksanaan pemeliharaan, kapasitas lokal dan pendanaan yang tersedia untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan yang dibutuhkan.

Tabel 13: Some possible options for base course and surfacing combinations

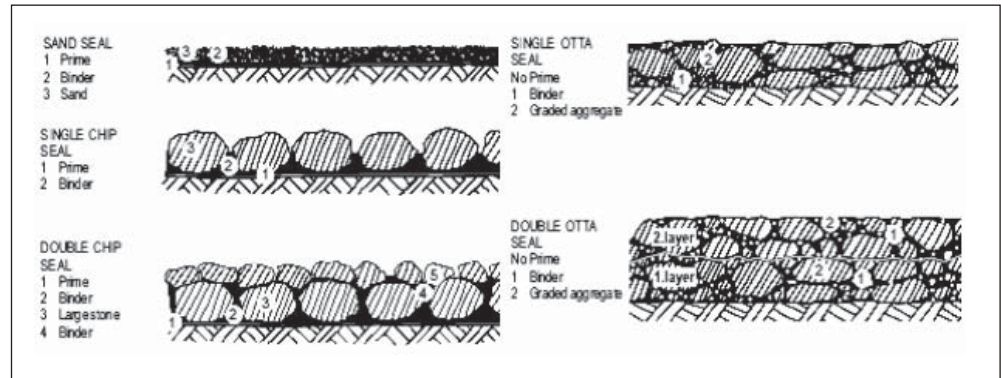
LAPISAN DASAR	PERMUKAAN
☒ Makadam Basag (WBM)	☒ Perawatan Permukaan Aspal Ganda (DBST)
☒ Dasar Jalan Agregat Pasir	☒ Makadam Penetrasi (Aspal)
	☒ Pengikatan Pasir Beraspal (untuk mengikat WBM)
	☒ Otta Seal (<i>Aspal Curah</i>)
	☒ Beton

Ketika memilih perekat lapis perkerasan yang menggunakan aspal, penting untuk diingat bahwa dasar jalan harus kuat dan padat. Dasar harus dibersihkan dari semua debu, kotoran, kotoran hewan dan lain-lain sebelum lapis perkerasan diaplikasikan. Kecuali dalam kasus Dasar Terawat Emulsi (Prime Coating), lapisan dasar umumnya direkomendasikan. Dasar harus selalu dibasahi dengan semprotan air ringan sebelum lapisan pengikat atau lapisan dasar diaplikasikan.

Kegagalan melaksanakan persiapan ini sebelum pengaspalan pada akhirnya akan menyebabkan kegagalan struktur perkerasan yang disebabkan oleh tidak memadainya ikatan antara dasar dan lapis perkerasan aspal. Gambar 91 memberikan ilustrasi perbandingan antara pelbagai teknik penyegelan aspal, yaitu antara Lapis perkerasan Pasir, Lapis perkerasan Kepingan Tunggal (atau SBST), Lapis perkerasan Kepingan Ganda (atau DBST), Lapis perkerasan Otta Tunggal dan Lapis perkerasan Otta Ganda.

Opsi yang umum untuk lapisan dasar dan permukaan jalan

Bagan 91: Tinjauan Ilustratif pelbagai teknik penyegelan aspal



Deskripsi aspal

Aspal sebagai pengikat struktur perkerasan terdiri dari agregat dengan ukuran (atau gradasi) tertentu, yang dipasang dengan pengikat emulsi aspal, derajat penetrasi, serta angka kemudahan pemisahan aspal. Pengikat aspal adalah produk sampingan industri minyak bumi dan merupakan material yang mampu mengikat gradasi dengan baik. Kekentalan atau kekakuan aspal (yaitu tidak mau mengalir pada suhu tertentu) adalah ditentukan dalam hal penetrasi. Nilai penetrasi aspal adalah jarak sebuah jarum standar akan menembus sampel aspal pada suhu standar tertentu.

Deskripsi emulsi aspal

Emulsi aspal adalah campuran cair tetesan aspal yang tersuspensi di dalam air dengan bantuan apa yang disebut pengemulsi. Pengemulsi adalah suatu material yang disertakan dalam campuran air aspal yang mendistribusikan tetesan aspal di dalam air dan mengatur stabilitas dan masa jadinya.

Terdapat beragam emulsi aspal misalnya umpamanya anionik atau kationik dan kadar semprot atau kadar stabil. Emulsi yang benar harus digunakan untuk aplikasi yang benar. Sebuah aspal potongan adalah aspal penetrasi yang telah dilunakkan dengan cairan bahan bakar misalnya minyak solar. Ada tiga jenis aspal potongan: pengeringan lambat, pengeringan sedang dan pengeringan cepat.

Bagian-bagian di bawah ini memberikan penjelasan singkat mengenai pelbagai pilihan perkerasan. Lebih rinci tentang pilihan perkerasan diberikan di lampiran

7.7.1 Otta Seal

Otta seal adalah aplikasi perkerasan aspal yang menggunakan aspal panas yang relatif tipis yang terdiri dari kerikil bergradasi alami dari dasar sungai atau agregat pecahan (yang berisi semua ukuran) dan aspal bergradasi potongan atau penetrasi lembut. Struktur Otta Seal terdiri dari lapisan pengikat yang diikuti oleh lapisan agregat yang dirol ke dalam pengikat menggunakan roller roda pneumatik atau truk bermuatan. Lapis ini dapat diaplikasikan dalam lapisan tunggal atau ganda. Deskripsi rinci mengenai Otta Seal disajikan di Lampiran 6.

Otta Seal menggunakan kerikil bergradasi sempurna atau agregat pecahan menggunakan derajat berukuran tunggal misalnya di DBST. Keberhasilannya tergantung pada pengikat yang ditekan ke atas melalui agregat dengan tindakan pengerolan yang ekstensif. Pemadatan dengan roda pneumatik (roller atau lalu lintas) selama 2 sampai 3 hari atau lebih diperlukan untuk sepenuhnya menutup semua partikel.

Otta Seal tunggal harus, minimal, mendapatkan satu semprotan kabut aspal dan satu Penutup Pasir. Penutup permukaan digunakan untuk meningkatkan daya tahan. Ini harus diaplikasikan setelah sekira tiga bulan di bawah lalu lintas. Selama tiga bulan pertama ini agregat yang lepas harus disapu dan lobang yang sangat parah harus ditutup dengan pasir. Material untuk lapis perkerasan penutup pasir yang digunakan dengan Lapis perkerasan Otta bisa berupa debu crusher non-organik, pasir sungai atau kombinasi keduanya. Semua material sebaiknya melewati ayakan 6,7 mm.

Otta lengkap adalah matriks padat agregat bergradasi yang diikat oleh aspal yang relatif lembut. Otta Seal berkinerja sama seperti aspal premix. Lapis perkerasan tersebut bisa digunakan dalam situasi di mana hanya agregat kerikil berkualitas rendah yang secara lokal tersedia. Lapis perkerasan tersebut menghemat biaya sangat besar untuk pengangkutan batu pecahan dalam jarak jauh.

Bukti kinerja jenis lapis perkerasan ini yang dikonstruksi dengan metode pelaksanaan konvensional menunjukkan jenis lapis perkerasan ini memuaskan selama lebih dari 12 tahun menahan beban hingga 300 kendaraan per hari. Lapis perkerasan Otta harus dipertimbangkan bila: i) sebuah jalan akan dibangun di daerah terpencil di mana hanya kerikil alam yang ada; ii) tenaga kerja berkualitas biasa; iii) fleksibilitas dan daya tahan diperlukan untuk mentolerir perkerasan kualitas rendah dengan kapasitas menahan beban yang rendah, atau iv) kemampuan pemeliharaan yang ada rendah.



Gambar 22: Otta seal road after 9 years of operation and without maintenance

Pilihan pengikat yang benar untuk Lapis perkerasan Otta Seal sangat penting untuk kinerjanya dan hasil yang baik membutuhkan baik jenis pengikat maupun tingkat aplikasi disesuaikan dengan sifat agregat. Pengikat yang digunakan untuk Lapis perkerasan Otta harus:

- Cukup lembut untuk memberi lapisan awal terhadap material halus di dalam agregat dan dengan cepat naik melalui matriks rongga agregat dengan tindakan pengerolan dan lalu lintas. Pengikat tersebut harus tetap lembut cukup lama untuk terus bergerak ke atas melalui matriks rongga agregat selama 4 sampai 8;
- Bisa diaplikasikan dalam jumlah yang cukup banyak dalam satu kegiatan penyemprotan;
- Cukup kental untuk memberikan stabilitas setelah pengeringan awal lapis perkerasan tersebut dan cukup tahan lama untuk memberikan usia layanan yang diperkirakan;

Perkerasan Otta Seal merupakan solusi baik bila tersedia kerikil alam yang memadai dan ketrampilan local terbatas

Pedoman pengikat aspal untuk digunakan untuk perkerasan lapis Otta Seal

Untuk perkerasan lapis perkerasan Otta Seal aspal gradasi penetrasi tidak boleh digunakan

Keuntungan dan kerugian penggunaan lapis perkerasan Otta

- ➡ Bisa digunakan dengan peralatan dan keahlian yang tersedia secara lokal dan ramah lingkungan hingga tingkat setinggi mungkin; dan
- ➡ Ekonomis dalam penggunaan.

Untuk lapis perkerasan Otta aspal gradasi penetrasi lunak atau aspal potongan dapat digunakan. Aspal gradasi penetrasi 80/100, yang normalnya digunakan dengan lapis perkerasan keping konvensional, tidak memenuhi persyaratan untuk Lapis perkerasan Otta dan JANGAN PERNAH digunakan. Jenis aspal paling keras yang dapat digunakan untuk Lapis perkerasan Otta adalah gradasi penetrasi 150/200. Gradasi ini umumnya berkinerja baik untuk agregat batu pecahan, asalkan aspal dipotong dengan 5% parafin daya ketika digunakan selama bulan-bulan dingin tahun tersebut. Alternatifnya, aspal potongan dengan kekentalan MC 3000 dan MC 800 dapat digunakan dalam kondisi tertentu. Tingkat semprotan aspal yang direkomendasikan akan bervariasi dalam kisaran 1,7-2,0 l/m², sesuai dengan menurut sifat agregat.

Keuntungan dan kerugian terkait dengan penggunaan Lapis Otta Seal adalah:

- ⦿ Dengan menggunakan agregat bergradasi 19 mm, lapis perkerasan yang tebal dan padat (+/- 16 mm) diperoleh yang lebih tahan lama dari pada lapis perkerasan keping tunggal;
- ⦿ Lapis perkerasan tetap fleksibel dari waktu ke waktu dan tidak retak; sebagaimana lapis perkerasan keping di mana pengikat aspal yang lebih kuat digunakan;
- ⦿ Pelbagai material yang secara lokal tersedia dapat digunakan, dengan ruang lingkup untuk pengurangan biaya atas penggunaan batu berukuran tunggal untuk lapis perkerasan kepingan tradisional;
- ⦿ Cadangan kerikil alam dapat diayak dan diaplikasikan oleh pekerja, sehingga meningkatkan kandungan tenaga kerja sebuah proyek;
- ⦿ Secara ketat, penggunaan pengikat tidak diperlukan. Namun, pelapisan dasar mungkin diperlukan untuk perlindungan dasar sampai penyegelan dapat dilakukan
- ⦿ Lapis perkerasan Otta Seal membutuhkan perawatan purna konstruksi yang ekstensif untuk mengembalikan agregat yang terlepas dan menutup lobang yang parah;
- ⦿ Lapis perkerasan Otta Seal membutuhkan semprotan aspal panas dengan distributor aspal bermotor dan ini memiliki potensi bahaya kesehatan yang berat;
- ⦿ Sulit untuk mendapatkan hamparan agregat yang seragam oleh pekerja dan sebuah penghampar mekanis mungkin diperlukan untuk meratakan agregat;
- ⦿ Lapis perkerasan tersebut membutuhkan penggilasan, yang sebaiknya dengan sebuah roller pneumatik berat, selama minimal tiga hari setelah pemasangan lapis perkerasan untuk menekan naik aspal melalui agregat. Ini perlu dilakukan untuk menjamin bahwa seluruh partikel telah terlapis dan terikat dengan baik. Penggilasan bisa dilakukan dengan truk bermuatan tetapi ini membutuhkan monitoring cermat untuk menjamin bahwa seluruh permukaan mendapatkan pemadatan yang dibutuhkan.

Sebuah bentuk Lapis perkerasaan Otta Seal yang disesuaikan (*Modified Otta Seal*). Lapis perkerasaan tersebut mempertahankan ide utama lapis perkerasaan Otta Seal yang menggunakan agregat bergradasi tetapi ada syarat yang lebih ketat berkenaan dengan gradasi agregat tersebut. Hal ini juga terkait dengan cara aspal diaplikasikan.

Dalam Lapis perkerasaan Otta seal asli lapisan pengikat aspal yang lembut ditekan ke atas melalui agregat hingga terjadi pengucuran ringan untuk menjamin bahwa semua partikel terlapis dan tertahan di dalam lapis perkerasaan tersebut. Namun, Lapis perkerasaan Otta Modifikasi, berdasarkan penetrasi emulsi aspal dari atas. Guna untuk mencapai penetrasi yang tepat dan terlapisnya semua partikel, agregat tidak bisa mengandung material halus sebanyak Lapis perkerasaan Otta asli. Dengan kandungan material halus yang tinggi emulsi akan terjebak di dalam material halus dan tidak menembus agregat dengan benar.

7.7.2 Aplikasi Berbasis Emulsi Campuran Dingin

Untuk mengatasi beberapa masalah yang dihadapi dengan penggunaan aspal panas pada proyek-proyek berbasis pekerja, lapis perkerasaan berbasis emulsi dapat dipertimbangkan. Deskripsi rinci mengenai aplikasi berbasis emulsi campuran dingin diberikan di Lampiran 7. Aplikasi emulsi campuran dingin adalah dingin apa yang disebut teknik 'lapis perkerasaan-sebagaimana-anda-pergi' campuran dingin. Aplikasi ini memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan aplikasi aspal panas:

- ⦿ Lapis perkerasaan ini dapat diletakkan di bagian pendek segera setelah dasar selesai. Dengan demikian dasar tersebut terlindungi sebelum kerusakan dapat terjadi;
- ⦿ Untuk lapisan dasar stabil lapis perkerasaan ini juga akan berfungsi sebagai membran pengering. Pengeringan yang memadai terhadap lapisan dasar stabil terbukti menjadi masalah logistik yang besar. Jika dasar diberi lapisan dasar dan/atau dilapis perkerasaan segera setelah konstruksi dan persetujuan, masalah ini hingga kadar yang besar terselesaikan;
- ⦿ Operasi penyegelan lebih mudah untuk diorganisir dan dikelola dan masalah jauh berkurang jika entah bagaimana terjadi kesalahan dalam rantai peristiwa;
- ⦿ Roller pneumatik berat tidak diperlukan. Roller getar biasa sudah sangat memadai untuk pemadatan lapis perkerasaan tersebut.

**Keuntungan
lapis perkerasaan
berbasis emulsi
(juga disebut
'campuran dingin')**



Gambar 23: Cold-mix sealed road section

**Situasi di mana
perkerasan
blok beton
atau batu bias
dipertimbangkan**

- ⦿ Tidak diperlukan pemanasan yang lebih dipilih dibanding menggunakan aspal panas yang membutuhkan sumber daya alam yang langka dan yang membuat pekerja yang terlibat rawan terhadap asap beracun.

7.7.3 Perkerasan Blok Batu dan Blok Beton

Untuk perkerasan jalan dengan blok batu atau blok beton (olahan) hanya diperlukan pemadatan minimal. Hanya material sub-grade dan alas pasir di bawah batu yang memerlukan pemadatan. Batu dan blok yang dipasang itu sendiri membutuhkan pemadatan minimal. Penjelasan rinci mengenai aplikasi perkerasan batu atau blok beton disajikan di **Lampiran 8**. Perkerasan batu dan blok beton dapat dipertimbangkan dengan syarat sebagai berikut:

- ➡ Melimpahnya batu/blok beton berkualitas baik dan jarak pengangkutan kurang dari 20km;
- ➡ Jalan tersebut terbuka untuk lalu lintas berat dalam waktu lama;
- ➡ Jenis perkerasan lain cepat rusak karena hilangnya material untuk mengikat dasar jalan;
- ➡ Kapasitas perawatan rendah dan perawatan mustahil dilakukan;
- ➡ Biaya siklus hidup bersaing dengan biaya jenis perkerasan lain.

Perkerasan Batu/blok beton dibangun untuk ketahanan, dan daya tahan, kebutuhan perawatan yang rendah, masa hidup lama dan kemungkinan untuk secara optimal memanfaatkan material bangunan lokal.



Gambar 24: Concrete block pavement

7.7.4 Perkerasan Beton

Dibandingkan dengan perkerasan aspal fleksibel, perkerasan beton memiliki sejumlah keunggulan. perkerasan beton relatif mudah untuk dibangun dan memiliki masa hidup yang lebih lama (hingga 50 tahun) dari perkerasan aspal. Kebutuhan pemeliharaan untuk jalan beton juga jauh lebih sedikit dibandingkan jalan aspal berlapis perkerasan.

Tergantung pada kondisi tanah sub-grade dan persyaratan menahan beban lalu lintas, ketebalan perkerasan beton harus antara 15 hingga 20 cm. Untuk mencegah



Gambar 25: Stone pavement road

beton retak, panjang masing-masing sloop biasanya dibatasi hingga 5 meter dan sambungan dibuat antara sloop dengan memasukkan garis plastik ke dalam beton baru. beton ini dapat diletakkan dengan beberapa cara, mulai dari metode padat karya untuk teknik yang membutuhkan peralatan khusus.

Meskipun biaya investasi awal untuk perkerasan beton biasanya lebih tinggi dari pada biaya lapis perkerasan aspal, tampak bahwa perkerasan beton adalah kompetitif secara biaya bila analisa biaya siklus-hidup dilakukan sepanjang masa hidup jalan tersebut.



Gambar 26: Completed concrete road

7.7.5 Perkerasan Telford

Telford dapat digunakan sebagai perkerasan atau sebagai dasar perkerasan. Perkerasan ini dapat diaplikasikan bila sub-grade lemah dan bila diperlukan mengangkat dan memasang dasar yang kokoh. Telford terdiri dari lapisan bawah dengan batu besar (15-25 cm) yang ditempatkan dengan erat dan vertikal di atas alas pasir. Rongga antar batu diisi dengan batu lebih kecil 5-7 cm dan rongga sisanya kemudian diisi dengan agregat 2-3 cm. Pemadatan normalnya dilakukan dengan 6-8 ton roller roda baja bergetar atau yang setara.

Sebuah konstruksi Telford merupakan solusi biaya rendah yang dapat memberikan dasar kuat yang cocok untuk jalan pedesaan volume rendah. Keuntungannya adalah

bahwa konstruksi ini dapat dengan mudah dibangun dengan keterampilan dan material bangunan yang tersedia secara lokal. Untuk menjamin permukaan untuk berkendara yang cukup halus, maka penting bahwa dasar Telford dibangun sesuai spesifikasi dan bahwa batu-batu diikat erat dan dipadatkan dengan baik. Deskripsi rinci mengenai bagaimana cara membangun dasar Telford diberikan di **Lampiran 9**.



Gambar 27: Telford after some years of operation

7.7.6 Perawatan Permukaan Aspal Tunggal dan Ganda

Perawatan Permukaan Aspal Tunggal (SBST) biasanya diaplikasikan terapkan sebagai kegiatan pemeliharaan permukaan jalan aspal yang ada. SBST dapat memenuhi fungsi-fungsi yang diperlukan dalam lapis perkerasan ulang pemeliharaan, yaitu membuat permukaan jalan kedap air, menahan kerusakan, dan memulihkan daya anti selip. Deskripsi rinci mengenai aplikasi SBST dan DBST diberikan di **Lampiran 10**.

Perawatan Permukaan Aspal Ganda (DBST) digunakan bila:

- ➔ Sebuah dasar jalan baru diberi permukaan;
- ➔ 'Penutup' tambahan diperlukan di permukaan jalan aspal yang ada karena kondisinya (misalnya bila permukaan tersebut semakin retak dan berlubang);
- ➔ Keping yang tersedia dibentuk sangat buruk dan sangat lemah, dan cepat rusak atau tergerus.



Gambar 28: Road with DBST Surface

7.7.7 Makadam Penetrasi Aspal

Makadam Penetrasi terdiri dari serangkaian agregat besar bergradasi seragam yang, setelah pemadatan dan penguncian, terikat dan diisi dengan aplikasi alternatif dari material aspal yang berat dan agregat lebih kecil. Ketebalan satu lapisan bervariasi dari 35 hingga 65mm. permukaan ini stabil dan menahan koyakan lalu lintas yang cukup besar. Deskripsi mengenai aplikasi Makadam Penetrasi disajikan di **Lampiran 11**.

Setelah dilintasi lalu lintas, Makadam Penetrasi secara efektif serupa dengan beton aspal. Bentuk dasar dibuat menggunakan lapisan agregat kasar yang dihamparkan dan dipadatkan dengan baik dalam keadaan kering, diikuti dengan lapisan kedua agregat kasar yang lebih kecil dan lapisan ketiga agregat yang kecil lagi diikat oleh saling mengikatnya lapisan setelah dilakukan pengerolan. Pengikat aspal panas dengan kekentalan yang relatif tinggi disemprotkan dalam jumlah cukup besar di bagian atas.

Makadam Penetrasi sangat kuat. Inilah sebabnya mengapa makadam tersebut cenderung menjadi solusi terbaik untuk lokasi-lokasi di mana geometri jalan seperti belokan dan landaian tajam menyebabkan beban lalu lintas yang parah di permukaan.



Gambar 29: Spraying bitumen for Penetration Macadam

7.7.8 Makadam Basah dan Makadam Kering

Makadam Basah (WBM) terdiri dari dua komponen, sebuah lapisan batu pecah kasar (berukuran 37,5 mm hingga 75 mm) yang ke dalamnya agregat bergradasi halus atau debu crusher (berukuran <5 mm) diencerkan atau dicuci. Ini membentuk sebuah matriks yang terikat erat, kuat dan semi-kedap. WBM dapat digunakan sebagai permukaan tanpa aspal dan juga sangat cocok sebagai bahan dasar untuk jalan dengan lapis perkerasan aspal. Di daerah di mana air langka atau mahal untuk didapatkan, memungkinkan membangun permukaan makadam berbalut kering (DBM). Satu-satunya perbedaan dalam pendekatan adalah material halus yang kering digetarkan ke dalam rongga diantara bebatuan, alih-alih dicuci dengan air. Pemadatan kemungkinan membutuhkan waktu lebih lama dibanding bila menggunakan air.

WBM cocok di daerah di mana datarannya curam dan kendaraan bermotor menanjak pelan-pelan. WBM member gaya tarik, melindungi lapisan tanah dan mencegah erosi dan pembubukan. WBM cocok sekali untuk dibangun oleh pekerja, menggunakan material lokal dan meminimalkan penggunaan peralatan mekanik. WBM dapat menghasilkan permukaan dengan biaya modal rendah, jika batu dan material halus secara lokal tersedia (dalam 10 km). Pemeliharaan berbiaya rendah, dan ramah pekerja dengan hanya sesekali menutup dan mengisi lubang yang diperlukan. WBM tepat sebagai dasar yang dinaikkan untuk penyegehan aspal berikutnya. Deskripsi mengenai aplikasi Makadam Basah dan Makadam Kering diberikan di **Lampiran 12**.

7.7.9 Permukaan Lapis perkerasan Pasir dan Latasir

Olahan permukaan lapis perkerasan pasir dapat digunakan untuk memperkuat permukaan aspal yang ada yang berada dalam kondisi baik. Permukaan tersebut dapat menjadi solusi ekonomis untuk jalan dengan lalu lintas yang sangat ringan dimana pasir sebagai agregat alam yang tersedia. Permukaan tersebut juga dapat digunakan sebagai lapis perkerasan tengah sampai pilihan penyegehan lain diaplikasikan. Sebuah Lapis perkerasan Pasir Tunggal sangatlah tipis dan oleh karena itu tidak terlalu tahan lama, tetapi mudah untuk mengaplikasikan lapisan kedua dan dengan demikian meningkatkan ketebalan dan daya tahan. Jika lapis perkerasan ketiga diaplikasikan sebagai bagian dari kegiatan pemeliharaan, ketebalan lapis perkerasan bertambah dan dengan demikian daya tahan lapis perkerasan bertambah seiring waktu.

Dalam banyak kasus sumber yang tersedia secara lokal (misalnya pasir sungai, pasir lumer bergradasi jalan) dapat digunakan dengan sukses, tapi pasir yang mengandung proporsi debu yang tinggi dari dicuci sebelum digunakan. Tingkat hamparan Agregat harus sekitar $0,007 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Agregat harus ditempatkan di sepanjang jalan dan dihamparkan dengan sekop begitu emulsi telah mulai memecah (berubah warna dari coklat menjadi hitam).

Emulsi gradasi semprotan kationik, misalnya. Cat 65, digunakan. Pada tingkat aplikasi sebesar $1,6 \text{ l/m}^2$ akan ada sekira $1,0 \text{ l/m}^2$ aspal residu di lapis perkerasan begitu air telah menguap. Pengikat harus dipanaskan sampai sekitar 50°C sebelum penyemprotan dengan semprotan tangan bermotor.

Latasir atau Lembaran Pasir Aspal adalah sebuah wearing course campuran pasir alam bergradasi dan aspal. Campuran lembaran pasir dapat diproduksi di peralatan pencampur aspal atau secara manual dalam. Aplikasi ini melibatkan pemanasan pasir dan aspal secara terpisah, pencampuran komponen (7-11% aspal dan pasir yang tersisa), dan penyebaran dan pemadatan campuran aspal pada suhu minimum 120°C . Untuk roller pemadatan pneumatik dapat digunakan. Penjelasan lebih rinci tentang latasir diberikan di **Lampiran 13**.

7.8 Pengendalian Erosi

7.8.1 Langkah-langkah Pengendalian Erosi Vegetatif

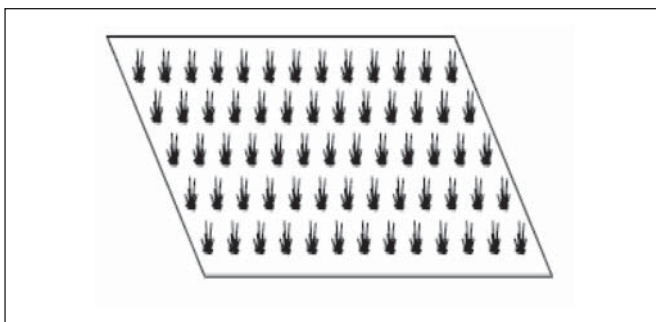
Lereng yang baru terbentuk pada timbunan dapat mudah rusak (oleh air permukaan yang mengalir, binatang ternak, dan lain-lain). Oleh karena itu perlu melindungi lereng begitu telah dibangun. Langkah-langkah menahan erosi yang umumnya digunakan meliputi menanam rumput atau jenis tanaman berakar dalam lainnya. Rumput dapat memberikan perlindungan yang sangat efektif terhadap erosi jika digunakan metode penanaman yang benar dan jenis rumput yang benar. Penanaman dapat dilakukan dengan menanam sulur rumput, atau dengan menutup lereng dengan tanah berumput. Sebuah metode yang lebih mahal tetapi cepat dan efektif adalah dengan menggunakan batu untuk perlindungan.



Gambar 30: Grass protection of shoulders

Rumput yang telah dicabut dengan linggis seringkali bisa digunakan jika digali dengan benar dan dijaga tetap lembab. Rumput tersebut dijaga dari sinar matahari langsung. Apa yang disebut sulur rumput ini dipotong dalam potongan-potongan sekira 20 cm dan ditanam berbanjar di lubang 10 cm dengan jarak tidak melebihi 30 cm. Untuk mendapatkan hasil terbaik, banjaran tersebut harus dibuat miring sehingga pola zig-zag didapat. tanah di sekitar sulur tersebut harus dipadatkan dengan tangan.

Bagan 92: Lay-out for the use of grass runners



Sulur rumput atau tanah berumput dapat digunakan dengan sangat efektif dalam memberikan perlindungan dari erosi

Sulur rumput harus dipotong dalam potongan 20 x 20 cm dan ditanam dalam jajaran zig-zag

Pemasangan tanah berumput lebih efektif dari pada sulur rumput tetapi juga lebih menghabiskan waktu

Dinding penahan menstabilkan dan melindungi tanggul jalan dan lereng samping

Menutup lereng seluruhnya dengan tanah berumput jauh lebih efektif tetapi menghabiskan lebih banyak waktu. Tanah berumput dapat dikumpulkan selama kegiatan pencungkulan. Untuk mudahnya penanganan, tanah berumput tersebut haruslah sekira 20 x 20 cm. Haruslah cermat saat memotong rumput sehingga akar tidak terpotong. Tanah berumput dijaga tetap lembab dan terhindar dari matahari pada saat disimpan. Sebelum menempatkan tanah berumput tersebut, tanah harus disiram jika kering. Rumput yang baru ditanam perlu dilindungi dari binatang ternak dengan lapisan semak-semak berduri, ranting, cabang, dan lain-lain dan disiram bila diperlukan.



Gambar 31: Turfing of side slopes

7.8.2 Dinding Penahan Tanah

Lereng yang baru terbentuk pada timbunan dan tanggul mudah rusak oleh aliran air di permukaan dan binatang. Mungkin juga diperlukan untuk menstabilkan pematang jalan. Perlu melindungi lereng dan pematang segera setelah dibangun. Perlindungan erosi bisa pelbagai jenis. Tergantung pada kondisi lokal, perlindungan vegetatif mungkin tidak cukup dan perlindungan yang lebih tahan lama dan kuat perlu disediakan.



Gambar 32: Masonry retaining wall

Dinding penahan umumnya digunakan untuk melindungi dan menstabilkan tanggul jalan dan lereng samping. Dinding penahan bisa dibangun dengan menggunakan pelbagai material dan teknik. dinding batu kering, dinding batu dan dinding penahan kotak gabion sering digunakan untuk melindungi dan menstabilkan lereng. Gambar 32-34 menunjukkan contoh pelbagai jenis dinding penahan.



Gambar 33: Dry stone retaining wall under construction

Dinding penahan batu kering dapat digunakan dalam situasi di mana tinggi dinding tidak melebihi 4 meter. Untuk dinding penahan yang lebih tinggi, kotak gabion direkomendasikan.

Apapun jenis dindingnya, dinding penahan harus ditimbun dengan material pasir batu yang memungkinkan drainase yang cukup untuk menjaga tekanan air mendorong struktur luar. Tergantung pada jenis konstruksi, perangkat drainase seperti lubang resapan harus disertakan dalam konstruksi, untuk mencegah air terjebak di balik struktur. Untuk meningkatkan stabilitasnya banyak dinding penahan dibangun dengan apa yang disebut "adonan". Ini adalah bila dasar dinding lebih lebar dari puncaknya dan lereng ringan sehingga dinding 'bersandar' ke lereng bukit. Dinding penahan bertinggi lebih dari satu meter perlu secara struktural didesain dengan baik dan ini akan menuntut keterlibatan seorang insinyur sipil.



Picture 34: Gabion retaining wall

Menimbun dengan material pasir batu dan lubang resapan penting untuk mengeringkan air di balik dinding penahan

Lampiran 14 menyediakan beberapa panduan berkenaan dengan praktik terbaik dalam pekerjaan pertukangan batu. Lampiran ini juga mencantumkan tabel dengan proporsi campuran khas untuk semen, tergantung pada aplikasinya

8.1 Pendahuluan

Biaya tahunan untuk pemeliharaan jalan merupakan bagian kecil dari biaya investasi awal, biasanya sekitar 2-3%, untuk jalan dengan perkerasan dan 5-6% untuk jalan tanpa perkerasan. Pemeliharaan jalan adalah cara yang paling hemat-biaya untuk mempertahankan nilai jalan dan untuk menjamin keberlangsungan fungsi jalan, pemeliharaan jalan harus diprioritaskan agar dapat dipelihara manfaat jalan dalam jaringan jalan.

Pemeliharaan bertujuan untuk menjamin agar jalan tetap berfungsi sampai akhir dari masa pakai rencana. Pemeliharaan penting artinya karena upaya ini memperpanjang masa pakai jalan (dengan mengurangi tingkat kerusakan, dengan demikian mengamankan investasi yang sudah dilakukan untuk melaksanakan pembangunan dan rehabilitasi), menurunkan biaya pengoperasian kendaraan di jalan (dengan menyediakan permukaan jalan yang mulus) dan membuat jalan tetap terbuka secara kontinu dengan mencegahnya menjadi tidak dapat digunakan.

Kekurangan peralatan atau peralatan kerja seringkali menjadi kendala besar dalam melaksanakan pemeliharaan. Peralatan mahal harganya, memerlukan bahan bakar dan pelumas dan memerlukan suku cadang yang harus diimpor. Peralatan juga memerlukan operator terampil, mekanik terampil dan sarana bengkel. Bila ada di antara sarana ini yang tidak tersedia; peralatan menjadi tidak berguna dan pemeliharaan jalan tidak dilaksanakan.

Alternatif yang baik untuk dipilih dalam pendekatan menggunakan peralatan adalah penggunaan tenaga kerja, terutama untuk pemeliharaan rutin dan kegiatan pemeliharaan berkala sederhana. Tenaga kerja hampir selalu tersedia dan dapat diperoleh dengan biaya murah. Pemeliharaan berbasis-tenaga kerja dapat menjadi efektif bila pekerjaan direncanakan dan diawasi dengan baik. Tabel 14 menyajikan contoh-contoh kegiatan pemeliharaan yang dapat dilaksanakan dengan metode berbasis-tenaga kerja dan kegiatan sebaiknya menggunakan peralatan.

**Tujuan
pemeliharaan**

**Untuk
pemeliharaan
berkala yang
sederhana,
pekerjaan dapat
dilaksanakan oleh
tenaga manusia**

Tabel 14: Potensi penggunaan peralatan dan tenaga kerja untuk kegiatan pemeliharaan tertentu

Kegiatan	Potensi	
	Peralatan	Tenaga kerja
Pembersihan dan perbaikan bentuk selokan	baik (selokan bentuk-V)	baik
Perbaikan kecil jembatan dan gorong-gorong	buruk	baik
Pemeriksaan gesekan pada bangunan	buruk	baik
Perbaikan struktur	buruk	baik
Peningkatan permukaan tanpa-perkerasan	baik	buruk
Penutupan lubang dan penyegelan permukaan bitumen	buruk	baik
Penambalan permukaan tanpa perkerasan dan lerengan	buruk	baik
Pemotongan rumput	baik	baik
Penebaran-kembali kerikil	baik	sedang

Dalam banyak hal, pemilihan antara tenaga kerja dan mesin dilakukan secara cermat bukan asal memilih. Dan dimungkinkan untuk dapat menggabungkan kedua cara ini yang dapat menghemat biaya. Jenis-jenis pemeliharaan dapat dibedakan:

Pemeliharaan Rutin meliputi kegiatan yang tertera dalam tabel 15. Kegiatan ini sesuai untuk menggunakan tenaga kerja dan hanya memerlukan masukan terbatas. Banyaknya pekerjaan yang diperlukan untuk pemeliharaan rutin tergantung pada kondisi jalan dan jenis permukaannya, medan dan vegetasinya, jenis dan banyaknya lalu lintas, dan iklimnya. Dalam kondisi biasa, seorang tenaga kerja mampu melaksanakan pekerjaan pemeliharaan diluar badan jalan (bahu jalan, saluran drainase dsb.) sepanjang 1-2 km dari jalan pedesaan yang bervolume kendaraan rendah.

Pekerjaan Pemeliharaan berkala meliputi kegiatan seperti perbaikan permukaan jalan, penampalan lubang, penebaran-kembali kerikil, perbaikan dan rekonstruksi strktur drainase yang rusak, dan penutupan-kembali bidang-bidang yang aus. Pekerjaan demikian perlu disusun dengan cara yang sama seperti pekerjaan rehabilitasi dan dan konstruksi baru dimana metode berbasis-tenaga kerja digunakan.

Tabel 15: Tugas pemeliharaan rutin tipikal

- ♦ Perbaikan, penambalan dan pemampatan lubang dan bekas roda
- ♦ Pengendalian erosi bahu dan lereng
- ♦ Pembersihan drain sisi dam mitre agar air bebas mengalir
- ♦ Pembersihan gorong-gorong dan jalan air lainnya
- ♦ Pemotongan rumput dan semak
- ♦ Pemeliharaan rambu-rambu lalu lintas
- ♦ Perbaikan ringan untuk gorong-gorong dan permukaan penunjangnya
- ♦ Perbaikan dan penggantian pemeriksa gesekan

Pemeliharaan Darurat jelas dapat direncanakan. Kemungkinan besar ini terutama diperlukan selama dan segera sesudah musim hujan. Pekerjaan darurat meliputi kegiatan seperti perbaikan bagian-bagian jalan yang disapu banjir atau hujan deras, penyingkiran tanah longsor, dan pohon tumbang serta perbaikan gorong-gorong, drift dan jembatan. Dengan menggunakan tenaga kerja setempat, pekerjaan darurat dapat dengan cepat dimobilisir dan pekerjaan mendesak dapat diselesaikan lebih cepat, dengan demikian membatasi kerusakan yang disebabkan oleh curah hujan, tanah longsor, dsb.

Tabel 16 menyajikan daftar periksa untuk menentukan kebutuhan pemeliharaan atas unsur-unsur jalan.

Tabel 16: Unsur-unsur struktur yang perlu diperiksa untuk menentukan kebutuhan pemeliharaan

Unsur	Kerusakan	Unsur	Kerusakan
Fondasi	- Retakan - Erosi sepanjang dan di bawahnya	Balok	- Retakan - Melengkung - Korosi - Membusuk
Dinding kepala dan sayap	- Retakan - Drosi di belakang dinding - Lubang air tersumbat	Jalan air	- Pertumbuhan vegetasi - Dndapan pasir, lanau atau bahan organik lainnya
Tumpuan dan Kaki Pangkal	- Retakan - Dros di belakang tumpuan	Perabot jalan	- Rusak - Hilang - Cat memudar
Gorong-gorong	- mampat atau berlanaud - Retakan - Uneven settlement	Tanggul jalan	Erosi
Lantai jalan	- Retakan - Melengkung - Kebersihan - Drainase	Approach	- Drainase - Visibilitas - Penurunan

Bila tersedia sumber daya yang cukup, prioritas pemeliharaan harus ditetapkan. Ini perlu dilakukan untuk pemeliharaan rutin, berkala dan darurat. Umumnya, prioritas pertama diberikan pada kegiatan pemeliharaan yang menjamin jalan tetap dapat digunakan dan pemeliharaan yang membatasi kemungkinan jalan menjadi rusak. Unsur penentu dalam hal ini meliputi sistem drainase, seperti gorong-gorong dan drain. Prioritas pertama perlu diberikan untuk penyingkiran hambatan yang membuat air tidak mengalir keluar dari jalan. Saluran erosi kecil harus diperbaiki sebelum hujan berikutnya membuatnya lebih dalam dan lebih lebar.

Tabel 17 menyajikan daftar prioritas pemeliharaan rutin menurut iklim musim. Tabel ini menunjukkan bahwa memelihara sistem bekerja baik menjadi tugas terpenting. Ini memerlukan pemeriksaan tetap-harian, terutama selama musim hujan.

Tabel 17: Prioritas pemeliharaan rutin sesuai dengan iklim musim

Musim	Proritas	Penjelasan
Sebelum hujan	1	Bersihkan gorong-gorong dan drift
	2	Bersihkan mitre drain
	3	Bersihkan drain samping
	4	Perbaiki drain samping untuk pemeriksaan erosi dan gesekan
Selama hujan	1	Periksa dan singkirkan penghalang
	2	Bersihkan gorong-gorong dan drift
	3	Bersihkan mitre drain
	4	Bersihkan drai samping
	5	Perbaiki drain samping untuk pemeriksaan erosi dan gesekan
Setelah hujan	1	Perbaiki erosi pada bahu lereng belakang dan drain
	2	Berlakukan-kembali pemeriksaan gesekan
	3	Bentuk-kembali jalur kendaraan
	4	Tambal lubang dan bekas roda
	5	Potong rumput
Musim panas	1	Perbaiki struktur
	2	Bentuk-kembali jalur kendaraan
	3	Bersihkan semak-semak

Pekerjaan pemeliharaan darurat selalu memerlukan tindakan segera. Prioritas perlu diberikan pada kegiatan yang membuat jalan (walaupun sebagiannya) dapat digunakan. Misalnya, rogong-gorong rusak dapat mengganggu seluruh jalan sementara tanah longsor hanya menutup sebagian dari jalur kendaraan, memungkinkan lalu lintas melintas bagian yang terkena bencana.

Penetapan prioritas pemeliharaan

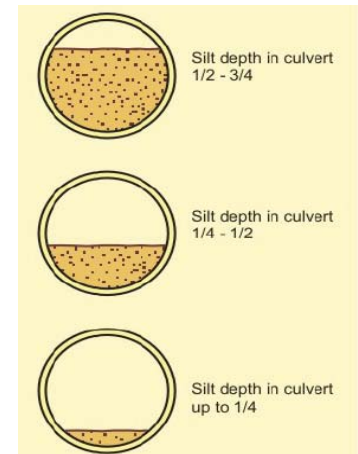
Kebutuhan tenaga kerja untuk memberikan gorong-gorong

8.2 Kebutuhan Tenaga Kerja untuk Pemeliharaan

Bila kegiatan pemeliharaan harus dilakukan, perlu dipelajari berapa banyak drift yang diperlukan. Walaupun pada umumnya dapat diasumsikan bahwa 1 sampai 2 pekerja diperlukan untuk melaksanakan pemeliharaan rutin atas satu bagian jalan sepanjang 1 kilometer, mungkin ada pemecahan untuk dapat mengetahui dengan lebih pasti berapa banyak tenaga kerja yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan pemeliharaan. Bagian ini menyajikan petunjuk tentang beban kerja untuk berbagai kegiatan pemeliharaan.

Pembersihan gorong-gorong

Tabel 18 menyajikan pandangan umum tentang kebutuhan masukan tenaga kerja untuk pembersihan gorong-gorong tunggal, ganda dan tripel berdiameter 0,6 dan 1,0 meter panjang 6 meter. Bila, misalnya lanau sudah menumpuk sampai lebih $\frac{3}{4}$ dari kedalaman gorong-gorong dua-pipa dengan diameter 1 meter (1000 mm), tabel 18 menunjukkan bahwa 2×5 hari kerja = 10 hk tenaga kerja diperlukan untuk membersihkan pipa-pipa itu.



Bila pipa gorong-gorong lebih 6 meter panjangnya, pekerjaan baru perlu dihitung menggunakan angka-angka di atas sebagai dasarnya. Demikian pula, bila pipa dengan diameter lain digunakan, angka-angka lain perlu dihitung berdasarkan bagian dalam pipa gorong-gorong.

Tabel 18: Kebutuhan tenaga kerja untuk memberikan gorong-gorong

Diameter	Kesulitan pekerjaan – Kedalaman lanau dalam gorong-gorong			
	Sampai $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$ sampai $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$ sampai $\frac{3}{4}$	lebih $\frac{3}{4}$
600 mm	3 baris/lhk	1 baris/lhk	1 hk/baris	2 hk/baris
1000 mm	1 rows/wd	2 baris/lhk	4 hk/baris	5 hk/baris

Tugas menutup gorong-gorong sampai 6 cincin (panjang pipa= 6m)

Membersihkan reruntuhan dari jembatan

Pekerjaan ini terdiri dari pembersihan semua lanau, reruntuhan dan bahan asing lainnya dari struktur, tumpuan dan kaki pangkal untuk jarak minimum 2 meter, baik kearah hulu maupun kearah hilir, sehingga air dapat mengalir bebas tanpa halangan. Semua reruntuhan dan bahan lain perlu disingkirkan sepenuhnya dari sungai dan sistem drainase agar tidak hanyut kembali dan kembali menghalangi aliran sungai.

Tabel 19 menyajikan petunjuk kebutuhan tenaga kerja untuk membersihkan reruntuhan dari jembatan. Bila, misalnya, 45 m³ reruntuhan 4 m³ lanau perlu disingkirkan dari jembatan, ini akan memerlukan $(45/0,5) + (4/2) = 9 + 2 = 11$ hari kerja input tenaga kerja.

Tabel 19: Kebutuhan tenaga kerja untuk pembersihan reruntuhan dari jembatan

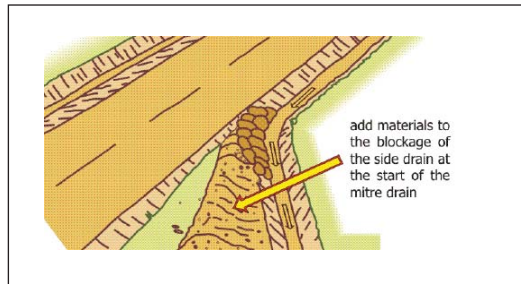
Menyingkirkan reruntuhan lepas seperti batu-batu bongkah, cabang-cabang, dsb.	0,5 m ³ /hk
Menggali dan menyingkirkan lanau	2,0 m ³ /hk

Kebutuhan tenaga kerja untuk menyingkirkan reruntuhan dari jembatan

Pembersihan saluran pembuang

Untuk pembersihan saluran pembuang petunjuk tentang kebutuhan tenaga kerja disajikan dalam tabel 20. Untuk mencegah saluran pembuang dari erosi pada bagian hulunya, baiknya memperkuat bagian ini dengan batu-batu, sebagaimana tampak dapat bagan 93. Bila, misalnya, 3 m³ tanah keras dan kering perlu disingkirkan dari saluran pembuang, ini akan memerlukan $3/15=2$ hari kerja orang.

Bagan 93: Penguatan saluran pembuang pada susunan batu-batu samping



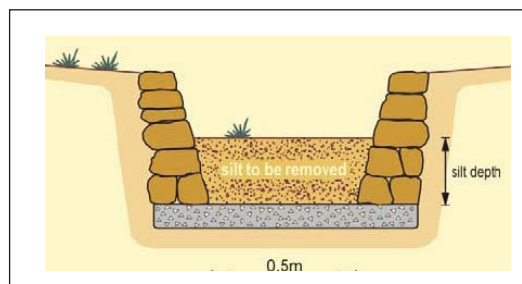
Tabel 20: Kebutuhan tenaga kerja untuk membersihkan saluran pembuang

Kesulitan pekerjaan – pelaksanaannya berhubungan dengan selokan kering tanpa air tetap.		
kelengasan dan tanah lepas	kondisi tanah rata-rata	tanah keras dan kering
2,5 m ³ /hk	2,0 m ³ /hk	1,5 m ³ /hk

Membersihkan saluran drainase samping

Untuk drainase samping dengan penampang seperti tampak dalam bagan 94, kebutuhan masukan tenaga kerja dapat diperkirakan dengan menggunakan tabel 21. Bila misalnya 30 m³ tanah lanau perlu disingkirkan, tabel 21 menunjukkan bahwa ini memerlukan masukan $30/2 = 15$ hari kerja orang.

Bagan 94: Penampang tipikal A dari drain samping



Tabel 21: Kebutuhan masukan tenaga kerja untuk menyingkirkan reruntuhan dari saluran drainase samping jenis A

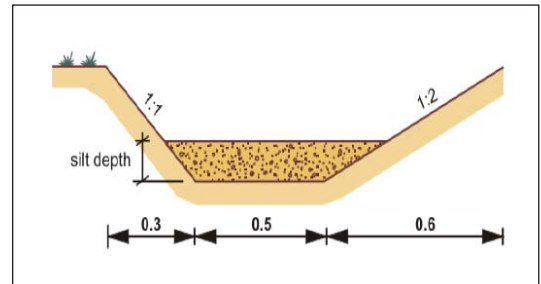
Kesulitan Pekerjaan		
kelengasan dan tanah lepas	kondisi tanah rata-rata	tanah keras dan kering
2,5 m ³ /hk	2,0 m ³ /hk	1,5 m ³ /hk
Pekerjaan berhubungan dengan selokan tanpa air tetap		

Kebutuhan tenaga kerja untuk membersihkan saluran drainase samping dengan penampang seperti dalam bagan 95

Untuk penampang seperti tampak pada bagan 95, kebutuhan tenaga kerjanya dapat ditaksir menggunakan informasi dalam tabel 22.

Bila, misalnya, dasar drain sudah dipenuhi endapan (lanau) setebal 20 cm dan lanau itu bersifat lengas san lepas, dapat diperkirakan bahwa untuk pembersihan drain samping sepanjang 100 meter, kebutuhan masukan tenaga kerjanya adalah $100/25 = 4$ hari kerja

Bagan 95: Penampang tipikal B dari saluran drainase samping



Tabel 22: Kebutuhan masukan tenaga kerja untuk membersihkan saluran drainase samping jenis B

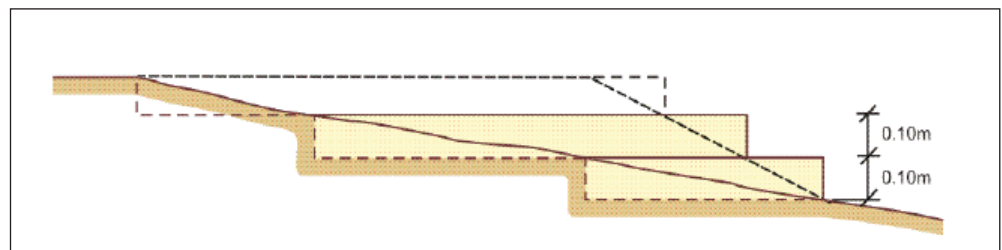
kedalaman endapan (lanau)	kelengasan dan tanah lepas	kondisi tanah rata-rata	tanah keras dan kering
10 cm	50 m/hk	40 m/hk	30 m/hk
15 cm	33 m/hk	27 m/hk	40 m/hk
20 cm	25 m/hk	20 m/hk	15 m/hk

Perbaikan lereng samping

Kegiatan meliputi penggalian tanah untuk membuat undakan dimana tanah baru ditambahkan. Kemudian tanah digali dari dekat sumur pinjaman dan ditempatkan pada lapisan yang tebalnya tidak lebih dari 0,10 meter dan dipadatkan dengan rammer tangan pada kandungan lengasan optimum. Setelah pembentukan lereng selesai, lereng itu ditutup dengan rumput untuk mencegah erosi tanah kemudian.

Bagan 96 menggambarkan pengalihan tanah dalam bentuk benching (undakan), kebutuhan tenaga kerja dapat dihitung menggunakan tabel 23. Bila perlu menggalli tanah 30m³ dalam kondisi rata-rata, dengan menggunakan teknik benching, tabel 23 menunjukkan bahwa ini memerlukan $30/15 = 15$ hari kerja orang.

Bagan 96: Undakan (benching) pada pekerjaan tanah



Tabel 23: Kebutuhan tenaga kerja untuk pekerjaan benching

Kesulitan Pekerjaan		
Lengasan dan tanah lepas	kondisi tanah rata-rata	tanah keras dan kering
2,0 m ³ /hk	1,5 m ³ /hk	1,0 m ³ /hk

Kebutuhan tenaga kerja untuk benching

Perbaikan Bahu dan Penanaman Rumput

Pekerjaan meliputi penambalan dan pemampatan galur yang terbentuk oleh air yang mengalir dari pinggir jalur kendaraan dan bahu jalan. Galur erosi pada sisi lerengan dapat diperbaiki menggunakan tanah gerusan yang ada di sekitar tepi/bahu jalan. Walaupun tidak boleh ada vegetasi di jalur kendaraan, rumput harus ditanam di bahu jalan untuk perlindungan terhadap erosi. Setelah perbaikan bahu, penting artinya agar lerengan samping yang dibutuhkan segera ditutup dengan rumput.

Tabel 24 menunjukkan kebutuhan tenaga kerja untuk kegiatan ini. Ambil contoh dimana galur erosi sebesar 30m³ harus ditambal dengan tanah keras. Tabel 24 menunjukkan bahwa dalam hal ini diperlukan 30/15 = 20 hari kerja orang untuk melaksanakan pekerjaan ini.

Tabel 24: Kebutuhan tenaga kerja untuk menambal galur-galur erosi

Kesulitan Pekerjaan		
Lengasan dan tanah lepas	kondisi tanah rata-rata	tanah keras dan kering
2,0 m ³ /hk	1,5 m ³ /hk	1,0 m ³ /hk

Penambalan lubang di jalur kendaraan jalan pedesaan

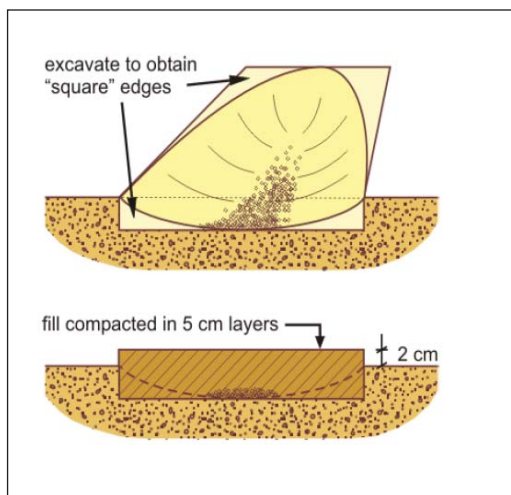
Lubang di jalan menampung air hujan di permukaan jalan dan menghalangi air keluar ke sisi jalan. Dengan gangguan oleh lalu lintas, air yang menggenang ini mempercepat keausan permukaan jalan dan akhirnya bila air ini menembus lapisan permukaan jalan, maka daya dukung dasar jalan akan menurun.

Penambalan lubang jalan di jalan tanah atau kerikil dimulai dengan penggalian lubang jalan dengan sisi-sisi yang dibuat persegi sampai kedalaman minimum ke titik paling rendah dari lubang jalan atau sampai dicapainya material kuat dan pampat. Material yang dipampatkan dan material penambal yang disetujui dicampur, diberi air dan dikembalikan ke lubang yang digali kemudian dipampatkan menggunakan rammer tangan. Pastikan lubang jalan tidak mengandung air lagi pada waktu memasukkan tambalan.

Bila lubang jalan material lubang jalan yang dalam, perlu ditambalkan dan dipampatkan pada lapisan yang tebalnya tidak lebih dari 5 cm. Pemampatan dilakukan dengan rammer tangan. Tinggi permukaan lubang yang ditambal setelah dipampatkan harus sekurang-kurangnya 2 cm lebih tinggi dari permukaan perkerasan sekitarnya.

Tabel 25 menyajikan contoh kebutuhan tenaga kerja untuk penambalan lubang jalan. Bila, misalnya, lubang jalan bervolume 6m³ harus ditambal dan jarak untuk membawa mateialnya adalah 200 meter, tabel 25 menunjukan bahwa dalam hal ini diperlukan 6/12 = 5 jam kerja orang

Bagan 97: Penambalan lubang-lubang jalan



Kebutuhan tenaga kerja untuk perbaikan bahu dan penanaman rumput

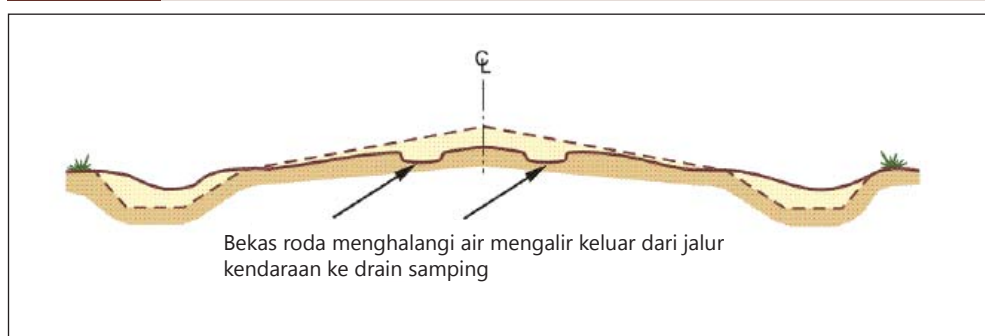
Tabel 25: Kebutuhan tenaga kerja untuk penambalan lubang jalan

Kesulitan Pekerjaan – Jarak Mengangkut Kerikil		
Sampai 100 m	100 m – 300 m	Lebih dari 300 m
1,5 m ³ /hk	1,2 m ³ /hk	1,0 m ³ /hk

Penambalan bekas roda di jalur kendaraan

Bekas roda disebabkan oleh kendaraan yang terus melintas pada trek yang sama dengan kendaraan-kendaraan sebelumnya. Berat kendaraan serta dorongan kecepatan mereka mendorong material permukaan ke sisi jalan. Proses ini akhirnya merubah penampang dan bulatan permukaan jalan. Bekas-bekas roda itu membuat air tidak meninggalkan permukaan. Air yang terkurung itu mempercepat keausan permukaan bila digilas kendaraan.

Bagan 98: Bekas roda di jalur kendaraan



Penambalan bekas roda meliputi penggarukan material lebihan dari bahu jalan ke jalur kendaraan dimana bekas roda harus dibentuk. Dalam hal bekas roda yang lebih gawat, perlu membawa kerikil laterit tambahan atau tanah untuk mengganti kerikil yang hilang. Dalam hal demikian, bekas roda harus ditangani dengan metode kerja seperti pengisian lubang jalan. Bekas-bekas roda itu kemudian digali untuk membentuk sisi-sisi vertikal dan material penambal perlu ditempatkan, disiram dan dipampatkan dalam lapisan. Bila menggunakan rammer tangan untuk pemampatan, ketebalan tiap lapisan tidak boleh lebih dari 5 sentimeter.

Tabel 26 menunjukkan penghitungan tenaga kerja yang diperlukan untuk menambal bekas roda. Bila misalnya panjang bekas-bekas roda yang perlu diperbaiki sepanjang 300 meter menggunakan 50% material dari bahu dan 50% laterit dari sumur berjarak 100 meter dari tapak, dapat dihitung bahwa tenaga kerjanya adalah $0,5 \times (300/30) + 0,5 \times (300/1,5) = 5 + 20 = 25$ hari kerja orang.

Tabel 26: Labour input requirements for filling ruts

Memperbaiki Bekas Roda menggunakan Material dari Bahu: 30m/hk

Kesulitan Pekerjaan – Jarak Pengangkutan ke Laterit		
Sampai 100 m	100 m – 300 m	Lebih dari 300 m
1,7 m ³ /hk	1,5 m ³ /hk	1,3 m ³ /hk

Membongkar sisi-sisi jalur kendaraan

Rumput yang tumbuh di sisi-sisi jalur kendaraan dapat menghalangi air hujan mengalir keluar dari permukaan jalan. Rumput dan akar harus disingkirkan dari jalur kendaraan. Tarikan benang yang menunjukkan lokasi sebenarnya dari awal sisi lereng menjadi petunjuk yang baik bila menyingkirkan rumput dan membongkar bahu. Retuntahan harus disingkirkan jauh dari jalan agar material yang disingkirkan itu tidak kembali terbawa air ke sistem drainase.

Tabel 27: Kebutuhan tenaga kerja untuk membongkar bahu jalan

Pembongkaran Bahu Jalan	200 m/hk
-------------------------	----------

Membentuk kembali jalur kendaraan dari tanah dan kerikil

Seiring dengan waktu, bulatan permukaan jalan menurun karena lalu lintas dan cuaca sehingga perlu dibentuk-kembali. Bulatan jalan dibuat-kembali dengan mendistribusikan kembali material dari sisi jalur kendaraan puncak tengah jalan. Untuk mencapai ketinggian yang benar, pekerjaan harus dilaksanakan menggunakan pasak dan benang dan pembuatan-kembali bulatan yang benar menggunakan garis horisontal. Pembentukan kembali bulatan jalan secara sederhana biasanya dilaksanakan dengan mengandalkan material dari sisi jalan. Setelah material ditempatkan, kemudian dipampatkan dengan kandungan kelengasan optimum yang disyaratkan.

Kebutuhan tenaga kerja untuk pembentukan kembali bulatan jalan secara sederhana dapat dihitung berdasarkan informasi yang diberikan dalam tabel 28. Bila, misalnya, ruas jalan sepanjang 1,5 kilometer perlu dibentuk kembali dengan tanah keras dan kering, tabel 28 menunjukkan bahwa ini memerlukan $1.500/15 = 100$ hari kerja orang.

Tabel 28: Kebutuhan tenaga kerja untuk pembentukan kembali jalur kendaraan

Kesulitan pelaksanaan		
kelengasan dan tanah lepas	kondisi tanah rata-rata	tanah keras dan kering
20 m/hk	15 m/hk	10 m/hk

Pemotongan rumput dan pembabatan semak

Pekerjaan ini meliputi pemotongan rumput, semak, vegetasi lain, sampah dan materi superfous lainnya termasuk buangan semua material yang ada karena pekerjaan ini. Pekerjaan meliputi pemotongan (bukan penyingkiran) semua rumput dan semak di kedua sisi jalan dan seluruh lebar antara pinggir perkerasan dengan puncak lerengan-balik di sisi lain drain samping.

Vegetasinya perlu dipotong sampai tinggi lima sentimeter. Bila drainase sisi jalan hanya ada pada satu sisi, pemotongan rumput dan semak pada lerengan pengisi harus mencapai minimum 2,5 meter dari sisi perkerasan sebelah lerengan tanggul. Bila tidak ada drain samping, y.i., pada tanggul jalan, pembersihan perlu memanjang dari sisi perkerasan sampai ke kaki tanggul atau permukaan air pada di kedua sisi jalan.

Semua semak dan cabang yang tergantung di atas jalan, bahu, drain samping, *mitre drain* dan rambu lalu lintas harus dipotong dan dibuang dengan aman. Bila bibit

Kebutuhan tenaga kerja untuk membongkar bahu jalan

Kebutuhan tenaga kerja untuk pembentukan kembali jalur kendaraan

Kebutuhan tenaga kerja untuk pembersihan

pohon baru saja ditanam, perlu dijaga agar tanaman-tanaman ini tidak rusak dalam pemotongan rumput dan semak sekitarnya.

Selain itu, bila bibit masih muda, vegetasi dekat pohon itu harus disingkirkan agar pohon tumbuh dengan baik. Akhirnya pemangkasan pohon yang ditanam perlu dilaksanakan dalam kegiatan ini, secara teratur, agar pohon-pohon itu tumbuh dengan sehat dan tidak mengganggu lalu lintas.

Kebutuhan tenaga kerja untuk pekerjaan pembersihan ini dapat dihitung menggunakan tabel 29. Bila, misalnya, vegetasi berat perlu dibersihkan meliputi pemangkasan semak dan rumput untuk luasan 2.000 m², tabel 29 menunjukkan bahwa untuk ini memerlukan $(2.000/200) + (2.000/100) = 10 + 20 = 30$ hari kerja.

Tabel 29: Kebutuhan tenaga kerja untuk pembersihan

	Kesulitan Pekerjaan kepadatan vegetasi	
	Padat	Tidak Padat
Pemotongan semak m ² /hk	200	300
Pemotongan rumput m ² /hk	100	150

Penanaman Rumput

Pekerjaan meliputi penyediaan lempengan tanah berrumput dan menanamnya agar ada tutupan rumput sehat yang terus tumbuh dalam cuaca apa pun dan mencegah erosi materi dimana penanaman dilakukan. Rumput diambil dari jenis setempat tidak membahayakan manusia dan hewan dan bukan jenis yang dianggap menjadi hama pertanian. Rumput harus bebas dari penyakit dan gulma. Akarnya tertanam dalam dan tumbuh cukup serta menyebar cukup cepat untuk menutup bidang yang ditanam.

Istilah "rumput" meliputi lempengan tanah berrumput dan, bila Pengawas Pemeliharaan mengijinkannya, dapat meliputi tanaman jenis lain yang mampu mencegah erosi. Penanaman rumput ini perlu dilakukan dengan menghampar lempengan-lempengan itu di seluruh bidang yang akan ditanami. Rumput yang ditanam pada lempengan tanah ini tidak boleh rusak akarnya, tertanam kuat dalam material yang kokoh dan dikemas dengan tanah lengas dimana rumput itu tumbuh.

Rumput harus ditanam pada waktu demikian dan dilakukan demikian rupa sehingga pada waktu pemeriksaan akhir semua bidang yang ditanami rumput sudah ditanami rumput yang cukup sehat, tertanam dengan benar dengan akar menancap dan bidang penanaman itu bebas dari saluran erosi. Permukaan yang akan ditanami harus diratakan sehingga permukaan tanah setelah penanaman akan tampak seperti yang terlihat dalam gambar standar.

Kebutuhan tenaga kerja adalah seperti yang ditunjukkan dalam tabel 30. Bila bidang seluas 3.000 m² yang akan ditanami, dengan jarak pengangkutan rumput ke tapak adalah 100 meter, kebutuhan tenaga kerja dapat dihitung sebagai $3.000/100 = 30$ hari kerja orang.

Tabel 30: Kebutuhan tenaga kerja untuk penanaman rumput

Kesulitan Pekerjaan – Jarak pengangkutan rumput		
Sampai 10 m	10 m – 50 m	Lebih dari 50 m
20 m ² /hk	15 m ² /hk	10 m ² /hk

Kebutuhan tenaga kerja untuk penanaman rumput

8.3 Perencanaan dan Pengaturan Kegiatan Pemeliharaan

Untuk pelaksanaan kegiatan pemeliharaan oleh masyarakat setempat, diperlukan dana dan organisasi untuk menyusun, mengelola, dan mengawasi perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan.

Untuk pemeliharaan yang bersifat rutin dan berkala dengan volume kecil, dapat dieprtimbangakan pembentukan organisasi pemeliharaan berbasis-masyarakat. Panitia Operasi dan Pemeliharaan (P&M) berbasis-masyarakat (para anggota dipilih melalui musyawarah) bertanggung jawab memobilisir dan mengelola sumber daya keuangan dan tenaga kerja yang diperkukan untuk pekerjaan pemeliharaan yang ditentukan.

Walaupun tenaga kerja merupakan kebutuhan utama untuk pemeliharaan rutin dan berkala berbasis-masyarakat untuk jalan pedesaan bervolume kecil, diperlukan sumber dana serta pengadaan atau penyewaan peralatan dan perkakas dan untuk pembelian materil. Tergantung pada keadaan setempat, mungkin ada cara lain untuk memobilisir sumber daya keuangan dan tenaga kerja yang diperlukan.

Salah satu pilihan adalah pengajuan dana pemeliharaan oleh komite pembangunan masyarakat atau pemerintah setempat. Pilihan lainnya adalah menagih uang tol dari para pemakai. Dapat juga dipertimbangkan gabungan dari kedua cara itu. Bila sistem gotong royong dan swadaya berjalan baik di masyarakat, dapat dipertimbangkan pengusaha sumber daya melalui cara ini.

Perencanaan kegiatan pemeliharaan, meliputi persiapan rencana jangka panjang dan jangka pendek untuk kegiatan pemeliharaan rutin dan berkala secara umum. Biasanya, rencana jangka panjang disusun oleh Departemen Pekerjaan Umum dan didasarkan pada kebutuhan pemeliharaan tahunan dan sumber daya yang tersedia. Rencana demikian harus disusun sebelum pelaksanaan pekerjaan tertentu. Dasar untuk rencana ini adalah pemeriksaan rinci kondisi jalan dan biasanya memakan waktu 2-4 minggu.

Rencana ini menggariskan apa yang perlu dilakukan dan berapa banyak tenaga kerja diperlukan untuk ruas jalan yang dicakup dalam rencana itu. Tabel 31 dan 32 menyajikan contoh bagaimana rencana kerja untuk kegiatan pemeliharaan rutin dapat disusun. Jangka waktu yang diasumsikan untuk pelaksanaan rencana ini adalah 4 minggu. Dalam tabel 31, kebutuhan masukan sudah ditaksir (dengan menggunakan norma-norma produktifitas seperti disajikan dalam alinea 8.2). Dalam contoh 31 diperlukan masukan sejumlah 280 hari kerja orang. Selain itu, dana sebesar Rp. 2.400.000 untuk pembelian semen.

Organisasi setempat perlu disusun untuk memobilisasi sumber daya dan mengelola pelaksanaan kegiatan pemeliharaan

Tabel 31: Contoh masukan kebutuhan untuk kegiatan pemeliharaan

Kegiatan	Satuan	Banyaknya	Prodiktifitas per hk	HK orang yang diperlukan	kebutuhan material	Biaya satuan (Rp.)	Biaya material
Pemangkasan semak padat	M ²	2,000	200	10			
Pembuatan benching	M ³	100	1	100			
Pembersihan drain samping	M ³	50	2	25			
Perbaikan bahu	M ³	30	2	15			
Penanaman rumput	M ³	75	1.5	50			
Pembentukan-kembali jalur kendaraan	M ²	1,500	15	10			
Perbaikan bekas roda	M ¹	300	15	20			
Penambalan lubang jalan	M ¹	300	30	10			
Perbaikan 3 jembatan	M ³	15	1.5	10			
Jumlah				30	40 b.semen	60,000	2,400,000
Kegiatan				280			2,400,000

Dengan rencana ini menentukan penyelesaian kegiatan dalam 4 minggu, berarti diperlukan 70 hari kerja orang per minggu. Bila kita berasumsi bahwa tenaga kerja setempat dimobilisasi melalui sistem gotong royong dimana para anggota masyarakat menyumbang satu per minggu, berarti diperlukan 70 tenaga kerja per minggu.

Berdasarkan informasi ini, rencana kerja dapat disusun, sebagaimana tampak dalam tabel 32. Rencana kerja mencerminkan ketersediaan tenaga kerja, urutan logis kegiatan, dan pilihan mengatur pekerjaan dalam kelompok-kelompok tenaga kerja, dimana tiap kelompok tenaga kerja bertanggung jawab atas kegiatan tertentu. Dalam contoh, sudah diasumsikan bahwa satu kelompok terdiri dari 10-15 tenaga kerja.

Tabel 32: Contoh rencana pemeliharaan 4-minggu, berdasarkan info dari tabel 31

	Masukan tenaga kerja (jumlah tenaga kerja, kerja 1 hari per minggu)					Keterangan
	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Jumlah	
Pemangkasan semak padat	10				10	1 kl'pok
Pembuatan bench	20	30	40	10	100	1-4 kl'pok
Pembersihan drain samping		25			25	2 kl'pok
Pembersihan mitre drains		15			15	1 kl'pok
Perbaikan bahu			30	20	50	3-2 kl'pok
Penanaman rumput				10		1 kl'pok
Pembentukan-kembali jalur kendaraan	20				20	2 kl'pok
Perbaikan bekas roda	10				10	1 kl'pok
Penambalan lubang jln.	10				10	1 kl'pok
Perbaikan 3 jembatan				30	30	3 kl'pok
Total	70	70	70	70	280	

Untuk pelaksanaan pemeliharaan rutin berbasis-tenaga kerja, pada dasarnya dua metode organisasi dapat dipertimbangkan:

- Sistem individual length-men: seorang pekerja ditugaskan melaksanakan semua kegiatan pemeliharaan rutin sepanjang jalan tertentu dan sepanjang

tahun. Ia bertanggung jawab sendiri atas ruas jalannya dan melaksanakan semua pekerjaan yang ditugaskan padanya.

- ➡ Sistem kelompok length-men: sejumlah pekerja melaksanakan semua kegiatan sebagai kelompok, dengan ruas jalan yang lebih panjang. Mereka bersama-sama bertanggung jawab atas ruas jalan itu dan diarahkan oleh kepala atau ketua kelompok

Sebagai variasi dari kedua sistem di atas adalah keadaan dimana para pekerja atau kelompok pekerja bekerja hanya sekali atau dua kali setahun (misalnya sebelum dan sesudah musim hujan) untuk melaksanakan semua kegiatan yang diperlukan sekali jalan. Contoh cara ini disajikan dalam gambaran rencana kerja yang disajikan dalam tabel 32.

Biasanya, sistem kelompok length-men lebih dikehendaki karena ini paling menjamin pemenuhan kebutuhan pemeliharaan diketahui dan dilaksanakan pada waktunya.

Tujuan penting dari sistem pelaporan pemeliharaan, adalah untuk memberi informasi kepada instansi pemerintah yang berkepentingan tentang kemajuan dari rencana yang sudah disetujui. Laporan kemajuan biasanya perlu berisi informasi tentang:

- Gambaran dan deskripsi tentang kegiatan dan lokasi;
- Hasil pengukuran tiap ruas ruas jalan;
- Kegiatan yang dilaksanakan dan waktu pelaksanaan kegiatan untuk menyelesaikannya;
- Target untuk setiap aktivitas;
- Tingkat-tingkat penugasan yang diterapkan;
- Hari kerja yang dihabiskan untuk tiap kegiatan;
- Material yang digunakan;
- Informasi tentang pekerjaan jalan yang sudah diselesaikan.

Dinas teknis terkait yang berkepentingan memerlukan informasi ini karena mereka bertanggung jawab kepada atasan mereka tentang kemajuan pekerjaan dan pembelanjaannya. Mereka juga memerlukan informasi untuk memutakhirkan inventaris kondisi jalan mereka dan untuk perencanaan ke depan.

Contoh ilustrasi bentuk laporan bulanan sederhana serta informasi fiktif disajikan dalam tabel di bawah ini. Dalam contoh ini, frekuensi bulanan dianggap sebagai masa pelaporan. Sesuai yang diminta oleh instansi pemerintah yang berkepentingan, frekuensi laporan ini dapat dirubah, misalnya 2-mingguan atau triwulanan.

Contoh tabel 33 juga meliputi informasi tentang anggaran untuk pekerjaan yang dilaporkan dan target yang ditetapkan tentang kemajuan untuk berbagai kegiatan. Informasi ini berguna baik untuk Komite Pembangunan Desa dan instansi-instansi Pemerintah untuk menemukan apakah pekerjaan itu berjalan sesuai rencana, apakah sumbangan para pihak yang terlibat berarti bagi pekerjaan atau adanya faktor-faktor yang menghalangi kemajuan. Informasi ini memungkinkan pihak-pihak terkait melakukan tindakan perbaikan bila diperlukan.

Dengan demikian, untuk dapat membuat laporan kemajuan, perlu adanya catatan yang memadai dan cermat disimpan di tapak tentang jumlah harikerja-orang dalam menyelesaikan pekerjaan itu, jumlah tenaga kerja yang terlibat, material yang

diterima dan digunakan serta status penggunaan peralatan. Yang bertanggung jawab atas informasi ini adalah, terutama, pengawas. Bila ada kepala gudang, ia dapat membantu pengawas menyusun catatan tentang isi gudang. Para ketua kelompok juga dapat dilibatkan dalam membuat catatan tentang kehadiran dan pekerjaan yang diselesaikan oleh para pekerja. Namun demikian, adalah pengawas yang paling bertanggung jawab untuk menjamin bahwa informasi yang diberikan dalam laporan kepada atasan adalah akurat dan lengkap.

Tabel 33: Example of possible format for a monthly progress report.

Nama jalan: A-B									
Kabupaten: C					Kecamatan: D				
Masa pelaporan kemajuan: April 2010									
Tanggal pekerjaan dimulai: 1 Desember 2009					Tanggal penyelesaian yang dijadwalkan: 1 Juni 2010				
Nama pengawas: Mr. X					Tanda tangan pengawas dan tanggal:				
Kemungkinan fakfor-faktor yang menghalangi kemajuan. Karena cuaca buruk dan kerusakan traktor-traktor serta peralatan pemampatan, kemajuan pekerjaan mengalami hambatan. Diperkirakan bahwa pekerjaan baru akan diselesaikan tanggal 30 September 2010.									
			Kontribusi Desa		Kontribusi Pemerintah		Kemajuan bulan ini		
Kegiatan	Satuan	Banyaknya	Jumlah Biaya (Rupiah)	Hk-orang	Jumlah Biaya (Rupiah)	Hk-orang	Banyaknya	Hk-orang	Jumlah Biaya (Rupiah)
Tenaga Kerja									
Pembersihan tapak	m2	3000	2.400.000	50			3000	50	2.400.000
Peny. lapis dasar dan penghamparan tiap lapisan	m3	40	1.280.000	27			40	27	1.280.000
Galian dan pematangan tanah	m3	160	5.120.000	107			80	55	2.560.000
Perataan tanah dasar	m3	480	4.608.000	96			200	40	1.920.000
Perataan bahu halan	m3	260	3.120.000	65			100	25	1.200.000
Perataan lapis pondasi	m3	840	12.230.000	255			200	60	2.912.000
Penyebaran dan perataan Kerikil Lapis ke-1	m3	60	960.000	20			0	0	0
Penerapan Lapis ke-1	m2	4000			1.920.000	40	0	0	0
Penerapan Lapis ke-2	m2	4000			1.920.000	40	0	0	0
Operator Mesin Gilas 1 ton	m2	1			800.000	17	0.2	3	150.000
Operator Mesin Gilas 3 ton	km	1			960.000	20	0.0	0	0
Mengangkut Material	m3	500			4.800.000	100	250	50	2.400.000
TK untuk Struktur – Lump S.	t.a.	3			60.000.000				60.000.000
TK Pendukung – Kepala Gudang	km	1			17.280.000	360	0.2	70	3.456.000
Survei – pengukuran keliling	km	1			5.760.000	120	1.0	120	5.760.000
Pengawasan									
Ahli teknik	km	1			6.000.000	30	0.2	6	1.200.000
Pejabat Teknik	km	1			6.000.000	60	0.2	12	1.200.000
Pengawas V	km	1	8.640.000	120			0.2	24	1.728.000
Perkakas									
Showel	t.a.	5			150.000		5		150.000
Gerobak sorong	t.a.	5			1.400.000		5		1.400.000
Pacul	t.a.	6			570.000		6		570.000
Linggis	t.a.	4			460.000		4		460.000
Beliung	t.a.	6			480.000		6		480.000
Waterpas	t.a.	2			70.000		2		70.000
Peralatan									
Mesin gilas 3 ton	hr.	30			12.000.000		0		0
Mesin gilas 1 ton	hr.	30			750.000		10		2.500.000

Informasi yang diberikan dalam laporan kemajuan seperti yang disajikan dalam tabel 33 penting sekali artinya bagi pemerintah dan perencana karena laporan memberi keterangan tentang status kemajuan. Dalam hal khusus seperti dicontohkan dalam tabel 33, tampaknya pekerjaan sudah mengalami kelambanan dan bahwa perlu adanya perubahan jadwal.

Untuk mengetahui kemajuan seluruhnya, apa yang harus dilakukan adalah menambah angka-angka kemajuan dari semua laporan kemajuan bulanan. Dapat juga dengan menambahkan beberapa kolom pada laporan kemajuan bulanan di atas agar dapat memperoleh gambaran segera tentang kemajuan seluruhnya, seperti disajikan di bawah ini.

Kemajuan menyeluruh sebelumnya			Kemajuan bulan ini			Kemajuan menyeluruh termasuk bulan ini		
Banyaknya	Hk-orang	Biaya	Banyaknya	Hk-orang	Biaya	Banyaknya	Hk-orang	Biaya

Lampiran 1: Dokumen Referensi

- Increased Application of Labour-Based Methods through Appropriate Engineering Standards, TRL, DFID dan ILO, 2006
- Bituminous surfacing options for low volume roads constructed by labour-based methods, Jon Hongve, Penasehat Teknis Senior , ILO, 2006
- Guidelines for Labour Based Tertiary Road Rehabilitation Methods Implemented by Community Organizations in Balakot and Muzaffarabad Tehsils, ILO, Project Office for Earthquake Response Mansehra, Pakistan - Oktober 2007
- Technical Manual Labour-Based Construction Methods prepared for the ILO by Bjorn Johannessen, Agustus 1997
- Labour-based Road Construction and Maintenance Technology, Course Notes 1, Bjorn Johannessen, ILO, National Polytechnic Institute and School of Communication and Transport
- Manual for Supervision of Labour-based Road Rehabilitation Works, Prepared for ILO ASIST by Simon Tembo & Frans Blokhuis
- Rural Road Surfacing, Initial Draft Final Document, International Guidelines for Low Cost Sustainable Road Surfacing, Volume 1, Introduction and Preliminary Guidelines, PIARC, 2006
- Labour-based Work Technology, Surveying and Setting Out, ILO-ASIST
- Local Resource Based Road Construction Approach, Practical Implementation Field Guide, ILO/UNDP Rural Roads and Capacity Building Project in Selected Districts in Aceh and Nias, ILO.
- Local Resource-based Road Works, Work Method Guidelines, ILO/UNDP Rural Roads and Capacity Building Project in Selected Districts in Aceh and Nias, ILO.
- Guidelines to the design of plain concrete pavement, Road Engineering Association of Malaysia,
- Concrete roads in developing countries, TRL dan DFID, 1985
- A Guide to the Use of Segel Ottas, Publication No. 93, Direktorat Pekerjaan Umum, Norwegia, 1999.
- Overseas Road Note 9, The Design of Small Bridges, TRL dan DFID, 1992.

- Implementing Employment Intensive Road Works, A cidb Practical Manual contributing to contractor development in job creation. Manual 5, concrete and masonry drainage works and structures, 2007.
- Implementing Employment Intensive Road Works, A cidb Practical Manual contributing to contractor development in job creation. Manual 4, bituminous perkerasan segel, 2007.
- Implementing Employment Intensive Road Works, A cidb Practical Manual contributing to contractor development in job creation. Manual 1, the fundamentals of road construction, 2007.
- Concrete Mixes Guideline Draft, Engineers without Borders, USA, 2005.
- A design manual for small bridges, TRL and ODA, 1993.
- Building Rural Roads, Bjorn Johannessen, ILO ASIST, 2008
- Low Cost Road Construction in Indonesia, Labour-Based Road Projects in Manggarai District, Volume I and II, Beusch, Hartmann, Petts dan Winkelmann, Intercooperation dan SDC, 1997.
- Foto-foto dari Community Access Project (CAP) yang dilaksanakan oleh UNOPS di Distrik Ampara di Sri Lanka dalam kerangka Ampara Partnership Programme, didanai oleh UE, 2009.
- Pedoman teknis dari ILO TIM-Works Project di Timor Leste. Proyek pembangunan jalan desa berbasis pekerja ini dilaksanakan oleh ILO dan didanai oleh EC dan Pemerintah Timor Leste, Irlandia dan Norwegia.

Lampiran 2:

Format Proposal di bawah Kemitraan Masyarakat – Pemerintah

Program Kemitraan untuk Pembangunan Jalan Kawasan Pedesaan
Desa: Dusun: RT/RW: Desa: Kecamatan: ... Kabupaten: Malang
Proposal Kegiatan Tahun Anggaran XXXX
Desa/Kelurahan: Kecamatan: Kabupaten:
1. Kegiatan 2. Pelaksana 3. Lokasi (RT/RW/Dusun) 4. Uraian Kegiatan a. Latar Belakang: b. Tujuan: c. Volume: 5. Prakiraan Waktu 6. Prakiraan Biaya Cost Estimation a. Bantuan b. Dana Swadaya Masyarakat c. Total Biaya
Pemohon Ketua Panitia

Hasil Pertemuan Masyarakat (Musyawarah)**Perencanaan dan Pembangunan Kawasan Pedesaan**

Tahun: xxxx

Desa/Kelurahan:

Kecamatan:

Kabupaten:

1. Kegiatan
2. Pelaksana
3. Lokasi (RT/RW/Hamlet)
4. Uraian Kegiatan
 - a. Latar Belakang:
 - b. Tujuan:
 - c. Volume:
5. Jadwal Sementara
6. Swadaya Masyarakat
 - a. Tunai
 - b. Non Tunai (material)

Malang,

Kepala Desa/Kelurahan

 Atas Nama Lembaga Pembangunan Masyarakat Desa

Ketua

Sekretaris

Bendahara

 Verifikasi Camat

.....

.....

Camat

PERKIRAAN BIAYA

Kegiatan:

Volume:

Desa/Kelurahan:

Kecamatan:

Tahun:

[illegible]

Terbilang

Malang,

Kepala Desa

Ketua Lembaga Pembangunan Masyarakat Desa

Camat

CONTOH NOTULEN MUSYAWARAH

Pada hari ini, Senin, empatbelas Februari, dua ribu lima di desa Duwet Kradjan Tumpang kabupaten Malang telah menyelenggarakan musyawarah desa. Musyawarah tersebut diselenggarakan untuk membahas masalah perbaikan jalan kawasan pedesaan untuk program kemitraan.

Musyawarah desa dihadiri oleh kepala desa dan lembaga pembangunan masyarakat desa Duwetkrajan, serta para tokoh masyarakat. Daftar hadir peserta terlampir. Di dalam pertemuan disepakati sebagai berikut:

Untuk memperbaiki jalan yang prakiraan desain dan biaya secara rinci terlampir. rincian aktivitas tersebut di bawah:

Jenis pekerjaan: jalan perkerasan aspal

Volume: panjang 2.000 m x lebar 3 m

Lokasi: Duwet Krajan

Manfaat yang diharapkan: Meningkatnya akses ke fasilitas dan layanan ekonomi

Biaya: Rp. xxxxxxxx

Swadaya Masyarakat: Rp. xxxxxxxx

Pelaksana: Desa

Kepala Desa

Tim/Panitia Pelaksana/LPMD
Desa

Daftar Hadir Peserta

DESA.....

KECAMATAN.....

TANGGAL.....

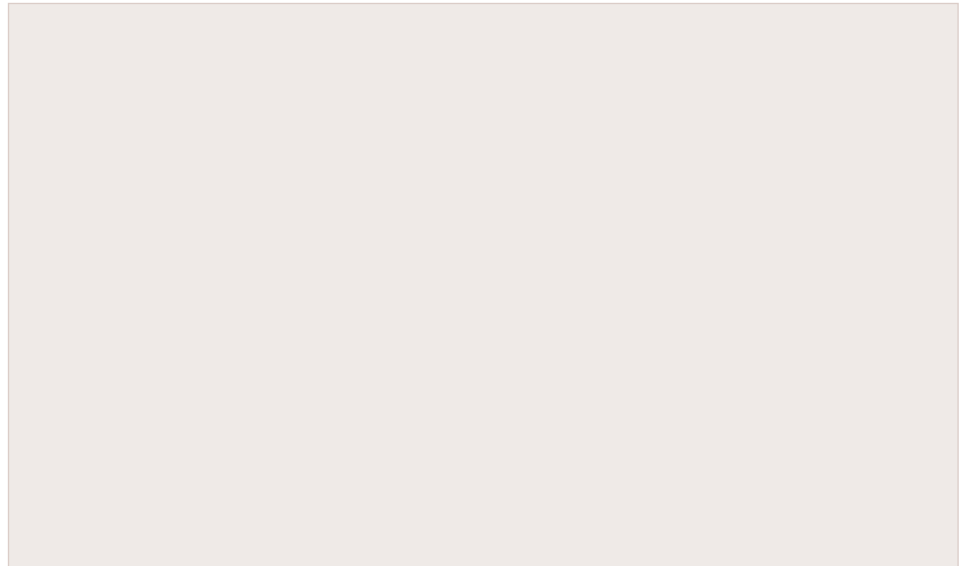
No	Nama	Alamat	Tanda Tangan

Malang, _____
Kepala Desa

DESKRIPSI KONDISI JALAN SAAT INI

DESA

KECAMATAN

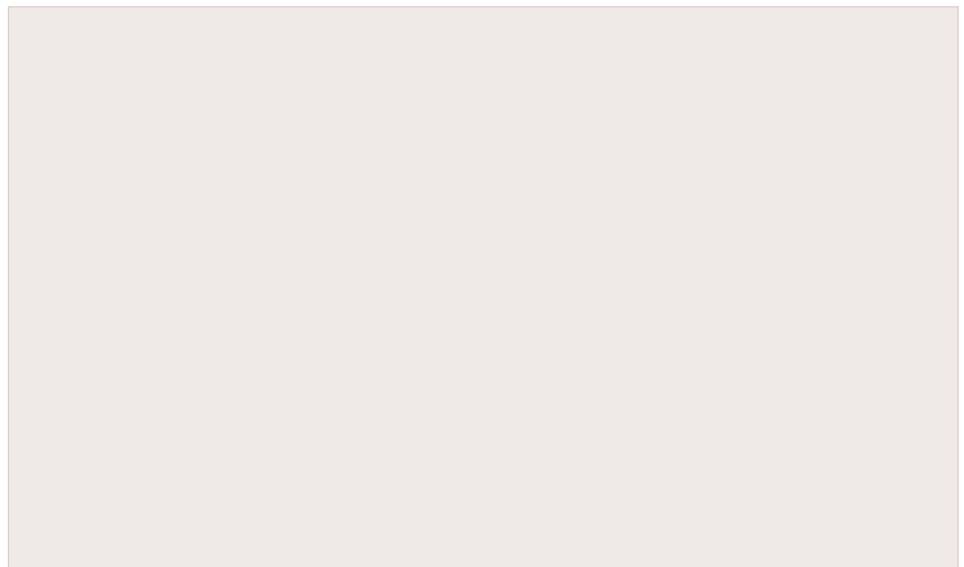


GAMBAR TEKNIK DESAIN

PEMBANGUNAN JALAN

DESA

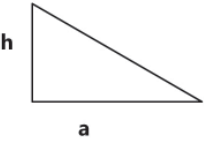
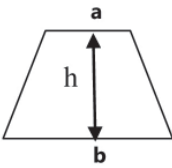
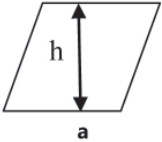
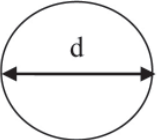
KECAMATAN



Lampiran 3:

Menghitung Area, Volume dan Bobot

Menghitung Area

 Segi empat $a \times a$	 Persegi panjang: $a \times b$
 Segi tiga : $\frac{a \times h}{2}$	 Trapesium: $\frac{a + b}{2} \times h$
 belah ketupat: $a \times h$	 lingkaran: $\text{area} = \frac{d^2 \times \pi}{4}$ Keliling = $d \times \pi$

Contoh: Andaikan anda harus menghitung area bagan 1A di bawah. Langkah pertama adalah membagi area tersebut menjadi beberapa area yang mudah dihitung. Setelah anda selesai melakukannya lakukan pengukuran (bagan 1B). Setelah itu anda dapat menghitung area masing-masing bagian dan menambahnya. Tabel di bawah menunjukkan total area bagan 1A adalah 450,14 m².

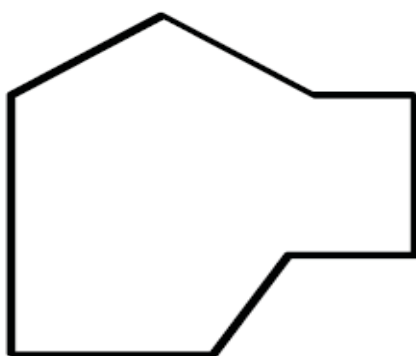


Figure 1A

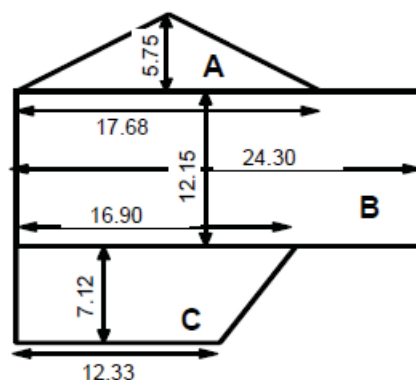
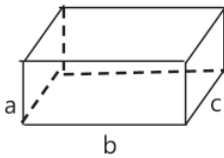
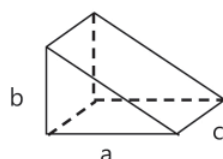
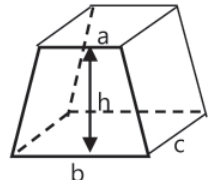
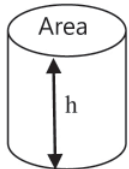


Figure 1B

Penghitungan:

Area Segitiga A	$a \times h / 2 = 17,68\text{m} \times 5,76\text{m} / 2$	=	50,83 m ²
Area Persegi Panjang B	$a \times b = 24,30\text{m} \times 12,15\text{m}$	=	295,25 m ²
Area Trapesium C	$a + b / 2 \times h = 16,90\text{m} + 12,33\text{m} / 2 \times 7,12\text{m}$	=	104,06 m ²
TOTAL Area			450,14 m ²

Menghitung Volume

 Prisma persegi panjang $a \times b \times c = v$	 Prisma segitiga: $\frac{a \times b}{2} \times c = v$
 prisma empat sisi: $\frac{a + b}{2} \times h \times c = v$	 Silinder: area x h $\frac{d^2 \times \pi}{4} \times h = v$

Bobot Berbagai Material

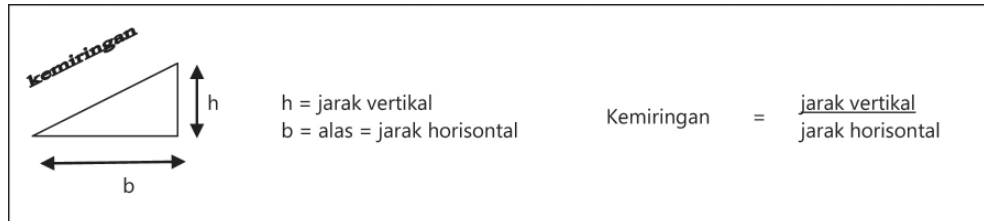
	Kg/m ³		Kg/m ³
Baja dan besi	7800	Batu untuk bangunan (padat)	2500-3000
Aluminium	2700	Batu untuk bangunan (keropos)	2200-2500
Tembaga	8900	Pasir bangunan (lembab alami)	1900-2100
Timah	11.3400	Pasir bangunan (kering)	1800-2000
		Batu kerikil (bersih, tanpa butiran halus)	1500-1800
Kayu	400-800	Tanah kohesih	1800-2000
Kayu keras	700-1000	Tanah liat padat	1800-2000
Aspal	1600-2000	Mortar semen atau kapur	1900-2100
Bitumen	1100	Semen (loose)	1200-1400
		Kapur (loose)	900-1300
Dinding batu semen (dengan mortar)	1800-2000		
Dinding batu kapur (dengan mortar)	1600-2000	Beton dengan penguatan	2300-2500
Dinding bata (dengan mortar)	1300-1500		
Dinding batu (dengan mortar)	2000-2200	Air	1000

Annex 4:

Menghitung Kemiringan

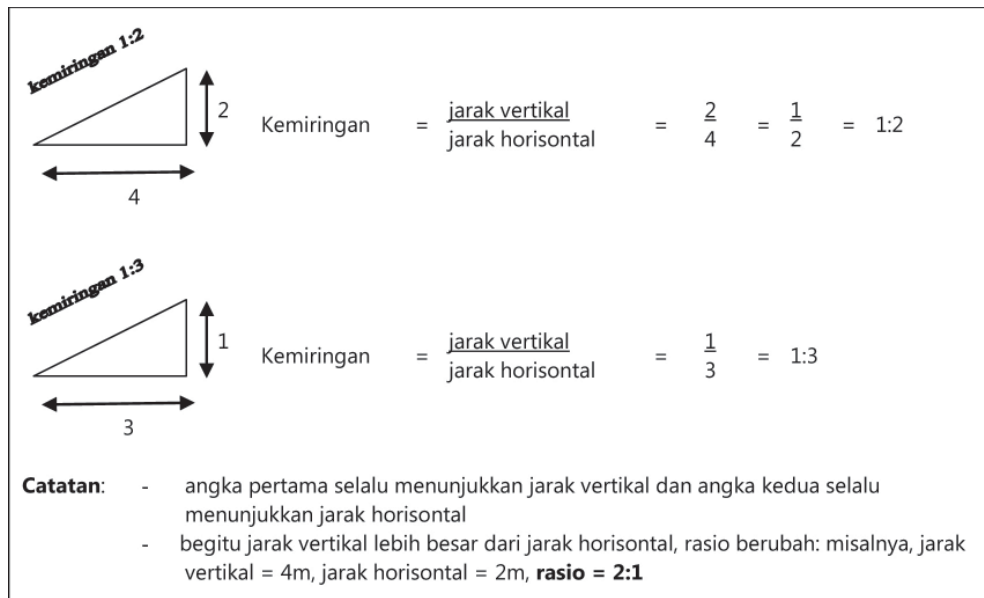
Suatu kemiringan menunjukkan kecuraman sebuah tanjakan atau turunan. Kemiringan bisa dinyatakan sebagai **rasio** atau **persentase**.

Definisi Kemiringan (atau kelandaian)



Kotak di bawah ini menunjukkan bagaimana kemiringan bisa dihitung sebagai rasio.

Menghitung Kemiringan sebagai Rasio



Kemiringan yang ditunjukkan sebagai rasio dapat dinyatakan sebagai persentase dengan membagi bilangan pembilang dengan blangan pembagi dan mengkalikan hasilnya dengan 100%. Kotak di bawah menunjukkan bagaimana melakukan ini.

Menghitung Kemiringan sebagai Persentase

	Kemiringan = $\frac{\text{jarak vertikal} \times 100\%}{\text{jarak horisontal}}$	=	$\frac{2 \times 100\%}{4}$	=	50%
	Kemiringan = $\frac{\text{jarak vertikal} \times 100\%}{\text{jarak horisontal}}$	=	$\frac{1 \times 100\%}{3}$	=	33,33..%

Lampiran 5:

Terminologi, Klasifikasi dan Kesesuaian Tanah

Terminologi Tanah

Menurut ukuran (butiran) partikel; sifat tanah sebagian besar tergantung pada ukuran partikel yang membentuk bagian padat tanah tersebut dan merupakan dasar untuk identifikasi pelbagai tanah yang berbeda.	
Kerikil (Gravel)	Terdiri dari batu berukuran 2 – 60 mm (istilah <i>gravel</i> juga digunakan di dalam terminologi jalan untuk campuran betu, pasir dan tanah liat untuk lapisan permukaan)
Pasir (Sand)	Butiran berukuran 0,06-2mm, tanah pasir kasar hingga halus, kokoh bila lembab
Lumpur (Silt)	Tanah butiran halus berukuran 0,002-0,06 mm, non plastik. Bila kering = lumpur berbentuk tepung sangat halus dan tidak mengotori tangan bila basah.
Tanah liat (Clay)	Tanah sangat halus berukuran 0-0,002 mm, plastik. Bila kering = permukaan retak bongkahan keras dan mengotori tangan bila basah
Tanah Organik (Organic soil)	Tanah yang berisi sisa tanaman, akar, dll. dan berbau khas, berwarna gelap.
Ukuran partikel, lumpur, tanah liat, pasir dan kerikil	
Tanah butiran kasar	Tanah tersebut terdiri dari pasir dan kerikil, dengan sedikit atau tanpa lumpur atau tanah liat
Tanah butiran halus	Utamanya lumpur dan tanah liat
Kohesif	Tanah menggumpal, utamanya lumpur
Non-kohesif	Tanah tidak menggumpal, utamanya pasir dan kerikil
Bergradasi baik	Pelbagai macam ukuran partikel sangat merata (catatan: campuran ukuran partikel berarti tanah tersebut akan lebih mudah menjadi padat)
Bergradasi buruk	Tidak semua ukuran partikel ada di tanah tersebut; terlalu banyak sebagian ukuran dan terlalu sedikit sebagian lainnya
Bergradasi seragam	Tanah dengan kisaran ukuran terbatas, utamanya terkonsentrasi pada satu kategori ukuran
Proporsi bermacam tanah	Misalnya, 10% kerikil, 20% pasir, 50% lumpur dan 20% tanah liat
Plastisitas	Kadar tanah tersebut bisa dibentuk (lumpur sangat plastis)
pembentukan	Membentuk tanah dalam bentuk-bentuk tertentu (misalnya galur-galur)
Stabilitas	Tanah yang stabil adalah tanah yang tidak mudah berubah bentuk
Daya tahan beban	Kemampuan (kekuatan) tanah untuk menahan beban di permukaan (diukur dengan bobot yang dapat dimuat di sebuah area tertentu tanpa penetrasi – atau jumlah penetrasi dengan muatan tertentu di sebuah area tertentu)
kepadatan	Di sebuah tanah yang padat partikel-partikel mengumpul (atau sangat padat)
Kelembaban optimal	Kandungan air memberi pengaruh terbaik terhadap pemadatan
Pemadatan	Proses yang mengumpulkan partikel-partikel (dengan tekanan, tamping dan getaran) dan berakibat meningkatnya kepadatan dan daya tahan beban.
Tingkat perembesan	Kadar air dapat menembus suatu tanah tertentu

Klasifikasi Tanah

Tanah butiran halus	Lumpur dan tanah liat sangat terpengaruh oleh jumlah air yang ada (kelembaban). Dengan meningkatnya kelembaban lumpur dan tanah liat akan: - pertama-tama menjadi plastik = dapat dibentuk - kemudian menjadi cair = mulai mengalir seperti air
Tanah butiran kasar	Pasir dan kerikil terpengaruh hingga tingkat tertentu oleh meningkatnya kelembaban, tetapi tidak terlalu besar
Tanah kombinasi	Tanah yang secara alami merupakan kombinasi tanah butiran kasar dan halus. Baik kelembaban maupun distribusi partikel mempengaruhi sifatnya

Kecocokan Tanah untuk Pekerjaan Jalan

Jenis Tanah	gradasi	Daya Mampat Ketika Dipadatkan	Daya Dukung Beban	Daya tahan terhadap pecah dan rusak	Kecocokan Sebagai Material Jalan
Kerikil dengan sedikit butiran halus	baik	Hampir tidak	Sangat baik	baik	
	buruk	Hampir tidak	Biasa hingga baik	Biasa	Baik
Kerikil dengan banyak butiran halus	Baik dan buruk	ringan	Biasa hingga sangat baik	Biasa hingga baik	Biasa
Pasir dengan sedikit butiran halus	baik	Hampir tidak	Buruk hingga Biasa	baik	Biasa
	buruk	Hampir tidak	Buruk	Buruk	Buruk hingga biasa
Pasir dengan banyak butiran halus	Baik dan buruk	Ringan hingga sedang	Buruk hingga Biasa	Biasa hingga baik	Buruk hingga tidak cocok
Lumpur	-	sedang	Sangat buruk	Sangat buruk	Tidak cocok
Tanah liat	-	tinggi	Sangat buruk	Buruk	Tidak cocok
Organik	-	Sangat tinggi	Sangat buruk	Sangat buruk	Tidak cocok

Lampiran 6:

Otta seal

Deskripsi

Otta Seal adalah lapisan aspal tipis, diaplikasikan sebagai lapisan tunggal atau ganda, yang terdiri dari kerikil bergradasi atau agregat pecahan yang berisi semua ukuran dan aspal gradasi potongan atau penetrasi lunak. Satu lapisan agregat dirol ke aspal menggunakan roller roda pneumatik atau truk bermuatan. Sebuah segel Otta berbeda dengan perawatan permukaan dalam hal bahwa kerikil bergradasi 'serba ada' atau agregat pecahan digunakan sebagai pengganti kepingan berukuran tunggal. segel Otta harus dipertimbangkan ketika hanya kerikil alam yang tersedia, tenaga kerjanya berkualitas yang biasa saja, perkerasan berkapasitas beban rendah diperbolehkan dan kapasitas pemeliharaannya rendah.

Keberhasilan sebuah pekerjaan Otta Seal besar tergantung seberapa efektif pengikat dapat meresap melalui sela-sela agregat pada saat penggilasan dan pemadatan. Karena material halus di dalam agregat, pemadatan roda pneumatik (roller) selama 2-3 hari atau lebih lama, diperlukan untuk melapisi semua partikel. Bukti menunjukkan bahwa Otta Seal yang dibangun dengan metode penanaman konvensional menunjukkan segel Otta memuaskan selama lebih dari 12 tahun di jalan-jalan yang menahan beban hingga 300 kendaraan per hari. Pengikat dan desain agregat harus diperiksa dan harus ditetapkan melalui uji coba. Uji coba yang tidak memadai dapat memberikan hasil yang buruk dan hilangnya kepercayaan terhadap teknik konstruksi. Berbagai sumber dan jenis agregat dapat digunakan.

Aspek Desain

Gradasi agregat didasarkan pada perkiraan kepadatan lalu lintas. Untuk jalan yang dilalui lalu lintas ringan (kurang dari 100 kendaraan per hari), harus dipilih gradasi 'kasar'. Gradasi 'padat' haruslah diaplikasikan untuk jalan yang dilintasi lebih dari 100 kendaraan per hari. Jumlah material halus ($<0,075$ mm) harus tidak melebihi 10%. Tingkat sebaran agregat yang direkomendasikan diberikan di tabel di bawah ini.

Tingkat sebaran agregat yang direkomendasikan untuk Segel Otta

Tingkat sebaran agregat m ³ /m ²		
Gradasi padat	Gradasi sedang	Gradasi kasar
0,016 – 0,020	0,013 – 0,016	0,013 – 0,016

Tabel di bawah menunjukkan pengikat yang direkomendasikan untuk Segel Otta dengan gradasi agregat berbeda dan untuk level lalu lintas berbeda.

Pengikat yang Direkomendasikan untuk Segel Otta dengan Gradasi Agregat dan Level Lalu Lintas Berbeda

Rata-rata Lalu-lintas per hari dalam setahun	Gradasi agregat		
	Padat	Sedang	Kasar
Lebih dari 1000	MC 3000 MC 800 di bawah 15°C	150/200 pen	Tidak cocok untuk Segel Otta
100 – 1000	MC 3000 MC 800 di bawah 15°C	150/200 pen.	150/200 pen.
Kurang dari 100	MC 800	MC 3000	150/200 pen.

Tingkat semprotan harus dipilih melalui uji coba jalan. Kisaran tingkat semprotan untuk pelbagai tingkat lalu lintas kira-kira sebagai berikut:

- ⊙ Rata-rata lalu lintas dalam sehari per tahun <100, maka 1,8-2,2 l/m²
- ⊙ Rata-rata lalu lintas dalam sehari per tahun 100-500, maka 1,8-2,0 l/m²
- ⊙ Rata-rata lalu lintas dalam sehari per tahun > 500, maka 1,6-1,8 l/m²

Hasil terbaik dicapai dengan menyemprotkan aspal pengikat dengan sebuah aspal destilator yang bergerak sendiri atau ditarik oleh traktor. Namun, aplikasi dengan alat sederhana dapat dilakukan, dengan penuh ketrampilan, dapat mencapai hasil yang memuaskan pada pekerjaan berskala kecil.

Aspek Konstruksi

Karena bermacam-macamnya material yang mungkin digunakan dan sifat empiris jenis pelapisan ini maka sangat penting dilakukan uji coba pra-konstruksi. Sebuah segel Otta, seperti jenis segel aspal lainnya, tidak akan menambah kekuatan struktur jalan dan oleh karena itu permukaan yang akan dirawat sebelumnya harus sudah dipersiapkan untuk menahan tingkat lalu lintas yang direncanakan. Persiapan dasar jalan mungkin mencakup pemberian kerikil ulang, pembentukan ulang dan dan pemadatan.

Sesaat sebelum pembangunan pelapisan Otta, dasar jalan harus disapu bebas dari pasir dan debu yang berlebihan, lumpur atau material lain yang mungkin menghambat ikatan antara pelapisan dan dasar jalan. Pelapisan dasar terhadap dasar jalan dengan material non-gamping biasanya tidak diperlukan. Material bergamping memerlukan pelapisan dasar karena kemampuannya menyerap aspal dalam jumlah tinggi. MC 30 atau MC 70 biasanya digunakan untuk priming dan diaplikasikan pada tingkat semprot antara 0,8 dan 1,2 l/m².

Timbunan agregat harus diperiksa untuk melihat apakah diperlukan pengayakan untuk menghilangkan butiran yang terlalu halus atau partikel yang berukuran terlalu besar. Jika agregat akan disebarkan oleh tangan maka timbunan kecil harus ditempatkan dalam jumlah yang cukup pada kedua sisi jalan yang akan dirawat kira-

kira setiap 10 meter. Agregat harus ditempatkan agar tidak mengganggu pelaksanaan penyemprotan bahan pengikat.

Panjang minimal 100 meter pada lebar penyegelan penuh harus dilakukan dalam satu angkatan sehingga penutupan segera dengan agregat dan kegiatan pengerolan dapat dimulai dalam waktu 10 menit setelah bahan pengikat aspal dipaliskasikan. Jika terdapat titik-titik "berlemak", titik-titik ini harus ditutup dengan lebih banyak agregat dan dirol. Direkomendasikan mengaplikasikan sedikit lebih banyak agregat dari pada yang diperlukan secara ketat untuk menjamin penutupan yang tepat. Kelebihan ini harus disapu sekitar seminggu setelah selesai. Tidak semua agregat longgar tersebut harus disapu karena agregat ini berperan penting dalam membentuk permukaan akhir.

Segera setelah penghamparan agregat, pengerolan akan dimulai (sebaiknya dalam waktu 1 - menit setelah penyemprotan bahan pengikat) dengan roller roda pneumatik untuk menanamkan kepingan dalam pengikat aspal. Consecutive roller passes pada umumnya akan tumpang tindih sekira satu setengah lebar roller. Ketika pengerolan awal dengan roller pneumatik selesai, lalu lintas komersial dapat diizinkan di area permukaan tersebut. Kecepatan lalu lintas untuk sementara akan diturunkan menjadi 30-40 km/jam dalam jangka waktu sebulan untuk menghindari kerusakan pada material penutup agregat. Perlunya pengerolan ekstensif dengan roller pneumatik selama dua hingga tiga hari atau lebih setelah konstruksi merupakan KEHARUSAN MUTLAK. Tindakan pengerolan menjamin bahwa pengikat terdorong ke atas, menutup agregat, dan dengan demikian memulai proses tersebut, (yang dilanjutkan dengan pengangkutan berikutnya) untuk membentuk pra-campur seperti penampilan ke permukaan.

Kegiatan-kegiatan berikut ini harus dilakukan di dalam konstruksi penyegelan Otta:

1. Tandai area yang akan dipasang. Ini akan menjamin penempatan pengikat secara tepat dan tidak ada penyemprotan yang berlebihan di area sekitarnya.
2. Adakan kontrol untuk mencegah lalu lintas masuk di dalam area konstruksi.
3. Isilah distributor dengan bahan pengikat yang cukup untuk seluruh area kerja tersebut dan berada pada suhu penyemprotan yang benar.
4. Taruhlah potongan-potongan kertas atau material lain melintasi jalan di awal dan ujung bagian yang akan disemprot.
5. Periksa apakah kecepatan distributor akan dijalankan akan memberikan tingkat penyemprotan bahan pengikat yang diperlukan.
6. Periksa bahwa agregat dipasang dengan benar dan pekerja telah siap untuk menyebarkan agregat tersebut.
7. Periksa bahwa peralatan untuk pengerolan telah ada dan siap untuk pengerolan.
8. Disarankan bahwa distributor membuat semprotan sejauh 100 meter untuk memungkinkan segera dilakukannya penutupan pengikat dengan agregat. Perataan dan pemadatan menggunakan roller (rolling) akan dapat dimulai dalam 10 menit terhadap pengikat yang diaplikasikan.
9. Penghamparan agregat harus dimulai segera setelah penyemprotan dimulai. Pengikat harus ditutupi dengan agregat sesegera mungkin.

10. Periksa bahwa tidak ada area yang masih belum tertutup atau terlalu sedikit agregat dihamparkan. Sapu tarik yang ditarik secara manual dapat membantu menjamin distribusi yang rata sebelum pengerolan dimulai.
11. Sebaiknya digunakan roller roda pneumatik 12 ton untuk pengerolan. Truk bermuatan juga dapat digunakan sebagai alternatif. Bagian jalan yang dirawat tersebut bisa dibuka untuk lalu lintas setelah 3 kali lewatan roller kecuali pada hari pembangunan, permukaan yang dirawat harus mendapatkan minimal 15 kali lewatan.
12. Lalu Lintas harus dibatasi pada kecepatan hingga 30 km/jam selama 2-3 minggu setelah pembangunan untuk meminimalkan risiko lepasnya agregat yang terlempar ke udara.
13. Selama periode awal ini, agregat yang telah terlepas oleh lalu lintas harus disapu kembali ke lintasan roda. Setelah 2-3 minggu agregat yang terlepas harus disapu dan pembatasan kecepatan dapat dicabut.
14. Jika lapisan kedua akan dibangun untuk membuat pelapisan Otta ganda, maka minimal harus melewati 2-3 bulan sebelum pembangunan dilakukan.

Spesifikasi

Pekerjaan tersebut terdiri dari satu atau dua aplikasi material beraspal secara cermat dan agregat penutup di atas permukaan base course yang dibersihkan dan dipersiapkan dengan benar. Bila diletakkan satu aplikasi material beraspal dan agregat penutup, disebut dengan istilah "Pelapisan Otta Tunggal". Bila diletakkan dua aplikasi material beraspal dan agregat penutup, disebut dengan istilah "Pelapisan Otta Ganda".

Pengikat beraspal untuk pelapisan Otta haruslah produk potongan 180/200 aspal gradasi penetrasi. Bahan bakar parafin dan Oli Mesin (kelas SAE 30) dicampur sebagai pemotong dengan proporsi masing-masing 10% dan 8% sebagai persentase dari total volume pada temperatur campuran aspal (minimal 140° C) atau dengan 5% hingga 8% minyak tanah sebagai alternatif jika disetujui oleh sang Insinyur. Bahan pengikat yang panas diaplikasikan pada tingkat 1,6-2,2 liter per meter persegi, tergantung pada rata-rata harian lalu lintas dan gradasi agregat.

Baik kerikil alam maupun kerikil olahan atau campuran keduanya bisa digunakan. Ukuran maksimum batu haruslah 16-19mm. Penyaringan agregat harus diharuskan untuk menghilangkan batu dengan ukuran lebih serta kelebihan material halus. Gradasi agregat ditunjukkan di tabel di bawah ini.

Gradasi agregat yang direkomendasikan untuk Pelapisan Otta

Ukuran ayakan (mm)	Melalui ayakan (% menurut massa)	
	Bergradasi Padat	Bergradasi Kasar
19	100	100
16	79-100	77-100
12	61-100	59-100
9,5	42-100	40-85
4,75	19-68	17-46
2,36	8-51	1-20
1,18	6-40	01-10
0,600	3-30	0-3
0,300	2-21	0-2
0,150	1-16	0-1
75 micron	0-10	0-1

Untuk lalu lintas ringan (kurang dari 100 kendaraan per hari), gradasi harus berada dalam sisi yang lebih kasar dan di sisi lebih halus digunakan untuk kondisi lebih dari 100 kendaraan per hari. Untuk jalan yang menahan beban lebih dari 200 kendaraan per hari, campuran agregat pecahan dan utuh dengan perbandingan 30/70% adalah lebih baik.

Untuk menyiapkan pengikat, langkah pertama adalah menuangkan aspal pentrasi 180/200 dari drum ke dalam alat pemanas aspal. Jika terdapat air di dalam drum maka air tersebut perlu dibuang sebelum menuangkan aspal ke dalam pemasak aspal. pemasak aspal tersebut harus dilengkapi dengan gas atau pembakar parafin/minyak solar dan termometer untuk mengontrol pemanasan aspal yang berlebihan. Tingkat aspal di dalam distributor harus dijaga minimal 150 mm. Penambahan pemotong (bahan bakar parafin) dan oli mesin atau minyak tanah dalam jumlah yang benar harus mengikuti prosedur yang sama seperti untuk aspal. Bahan bakar parafin harus ditambahkan pertama kemudian diikuti oleh oli mesin.

Suhu maksimum aspal (penetrasi 180/200) selama proses pencampuran tidak boleh melebihi 140° C. Untuk menjamin campuran homogen komponen tersebut, campuran tersebut harus diputar selama minimal satu jam. 15 menit terakhir sebelum penyemprotan, campuran tersebut juga harus diputar melalui batang semprotan. Selama waktu perputaran, pengikat dipanaskan hingga suhu penyemprotan dibutuhkan minimal 150° C dan maksimal 155° C. Campuran pengikat tersebut tidak boleh tetap dalam temperatur di dalam kisaran penyemprotan dalam jangka waktu lebih dari 10 (sepuluh) jam.

Sebelum memulai penyegehan, timbunan agregat harus diperiksa untuk menjamin bahwa timbunan tersebut bebas dari material berukuran lebih dan material halus yang berlebihan. Penghamparan agregat dapat dilakukan secara manual. Penimbunan agregat di sepanjang pinggir jalan harus direncanakan secara cermat guna untuk memiliki volume agregat yang cukup agregat untuk pelaksanaan penyegehan. Timbunan agregat harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga timbunan tersebut tidak mengganggu pelaksanaan penyemprotan.

Area yang akan disemprot harus dirancang dengan garis benang. Sebelum penyemprotan, seluruh rancangan yang diperlukan untuk penyegelan harus dipastikan. Pelapisan dasar tidak diperlukan untuk Pelapisan Otta. Tingkat aplikasi pengikat haruslah 1,6-2,2 liter/m². Penyemprotan air ringan mungkin diperlukan untuk menghasilkan ikatan yang bagus antara dasar dan pelapisan. Penghamparan agregat untuk Pelapisan Otta tidak memerlukan peralatan mekanik apapun. Penghamparan agregat @1,3 hingga 2,0 m³ per 100 m² permukaan jalan harus dimulai segera setelah penyemprotan pengikat. Sangat penting bahwa pengikat harus ditutup dengan agregat sesegera mungkin. Tidak dibenarkan melakukan penyemprotan pengikat di permukaan basah, bila diperkirakan akan hujan atau selama terjadi angin kencang.

Pengawasan ketat diperlukan selama penghamparan agregat untuk menjamin bahwa tidak ada area yang masih mendapatkan agregat terlalu sedikit atau tanpa agregat sama sekali. Setiap titik demikian harus segera ditutup dengan agregat. Sapu tarik harus ditarik secara manual untuk mendistribusikan agregat secara lebih merata sebelum pengerolan dilakukan.

Pencampuran aspal potongan di lokasi bisa jadi berbahaya. Tindakan pencegahan yang tepat harus dilakukan untuk melindungi personil yang menangani pekerjaan tersebut terhadap api dan semprotan aspal panas. Personil harus dilindungi dengan baju, sepatu, topi, sarung tangan dan kacamata keselamatan.

Peralatan dan perlengkapan yang diperlukan untuk produksi, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan pelapisan aspal harus dalam keadaan baik dan memiliki kapasitas yang memadai untuk menjamin pekerjaan tersebut dilakukan dengan cara yang ditentukan. Peralatan dan peralatan yang diperlukan meliputi:

- Distributor aspal semprotan bermotor atau manual dengan batang semprotan.
- Pemanas aspal dengan kendali suhu.
- Roller roda baja dan Roller roda pneumatik
- gerobak, sapu, sekop, garu dan kecap

Pemadatan harus dilakukan dengan roller dengan ukuran dan bobot yang memadai secara cukup untuk mencapai pemadatan dan lapisan permukaan yang diperlukan. Melalui uji coba perlu didemonstrasikan kemampuan peralatan pemadatan dalam menghasilkan pelapisan aspal dengan ketentuan tertentu.

Aspek Kendali Mutu

Kendali mutu mencakup uji coba pra-konstruksi. Selama uji coba ini kadar pengikat dan semprotan agregat optimal harus ditetapkan. Uji dan pemeriksaan kendali mutu lain yang perlu dilakukan, meliputi:

- Periksa lokasi sebelum membawa Agregat dan material beraspal dan hilangkan material lepas yang mungkin mencemari agregat.
- Timbunlah agregat bergradasi campuran di tempat penimbunan dan periksalah bahwa agregat tersebut telah sesuai dengan spesifikasi gradasi yang ditentukan.
- Periksa drum aspal untuk menentukan apakah aspal yang dikirim adalah kelas penetrasi yang telah ditentukan dan disetujui.

- ➡ Buatlah catatan di lokasi mengenai suhu di semua tangki yang digunakan untuk memanaskan aspal dan. Catatlah suhu setiap 30 menit.
- ➡ Buatlah catatan di buku lokasi mengenai konsumsi harian pengikat dan agregat untuk area yang dicakup pada hari itu.
- ➡ Periksalah bahwa agregat di tempat penimbunan sesuai dengan spesifikasi.
- ➡ Periksalah bahwa area jalan yang hendak dirawat telah ditandai dengan jelas untuk menjamin benarnya penempatan dan pencatatan pengikat dan agregat.
- ➡ Distributor pengikat harus diisi dengan pengikat yang cukup untuk menyelesaikan pekerjaan yang telah direncanakan dan berada pada suhu yang tepat untuk penyemprotan.
- ➡ Periksalah bahwa agregat telah ditempatkan pada rentang jarak yang benar dan pekerja telah siap untuk menghamparkan agregat setelah distribusi pengikat.
- ➡ Periksalah bahwa pengikat disemprotkan pada tingkat semprotan pengikat yang telah digariskan di area tertentu dan membuat penyesuaian yang diperlukan bersama-sama dengan operator penyemprotan.
- ➡ Periksalah bahwa tidak ada area yang masih belum tertutup dan agregat tidak tersisa di timbunan.
- ➡ Pada hari pertama pembangunan, permukaan yang dirawat harus menerima minimal 15 kali lewatan dengan roller pneumatik. Rol pelapisan Otta hingga aspal dapat dilihat mendorong ke atas di antara partikel agregat. Batasi kecepatan lalu lintas hingga 30 km/jam selama 2 minggu setelah konstruksi.

Lampiran 7:

Campuran dingin

Deskripsi

Sementara aspal perlu dipanasi hingga suhu tertentu bila menggunakan aspal dalam aspal gradasi perkerasan konvensional (teknologi campuran panas), ini tidak diperlukan bila menggunakan emulsi aspal (teknologi campuran dingin).

Di emulsi aspal, bahan pelarut kimia yang digunakan di dalam aplikasi aspal campuran panas, diganti dengan air sebagai pelarut. Aspal disebarkan di air yang, dengan bantuan bahan emulsator, menghasilkan perekat dengan daya rekat yang bisa berfungsi. Setelah diaplikasikan ke permukaan jalan atau dicampur dengan agregat, airnya menguap, menyisakan lapisan aspal pada daya rekat aslinya. Penggunaan campuran dingin memiliki banyak keuntungan dibanding campuran panas:

- Campuran dingin dapat diaplikasikan di bawah segala kondisi cuaca, juga ketika hujan;
- Karena tidak diperlukan pemanasan, campuran dingin jauh lebih ramah lingkungan dibanding campuran panas karena tidak ada sumber energi alam langka yang harus digunakan untuk pemanasan;
- Teknologi campuran dingin tidak terlalu rumit dibanding teknologi campuran panas dan dengan demikian membuatnya jauh lebih baik untuk aplikasi metode kerja berbasis pekerja dan dapat menciptakan lapangan pekerjaan jauh lebih banyak dari pada bila menggunakan teknologi campuran panas;



Gambar 35: Campuran dingin tidak memerlukan pemanasan aspal

- Campuran dingin dapat dengan relatif mudah dipersiapkan di lokasi oleh pekerja lokal;
- Aplikasi campuran dingin jauh lebih dipilih dari sudut pandang kesehatan karena pekerja tidak rawan terhadap asap beracun, sebagaimana bila teknologi campuran panas digunakan di dalam operasi berbasis pekerja;
- Campuran dingin juga lebih aman untuk digunakan bekerja bagi pekerja karena tidak dibutuhkan pemanasan;
- Karena campuran dingin tidak memerlukan pemanasan, masalah kendali mutu terkait dengan menjaga suhu yang tepat, sebagaimana dalam kasus campuran panas, tidak harus ditangani;
- Campuran dingin berdaya saing dalam hal biaya dengan campuran panas dan dalam hal mutu sebanding dengan campuran panas;
- Lalu lintas dapat diperbolehkan dengan sangat cepat setelah pelapisan dengan campuran dingin. Ini tidak terjadi dengan campuran panas.
- Operasi dapat dilakukan berbarengan dengan selesainya lapis pondasi atas dan dengan demikian menghilangkan bahaya kerusakan pada lapis pondasi atas sebelum dilapisi;
- Pencampuran dan penghamparan aspal campuran dingin dapat dikontrol dengan ketat dan dengan demikian menjamin seragam dan tingginya mutu hasil akhir;
- Aspal campuran dingin memberi permukaan yang lebih baik untuk berkendara. Kesalahan kecil di lapis pondasi atas diimbangi dengan sedikit variasi dalam ketebalan aspal;
- Ketebalan aspal dapat dengan mudah dibuat bervariasi dengan menggunakan rel pengarah berbeda;
- Campuran dingin dapat juga dengan mudah diaplikasikan untuk menambal lobang di jalan beraspal.
- Cold mix can also be applied easily for patching potholes in sealed roads.

Aspek Konstruksi

Untuk pencampuran dan penghamparan, direkomendasikan agar dipersiapkan campuran percobaan dan dibangun bagian percobaan untuk memastikan “kesesuaian” campuran tersebut. Sangat penting bahwa proses pengadukan, pencampuran, pelepasan, pengangkutan, penempatan dan penghamparan aspal dikontrol dengan benar dan dilaksanakan secara efisien untuk menjamin bahwa proses tersebut telah selesai sebelum emulsi rusak. Begitu emulsi rusak maka akan sulit untuk menempatkan dan menghamparkannya. Karena alasan ini, direkomendasikan bahwa campuran dibatasi hingga 100 liter dan lebar bagian yang akan dihampari tidak boleh melebihi 1 – 1,5 meter. (Upayakan memasang rel pengarah sehingga campuran tersebut tidak jatuh di “jalan roda”).

Langkah-langkah pencampuran dan penghamparan adalah (setelah aplikasi lapisan pelek; untuk lapisan perekat sekira 0,6-0,7 liter/m² akan dibutuhkan):

1. Ukurlah jumlah agregat yang dibutuhkan dan masukkan ke dalam mesin pengaduk. Tempatkan mesin pengaduk dekat dengan lokasi (dalam 100-200 m) di mana campuran tersebut akan digunakan (pencampuran perlu dilakukan sangat cepat);
2. Tambahkan air. Sekira 1-2% air untuk kepadatan kering agregat normalnya cukup. Campurkan secara menyeluruh sebelum ditambahkan emulsi. Jumlah air dapat dinaikkan di cuaca panas dan kering dan diturunkan jika agregatnya basah.
3. Tuangkan jumlah tepat emulsi yang telah ditentukan dari drum ke dalam kantong ukuran, kemudian tuangkan perlahan ke dalam mesin pengaduk sembari mesin tersebut berputar pelan. Drum mesin pengaduk haruslah berada pada sudut sekira 45° dan harus diisi hingga 1/3. Proses pencampuran berjalan cepat dan setelah ± 2 menit campuran tersebut siap dituang di jalan. Sang insinyur harus menginformasikan emulsi apa yang harus digunakan dan berapa kuantitasnya¹;
4. Tuangkan campuran tersebut ke dalam kantong roda (sekira setengah) dan angkutlah ke bagian yang hendak dilapisi.
5. Taruhlah campuran dalam jumlah kecil dalam jarak reguler di depan penghampar, kemudian sebar dengan sekop dan sapu hingga level kira-kira dan dengan cepat hamparkan melawan rel pengarah. Jika timbunan di depan penghampar terlalu besar, penghamparan akan sulit.

Rel pengarah dengan tinggi 20 mm akan memberi ketebalan aspal terakhir ± 14 mm. Rel pengarah tersebut harus memiliki lobang untuk menancapkannya ke lapis pondasi atas sehingga tidak bergeser selama penghamparan. Tabung kotak 20 mm dengan dilas bisa juga digunakan tetapi ini cenderung sedikit terlalu fleksibel dan akan mengikuti setiap ketidakrataan di lapis pondasi atas bila ditancapkan. Saat melapiskan aspal di jalur sebelahnya, sebuah batang rata 6 mm diletakkan mendatar di tepi aspal yang sebelumnya dipadatkan untuk menjamin keterikatan saat aspal baru dipadatkan.

Bila emulsi rusak dan dipasang, aspal yang basah harus dipadatkan. Untuk ini, sebuah roller getar 3-5 ton bisa digunakan. Kecepatan pemadatan haruslah sekira 4-5 km/jam. Normalnya 6-8 lewatan akan cukup. Dua lewatan pertama haruslah dibuat tanpa getaran, sisanya dengan getaran. Alasan menggunakan getaran adalah untuk menghindari adanya udara yang "tersegel" sehingga membuat tidak didapatkannya kepadatan aspal maksimal. Drum roller harus dibasahi untuk menghindari pelapisan melekat ke drum.

Gambar-gambar yang menunjukkan beberapa bagian proses konstruksi laying aspal campuran dingin ditunjukkan di halaman berikutnya.

1 Emulsi aspal tipe 65% CMS bisa menjadi contoh untuk dipertimbangkan. Biasanya sekira 8,5 – 9,5% dari total campuran haruslah emulsi aspal.



Gambar 36: Spreading aggregates for base-course using steel shutters for form work



Gambar 37: Compaction of base-course for cold mix sealing



Gambar 38: Measuring aggregates for mixing cold mix



Gambar 39: Pengadukan campuran dingin



Gambar 40: Penghamparan dan penyaringan campuran dingin



Gambar 41: Pemadatan campuran dingin



Gambar 42: Potongan jalan selesai dibangun

Lampiran 8:

Perkerasan Blok Batu dan Blok Beton

Deskripsi

Perkerasan blok batu atau blok beton cocok untuk jalan akses pedesaan kendaraan bermuatan sedang dan volume lalu lintas kurang dari 500 kendaraan per hari. Bisa dipertimbangkan apakah jenis perkerasan lain kemungkinan lebih mudah terkikis, lebih mahal, atau bila tidak memungkinkan dilakukannya perawatan. Karena jalan perkerasan dengan blok batu atau blok beton merupakan teknik yang sangat sederhana, itu juga dapat dilakukan dengan relatif mudah, dibanding jenis perkerasan lain. Produksi batu olahan dan blok beton dapat dilakukan sepanjang tahun dan dapat memberi pekerjaan ke banyak orang.

Satu keuntungan penting perkerasan batu atau beton adalah bahwa perkerasan tersebut hampir bebas perawatan. Ini berarti bahwa blok-blok tersebut selalu bisa dipasang lagi jika diperlukan dan tidak dibutuhkan blok tambahan. Perkerasan blok juga praktis di daerah perkotaan di mana terkadang diperlukan menggali parit melintasi jalan untuk meletakkan pipa dan kabel. Ini dapat dengan mudah dilakukan dalam hal perkerasan blok.

Metode Konstruksi

Permukaan jalan dan tanggul dipersiapkan hingga level sub-grade (penggalian kotak) dengan lengkungan yang diperlukan. Saluran penyalang di kedua sisi jalan sub-grade. Sebuah lapisan dasar beralas pasir dibangun dengan menyebar pasir kasar dan sangat kering dengan menggunakan sekop. Lapisan ini perlu diiri dan dipadatkan dengan menggunakan roller kecil untuk jalan biasa.

Batu tepi diletakkan di sepanjang tepi jalan galian kotak. Blok batu yang dibentuk atau blok beton diletakkan diantara batuan tepi dan dipak bersama menggunakan palu kayu (karet) dan diletakkan dengan tepat. Rongga diantara batu-batu tersebut diisi dengan campuran tanah pasir dan kerikil. Permukaannya diiri dan dipadatkan menggunakan roller yang lebih ringan atau pelat pemadat. Perkerasan yang telah selesai dirol dengan roller statis berat untuk menjamin bahwa semua batu seluruhnya terkunci di tempatnya dan untuk memberikan permukaan jalan yang lembut.

Jika digunakan blok beton, ini bisa berupa blok beton cetakan yang saling mengikat atau tidak saling mengikat. Blok-blok tersebut sangat populer karena membuat perkerasan yang tahan lama dan kurang membutuhkan perawatan. Perkerasan blok digunakan untuk kondisi lalu lintas ringan, sedang, berat dan bahkan sangat berat di seluruh dunia.

blok beton dapat dengan mudah diproduksi secara lokal dengan menggunakan mesin stasioner semi mekanis portabel yang memberikan getaran optimal dalam pencampuran, sehingga rasio semen yang digunakan dapat dikurangi secara substansial tanpa mengorbankan kekuatan blok. Mesin semacam itu juga membuat

campuran tersebut padat blok yang dihasilkan berukuran seragam dan mencapai wujud fisik yang diinginkan. Blok harus dirawat selama 28 hari sebelum digunakan. Untuk lalu lintas kendaraan ketebalan blok harus sekira 50-60 cm. Blok perlu ditempatkan pada lapisan drainase sub-base 20-25cm dan base 25cm.

Di bagian atas lapisan sub-grade, ditaruh pasir kasar 5 cm dan diratakan. Ini dapat dilakukan dengan papan penghampar dan rel pemnghampar yang diletakkan di kedua sisinya. Rel penghampar dapat dibuat dari pipa air dari baja dan tidak boleh terlalu ringan atau fleksibel karena akan berdampak negatif terhadap kualitas penghamparan. Pasir ditaruh diantara rel dan dihamparkan dengan menggunakan papan penghampar. Rel dicabut dan cetakkannya dengan cermat diisi dengan pasir. Berjalan di atas permukaan pasir yang dihamparkan sebelum meletakkan blok paving batu bagaimanapun juga harus dicegah, karena akan merusak permukaan dan level yang telah dibuat dengan sangat cermat.

Untuk meningkatkan kekuatan (dan daya ikat) perkerasan blok (beton), tepian perkerasan dibatasi dengan pemasangan batu tepis (hingga ketinggian level desain perkerasan yang telah selesai). Batu tepis harus dipasang sebelum meletakkan blok. Blok biasanya diletakkan dalam sebuah pola dengan celah sambungan 2-3 mm untuk memungkinkan diisikannya material pasir ayakan. Permukaan blok dipadatkan menggunakan pelat pemadat.

Spesifikasi Permukaan Blok Beton

Permukaan blok beton terdiri dari blok beton pra-cetak di atas lapisan pasir setebal 50 mm di sub-base dan sub-grade. Sub-grade terdiri dari material butiran yang disetujui dan dipadatkan dengan baik. Material Sub-base haruslah pecahan batu atau material keras serupa atau kerikil alami yang bersih dan bebas dari bahan organik, bola tanah liat dan bahan-bahan yang merusak lainnya. Bahan untuk sub-base harus memenuhi gradasi berikut:

Gradasi untuk material sub-base

Ukuran ayakan (mm)	Persentase menurut lewatan bobot menurun
75	100
37.5	85-100
10	40-70
5	25-45
0.600	8-22
0.075	0-10

Material Sub-base dihamparkan merata dan dipadatkan dalam lapisan yang tidak melebihi ketebalan padat 200 mm. Setelah ini dilakukan kemudian diletakkanlah batu tepi. Langkah selanjutnya adalah meletakkan blok. Profil jalan pasangan (blok) sebelum pemadatan haruslah sama dengan profil permukaan yang telah selesai. Blok harus dipasang hingga suatu level yang memperhitungkan pemadatan yang terjadi selama penggetaran blok-blok tersebut.

Pemasangan blok biasanya dilakukan pada sudut terhadap sumbu perkerasan utama, dimulai di salah satu ujung area tersebut. Blok-blok pengikat dipasang dengan pola saling silang (*herringbone*) dengan sudut 45° ke sumbu perkerasan utama atau pola lainnya, yang disetujui atau diarahkan. Blok diletakkan di atas lapisan pasir sehingga blok yang telah diletakkan tidak bergeser. Blok-blok tersebut dipasang secara pas dengan lebar sendi di antara blok 2-3 mm. Blok tepi khusus atau blok potong digunakan di semua tepi perkerasan blok tersebut. Beton in-situ tidak boleh digunakan untuk dibuat hingga batas tepi.

Blok dipadatkan dengan pelat penggetar (dengan luas plat 0,2 sampai 0,3 m²) sebagai setiap area sekitar 20 m² diletakkan. Vibrator tidak boleh digunakan dalam 1m dari tepi tak terbatas. Dua kali lewat pelat penggetar tersebut harus dilakukan dalam dua arah pada 90° satu sama lain. Sendi harus diisi dengan menyemprotkan pasir kering dengan ukuran partikel hingga 2 mm. Pembasmi gulma harus dicampur dengan kualitas residual dengan pasir yang digunakan untuk menutup sambungan. Setelah pasir disemprotkan, pelat penggetar dijalankan di masing-masing arah.

Begitu pekerjaan selesai, periksalah bahwa tingkat setiap dua blok yang berdekatan berbeda tidak lebih dari 2mm dan bahwa penampang aktual sesuai dengan desain penampang.

Perawatan

Stone paved roads require less maintenance than other pavements. A block paved surface provides a relatively maintenance free overlay if properly designed and constructed. However the joint gaps need routinely filling with fine sand. If service utilities like water pipes and cables are to cross the pavement the block pavements can easily be removed and the same stones replaced.

If localized pavement failure occurs, the blocks and the sand cushion beneath can be removed. Damaged sub-grade soils should be replaced with new material and compacted. The cause leading to the damage, normally water and saturated sub-grade, should be identified and rectified.

Lampiran 9:

Telford

Telford dapat digunakan sebagai perkerasan atau sebagai pondasi lapis perkerasan. Telford dapat diaplikasikan bila sub-grade lemah dan bila diperlukan menaikkan dan memasang dasar yang kokoh. Telford terdiri dari lapisan bawah berupa batu besar (15-25 cm) yang diletakkan secara rapat dan vertikal di hamparan pasir. Rongga diantara batu-batu tersebut diisi dengan batu lebih kecil 5-7 cm dan rongga yang masih ada kemudian diisi dengan agregat 2-3 cm. Pemadatan biasanya dilakukan dengan roller roda baja bergetar seberat 6-8 ton atau yang setara.

Telford digunakan untuk memperkuat sub-base (lapis pondasi bawah) ataupun base (lapis pondasi atas) di bagian-bagian yang lemah. Telford dibangun sebagai lapisan rapat dan padat yang terdiri dari batu berukuran sedang yang diletakkan di atas lapisan pasir dan diikat dengan batu lebih kecil dan agregat. Telford sepenuhnya dibangun dengan tangan, dan menciptakan sub-base kuat yang menjamin permukaan yang baik untuk lapisan base course.

Material yang digunakan untuk sub-base Telford adalah material umum dan biasanya dapat ditemukan secara lokal. Material berbeda harus ditata dengan baik saat pengangkutan ke lokasi sebagai pasokan material campuran yang akan membuat penataan batu-batu sangat sulit (karena akan memerlukan pemilahan di lokasi). Saat menyediakan material ke lokasi, pertimbangan logistik dan teknis harus dipertimbangkan untuk memungkinkan lancar dan efisiennya pelaksanaan pekerjaan. Dalam kasus jalan buntu misalnya, organisasi pekerjaan berbeda diperlukan dibanding dalam kasus jalan memutar. Dalam kasus jalan buntu pekerjaan harus dimulai dari ujung buntu karena truk pengiriman hanya dapat masuk dari satu arah, sehingga menimbulkan kurangnya fleksibilitas produksi.



Gambar 43: Jalan telford sedang dibangun

Juga sangat penting bahwa aktivitas perencanaan dilakukan dengan sangat cermat, yang menjamin bahwa base Telford dibuat dalam ukuran yang benar. Sebuah lengkungan yang tepat, seperti yang ditentukan, juga perlu dipertahankan selama masa pembangunan. Jika hal ini diabaikan, akan lebih sulit untuk membentuk base course dan lengkungan dengan ukuran yang diperlukan dan ini akan berdampak negatif pada kualitas. Perencanaan yang sangat cermat perlu dipastikan dipastikan dan penempatan lapisan batu dan agregat perlu diawasi ketat. Saat merencanakan, garis tepi harus dirancang terlebih dahulu, kemudian garis tengah dan garis diagonal.

Kegiatan menempatkan dapat dimulai bila langkah persiapan dilakukan. Hamparkan pasir diantara garis tepi di lapisan tebal 10 cm. Mulailah menempatkan batu dalam posisi vertikal sepanjang tali yang menandai garis sisi/tepi, garis tengah dan diagonal diantara kedua garis tersebut guna untuk membuat lapisan tersebut serata mungkin sesuai dengan profil yang direncanakan. Gunakan batu lebih besar di dasar lapisan, dan isikan batu lebih kecil di rongga diantara batu-batu besar tersebut. Ikatlah batu-batu tersebut dengan agregat pecahan yang berukuran lebih kecil.

Bila lapisan tersebut telah selesai, maka lapisan tersebut harus dicek dengan benar sebelum dilakukan pemadatan. Kendali mutu harus fokus bahwa semua batu berukuran besar diletakkan dengan benar dan diikat dengan batu kecil dan agregat karena hal ini menjamin minimalnya pergeseran dalam struktur. Ratanya permukaan yang telah selesai juga merupakan aspek penting, karena titik-titik yang tidak rata akan terpadatkan secara tidak memadai karena roller akan “berjalan” pada level puncak dan tidak menyentuh level permukaan rendah. Dengan demikian, ketidakrataan akan menghantarkan pada tidak ratanya pemadatan dan menghasilkan titik-titik lemah di jalan tersebut.

Pemadatan lapisan Telford harus dilakukan dengan menggunakan roller roda baja bergetar 6-8 ton. Jumlah lewat harus dikontrol dengan cermat karena pemadatan yang buruk akan mengakibatkan anjloknya jalan dan kerusakan jalan selanjutnya. Normalnya, pemadatan 8-10 kali lewat sudah cukup.

Lampiran 10:

Perawatan Permukaan Aspal Tunggal dan Ganda

Deskripsi

Perawatan permukaan Aspal sangat efektif sebagai sebuah teknik pemeliharaan yang dapat sangat memperpanjang usia perkerasan jalan yang kuat secara struktur. Perawatan permukaan dapat diaplikasikan misalnya bila terdapat retakan di permukaan jalan, ketika kondisi permukaan buruk karena terlepasnya agregat dan untuk memberi permukaan jalan yang disegel dalam volume rendah.

Perawatan permukaan terdiri dari lapisan tipis pengikat yang disemprotkan ke dasar jalan yang sebelumnya telah diberi lapisan dasar, atau permukaan jalan yang ada. Pengikat ini kemudian ditutup dengan satu lapis pecahan batu. Perawatan permukaan tidak memberi kontribusi terhadap kekuatan struktural struktur jalan tetapi dapat memberikan kontribusi pada kinerja jalan dengan mencegah masuknya air.

Permukaan perawatan bisa dibangun dengan sejumlah cara. Dua jenis yang umum adalah Perawatan Permukaan Aspal Tunggal (*Single Aspal Surface Treatment*, SBST) dan Perawatan Permukaan Aspal Ganda (*Double Aspal Surface Treatment*, DBST). SBSTs normalnya digunakan sebagai operasi pemeliharaan untuk jalan aspal yang telah ada. DBST digunakan untuk memberi permukaan dasar jalan baru atau untuk memberi 'penutup' tambahan pada permukaan jalan aspal yang telah ada (misalnya bila permukaan tersebut adalah retak atau berlobang);

Kualitas perawatan DBST akan sangat meningkat jika lalu lintas diperbolehkan berjalan di atas lapisan pertama untuk minimal 2-3 minggu (sebaiknya lebih lama) sebelum lapisan kedua diaplikasikan. Hal ini memungkinkan pecahan batu lapisan pertama untuk mengadopsi suatu mosaik saling mengikat yang stabil yang memberi pondasi yang kokoh bagi perawatan kedua dan terakhir.

Pilihan aspal yang tepat untuk pekerjaan perawatan permukaan adalah penting. Aspal potongan gradasi MC3000 (aspal gradasi penetrasi 80/100 dicampur dengan 12-14% campuran minyak tanah dan minyak solar dengan perbandingan 3:1) atau emulsi aspal kationik (dengan kandungan aspal 70-75%) direkomendasikan untuk sebagian besar pekerjaan perawatan permukaan. Emulsi aspal tersebut dapat diaplikasikan pada suhu antara 70-85°C.

Jika sebuah jalan bervolume rendah, yang dilintasi kurang dari sekira 100 kendaraan per hari, diberi permukaan, pelapisannya setahun lama mungkin untuk meminimalkan perlunya pemeliharaan berikutnya. Pada jalan bervolume rendah direkomendasikan untuk meningkatkan tingkat semprotan pengikat di atas tingkat dasar penyemprotan pengikat. Penting bahwa meningkatnya tingkat semprotan ini disesuaikan berdasarkan uji coba dan pengalaman lokal.

Keberhasilan perawatan permukaan tersebut sangat tergantung pada pengikat yang diaplikasikan secara seragam pada tingkat semprotan yang benar. Metode yang diadopsi untuk mendistribusikan bahan pengikat haruslah mampu menyebarkan pengikat secara seragam dan dalam tingkat penyebaran yang ditentukan dan mampu

menyemprot suatu area yang cukup besar dalam satu hari kerja untuk memenuhi rencana kerja perawatan permukaan di lokasi tersebut.

Kepingan batu dapat dihamparkan pada pengikat yang disemprotkan dengan menggunakan tangan dan hasil yang baik dapat diperoleh dengan metode ini bila tersedia cukup pekerja yang sangat terlatih. Namun, secara umum hasil yang lebih baik akan diperoleh bila kepingan batu tersebut dihamparkan secara mekanis karena akan menghasilkan distribusi yang lebih merata dan aplikasi yang cepat pada keping tersebut setelah pengikat dihamparkan.

Pengerolan dalam suatu perawatan permukaan sangat penting untuk memastikan bahwa kepingan batu tertanam dengan baik di dalam pengikat. Jika digunakan roller roda baja, maka roller tersebut tidak boleh berbobot lebih dari 8 ton hanya dipergunakan pada kepingan yang cukup kuat, jika tidak maka kepingan akan hancur atau retak. Umumnya, roller roda pneumatik lebih dipilih karena aksi meremas dari manuver roda menekan kepingan menjadi sebuah mosaik yang kokoh tanpa tanpa memisahkannya dan roller tersebut tidak 'melompat-lompat' dalam menekan permukaan jalan yang mendasari sebagaimana sering terjadi dengan roller roda baja.

Aspek Konstruksi

Dalam perawatan permukaan terdapat langkah-langkah utama sebagai berikut:

1. Rencanakan bagian-bagian yang membutuhkan perawatan permukaan;
2. Lakukan pekerjaan awal seperti menambal, memperbaiki bahu dan tepi jalan, pekerjaan drainase, pemulihan parit dan lain-lain. Setelah pekerjaan awal ini dilakukan maka ijin lalu lintas dalam waktu yang cukup sebelum memulai perawatan permukaan;
3. Tentukan jenis perawatan permukaan, pengikat yang akan digunakan dan ukuran kepingan batu;
4. Periksa kualitas kepingan batu dan timbunlah di titik-titik yang mudah dijangkau di sepanjang jalan guna untuk meminimalkan jarak pengangkutan selama pembangunan;
5. Tentukan pengikat yang sesuai, dengan mempertimbangkan perkiraan cuaca;
6. Pastikan bahwa semua peralatan dan perlengkapan dalam kondisi baik;
7. Instruksikan kepada tim konstruksi mengenai rincian program pekerjaan;
8. Informasikan kepada kepolisian dan organisasi lain yang terdampak oleh perawatan permukaan tersebut;
9. Pasanglah tanda kendali dan peringatan lalu lintas;
10. Sesuaikan suhu pengikat menggunakan alat pembakar; edarkan pengikat melalui batang semprotan dan pancaran distributor untuk memeriksa apakah berfungsi dengan benar;
11. Instruksikan kru distributor mengenai tingkat semprotan yang dibutuhkan, kecepatan jalan dan keluaran pompa yang berkaitan, bila ini diperlukan;

12. Sapulah jalan dan pasanglah potongan lembaran kertas atau bahan lain di awal dan ujung jalur semprot. Periksalah bahwa jalan dalam kondisi tepat untuk penyemprotan.
13. Padamkan pembakar pada distributor dan periksalah serta catatlah volume aspal di dalam tangki. Posisikan distributor di bagian awal jalur semprot.
14. Mulailah penyemprotan. Penghampar, pembalik dan pengerol kepingan batu, harus mengikuti dekat di belakang distributor. Penyemprotan harus dihentikan jika penghamparan kepingan ditunda untuk suatu alasan. Satu lajur pengikat dengan lebar 150 mm dibiarkan tanpa hamparan kepingan batu di sisi tepi untuk memungkinkan bagi tumpang tindih perjalanan distributor yang berdampingan.
15. Pembalik dan kru harus bergerak perlahan selama pemberian permukaan baru, menghamparkan kepingan batu dengan sekop tangan di area di mana terdapat kekurangan kepingan batu.
16. Operasi ini kemudian diulang pada lintasan yang berdekatan (jika ada) dan lalu lintas diizinkan untuk bergerak perlahan selama pemberian permukaan baru.
17. Distributor kemudian kembali ke lokasi awal dan volume pengikat yang tersisa diperiksa. Pengawas mencatat jumlah pengikat yang digunakan dan, setelah mengetahui total area yang disemprot, menghitung rata-rata tingkat hamparan.
18. Kontrol kecepatan dan rambu peringatan lalu lintas lainnya dibiarkan tetap pada posisinya di sepanjang perawatan permukaan baru.
19. Setelah selesai pekerjaan pada hari itu, batang semprot distributor dibersihkan, semua kendaraan dan peralatan diisi bahan bakar kembali dan diber pelumas dan pengawas memeriksa bahwa pemanas aspal diisi untuk memasok pengikat yang diperlukan untuk hari berikutnya.

Perawatan purna konstruksi merupakan bagian penting dari proses pemberian permukaan. Perawatan tersebut terdiri dari membersihkan kelebihan kepingan batu dalam waktu 24 - 48 jam dari pembangunan sebuah permukaan. kepingan dapat dihapus dengan penyapuan. Perawatan harus dilakukan dengan penyapuan untuk menghindari kerusakan pada permukaan baru dan biasanya paling baik melakukan pekerjaan ini di pagi buta ketika pengikat permukaan baru masih relatif kaku. Penting untuk ditekankan bahwa penghamparan kepingan yang berlebihan dapat mengurangi kualitas permukaan, membuat perawatan purna konstruksi memakan waktu dan juga meningkatkan biaya yang tidak perlu.

Lampiran 11:

Makadam Penetrasi

Deskripsi

Makadam Penetrasi Aspal, yang juga disebut sebagai Penmac, adalah agregat kasar bergradasi seragam yang besar yang, setelah pemadatan kering dan penguncian, diikat dan diisi dengan aplikasi bahan pengikat aspal panas yang padat dan agregat lebih kecil secara berselang-seling. Penmac stabil dan mampu menahan koyakan lalu lintas yang sangat berat. Penmac juga digunakan sebagai *base course* untuk permukaan aspal. Penmac secara efektif sama dengan beton aspal dan merupakan solusi yang baik untuk lokasi di mana geometri jalan seperti belokan tajam dan landaian menyebabkan beban lalu lintas yang sangat berat di permukaan.

Tergantung pada jumlah hamparan aspal dan tingkat penetrasi, disebut "*full grout*" bila aspal menembus sampai kedalaman penuh agregat yang dipadatkan dan "*semi-grout*" bila aspal menembus hingga sekira setengah dari kedalaman tersebut. *Full-grout* diperlukan di daerah-daerah dengan curah hujan tinggi dan *semi-grout* diadopsi di daerah-daerah dengan curah hujan dan lalu lintas sedang.

Aspek Desain

Normalnya digunakan agregat pecahan yang bersih. Proporsi agregat berukuran tunggal berbeda yang digunakan dalam konstruksi dasar tiga lapis Penmac adalah:

- 60% batu berukuran tunggal 40 mm;
- 30% batu berukuran tunggal 28 mm;
- 10% batu berukuran tunggal 14 hingga 20 mm.

Rongga di tiga lapisan tersebut akan tetap ada setelah pemadatan (menggunakan roller biasa). Oleh karena itu, pasokan batu jalan berukuran tunggal 10-14 mm, pasir atau debu crusher diperlukan dipadu pemadatan lebih lanjut untuk mengisi rongga tersebut dan menghasilkan permukaan yang memuaskan.

Untuk **bahan pengikat**, permukaan anda dapat mengaplikasikan 5,5-7 liter/m² emulsi aspal yang berubah cepat (misalnya K1-70 atau CRS-2). Karena inilah pemanasan tidak diperlukan dan kaleng penyiraman dapat digunakan untuk aplikasi jika dilengkapi dengan corong distribusi dengan banyak lubang yang sesuai. Aspal panas dengan Gradasi Penetrasi 60/80 atau 80/100 juga cocok.

Aspek Konstruksi

Perlengkapan, alat dan material berikut diperlukan:

- Pita pengukur dengan panjang minimal 10 meter dan benang

- ➡ Sekop, garu, sapu, kaleng penyiraman, gerobak, ember
- ➡ Roller biasa atau Roller statis 8-10 ton
- ➡ Air.
- ➡ Distributor aspal bermesin atau bermotor
- ➡ Pemanas aspal dan termometer aspal

Metode Kerja

Langkah	Aktivitas	Catatan
1	Tetapkan area jalan yang akan diberi permukaan pada hari itu.	
2	Bongkarlah agregat di luar area jalan yang akan dirawat.	Pastikan agregat tidak tercampur dengan kotoran dan debu.
3	Bongkarlah agregat di luar area jalan yang akan dirawat.	
4	Hamparkan agregat 40 mm pada permukaan jalan.	Agregat diletakkan dengan tangan.
5	Hamparkan agregat 28 mm.	
6	Rol dan padatkan kedua lapisan agregat tersebut.	Mulailah pengerolan dari tepi jalan dan menuju ke arah tengah.
7	Hamparkan batu 14 mm – 20 mm.	
8	Rol dan padatkan kedua lapisan agregat tersebut.	Lanjutkan pengerolan hingga tidak ada gerakan agregat yang terlihat.
9	Basahi permukaan agregat dengan air.	
10	Aplikasikan emulsi atau Aspal Panas ke permukaan yang baru dirol sebanyak 2 liter per meter persegi.	
11	Hamparkan agregat 10-14 mm agregat untuk mengisi rongga besar di permukaan saja.	
12	Rol dan padatkan permukaan	
13	Aplikasikan emulsi atau Aspal Panas ke permukaan yang baru dirol sebanyak 2 liter per meter persegi.	Aplikasikan dengan kaleng penyiraman.
14	Ulangi langkah 10-12 dengan 'menutup' permukaan dengan pasir atau debu crusher hingga permukaan terlihat bebas rongga.	Prosedur konstruksi lengkap biasanya membutuhkan emulsi aspal 5,5 hingga 7 liter per meter persegi untuk diaplikasikan.

Spesifikasi

Agregat bersih kasar perlu digunakan yang memenuhi persyaratan gradasi sebagai berikut:

Ukuran Ayakan mm	Untuk 40mm % Lewatan berat	Untuk 28 mm % Lewatan berat	Untuk 14-20 mm % Lewatan berat
50	100		
37,5	80-100	100	
20	35-70	75-100	100
12	0-10		
6,3		0-10	0-10

Agregat kunci harus terdiri dari batu pecahan, bebas dari kotoran dan materi tak diinginkan lain dan harus memiliki gradasi sebagai berikut:

- ➡ Melewati ayakan 14 mm 100%

- Melewati ayakan 9mm, tidak lebih dari 75%
- Melewati ayakan 10 10-30%

Pengikat aspal haruslah aspal yang teremulsi atau kelas penetrasi aspal 60/80 atau 80/100.

Peralatan: Roller dan alat pemadat meliputi roller tiga (3) roda yang memiliki daya sendiri dan roller tandem baja dan roller roda pneumatik berpendorong, yang bobotnya tidak kurang dari tujuh (7) atau lebih dari sepuluh (10) ton, dan pemadat multi getar dengan desain yang disetujui. Roller roda baja harus dilengkapi dengan pencakar untuk menjaga permukaan roda bersih. Semua roller dan pemadat harus dilengkapi dengan perangkat untuk membasahi roda, atau permukaan kontak, untuk mencegah material yang dipadatkan melekat ke roller tersebut.

Metode Konstruksi

Bila tidak ada trotoar dan selokan atau bentuk sisi digunakan, bahu jalan yang telah sangat baik dengan arah vertikal untuk kedalaman penuh lapisan atau lapisan harus disiapkan sebelum menghamparkan agregat sehingga memungkinkan roller untuk melintasi bahu dan ujung setiap course atau lapisan perkerasan. Material bahu jalan harus dibuat tetap rata dengan peninggian yang tepat untuk menghindari penyimpangan menjangkau makadam tersebut. Bila sub-grade telah disesuaikan dengan garis dan tingkat yang sesungguhnya sesuai keinginan sang Insinyur, penutup dari material penyekat harus di hamparkan di sub-grade dan dipadatkan dengan ketebalan minimal 25 mm.

Agregat dihamparkan di tiga lapisan terpisah yang telah dipadatkan sebelum aplikasi aspal pertama. Lapisan pertama berupa agregat kasar 40 mm harus dihamparkan secara seragam di atas permukaan yang dipersiapkan dalam jumlah tertentu sehingga ketebalan lapisan yang telah dipadatkan adalah “tebal satu batu”. Di bagian teratas dihamparkan lapisan agregat 28 mm. Kedua lapisan agregat tersebut dirol kering dengan roller jalan statis 10 ton hingga agregat-agregat tersebut menjadi padat dan saling mengikat. Kemudian hamparkan batuan 14 mm – 20 mm. Rol dan padatkan agregat. Terus lakukan pengerolan hingga tak terlihat adanya gerakan pada agregat.



Gambar 44: Pemadatan agregat

Permukaan agregat harus secara cermat dinaikkan dengan menggunakan pola cetakan dan ratakan semua titik tinggi atau rendah dengan membuang atau menambahkan agregat. Penyimpangan jauh lebih mudah diperbaiki di lapisan longgar dari pada belakangan nanti. permukaan tidak boleh bervariasi lebih dari 12 mm dari tepi lurus 3 meter yang diaplikasikan pada permukaan yang sejajar dengan garis tengah perkerasan. Area perkerasan yang menampakkan variasi lebih dari yang diperbolehkan harus dilepas dan dikonstruksi ulang sesuai dengan spesifikasi ini.

Di atas course berlapis tiga yang kering dan padat, lapisan pertama aspal diaplikasikan secara seragam baik dengan distributor bertekanan ataupun dengan semprotan tangan mekanis. Kuantitas aspal panas yang diperlukan untuk tujuan ini adalah sekira 1,8 liter/m². Jika aspal teremulsi digunakan, basahilan permukaan agregat tersebut dengan air. Aplikasikan emulsi ke permukaan yang baru dirol sebanyak 2 liter/m². Operasi ini dapat diaplikasikan dengan kaleng penyiraman. Setelah aplikasi aspal tersebut, agregat kunci, 10 hingga 14 mm, dihamparkan dan dipadatkan untuk mengisi rongga di permukaan.



Gambar 45: Pengaplikasian aspal

Di bagian atas course tiga lapis yang dipadatkan tersebut, lapisan kedua aspal diaplikasikan secara seragam baik dengan distributor bertekanan ataupun semprotan tangan mekanis. Kuantitas aspal yang diperlukan untuk aplikasi kedua ini adalah sekira 1,2 liter/m². Setelah aplikasi aspal lapisan kedua tersebut, lapisan agregat kunci yang kedua dan terakhir, 10-14 mm, dihamparkan dan dipadatkan untuk mengisi rongga di permukaan. Penutupan permukaan dengan lapisan bintang dilakukan hingga permukaan terbebas dari rongga dan normalnya membutuhkan sekira 12 kg/m².

Prosedur konstruksi lengkap biasanya membutuhkan 3,0 hingga 3,7 liter/m² aspal panas atau 5,5 hingga 7 liter/m² emulsi aspal.

Kendali Mutu

Pemeriksaan kendali mutu berikut ini harus diadakan sebelum, selama dan setelah pekerjaan konstruksi:

- Periksalah lokasi sebelum membawa Agregat dan material beraspal dan hilangkan material lepas yang mungkin bercampur dengan agregat.
- Timbunlah agregat dalam timbunan berbeda untuk material kasar, halus dan material pengisi dan periksalah bahwa agregat tersebut telah sesuai dengan spesifikasi gradasi yang ditentukan.
- Periksalah drum aspal untuk menentukan apakah aspal yang dikirim adalah kelas penetrasi yang telah ditentukan dan disetujui.
- Catatan harus dibuat di lokasi mengenai suhu di semua tangki yang digunakan untuk memanaskan aspal dan. Catatlah suhu setiap 30 menit.
- Buatlah juga catatan di buku lokasi mengenai pengukuran ketebalan lapisan yang dipadatkan.
- Periksalah bahwa area jalan yang hendak dirawat telah ditandai dengan jelas untuk menjamin benarnya penempatan dan pencatatan pengikat dan agregat.
- Distributor pengikat harus diisi dengan pengikat yang cukup untuk menyelesaikan penempatan area kerja yang telah ditandai.
- Periksalah bahwa agregat telah ditempatkan pada rentang jarak yang benar dan pekerja telah siap untuk menghamparkan agregat setelah distribusi pengikat.
- Periksalah bahwa tidak ada area yang masih belum tertutup dan agregat tidak tersisa di timbunan.
- Pada hari pertama pembangunan, permukaan yang dirawat harus menerima minimal 15 kali lewatan dengan roller pneumatik.
- Ujilah kepadatan yang dicapai dengan meletakkan satu potong logam atau sebuah batu berukuran satu inci di permukaan aspal tercampur panas dan jalankan roller di atasnya. Jika tidak ada bekas yang tercetak di permukaan tersebut atau hasil pemadatan bisa dianggap telah memadai.
- Permukaan yang telah selesai harus seragam dan halus. Profil dan kemiringan longitudinal harus dicek menggunakan tepi lurus dan bidang lengkungan. Ketebalan rata-rata harus sama atau lebih besar dari ketebalan padatan yang ditentukan.
- Kecepatan lalu lintas harus dibatasi hingga 30m/hr selama dua minggu setelah konstruksi

Perawatan

Aktivitas pemeliharaan normal secara periodik dan rutin sangatlah penting untuk menjamin kinerja jalan yang baik. Kerja-kerja pemeliharaan permukaan misalnya penambalan dan penutupan retakan dapat dilakukan menggunakan pendekatan berbasis pekerja.

Lampiran 12:

Water Bound and Dry Macadam

Deskripsi

Makadam Berbalut Air (*Water Bound Macadam*, WBM) terdiri dari lapisan pecahan batu kasar (37,5-75mm) yang dipadatkan terlebih dahulu dan yang kemudian ke dalamnya digradasikan agregat halus atau debu penghancur (berukuran <5mm) dicuci. Menggunakan batuan kuat, memberikan dukungan tepi dan menjamin bahwa rongga diisi dengan material halus, menghasilkan permukaan tahan lama dengan tingkat kekasaran rendah hingga menengah. WBM membentuk lapisan terikat erat, kuat dan semi-kedap. WBM dapat digunakan sebagai permukaan tanpa aspal dan juga sangat cocok sebagai bahan dasar untuk jalan dengan pelapisan aspal. Jika WBM disegel dengan permukaan aspal, sebuah lengkungan sebesar 3% bisa diterima. Bila digunakan sebagai permukaan tanpa aspal, lengkungan 5-6% adalah normal.

WBM sangat cocok bila daerahnya curam dan kendaraan berjalan menanjak dengan perlahan-lahan. WBM memberi daya tarik, melindungi lapisan tanah dan mencegah erosi dan pembubukan. WBM dapat menghasilkan permukaan dengan biaya modal rendah, jika batu dan material halus secara lokal tersedia (dalam 10 km). Pemeliharaannya rendah biaya dan ramah tenaga kerja. Pemeliharaan tersebut hanya menuntut penutupan dan pengisian lubang sesekali.

Jika air sulit didapat, makadam berbalut kering (*Dry Bound Macadam*, DBM) merupakan alternatif. Satu-satunya perbedaan dalam pendekatan adalah material halus yang kering digetarkan ke dalam rongga diantara bebatuan, alih-alih dicuci dengan air. Pemadatan kemungkinan membutuhkan waktu lebih lama dibanding bila menggunakan air.

Aspek Desain

Batu untuk permukaan harus bersudut, bukan serpihan (berukuran sama di semua arah) dan lebih baik berukuran nominal sekira 40 mm. Batu yang lebih besar (hingga 75 mm) juga dapat dipergunakan. Bahkan batu yang lebih besar dapat digunakan sebagai batuan tepi untuk memberikan dukungan tepi. Ketebalan padat masing-masing lapisan tidak boleh melebihi dua kali nominal ukuran partikel maksimal batu yang digunakan. Batu bata keras, dipecah menjadi kepingan-kepingan, juga cocok tetapi WBM harus disegel permukaannya.

Untuk menguji kekuatan batu, jatuhkan batu berukuran satu kepalan sepuluh kali ke sebuah batu yang lebih besar dari ketinggian 1,5 meter. Jika batu tidak rusak parah, maka batu tersebut pastilah cukup kuat untuk WBM. Tabel di bawah menunjukkan spesifikasi yang dibutuhkan dari agregat kasar yang akan digunakan.

Material halus harus berukuran kurang dari 5 mm dan digradasi. Material halus yang diproduksi dengan pemecahan dengan tangan atau penghancuran yang tidak sempurna terhadap batu kasar biasanya tidak menghasilkan material halus dalam kuantitas atau gradasi yang dibutuhkan. Oleh karena itu, biasanya perlu mencari

pasokan dari tanah berpasir (misalnya di dalam atau di dekat dasar sungai). Di daerah yang kering dan bercurah hujan rendah, tanah berpasir dengan proporsi tanah liat cukup besar dapat digunakan, karena tanah liat akan memberi daya rekat tambahan. Jika permukaan hendak disegel dengan aspal, Material dengan plastisitas lebih rendah harus digunakan. Dalam beberapa kasus penambahan 5-10% semen atau kapur dapat digunakan untuk memperkuat material tersebut atau mengurangi plastisitas.

Aspek Konstruksi

WBM harus dibangun di atas pondasi yang kokoh. Bila tanah bagian bawah lemah, mungkin perlu untuk membiarkan lokasi "mengering" sebelum pembentukan dan pemadatan dari lapisan dasar dan membangun permukaan.

Pertama-tama formasi normal untuk jalan tanah dibangun hingga lengkungan dan lebar yang diperlukan. Sebuah tanggul dibangun di sepanjang garis tepi jalan dengan membentuk sebuah alur tanah yang dipadatkan atau material bahu jalan selebar 0.5 m hingga ketebalan lapisan yang dibutuhkan. Ini kemudian dipotong untuk membentuk arah vertikal sepanjang parit ke dalam mana batu tepi diletakkan. Bagian atas batu tepi dirancang pada level jalan terakhir yang dibutuhkan. Material halus harus diisikan dan dipadatkan di sekitar batu tepi dengan palu godam. Jika WBM harus disegel dengan aspal, maka WBM tersebut harus diperluas ke area bahu untuk lebar jalan penuh.

Metode Kerja

Kegiatan-kegiatan berikut perlu dilakukan untuk pembangunan WBM:

- Konstruksi dan membentuk formasi (dan drainase)
- Konstruksi tanggul bahu dan saluran tanggul
- Penggalian dan penempatan batu tepi
- Penempatan dan pemadatan batu kasar
- Penempatan dan pencucian material halus

Tanggul saluran: Untuk mencegah terjebaknya air di dalam struktur jalan, maka perlu menyediakan drainase. Parit selebar 250 mm harus dipotong melalui bahu setiap 2-3 m di kedua sisi jalan, dengan jatuhnya lembut. Parit harus diisi dengan 50-75 mm bahan bebas pengeringan (misalnya campuran pasir/ kerikil) dan dipadatkan sebelum membawanya ke level terakhir dengan tanah tanggul. Ini merupakan fitur yang sangat penting jika WBM yang akan diberi permukaan dengan aspal.

Permukaan: Pertama-tama batu kasar dihamparkan di area jalan persis di atas level jalan terakhir yang ditentukan. Lewatan tunggal sebuah roller statis digunakan untuk menempatkan dan meletakkan batu pada posisinya. Tahap kedua melibatkan penghamparan material halus di atas batuan tersebut yang kemudian disemprot dengan air untuk membentuk bubur tanah. bubur ini dicuci ke dalam matriks batu kasar. Bila tidak ada lagi material halus yang akan memasuki lapisan, pemadatan terakhir dengan roller statis atau pemadatan dengan getaran dilakukan. Tambahan material halus diaplikasikan ke area-area yang menunjukkan tempat pemadatan lebih lanjut.

Spesifikasi

Proporsi campuran material yang dipilih haruslah 80% agregat pecahan batu dan 20% material halus atau tanah liat yang akan dikonfirmasi sesuai batas gradasi.

Agregat kasar harus tajam dan bersudut sekira berukuran kubus dan harus keras dan tahan lama. Agregat kasar tersebut harus bebas dari tetumbuhan, partikel lunak dan tanah liat yang berlebihan. Pecahan batu harus sesuai dengan batas gradasi sebagai berikut:

Ukuran ayakan (mm)	Persentase menurut lewatan bobot menurun
63mm	100
50mm	95-100
38mm	35-70
20mm	0-10
10mm	0-5

Pengayakan material umumnya terdiri dari agregat berukuran lebih kecil dan debu dari material yang sama dengan agregat kasar. Material tersebut harus bergradasi baik dan sesuai dengan batas gradasi sebagai berikut:

Ukuran ayakan (mm)	Persentase menurut lewatan bobot menurun
10mm	100
4.75mm	85-100
150 micron	10-30

Sub-grade untuk menerima lapisan WBM harus disiapkan hingga gradasi dan lengkungan yang diperlukan dan dibersihkan dari semua debu, kotoran dan material asing lainnya. tempat-tempat yang lemah akan diperkuat, kerutan dihilangkan, cekungan dan lubang dibuat baik dengan material yang sesuai sebelum menghamparkan agregat WBM.

Rancangan yang diperlukan harus dibuat untuk pembatasan agregat di sebelah sisi. Ada dua pilihan untuk melakukan hal ini:

- Bangunlah bahu samping terlebih dahulu dengan ketebalan yang sesuai dengan lapisan WBM yang dipadatkan tersebut. Setelah bahu jalan tersebut siap, tepi bagian dalamnya harus dipangkas vertikal;
- Selesaikan pekerjaan tanah hingga level akhir WBM dan buatlah parit hingga level sub-grade untuk kedalaman yang diperlukan, seperti penggalian kotak.

Agregat pecahan harus dihamparkan secara merata pada sub-grade yang dipersiapkan dalam jumlah sedemikian rupa sehingga ketebalan lapisan yang dipadatkan adalah 75 mm. Hal ini biasanya memerlukan pemasangan dua lapisan atau lebih.

Permukaan agregat harus secara cermat diperiksa dengan pola cetakan untuk mengetahui adanya penyimpangan dan titik-titik yang tinggi atau rendah perlu diperbaiki dengan membuang atau menambah agregat.

Setelah penghamparan agregat kasar, kemudian agregat tersebut dirol dengan roller 8-10 ton. Pengerolan terus dilakukan hingga material jalan sepenuhnya terkunci dan batu yang bergerak di depan roller tidak terlihat lagi. Sedikit percikan air bisa dilakukan selama pengerolan, jika diperlukan. Pengerolan tidak harus dilakukan jika sub-grade lembut. Permukaan yang akan dirol harus diperiksa secara melintang dan longitudinal dengan pola cetakan dan jika penyimpangan melebihi 12 mm, permukaan harus dilepaskan dan agregat ditambahkan atau dibuang sebelum pengerolan lagi.

Setelah lapisan agregat kasar pertama telah dirol, material pengayakan kering diaplikasikan untuk mengisi rongga diantara agregat kasar. Pengerolan kering harus dilakukan sementara material ayakan dihamparkan sehingga getaran roller membuat material ayakan tersebut masuk ke dalam rongga agregat kasar. Material ayakan tersebut harus dihamparkan secara perlahan dan merata dalam tiga lapisan tipis atau lebih berturut-turut. Aplikasi material ayakan tersebut terus dilakukan hingga tidak ada lagi material ayakan yang bisa ditekan masuk ke dalam rongga agregat kasar.

Setelah material ayakan diaplikasikan, permukaan harus disiram dengan air, disapu dan dirol. Sapu tangan harus digunakan untuk menyapu material ayakan basah ke dalam rongga dan mendistribusikannya secara merata. Kegiatan membasahi, menyapi dan pengerolan harus terus dilakukan, dengan material ayakan tambahan diaplikasikan, jika perlu, hingga agregat kasar sepenuhnya terkunci, terikat dengan baik dan tertempatan dengan kokoh dalam kedalaman penuhnya dan grout ayakan dan air terlihat keluar di depan roller. Pastikan bahwa base atau sub-grade tidak rusak karena penambahan air yang berlebihan pada saat konstruksi.

Lapisan agregat yang kedua sekarang dapat dihamparkan dan seluruh tahap pengerolan kering dan basah harus diulang. Disarankan bahwa agregat berukuran lebih kecil digunakan untuk lapisan kedua. Lapisan yang lebih rendah harus kering sebelum lapisan di atasnya diletakkan. Ketika lapisan atas selesai, permukaan diperiksa untuk terakhir kalinya untuk melihat adanya penyimpangan dan dikoreksi hingga lengkungan dan landaian longitudinal yang tepat.

Setelah pemadatan akhir WBM, jalan harus dibiarkan mengering selama semalam. Keesokan harinya "titik kosong" harus diisi dengan material ayakan, sedikit diperciki dengan air jika perlu dan dirol. Tidak boleh ada lalu lintas yang melintas di jalan tersebut hingga Makadam telah dipasang.

Kendali Mutu meliputi kegiatan berikut sebelum, selama dan setelah kegiatan konstruksi:

- Periksa bahwa bahan bangunan yang tepat, terutama agregat, pasir dan material yang digunakan;
- Ujilah tingkat pemadatan dicapai. Dengan menempatkan sepotong logam atau batu satu inci di permukaan WBM, dan jalankan roller di atasnya. Jika tidak ada jejak yang tercetak pada permukaan atau tidak ada akibat tancapan, pemadatan dapat dianggap memadai.

Perawatan

Lapisan teratas dari material halus, jika tidak distabilkan dengan semen, atau disegel dengan pasir aspal, secara bertahap akan mengikis karena lalu lintas. Mungkin perlu mengaplikasikan lebih banyak material halus karena hilang oleh hujan atau lalu lintas. Jika tidak dipelihara dengan baik, Material halus tambahan bisa hilang, yang pada akhirnya mengakibatkan lepasnya batu dan rusaknya permukaan. Titik lunak dapat ditangani dengan menghilangkan material halus dan batu di area yang terdampak, meratakan (mungkin dengan penggantian material lemah dengan tanah yang dinaikkan), meletakkan kembali batu, dan mengisi dengan material halus yang baru.

Makadam Bound Air rawan runtuh jika tidak didukung di samping. Tanggul atau batu tepi harus diperiksa untuk melihat tanda-tanda kerusakan dan diperbaharui dan dipadatkan atau diletakkan kembali bila diperlukan. Jika WBM menunjukkan tanda-tanda kejenuhan, saluran tanggul harus diperiksa untuk melihat adanya penyumbatan. Perlu dicatat bahwa permukaan WBM tidak dapat dipertahankan oleh penggradasi.

Lampiran 13:

Latasir

Deskripsi

Latasir – atau pasir berlapis aspal adalah campuran pasir dan aspal yang dicampur selama pemanasan bersama di lokasi menggunakan peralatan sederhana. Pencampuran dan pemanasan dilakukan dengan menggunakan pelat baja tipis yang ditaruh di atas drum oli kosong. Di bawah wadah pencampuran tersebut pemanasan diberikan oleh kayu yang dibakar.

Proporsi bahan campuran yang benar di dalam campuran tersebut merupakan keharusan untuk kualitas produk, dan sama pentingnya adalah bahwa bahan-bahan campuran dipanaskan secara terpisah sebelum dicampur. Juga sangat penting bahwa suhu pencampuran yang benar secara cermat dikontrol untuk menjamin campuran berkualitas baik.

Sebelum menempatkan campuran aspal dasar jalan harus beri lapisan dasar guna untuk memastikan daya lekat yang baik antara perkerasan dan base course melalui partikel debu pengikat.

Material lapisan dasar adalah aspal yang dipanasi yang dicampur dengan minyak tanah dalam rasio 35-40%. Campuran lapisan dasar tersebut harus



Gambar 46: Pencampuran dan pemanasan Latasir



Gambar 47: Penghamparan perkerasan

disemprot untuk secara cermat mengontrol rasio aplikasi. Setelah penyemprotan, jalan tersebut harus ditutup untuk lalu lintas untuk memungkinkan lapisan dasar mengering dan berfungsi dengan benar.



Gambar 48: Perataan Latasir

Bila lapisan dasar telah mengering dan aspal siap dicampur, itulah saatnya untuk pelaksanaan penghamparan. Campuran tersebut harus ditutup dengan terpal selama pengiriman ke lokasi untuk membuatnya tetap berkualitas baik, agar tidak kehilangan suhu dan untuk mencegahnya tercemar.

Juga penting bahwa kontainer berada dalam kondisi baik sehingga dicapai tumpahan minimal. Penghamparan akan harus dimulai di jalan terjauh dari titik pencampuran.

Rel pemandu dari kayu sangat berguna untuk menjaga ketebalan yang benar dan seragam, dan harus diletakkan di garis tepi perkerasan dan di garis tengah jalan. Penghamparan harus dilakukan setengah jalan dalam satu waktu. Keharusan untuk hasil akhir berkualitas baik adalah bahwa suhu campuran yang dihamparkan dikontrol dengan cermat.



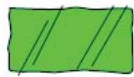
Gambar 49: Pemadatan lapisan Latasir

Aktivitas pemadatan harus dimulai segera setelah penghamparan, dan hasil terbaik dicapai dengan menggunakan roller drum baja ganda pneumatik 6-8 ton. Pastikan cukup lewatan dan perkerasan terus dibasahi dengan air selama kegiatan tersebut. Perkerasan akan tetap lembut segera setelah aktivitas tersebut, dan tidak boleh dilalui lalu lintas dalam waktu 1-2 jam ke depan untuk menghindari penyok tekanan lokal.

Lampiran 14:

Campuran Beton Biasanya dan Pedoman Bangunan Batu

Rasio Campuran (Volume) (Semen:Pasir:Kerikil:Air)	Penggunaan	Volume Agregat, liter (cf) per kantong semen 50 kg	Perkiraan Hasil, m ³ (cf)
1 : 3 : 6 : 1,6	Agregat besar, Pondasi massif, Jangkar blok	Pasir 130 (4,6) Kerikil 180 (6,4) Air 70 (2,4)	0,24 (10)
1 : 2,5 : 5 : 1,6	Pondasi di atas tanah jelek	Pasir 110 (3,9) Kerikil 160 (5,7) Air 70 (2,4)	0,21 (9,5)
1 : 2 : 4 : 1,6	Agregat Sedang, Lantai, Dinding non-struktural	Pasir 80 (2,8) Kerikil 130 (4,6) Air 70 (2,4)	0,17 (8,0)
1 : 2,5 : 3,5 : 1,6	Agregat Kecil, Tiang, Dinding struktural	Pasir 110 (3,9) Kerikil 115 (4,0) Air 70 (2,4)	(8,0)

LEBIH TINGGI		Kekuatan Bangunan Batu		LEBIH RENDAH	
.... dengan batu persegi panjang		Bentuk		 dengan batu berbentuk tak beraturan	
.... semakin sedikit batu digunakan		Jumlah		 semakin banyak batu digunakan	
... bila sambungan vertikal dibuat berilang		Posisi sambungan		..bila sambungan vertikal segaris dengan sambungan	
.... semakin kasar sambungannya		Kekasaran Sambungan		 semakin lembut sambungannya	
.... semakin kecil alasnya		Alas		 semakin besar alasnya	
.... semakin lebar batunya		Tinggi & Lebar		 semakin kecil batunya	
... Semakin dalam ikatan di dalamnya		Ikatan antar batu (dilihat dari atas)		... semakin buruk ikatan di dalam	
.... semakin rendah jumlah air di mortar tersebut		Kekuatan Mortar		... semakin tinggi jumlah air di mortar	