

PERAWATAN JALAN KERIKIL

Perawatan jalan kerikil adalah salah satu jenis perawatan jalan yang paling banyak dilakukan oleh masyarakat. Perawatan jalan kerikil meliputi kegiatan pemeliharaan, perbaikan, dan pemeliharaan. Perawatan jalan kerikil meliputi kegiatan pemeliharaan, perbaikan, dan pemeliharaan. Perawatan jalan kerikil meliputi kegiatan pemeliharaan, perbaikan, dan pemeliharaan.

Perawatan jalan kerikil meliputi kegiatan pemeliharaan, perbaikan, dan pemeliharaan. Perawatan jalan kerikil meliputi kegiatan pemeliharaan, perbaikan, dan pemeliharaan. Perawatan jalan kerikil meliputi kegiatan pemeliharaan, perbaikan, dan pemeliharaan.

PERAWATAN JALAN KERIKIL





PERAWATAN JALAN KERIKIL

H.R. Anwar Yamin



INFORMATIKA
Bandung

PERAWATAN JALAN KERIKIL

Desember, 2011

Cetakan ke-1, 2011, (xvi + 64 halaman)

©Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

No. ISBN : 978-602-8758-59-8
Kode Kegiatan : 02-PPK3-01-151-11
Kode Publikasi : IRE-TR-053/ST/2011

Kata Kunci : Jalan Kerikil, Perawatan, Prioritas, Rutin, Berkala

Penulis

Dr. Ir. H. R. Anwar Yamin, M.Sc. ME.

Editor

Dr. Ir. Siegfried, M.Sc.

Naskah ini disusun dengan sumber dana APBN Tahun 2011, pada paket pekerjaan Model Keruntuhan Lapisan Beraspal dan Pondasi

Pandangan yang disampaikan di dalam publikasi ini tidak menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum, unsur pimpinan, maupun instruksi pemerintah lainnya.

Kementerian Pekerjaan Umum tidak menjamin akurasi data yang disampaikan dalam publikasi ini, dan tanggung jawab atas data dan informasi sepenuhnya dipegang oleh penulis.

Kementerian Pekerjaan Umum mendorong percetakan dan memperbanyak informasi secara eksklusif untuk perorangan dan pemanfaatan nonkomersil dengan pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan. Pengguna dibatasi dalam menjual kembali, mendistribusikan atau pekerjaan kreatif turunan untuk tujuan komersil tanpa izin tertulis dari Kementerian Pekerjaan Umum.

Diterbitkan oleh:

Penerbit Informatika - Bandung

Pemesanan melalui:

Perpustakaan Puslitbang Jalan dan Jembatan
info@pusjatan.pu.go.id

TENTANG PUSLI TBANG JALAN DAN JEMBATAN

Puslitbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan) adalah institusi riset yang dikelola oleh Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Lembaga ini mendukung Kementerian PU dalam menyelenggarakan jalan dengan memastikan keberlanjutan keahlian, pengembangan inovasi dan nilai – nilai baru dalam pengembangan infrastruktur.

Pusjatan memfokuskan kepada penyelenggara jalan di Indonesia, melalui penyelenggaraan litbang terapan untuk menghasilkan inovasi teknologi bidang jalan dan jembatan yang bermuara pada standar, pedoman, dan manual. Selain itu, Pusjatan mengemban misi untuk melakukan advis teknik, pendampingan teknologi, dan alih teknologi yang memungkinkan infrastruktur Indonesia menggunakan teknologi yang tepat guna.

KEANGGOTAAN TIM TEKNIS DAN SUBTIM TEKNIS

TIM TEKNIS:

1. Prof (R) Dr. Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc.
2. Ir. Agus Bari Sailendra. MT
3. Ir. I. Gede Wayan Samsi Gunarta, M.Appl.Sc.
4. Prof (R) Dr. Ir. Furqon Affandi, M.Sc.

5. Prof (R) Ir. Lanneke Tristanto, APU
6. Ir. GJW Fernandez
7. Ir. Soedarmanto Darmonegoro
8. DR. Djoko Widayat, M.Sc.

SUBTIM TEKNIS:

1. Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc.
2. Prof (R) Dr. Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc.
3. Prof (R) Dr. Ir. Furqon Affandi, M.Sc.
4. Dr. Djoko Widayat, M.Sc.
5. Ir. Kurniadji, MT.
6. Dr. Ir. Siegfried, M.Sc.
7. Dr. Ir. Anwar Yamin, M.Sc.



Kata Pengantar

Jalan kerikil merupakan salah satu alternatif konstruksi jalan untuk ruas-ruas jalan yang dikategorikan sebagai jalan bervolume lalu lintas rendah. Kerikil yang digunakan dapat berasal dari hasil pemecahan atau langsung dari alam asalkan mengandung sedikit lempung. Untuk jalan-jalan yang bervolume rendah seperti pedalaman Kalimantan dan Papua, pembangunan jalan dengan konstruksi jalan kerikil ini masih lebih menguntungkan dibandingkan dengan jalan-jalan konvensional lainnya seperti dengan menggunakan lapisan beraspal. Namun karena metode perawatan yang kurang cocok atau benar, kinerja jalan kerikil di Indonesia masih kurang begitu baik.

Buku ini merupakan salah satu kontribusi dari hasil penelitian dan pengembangan yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan dalam penyediaan teknologi perawatan jalan tanpa penutup yang lebih efisien khususnya untuk jalan kerikil. Buku ini menjelaskan tata cara perawatan jalan kerikil yang digunakan sebagai lapis perkerasan jalan tanpa penutup yang melayani lalu lintas sampai dengan 400 kendaraan per hari.

Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi para praktisi, akademisi maupun pelaksana lapangan.

Bandung,
Desember 2011



Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar.....	xiii
Glosari	xv
BAB 1. Jalan Tanpa Penutup	1
1.1 Jalan Kerikil	4
1.2 Material untuk Jalan Kerikil.....	7
1.3 Beberapa Masalah pada Jalan Kerikil.....	8
BAB 2. Metode Perawatan Jalan Kerikil	10
2.1 Perawatan Jalan Kerikil	10
2.2 Penurunan Kondisi Permukaan (<i>Surface Deterioration</i>)...	11
2.2.1 Hilangnya Partikel Halus.....	11
2.2.2 Pelepasan Butir (<i>Raveling</i>)	11
2.2.3 Licin (<i>Slipperiness</i>)	13
2.2.4 Deformasi Permukaan.....	14
2.2.4.1 Alur (<i>Rutting</i>)	14
2.2.4.2 Gelombang	15
2.2.4.3 Depresi.....	16

2.2.4.4	Lubang	17
2.2.4.5	Pelemahan Setempat	18
2.3	Pembagian yang Dirawat dan Klasifikasi Perawatan Jalan Kerikil	19
2.3.1	Bagian yang Dirawat.....	19
2.3.2	Klasifikasi Perawatan Jalan Kerikil	21
2.3.2.1	Pemeliharaan Rutin (<i>Routine Maintenance</i>)	21
2.3.2.2	Pemeliharaan Berulang-ulang (<i>Recurrent Maintenance</i>).....	21
2.3.2.3	Pemeliharaan Berkala (<i>Periodic Maintenance</i>)	22
2.3.2.4	Perawatan Insidentil (<i>Urgent Maintenance</i>)	22
2.4	Pemeriksaan Jalan Kerikil	22
2.4.1	Pemeriksaan Kondisi dan Kerusakan.....	22
2.4.1.1	Pemeriksaan Saluran Air, Sodetan, dan Gorong-gorong	23
2.4.1.2	Pemeriksaan Agregat yang Hilang	23
2.4.1.3	Pemeriksaan Kedalaman Alur dan Gelombang	24
2.4.1.4	Pemeriksaan Lubang.....	24
2.4.1.5	Pemeriksaan Kerusakan Tepi.....	24
2.4.1.6	Pemeriksaan Ketinggian Bahu	25
2.5	Frekuensi Pemeriksaan	25
2.6	Pencatatan Hasil Pemeriksaan.....	26
2.7	Penilaian Tingkat Kondisi.....	26
2.8	Perawatan Jalan Kerikil.....	30
2.8.1	Minimasi Debu dan Mempertahankan Partikel Halus.....	30
2.8.1.1	Klorida.....	30
2.8.1.2	Lignin Sulfonate	31
2.8.1.3	<i>Soybean Oil</i>	32

2.8.1.4	Limbah Gula.....	33
2.8.1.5	<i>Bentonite</i>	33
2.8.2	Pembentukan Kembali Permukaan Jalan Kerikil.....	34
2.8.2.1	Frekuensi <i>Grading</i>	38
2.8.2.2	<i>Grading</i> Geng.....	38
2.8.3	Menyeret (<i>Dragging</i>) dan Menyikat (<i>Brushing</i>)	40
2.8.3.1	<i>Drug Unit</i>	40
2.8.3.2	<i>Tire Sledges</i>	42
2.8.3.3	Frekuensi, Metode Operasional dan <i>Dragging Geng</i>	42
2.8.4	Pengerikilan Kembali (<i>Regravelling</i>).....	44
2.8.4.1	Kualitas Agregat untuk Pengerikilan Kembali	44
2.8.4.2	Peralatan dan Pekerja.....	46
2.8.4.3	Penyebaran Agregat	48
2.8.4.4	Pemadatan.....	49
2.8.5	Pengisian dan Penambalan (<i>Filling and Patching</i>)	50
2.9	Perawatan Bangunan Pelengkap Jalan Kerikil	52
2.9.1	Perawatan Saluran Samping.....	52
2.9.1.1	Profil Saluran Samping.....	52
2.9.1.2	Pembersihan Saluran Samping	54
2.9.2	Gorong-gorong	55
2.9.3	Struktur <i>Outlet</i>	56
2.9.4	Rambu-rambu	58
2.9.5	Jembatan Kecil.....	58
2.10	Prioritas dan Penggunaan Sumber Daya.....	59
2.11	Institusi Pelaksanaan Pemeliharaan.....	59
Daftar Pustaka		62



Daftar Tabel

Tabel 1.1	Syarat Material untuk Jalan Kerikil	8
Tabel 2.1	Penilaian Kondisi Jalan Kerikil dan Penanganannya.....	29
Tabel 2.2	Distribusi Gradasi Agregat Untuk Pengkerikilan Kembali Permukaan Jalan Kerikil.....	45
Tabel 2.3	Batas Atterberg Agregat Untuk Pengkerikilan Kembali Jalan Kerikil.....	46
Tabel 2.4	Jenis Pekerjaan dan Perkiraan Peralatan yang Dibutuhkan	47
Tabel 2.5	Jenis Pemeliharaan Berdasarkan Tingkat Kepentingannya	59





Daftar Gambar

Gambar 1.1	Beberapa Ilustrasi Jalan Tanpa Penutup	4
Gambar 1.2	Perkembangan Panjang Jalan Dengan dan Tanpa Penutup di Indonesia	5
Gambar 1.3	Beberapa Ilustrasi dari Jalan Kerikil	6
Gambar 2.1	<i>Ravelling</i> akibat erosi dan lalu-lintas, Agregat kasar Terkumpul di bagian bawah jalan	12
Gambar 2.2	Jalan kerikil yang Licin, kurangnya penggunaan Agregat Kasar pada saat konstruksi akan menghasilkan permukaan jalan yang licin pada saat basah.....	13
Gambar 2.3	Alur pada Jalan Kerikil, disebabkan karena lemahnya tanah, bentuk profil yang jelek dan drainase yang kurang memadai	15
Gambar 2.4	Gelombang pada jalan kerikil, akibat hilangnya partikel halus karena tersapu oleh lalu lintas yang berkecepatan tinggi.....	16
Gambar 2.5	Amblas yang disebabkan oleh profil penampang jalan dan saluran drainase yang jelek.....	17
Gambar 2.6	Lubang pada Permukaan Jalan Kerikil, lebih disebabkan karena bentuk profil melintang yang tidak sempurna..	17

Gambar 2.7	Bagian-bagian Utama Jalan Kerikil yang Perlu Dirawat dan Dipelihara	19
Gambar 2.8	Jalan Kerikil dengan Bentuk Permukaan yang Baik.....	20
Gambar 2.9	Jalan Kerikil dengan Bentuk Permukaan yang Tidak Baik	20
Gambar 2.10	Formulir Pemeriksaan Jalan Kerikil	27
Gambar 2.11	Bentuk dan Ukuran Papan <i>Camber</i>	37
Gambar 2.12	Ilustrasi Penggunaan Papan <i>Camber</i>	37
Gambar 2.13	<i>Chart</i> untuk Penentuan Frekuensi Grading Jalan Kerikil	39
Gambar 2.14	<i>Dragging Unit</i>	41
Gambar 2.15	<i>Drag Unit</i> Berbentuk Segi Empat yang Dilengkapi Tiga Bilah Pemotong	41
Gambar 2.16	<i>Tire Sledges</i>	42
Gambar 2.17	Ilustrasi Lokasi yang Dipandang Memerlukan Sodetan	53
Gambar 2.18	Dampak Negatif Energi Air yang Keluar dari <i>Outlet</i>	57



Glossary

Depresi

Ambles yang terjadi secara setempat yang dalamnya hanya satu atau beberapa inci saja dari daerah disekelilingnya.

Grading

Pemotongan, perataan dan pembentukan kembali permukaan jalan kerikil

Pemeliharaan Rutin (*Routine Maintenance*)

Pemeliharaan dilakukan secara rutin di mana frekuensi pelaksanaannya tidak tergantung pada jumlah lalu lintas tetapi lebih tergantung pada kondisi iklim dan cuaca.

Pemeliharaan Berulang (*Recurrent Maintenance*)

Pemeliharaan yang dilakukan sepanjang tahun dengan interval atau frekuensi yang tergantung pada volume lalu lintas yang menggunakan jalan tersebut.

Pemeliharaan Periodik (*Periodic Maintenance*)

Pemeliharaan yang dilakukan secara berkala dalam interval waktu tertentu.

Perawatan Insidentil (*Urgent Maintenance*)

Perawatan yang dilakukan secara cepat dan mendesak untuk mengatasi keadaan darurat dan masalah yang menyebabkan jalan terputus.

Sodetan (*Turn-out*)

Sodetan pada saluran samping dapat dibuat untuk membantu menjaga kestabilan kecepatan dan kapasitas aliran air dalam saluran samping tersebut.

Soft-spot

Area pada permukaan jalan kerikil mengalami pelemahan yang disebabkan karena buruknya saluran pada sistem drainase.

Surface Deterioration

Penurunan kondisi permukaan jalan baik akibat lalu lintas maupun lingkungan.

Rating

Sistem penilaian tingkat kondisi kerusakan

Raveling

Kerusakan pada permukaan jalan berupa lepasnya agregat kasar dari permukaan jalan.

Rutting

Depresi memanjang (alur) pada permukaan jalan yang terjadi di sepanjang jejak roda.

Regravelling

Penggaruan dan penambalan agregat (pengerikilan kembali) pada permukaan jalan kerikil.

1

JALAN TANPA PENUTUP

Jalan berlalu lintas rendah adalah jalan yang dilewati lalu lintas harian rata-rata sebanyak 400 kendaraan perhari (AASHTO, 2001). Untuk lalu lintas seperti ini, tipe jalan yang biasanya digunakan adalah jalan tanpa penutup. Jalan tanpa penutup umumnya banyak terdapat di negara sedang berkembang tetapi juga di daerah-daerah pedesaan negara-negara maju seperti Kanada dan Amerika Serikat. Di Indonesia jalan tanpa penutup menempati posisi pertama dari keseluruhan panjang jalan, yaitu 53% dari 371.494 km total panjang jalannya.

Pada prinsipnya jalan tanpa penutup dapat dikelompokkan dalam beberapa kategori, antara lain yaitu:

- Jalan tanah (*Earth or Soil Road*)
- Jalan Telford
- Jalan *Water Bond* MacAdam
- Jalan Kerikil-Tanah (*Gravel Road*)

Jalan tanah adalah jalan yang terbuat dari tanah asli, galian atau timbunan tanah yang dipadatkan tanpa diperkeras dengan menggunakan material berbutir. Tipe jalan ini umumnya digunakan untuk melayani lalu lintas kurang dari 100 kendaraan per harinya. Karena direncanakan untuk lalu

lintas yang sangat rendah, idealnya jalan ini merupakan jalan dari tanah asli yang memiliki daya dukung yang memadai. Untuk memaksimalkan penggunaan bahan setempat sebanyak mungkin, penambahan aditif ataupun *processing* material mungkin dapat dilakukan bila hal tersebut masih dianggap layak secara ekonomi (NRRDA, 2007).

Apabila jalan tanah akan dibuat di atas tanah timbunan, maka material yang digunakan untuk timbunan tersebut harus berupa tanah lokal yang memiliki sifat-sifat yang baik dan apabila dipadatkan dapat memberikan daya dukung lebih tinggi dari tanah aslinya. Menurut NRRDA (2007) beberapa jenis material yang tidak cocok digunakan atau dijadikan sebagai jalan tanah antara lain adalah

- Material dari rawa atau material berlumpur
- Gambut, *log* kayu, tunggul pohon dan material yang mudah busuk lainnya
- Material yang masuk dalam klasifikasi OH, OI dan OH
- Lempung (*Clay*) dengan nilai $LL > 70$ dan $IP > 45$
- Material dengan kadar $PH > 8,5$
- Lempung dengan nilai pengembangan (*swelling Index*) $> 50\%$
- Material dengan kandungan sulfat yang tinggi

Selain daya dukung, kinerja jalan ini sangat ditentukan oleh faktor lingkungan terutama air. Oleh sebab itu, kemiringan melintang dari badan jalan dan saluran tepi harus betul-betul diperhatikan. Kemiringan badan jalan maksimum adalah 8% dengan super elevasi antara 4%-7%. Sedangkan untuk menjamin masih tersedianya daya traksi, kemiringan memanjang (*alignment vertikal*) pada bagian jalan yang lurus maksimum adalah 10%. Sedangkan pada tikungan dibatasi maksimum 8% (Tom, et al. 2004). Menurutny juga, dalam keadaan jenuh kekuatan jalan tanah akan turun sampai dengan 50%nya, oleh sebab itu untuk mendapat kinerja yang baik muka air tanah harus terletak minimum 300 mm dari permukaan air tanah tertinggi.

Jalan Telford adalah jalan yang terbuat dari susunan batu pokok yang disusun secara manual yang diapit batu kunci di tepi kiri dan kanannya dan disatukan dengan menggunakan agregat kunci dan dipadatkan. Jalan ini umumnya dibuat untuk melayani lalu lintas dengan volume harian kurang 250 kendaraan perhari.

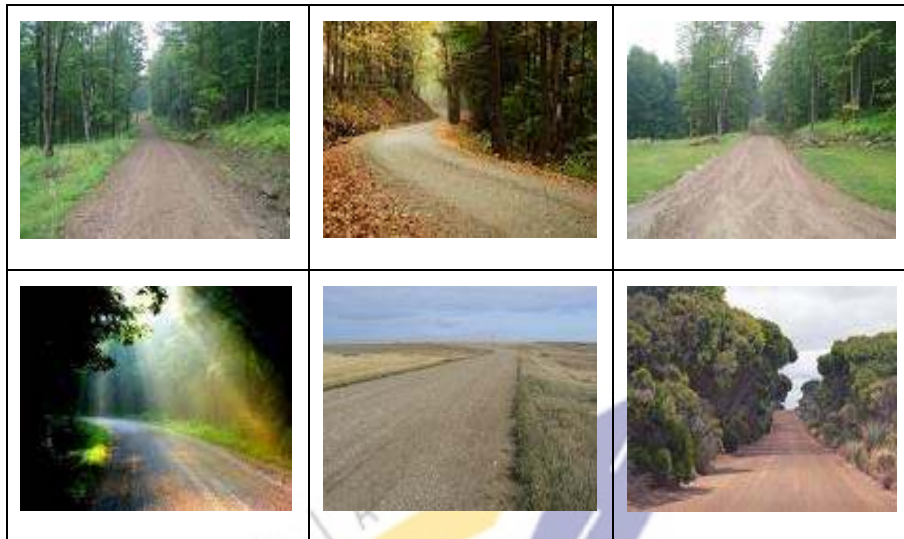
Kinerjanya jalan Telford ditentukan oleh daya *interlocking* antara batu pokok dengan agregat kunci. Oleh sebab itu, pada jalan Telford batu pokoknya harus cukup besar dengan ukuran yang relatif sama dan dipasang berdiri. Untuk menjamin bahwa batu pokok dapat berdiri dengan baik, 100 mm *intervening layer* dari agregat ukuran *screen* ataupun pasir kasar dapat digunakan sebagai dasar dimana batu pokok tersebut dipasang (NRRDA (2007)).

Jalan *Water Bond MacAdam* (WBA) adalah konstruksi jalan yang dibuat di atas tanah dasar berbutir halus (*fine grained subgrade*) dengan menggunakan agregat kasar dari batu pecah yang berukuran lebih kecil dari 75 mm dan agregat halus dari batu pecah berukuran lebih kecil dari 20 mm. Untuk menjamin tidak terkontaminasinya material untuk WBA, maka 100 mm agregat ukuran *screen* ataupun pasir kasar sebaiknya dihampar terlebih dahulu di atas lapisan tanah dasar sebagai *intervening layer* (NRRDA, 2007). Kemudian ruang kosong yang masih terdapat di antara batu pokok dan batu kunci ini selanjutnya diisi dengan campuran abu batu dan air sehingga menghasilkan permukaan jalan yang lebih *smooth* dan agak kedap.

Jenis lainnya dari jalan tanpa penutup adalah jalan kerikil. Jalan kerikil adalah jalan yang dibuat dari campuran antara agregat pecah atau kerikil, atau slag atau agregat lainnya dengan material halus dari lempung (*clay*) atau kombinasi campuran agregat dengan material halus dari lempung sehingga memenuhi gradasi yang diinginkan. Gradasi kerikil yang digunakan harus menerus (*well graded*) dan mengandung fraksi halus dengan jumlah

yang memadai sehingga dapat membantu ikatan. Oleh sebab itu, jalan kerikil-tanah lebih dikenal dengan sebutan jalan kerikil (Gambar 1.1).

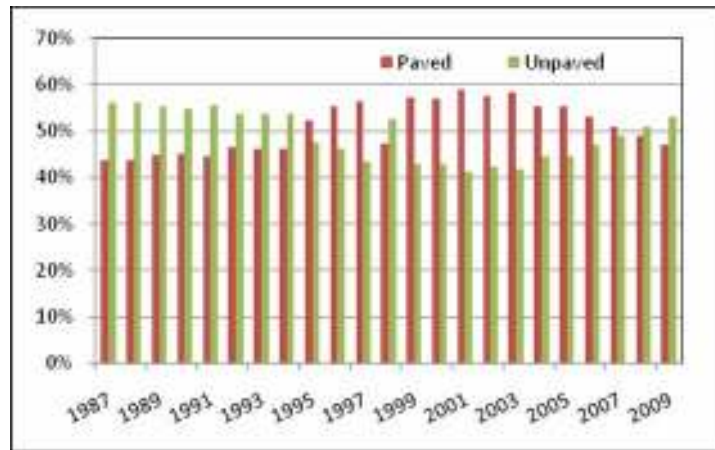
Di Indonesia, 53% dari total panjang jalannya adalah jalan tanpa penutup. Perkembangan panjang jalan tanpa penutup di Indonesia tahun ke tahun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.2 Dari gambar ini dapat dilihat bahwa panjang jalan tanpa penutup di Indonesia terus meningkat pada beberapa tahun terakhir ini.



Gambar 1.1 Beberapa Ilustrasi dari Jalan Tanpa Penutup

1.1 Jalan Kerikil

Jalan kerikil merupakan salah satu alternatif konstruksi jalan untuk ruas-ruas jalan yang dikategorikan sebagai jalan bervolume lalu lintas rendah. Kerikil yang digunakan dapat berasal dari hasil pemecahan atau langsung dari alam (*steam* atau *bank run gravel*).



Gambar 1.2 Perkembangan Panjang Jalan Dengan dan Tanpa Penutup di Indonesia (Diolah dari BPS, 2011)

Kerikil yang digunakan terdiri dari batu bulat (*rounded*) atau agregat pecah atau slag atau kombinasi dari keduanya dan dicampur dengan pasir, lumpur, dan lempung. Gradasi untuk jalan kerikil-tanah harus menerus (*well graded*) dan mengandung fraksi halus dengan jumlah yang memadai sehingga dapat membantu ikatan. Campuran ini diperlukan karena diharapkan dapat berfungsi sebagai pengikat. Jalan kerikil sering ditemukan di daerah beriklim dingin, karena mereka kurang peka terhadap pembekuan dari pada jalan aspal. Di Selandia Baru, jalan kerikil dikenal dengan sebutan '*metal road*'. Jika dibangun dan dipelihara dengan baik, jalan kerikil akan tahan dalam segala cuaca. Beberapa ilustrasi jalan kerikil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.3



Gambar 1.3 Beberapa Ilustrasi Jalan Kerikil

Jalan kerikil dapat dilewati oleh lalu lintas dengan kecepatan rendah sampai sedang. Kecepatan rencana untuk jalan ini biasanya 70 km/jam (45 mph) atau kurang (AASHTO, 2001). Menurut FHA (2000), bila dibangun dan mendapat perawatan yang baik, jalan kerikil dapat dilalui dengan kecepatan 100 km/jam (60 mph). Walaupun aman dari sudut pandang tahanan gelincir, bahaya yang mungkin timbul mungkin saja dapat disebabkan oleh gelombang (*washboard*), lubang, alur jejak roda, agregat yang lepas ataupun bahkan tumpukan agregat yang tersapu oleh roda kendaraan, kabut debu, lumpur yang mungkin terjadi setelah hujan.

Saat ini, tinggi dan ketatnya biaya untuk perawatan jalan aspal telah mendorong negara-negara maju seperti di Maine, Michigan, Indiana, Pennsylvania dan Vermont untuk mengubah atau mempertimbangkan mengubah jalan aspal yang mengalami kerusakan menjadi kembali ke jalan kerikil (Liisa, 2010). Teknologi daur ulang aspal (*asphalt recycling*) telah memungkinkan untuk mendaur ulang jalan beraspal menjadi jalan kerikil.

Teknologi daur ulang aspal (*asphalt recycling*) telah memungkinkan untuk mendaur ulang jalan beraspal menjadi jalan kerikil. Di 38 kabupaten di Michigan, pada tahun anggaran 2008 – 2009, total jalan beraspal yang diganti menjadi jalan kerikil dengan memanfaatkan RAP (*Recycling Asphalt Pavement*) adalah sekitar 100 mil dan terus bertambah dari tahun ke tahunnya.

Pusat Studi Transportasi University of Minnesota (UoM, 2010) mengemukakan bahwa jalan kerikil adalah jalan yang sangat efektif dari segi biaya (*cost effective*) untuk lalu lintas harian rata-rata sebesar 500 kendaraan atau kurang.

Di Indonesia, untuk jalan-jalan yang bervolume rendah seperti pedalaman Kalimantan dan Papua, pembangunan jalan dengan konstruksi jalan kerikil ini masih dirasa lebih menguntungkan dibandingkan dengan jalan-jalan konvensional lainnya seperti dengan menggunakan lapisan beraspal.

1.2 Material untuk Jalan Kerikil

Material lokal seperti *sandstone*, *skist*, *shale* dan kerikil dapat digunakan untuk jalan kerikil. Kerikil yang digunakan dapat langsung dari alam (*steam* atau *bank run gravel*) atau berasal dari hasil pemecahan. Kerikil yang digunakan terdiri dari batu bulat (*rounded*) atau agregat pecah atau kombinasi dari keduanya dan dicampur dengan pasir dan tanah lempung. Kandungan lempung dalam kerikil ini diperlukan karena diharapkan dapat membantu ikatan antara kerikil dan dapat membuat jalan tersebut menjadi agak kedap. Menurut DoLID (1998) kinerja jalan tanpa penutup ditentukan oleh dua sifat bahan, yaitu gradasi dan plastisitas.

Untuk jalan kerikil, selain bahwa agregat yang akan digunakan harus memiliki gradasi yang baik (*well graded*) material tersebut juga harus memiliki kandungan lempung dengan kuantitas yang memadai yang dapat berfungsi sebagai pengikat antar agregat. Oleh sebab itu, apabila bahan yang digunakan kurang atau tidak mengandung lempung, maka pencampuran dengan lempung harus dilakukan. Sebaliknya, bahan dengan kandungan lempungnya terlalu tinggi, maka bahan tersebut harus dicampur dengan bahan lain yang tidak bersifat plastis (*non-plastis*) untuk menurunkan kadar lempungnya. Beberapa pustaka mengatakan bahwa apapun jenis material yang digunakan, material tersebut tidak boleh memiliki Indeks Plastis (IP) lebih dari 6% (Tom et al. 2004), tetapi studi yang dilakukan oleh NRRDA (2007) menyimpulkan bahwa material yang digunakan untuk jalan kerikil harus memiliki IP antara 4-10%.

Selain kandungan lempung, ukuran agregat dan tebal lapisan hamparan padat agregat juga mempengaruhi kinerja jalan tanpa penutup. Untuk mendapatkan kinerja yang baik, tebal padat lapisan minimum harus 75 mm (3 inch). Walaupun lapisannya cukup tebal sehingga dapat mengakomodasi penggunaan batu berukuran besar tetapi untuk mempermudah perawatan ukuran maksimum agregat yang digunakan tidak boleh terlalu besar. Menurut FHA (2000), ukuran maksimum agregat yang digunakan tidak

boleh lebih dari 19,5 mm ($\frac{3}{4}$ inch), tetapi NRRDA (2007) menggunakan agregat ukuran maksimum 25,2 mm (1 inch). Walaupun dapat menggunakan batu bulat, tetapi untuk menjamin adanya *interlocking* yang baik, agregat pecah lebih direkomendasikan untuk digunakan.

Menurut NRRDA (2007), bahan yang digunakan untuk jalan kerikil harus memenuhi beberapa persyaratan seperti yang diberikan pada Tabel 2.1.

Tabel 1.1 Syarat Material untuk Jalan Kerikil (NRRDA, 2007)

Syarat	Nilai
Ukuran Saringan : <ul style="list-style-type: none"> – 26,5 mm – 19 mm – 4,75 mm – 0,425 mm – 0,075 	Persen Lolos : 100 97 – 100 41 – 71 12 – 28 9 - 16
IP	4 - 10
Kepipihan	20%
Nilai pecah (<i>inplace value</i>)	30%
Tertahan saringan No. 4,75 mm	> 90% dua bidang pecah
Toleransi Tebal	± 10 mm
Persen Kepadatan Lapangan	100% Kepadatan Laboratorium

1.3 Beberapa Masalah pada Jalan Kerikil

Jalan kerikil yang dibangun pada daerah-daerah dengan kadar air yang tinggi atau kekuatan lapis pondasi atau tanah yang kurang memadai atau bila beban lalu lintas yang melewati jalan tersebut terlampaui berat akan menimbulkan masalah pada jalan kerikil tersebut. Masalah yang timbul antara lain adalah alur, ambles dan lain sebagainya.

Walaupun telah direncanakan dan dilaksanakan pembangunannya dengan baik, jalan kerikil tetap saja akan menimbulkan masalah. Sebagai jalan tanpa penutup, jalan kerikil akan menyebabkan debu pada saat dilalui oleh lalu lintas. Hal ini lebih-lebih akan terjadi pada saat cuaca panas. Oleh sebab itu, debu selalu menjadi masalah utama yang selalu muncul jalan tanpa penutup. Debu akan menjadi masalah besar bila jalan tersebut dibangun atau melintasi daerah permukiman. Kuantitas debu yang dihasilkan oleh jalan tanpa penutup sangat bervariasi, tergantung kelembaban tempat dimana jalan tersebut dibangun.

Selain lalu lintas dan kelembaban, kualitas dan tipe dari agregat yang digunakan juga memberikan pengaruh yang besar pada debu yang dihasilkan. Agregat yang banyak mengandung kapur (misalnya *limestone*) atau agregat dengan kandungan lempung yang cukup tinggi (nilai plastisitas tinggi) cenderung akan memberikan ikatan antar agregat yang baik. Oleh sebab itu, jalan yang menggunakan agregat seperti ini akan sedikit menghasilkan debu. Akan tetapi, walaupun begitu, pada saat cuaca terlalu kering, masalah debu tetap saja akan terjadi.

Hilangnya partikel halus dari permukaan jalan kerikil akan memberikan kerusakan lanjutan pada jalan tersebut yaitu berupa degradasi, perubahan bentuk permukaan, lubang lain sebagainya.

2

METODE PERAWATAN JALAN KERIKIL

2.1 Perawatan Jalan Kerikil

Seperti halnya jalan dengan penutup, jalan tanpa penutup (jalan kerikil) juga direncanakan memiliki bentuk (*shape*) dan penampang melintang (*cross section*) yang baik. Perbedaannya dengan jalan berpenutup adalah bahwa bentuk dan penampang melintang jalan kerikil sangat dipengaruhi oleh lingkungan dan lalu lintas.

Jalan kerikil sangat peka terhadap alur (*rutting*) terutama pada musim hujan. Akibat lalu lintas, material dari jalan kerikil cenderung terlepas dari berpindah ke samping ke bagian luar jejak roda ataupun menumpuk di tepi bahu. Hal ini terjadi lebih-lebih pada saat musim hujan. Akibat pelepasan ini, agregat kasar juga akan terpisah dengan agregat halusnya dan pada saat yang sama alur dan lubang akan terbentuk.

Tiga item utama yang harus diperhatikan untuk mempertahankan kinerja jalan kerikil adalah bentuk permukaan, bahu dan saluran tepi. Oleh sebab itu, ketiga hal ini harus dirawat secara periodik.

2.2 Penurunan Kondisi Permukaan (*Surface Deterioration*)

Sebagai jalan tanpa lapis penutup berbahan pengikat, jalan kerikil sangat rentan terhadap penurunan kondisi permukaan sehingga pada jalan ini kerusakan dapat terjadi dengan cepat. Berikut ini diuraikan beberapa penyebab kerusakan yang umumnya banyak terjadi pada jalan kerikil dan bagaimana cara penanganannya.

2.2.1 Hilangnya Partikel Halus

Debu yang timbul dari jalan kerikil menandakan hilangnya partikel halus dari permukaan jalan tersebut. Tanah lempung yang merupakan partikel halus pada jalan kerikil berfungsi untuk membantu ikatan antara agregat. Bila bahan ini hilang sebagai debu maka jalan kerikil tersebut akan rentan terhadap kerusakan sebagai akibat dari berkurang atau hilangnya daya kohesinya sehingga permukaan jalan menjadi kurang padat dan berkurang kemampuannya untuk menahan kelembaban.

2.2.2 Pelepasan Butir (*Raveling*)

Raveling adalah kerusakan berupa lepasnya agregat kasar dari permukaan jalan (Gambar 2.1). Hal ini terjadi karena bahan pengikat (partikel halus) pada jalan kerikil telah hilang atau berkurang jumlahnya baik akibat lalu lintas, angin ataupun aliran air sehingga kurangnya atau tidak ada lagi bahan yang dapat mengikat agregat kasar. Dengan demikian, agregat kasar tersebut tidak dapat mempertahankan posisinya pada saat jalan kerikil tersebut dilewati oleh lalu lintas.



Gambar 2.1 *Raveling* Akibat Erosi dan Lalu Lintas, Agregat kasar terkumpul di bagian bawah jalan

Raveling dapat juga disebabkan oleh jeleknya komposisi agregat (gradasi) pada saat awal pekerjaan, misalnya kurangnya kandungan agregat sedang, kurangnya partikel halus dan sebagainya. Selain itu, bentuk agregat yang bulat juga memberikan kontribusi pada kerusakan jenis ini. Dari semua hal di atas, gradasi dan bentuk agregat adalah penyebab utama terjadinya *raveling* dan kegagalan pada jalan kerikil. Oleh sebab itu, untuk mencegah terjadinya *raveling* pada jalan kerikil penggunaan agregat berukuran tunggal (*single size*) ataupun agregat yang langsung diambil dari sungai harus dihindari.

Raveling dapat diperbaiki dengan cara penggaruan, perbaikan gradasi dan penambahan material halus sebagai bahan pengikat ataupun dengan penambahan bahan pengikat lainnya. Akibat *raveling*, sebagian agregat yang terdapat pada permukaan jalan kerikil telah tersapu lalu lintas atau bahkan telah hilang, sehingga perbaikannya memerlukan penambahan agregat sehingga perbaikan kerusakan ini merupakan perbaikan yang memerlukan biaya yang cukup besar.

2.2.3 Licin (*Slipperiness*)

Licinnya permukaan jalan kerikil (Gambar 2.2) disebabkan karena permukaan jalan mengandung agregat halus yang bersifat plastis secara berlebihan (tanah lempung atau lempung kelanauan) atau tingginya kandungan partikel halus dari batu kapur terhadap proporsi agregat kasar. Aus atau hancurnya agregat kasar menjadi agregat halus akibat lalu lintas juga merupakan satu kemungkinan yang dapat menaikkan proporsi partikel halus. Perubahan proporsi ini dapat menyebabkan berubahnya gradasi agregat terhadap gradasi rencana awalnya.

Meskipun pada jalan kerikil partikel halus yang bersifat plastik sangat diperlukan dan bermanfaat untuk membantu ikatan antar agregat serta membuat jalan tersebut menjadi kurang permeabel, namun dalam jumlah yang berlebihan khususnya dalam kondisi basah, permukaan jalan akan menjadi licin dan mungkin tidak dapat dilalui kendaraan atau bahkan akan membahayakan pengguna jalan. Dalam kondisi ini, perhatian khusus harus diberikan pada jalan kerikil yang menggunakan batu kapur, karena pada saat basah, permukaan jalan akan sangat licin dan berbahaya untuk dilintasi oleh kendaraan. Oleh sebab itu, *slipperiness* adalah salah satu hal penting yang harus diperhatikan pada jalan kerikil.



Gambar 2.2 Jalan kerikil yang Licin, Kurangnya penggunaan agregat kasar pada saat konstruksi akan menghasilkan permukaan jalan yang licin pada saat basah

Licinnya permukaan pada jalan kerikil dapat diperbaiki dengan mencampur agregat atau partikel halus dengan agregat kasar dengan cara menggaru, mencampur dan memadatkan kembali permukaan jalan tersebut. Untuk tujuan ini, penambahan agregat kasar mungkin diperlukan baik menggunakan bahan setempat atau bila perlu dapat mendatangkannya dari tempat lain.

2.2.4 Deformasi Permukaan

2.2.4.1 Alur (*Rutting*)

Alur pada jalan kerikil (Gambar 2.3) adalah depresi memanjang pada permukaan jalan yang terjadi di sepanjang jejak roda yang disebabkan oleh tingginya kandar air atau kekuatan lapis pondasi atau daya dukung tanah yang kurang memadai dan atau akibat beban lalu lintas yang terlampaui berat.

Kerusakan berupa alur pada permukaan jalan kerikil yang terjadi secara terus menerus atau berulang dapat disebabkan oleh masalah yang lebih mendasar seperti sangat lemahnya daya dukung tanah dasar pada daerah tersebut. Penanganan kerusakan seperti ini harus dilakukan dengan perbaikan secara menyeluruh sampai ke tanah dasar pada tempat-tempat yang mengalami kerusakan tersebut termasuk pembuatan sistem drainase, atau bila diperlukan dapat menggunakan geosintetik di bawah lapisan agregatnya.

Sebagai alternatif lain, peralihan rute dapat dipertimbangkan sebagai solusi yang murah bila masalah alur tersebut masih terus berulang dan tidak dapat ditangani secara permanen. Untuk tujuan ini diperlukan penyelidikan lebih lanjut untuk mengetahui penyebab dari alur tersebut sebelum penanganan ataupun diambilnya keputusan untuk peralihan rute.



Gambar 2.3 Alur pada Jalan Kerikil, disebabkan karena lemahnya tanah, bentuk profil yang jelek dan drainase yang kurang memadai

Alur yang terjadi pada jalan kerikil dapat diperbaiki dengan penambahan agregat yang sesuai yang memenuhi persyaratan agregat untuk lapis permukaan, diaduk dan dibentuk kembali sehingga didapatkan bentuk penampang dengan kemiringan yang sesuai (*crown*) lalu dipadatkan. Perbaikan alur tidak sesederhana seperti halnya dengan hanya melakukan penambahan agregat yang berukuran seragam atau mengisinya dengan tanah. Mengisi alur dengan agregat untuk pekerjaan sementara justru akan merusak atau mengganggu gradasi agregat pada permukaan jalan kerikil tersebut. Agregat yang digunakan untuk menutup alur harus memiliki gradasi tertentu dan harus dicampur dengan agregat yang ada pada permukaan jalan kerikil tersebut, dibentuk dan dipadatkan kembali.

2.2.4.2 Gelombang

Gelombang (*corrugation* atau *washboarding*) pada permukaan jalan kerikil (Gambar 2.4) disebabkan karena kurangnya kohesi dari bahan yang digunakan pada permukaan jalan tersebut. Kurangnya kohesi pada jalan kerikil dapat disebabkan karena hilangnya partikel halus dari permukaan

jalan baik akibat cuaca yang kering ataupun akibat volume lalu lintas dan tingginya kecepatan kendaraan.



Gambar 2.4 Gelombang pada jalan kerikil, akibat hilangnya partikel halus karena tersapu oleh lalu lintas yang berkecepatan tinggi

2.2.4.3 Depresi

Depresi adalah amblas yang terjadi secara setempat-setempat yang dalamnya hanya satu atau beberapa cm saja dari daerah disekelilingnya. Amblas pada jalan kerikil dapat disebabkan karena adanya penurunan lapis agregat atau tanah dasar, kadar air yang berlebihan, dan atau jeleknya sistem drainase pada jalan tersebut (Gambar 2.5).

Amblas pada jalan kerikil dapat diperbaiki dengan mengisi daerah yang amblas tersebut dengan menggunakan agregat bergradasi menerus, membentuknya sesuai dengan profil permukaan jalan dan lalu memadatkannya. Perbaikan yang lebih detail dapat dilakukan dengan melakukan pemasangan drainase melintang atau bahkan pemasangan geosintetik.



Gambar 2.5 Amblas yang disebabkan oleh profil penampang jalan dan saluran drainase yang jelek

2.2.4.4. Lubang

Terjadinya lubang pada jalan kerikil (Gambar 2.6) dapat disebabkan karena tingginya kadar air pada badan jalan, sistem drainase yang buruk, lemahnya daya dukung tanah dasar, jeleknya mutu agregat yang digunakan atau kombinasi dari faktor-faktor tersebut.



Gambar 2.6 Lubang pada Permukaan Jalan Kerikil, lebih disebabkan karena bentuk profil melintang yang tidak sempurna

Lubang pada jalan kerikil dapat diperbaiki dengan melakukan penambalan menggunakan agregat yang bergradasi menerus dan memadatkannya. Bila pada jalan kerikil terdapat lubang-lubang yang cukup besar atau dengan frekuensi yang cukup tinggi, hal ini lebih disebabkan karena penggunaan agregat dengan mutu yang jelek, perbaikannya harus dilakukan dengan cara penambahan agregat baru bergradasi menerus dengan mutu yang lebih baik dan mencampurnya dengan agregat lama, dibentuk sesuai dengan permukaan jalan, lalu dipadatkan. Perbaikan lubang harus dilakukan sedini mungkin pada tahap awal lubang ini terjadi, karena bila lubang ini telah berkembang maka proses kehancuran jalan akan terjadi dengan sangat cepat (secara eksponensial).

2.2.4.5 Pelemahan Setempat

Pelemahan setempat (*soft-spot*) adalah area dari permukaan jalan kerikil yang mengalami pelemahan yang disebabkan karena buruknya saluran pada sistem drainasenya. Area ini akan amblas bila dilalui kendaraan dan akan selalu berkembang menjadi kerusakan lainnya. Daerah-daerah yang mengalami pelemahan ini dapat diperbaiki dengan memperbaiki kondisi drainase dan mengganti material di tempat tersebut dengan material baru yang lebih baik.

Pelemahan setempat dapat diperbaiki dengan salah satu metode di bawah ini. Metode mana yang dipilih tergantung pada efektivitas biaya dan aplikatif tidaknya metode tersebut pada kondisi lapangan setempat.

- a. Pemasangan drainase samping atau drainase bawah permukaan atau dengan menggunakan lapisan granular yang difungsikan sebagai lapisan drainase (*drainage blanket*).
- b. Memperbaiki atau memperdalam saluran samping untuk menghilangkan air dari tempat yang bermasalah tersebut. Pemasangan pipa melintang mungkin diperlukan untuk mengalirkan air dari satu sisi jalan ke sisi lainnya.

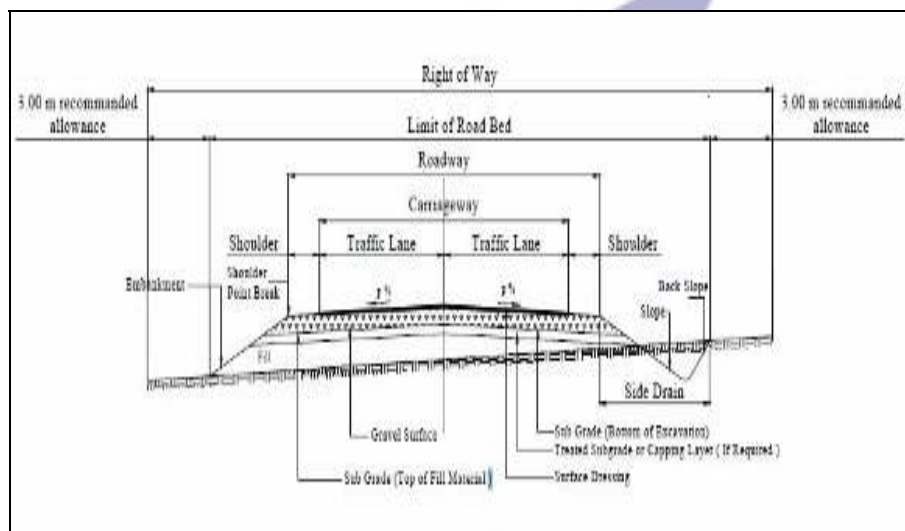
- c. Menambal daerah yang lemah tersebut dengan bahan berkualitas dan memiliki sifat permeabilitas yang lebih baik sehingga air dari permukaan jalan kerikil dapat dialirkan ke saluran tepi.

Dalam aplikasinya, metode di atas dapat dikombinasikan satu dengan yang lainnya. Pelemahan setempat yang teridentifikasi pada saat awal konstruksi jalan kerikil dapat juga ditangani dengan menggunakan metode-metode tersebut.

2.3 Bagian yang Dirawat dan Klasifikasi Perawatan Jalan Kerikil

2.3.1 Bagian yang Dirawat

Tipikal bagian-bagian utama dan potongan melintang jalan kerikil seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.7. Dalam pemerlihaaran jalan kerikil, bagian-bagian utama inilah yang harus dirawat dan dipelihara.



Gambar 2.7 Bagian Utama Jalan Kerikil yang Perlu Dirawat dan Dipelihara

Mempertahankan bentuk permukaan jalan kerikil adalah satu hal penting yang harus dilakukan dalam pemeliharaan sehingga air dapat mengalir dengan mudah dari permukaan jalan ini. Pada Gambar 2.8 ditunjukkan kinerja yang dihasilkan oleh jalan kerikil yang memiliki bentuk permukaan yang baik sehingga pengaruh air dan bahaya akibat lepasnya agregat dapat diminimasi. Jalan kerikil dengan bentuk permukaan yang tidak atau kurang baik akan memberikan kinerja yang jelek pada jalan tersebut (Gambar 2.9). Kerusakkan jalan akan terjadi dengan cepat akibat adanya tampungan air pada permukaan jalan tersebut.



Gambar 2.8 Jalan Kerikil dengan Bentuk Permukaan yang Baik



Gambar 2.9 Jalan Kerikil dengan Bentuk Permukaan yang Tidak Baik

2.3.2 Klasifikasi Perawatan Jalan Kerikil

Untuk tujuan manajemen, pemeliharaan jalan umumnya diklasifikasikan berdasarkan frekuensi kegiatan pemeliharaan yang dilakukan. Berdasarkan hal ini, ada empat kategori kegiatan pemeliharaan, yaitu:

- Pemeliharaan rutin
- Pemeliharaan berulang
- Pemeliharaan berkala
- Perawatan insidental/mendesak

2.3.2.1 Pemeliharaan Rutin (*Routine Maintenance*)

Pemeliharaan rutin pada jalan kerikil harus dilakukan secara teratur, dimana frekuensi pelaksanaannya tidak tergantung pada jumlah lalu lintas yang melewatinya tetapi lebih tergantung pada kondisi iklim dan cuaca di mana jalan tersebut berada. Biaya yang dialokasikan untuk pemeliharaan rutin harus dianggap sebagai biaya tetap karena frekuensi pelaksanaannya tidak tergantung pada jenis dan volume lalu lintas yang melewati jalan tersebut. Contoh dari perawatan rutin ini adalah meliputi kegiatan memotong rumput, pembersihan dan perbaikan drainase, pemeliharaan gorong-gorong dan pemeliharaan bangunan pelengkap jalan seperti rambu-rambu dan lain sebagainya.

2.3.2.2 Pemeliharaan Berulang-ulang (*Recurrent Maintenance*)

Pada jalan kerikil, pemeliharaan ini dilakukan sepanjang tahun dengan interval atau frekuensi yang tergantung pada volume lalu lintas yang menggunakan jalan tersebut. Biaya yang dialokasikan untuk pemeliharaan berulang harus dianggap sebagai biaya variabel karena frekuensi pelaksanaannya tergantung pada jenis dan volume lalu lintas jalan tersebut. Contoh kegiatan dari pemeliharaan berulang antara lain adalah penambalan lubang, alur, pembersihan agregat yang lepas (*dragging*), pemotongan, perataan (*grading*) dan lain sebagainya.

2.3.2.3 Pemeliharaan Berkala (*Periodic Maintenance*)

Pemeliharaan ini dilakukan secara berkala dalam interval waktu tertentu. Pada jalan kerikil, biaya yang dialokasikan untuk pemeliharaan berkala harus dianggap sebagai biaya variabel karena frekuensi pelaksanaannya tergantung pada jenis dan volume lalu lintas jalan tersebut dan biasanya memerlukan peralatan skala yang lebih besar dan tenaga kerja terampil. Contoh dari pemeliharaan berkala pada jalan kerikil antara lain adalah pengkerikilan kembali (*regraveling*).

2.3.2.4 Perawatan Insidentil (*Urgent Maintenance*)

Perawatan ini harus dilakukan secara cepat dan mendesak untuk mengatasi keadaan darurat dan masalah yang menyebabkan jalan terputus. Biaya yang dialokasikan untuk pemeliharaan ini harus dianggap sebagai biaya variabel karena sifatnya yang insidentil dan mendesak untuk dilakukan dengan tanpa memperhatikan jenis dan volume lalu lintas jalan tersebut. Contoh dari kegiatan ini adalah pemotongan pohon yang tumbang, pemindahan reruntuhan tebing dan hambatan lainnya.

2.4 Pemeriksaan Jalan Kerikil

2.4.1 Pemeriksaan Kondisi dan Kerusakan

Pemeriksaan kondisi dan kerusakan jalan kerikil dilakukan dengan mengukur panjang atau luas kerusakan yang terjadi. Panjang atau luas kerusakan dalam satu ruas jalan kerikil harus dibagi-bagi menjadi beberapa subsegmen yang panjangnya sekitar 100-200 meter panjang. Kemudian kondisi dan kerusakan yang terjadi diidentifikasi dan klasifikasikan dengan menggunakan metode seperti yang diuraikan di bawah ini. Total kerusakan dalam satu ruas jalan kerikil adalah total kerusakan sejenis yang terjadi pada subsegmen pada ruas jalan tersebut.

2.4.1.1 Pemeriksaan Saluran Air, Sodetan dan Gorong-gorong

Tinggi muka air tanah di bawah ataupun di sekitar badan jalan memiliki pengaruh besar pada kekuatan tanah dasar. Tinggi muka air ini harus dipertahankan berada minimum 80 cm di bawah struktur perkerasan. Pada jalan kerikil, untuk menjaga tinggi muka air agar tidak naik ke struktur perkerasan maka air yang masuk dari badan jalan harus segera dikeluarkan melalui saluran samping. Oleh sebab itu, kedalaman saluran samping harus dipertahankan selalu berada di bawah struktur permukaan jalan. Kedalaman dari saluran samping harus diukur setiap interval 25 meter dengan menggunakan bilah atau pita pengukur.

2.4.1.2 Pemeriksaan Agregat yang Hilang atau Pengurangan Agregat

Banyaknya agregat yang hilang dari permukaan jalan kerikil dapat diperkirakan dengan cara melakukan penggalian sampai ke tanah dasar dan kemudian melakukan pengukuran tebal lapisan agregat yang tampak dari sisi lubang tersebut. Setelah pengukuran selesai, lubang bekas galian harus segera ditutup dan dipadatkan kembali dengan menggunakan tamper tangan.

Idealnya, ketebalan lapisan agregat pada jalan kerikil harus diukur sesegera setelah pekerjaan penggaruan selesai. Bila pengukuran tidak dapat dilakukan pada saat itu, pengukuran secara rutin perlu dilakukan. Pengukuran harus dilakukan pada setiap subsegmen. Bila pada subsegmen ini terdapat alur, pengukuran ketebalan lapisan harus dilakukan dua kali, satu pada dasar alur dan satu pada puncak alur. Pada lokasi ini, ketebalan lapis agregat pada jalan kerikil harus dicatat sebagai tebal rata-rata dari dua pengukuran ini. Tebal agregat yang hilang atau pengurangan agregat dari jalan kerikil dinyatakan sebagai perbedaan ketebalan awal dengan ketebalan pada saat pengukuran tebal dilakukan.

2.4.1.3 Pemeriksaan Kedalaman Alur dan Gelombang

Kedalaman alur harus diukur dengan menggunakan mistar pengukur kerataan (*straightedge*). Pengukuran dapat dilakukan hanya pada satu titik dalam setiap subsegmennya (100 m - 200 m). Untuk subsegmen yang dominan dengan alur, interval pengukuran dapat dipersempit menjadi setiap interval 25 meter. Pengukuran alur dilakukan pada jalur jejak roda yang dekat dengan tepi perkerasan untuk masing-masing jalur lalu lintas. Nilai terbesar dari dua kedalaman alur ini yang dicatat sebagai kedalaman alur pada subsegmen ini.

Gelombang (*corrugations*) yang terdapat pada jalan kerikil diukur dengan menempatkan mistar pengukur secara memanjang di atas area dimana gelombang tersebut terjadi. Kedalaman gelombang diukur secara vertikal dengan mistar atau pita ukur pada titik terdalam dari gelombang tersebut.

2.4.1.4 Pemeriksaan Lubang

Jumlah lubang dalam setiap subsegmen harus dihitung dan dicatat. Lubang yang dicatat sebagai kerusakan yang perlu ditangani adalah lubang yang ukuran dan dalamnya lebih besar dari 2 kali ukuran agregat maksimum yang digunakan pada jalan kerikil tersebut.

2.4.1.5 Pemeriksaan Kerusakan Tepi

Pemeriksaan kerusakan tepi umumnya dilakukan pada tempat-tempat dimana pengukuran alur dilakukan ataupun pada tempat-tempat dimana terjadi kerusakan pada bahu jalan. Kerusakan yang menyebabkan terkikisnya lebar jalan atau lebar jalan berkurang 15 cm dari lebar asalnya harus dicatat sebagai kerusakan yang serius yang memerlukan penanganan.

2.4.1.6 Pemeriksaan Ketinggian Bahu

Seperti halnya kerusakan tepi, pemeriksaan ketinggian bahu umumnya dilakukan pada tempat-tempat di mana pengukuran alur dilakukan ataupun pada tempat-tempat dimana terjadi kerusakan pada bahu jalan. Kerusakan ini diukur dengan cara menempatkan mistar pengukur kerataan (*straightedge*) pada tepi jalan kerikil ke arah bahu. Tinggi celah yang terdapat di bawah mistar tersebut dicatat sebagai perbedaan tinggi antara permukaan jalan kerikil dengan bahunya. Lebar celah yang dicatat untuk diperbaiki adalah lebar celah yang lebih dari 5 cm.

2.5 Frekuensi Pemeriksaan

Petugas yang diberi wewenang untuk melihara jalan kerikil harus memiliki data seluruh panjang jaringan jalan kerikil yang akan diperiksa dan pemeriksaan setidaknya harus dilakukan dua kali dalam setahun, yaitu pada awal musim penghujan dan kemarau.

Pemeriksaan kondisi jalan kerikil pada musim penghujan akan sangat berguna dalam menilai efisiensi drainase. Pemeriksaan kondisi sehari-hari dapat dilakukan oleh teknisi yang terlatih. Direksi pekerjaan pemeliharaan harus mendatangi lokasi yang menurut teknisi tersebut memerlukan penilaian kondisi yang lebih rinci.

Dalam menilai kondisi jalan kerikil, disarankan untuk melakukan dua tahapan proses pemeriksaan, yaitu:

1. Pada tahap pertama tim terlatih tetapi relatif tidak terampil melakukan pemeriksaan dengan menggunakan prosedur standar dan peralatan sederhana untuk mengukur dan catat kerusakan atau cacat yang terjadi pada permukaan jalan kerikil, bahu dan saluran tepi. Pemeriksaan ini dikepalai oleh seorang mandor yang bertanggungjawab untuk menentukan lokasi atau segmen dari suatu ruas jalan yang memerlukan perawatan rutin dan lokasi yang memerlukan identifikasi lebih lanjut. Sesekali pemantauan yang dilakukan oleh direksi pekerjaan sangat dianjurkan.

2. Pemeriksaan tahap kedua melibatkan sebuah tim yang lebih berpengalaman, yang dikepalai oleh seorang teknisi yang lebih berpengalaman pula dan memiliki kecakapan teknis. Pemeriksaan tahap kedua ini bertujuan untuk melakukan penyelidikan, pengukuran tambahan dan analisis serta untuk menentukan jenis perawatan berkala yang diperlukan.

Keuntungan dilakukannya dua tahapan pemeriksaan ini adalah bahwa pemeriksaan kondisi jalan telah dilakukan secara ganda (*chek and cross check*) dengan memanfaatkan teknisi terlatih tetapi relatif tidak terampil dan baru menggunakan sumber daya profesional dengan cara mengarahkan mereka khusus ke lokasi atau segmen yang memerlukan pemeriksaan ataupun perbaikan lebih lanjut.

2.6 Pencatatan Hasil Pemeriksaan

Hasil pemeriksaan dari setiap subsegment pada jalan kerikil dapat dicatat dalam formulir seperti yang diberikan pada Gambar 4.10. dari informasi yang terdapat dalam formulir ini, Direksi Pekerjaan dapat mengetahui kondisi dan kuantitas kerusakan pada setiap subsegment serta tindakan apa yang harus dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut. Tempat-tempat yang membutuhkan perhatian serius dari Direksi Pekerjaan dapat juga diketahui dari formulir ini asalkan teknisi yang melaksanakan pemeriksaan kondisi membuat catatan-catatan informatif yang dianggap perlu untuk dianalisis oleh Direksi Pekerjaan.

2.7 Penilaian Tingkat Kondisi (*Rating*)

Dalam proses penurunan kondisi jalan kerikil, kondisi awal jalan pada saat baru selesai pembangunannya diasumsikan sangat baik, kondisi ini secara bertahap akan memburuk karena pengaruh lalu lintas dan cuaca.

FORMULIR PEMERIKSAAN JALAN KERIKIL										TANGGAL				PETUGAS					TINDAKKAN YG DIBUTUHKAN	
No. RUAS			SUBSEGMENT NOMOR						MULAI Km											
JARAK			0	25	50	75	0	25	50	75	0	25	50	75	25	50	75	0		
KIRI	Saluran/Sodetan	Pendangkalan																		
		Pengikisan																		
	Bahu	Deformasi																		
		Pengikisan																		
KANAN	Saluran/Sodetan	Pendangkalan																		
		Pengikisan																		
	Bahu	Deformasi																		
		Pengikisan																		
CATATAN																				
PERKERASAN	Tebal																			
	Camber																			
	Tepi																			
	Alur																			
	Gelombang																			
	Lubang																			
	Pelepasan/Agregat hilang																			
CATATAN																				

Gambar 2.10 Formulir Pemeriksaan Jalan Kerikil (Dept. of Army, 1995)

Untuk menaikkan kembali kondisi jalan kerikil, sedikit pananganan yang dilakukan misalnya hanya dengan melakukan penggaruan dan penambalan kecil, mungkin sudah cukup untuk mengembalikan jalan kerikil tersebut ke kondisi yang lebih baik. Untuk kondisi yang lebih buruk lagi, pemeliharaan secara menyeluruh pada area yang lebih luas mungkin diperlukan atau bahkan mungkin pembangunan kembali jalan kerikil secara menyeluruh adalah suatu tindakan yang diperlukan.

Penentuan tindakan apa yang diperlukan untuk menaikkan kondisi jalan kerikil ditentukan oleh kondisi, jenis dan kuantitas kerusakan yang terjadi pada jalan tersebut. Sebuah sistem penilaian tingkat kondisi (*rating*) yang sederhana (Tabel 2.1) telah dikembangkan oleh Department of Army (1995) dan Donald (2002) untuk pengelolaan jalan kerikil. Walaupun nilai tingkat kondisinya berbeda namun pada prinsipnya keduanya sepakat bahwa *rating* yang besar untuk jalan kerikil menunjukkan jalan yang lebih baik. *Rating* pada jalan kerikil yang diperkenalkan oleh Donald (2002) menggunakan

skala 1 sampai 5, di mana nilai 5 adalah kondisi sangat baik dan 1 adalah kondisi jalan kerikil yang sudah dianggap hancur yang perlu penanganan secara menyeluruh seperti halnya pembangunan jalan kerikil baru.

Tujuan penilaian tingkat kondisi atau *rating* ini adalah untuk memberikan perbandingan relatif kondisi dari semua segmen atau ruas pada jalan kerikil. Dengan cara ini, segmen mana atau ruas mana dari jalan kerikil yang lebih baik dan mana yang memerlukan prioritas perawatan dan penanganan akan diketahui. Dua segmen dengan penilaian tingkat kondisi yang sama (misalnya 3) belum tentu memiliki kondisi permukaan yang sama, tetapi paling tidak kedua segmen tersebut memiliki kondisi yang lebih baik dari segmen dengan penilaian tingkat kondisi 2.

Untuk penilaian kondisi jalan kerikil, pengamatan kondisi yang pertama kali dilakukan adalah mengamati bentuk penampang melintang permukaan jalan (*crown*), lalu dilanjutkan dengan pengamatan drainase dan pengukuran tebal lapisan kerikil itu sendiri. Kemudian baru dilanjutkan dengan memeriksa dan mengukur kerusakan atau cacat yang terjadi pada permukaan jalan kerikil tersebut. Semua jenis dan kuantitas kerusakan yang terdapat pada setiap subsegmen atau segmen sepanjang ruas jalan kerikil dicatat dalam formulir seperti yang telah diberikan pada Gambar 2.10. Setelah penilaian kondisi dilakukan dan didapat nilainya, barulah jenis pemeliharaan atau rehabilitasi yang diperlukan dapat ditentukan. Peringkat (nilai) yang didapat harus mencerminkan kondisi dan jenis pemeliharaan atau perbaikan yang diperlukan.

Tabel 2.1 Penilaian Kondisi Jalan Kerikil dan Penanganan yang Diperlukan

Penilaian	Parameter*	Penanganan
<i>Rating 5</i> (Sangat Baik)	<ul style="list-style-type: none"> – Jalan baru dibangun. – <i>Riding quality</i> sangat baik – Bentuk <i>crown</i> baik, kemiringan 4% - 6% – Drainase berfungsi dengan sangat baik. – Tidak ada kerusakan – Debu terkontrol dengan baik – Ketinggian bahu terhadap permukaan jalan < 2" 	<ul style="list-style-type: none"> – Tidak ada penanganan yang perlu dilakukan
<i>Rating 4</i> (Baik)	<ul style="list-style-type: none"> – Bentuk <i>crown</i> baik, kemiringan 4% - 6% – Drainase berfungsi dengan baik. – Debu terkontrol dengan baik – Pelepasan agregat setempat (tebal < 2") < 10% dari luas permukaan – Permukaan bergelombang < 10% dari luas permukaan dengan kedalaman < 1" – Tidak ada atau sedikit alur yang kedalamannya > 1" – Ketinggian bahu terhadap permukaan jalan < 2" 	<ul style="list-style-type: none"> – Pemeliharaan rutin. – <i>Regrading</i> ringan – Mungkin dibutuhkan sedikit tambahan agregat (<i>regravelling</i>)
<i>Rating 3</i> (Sedang)	<ul style="list-style-type: none"> – Ada kerusakan akibat lalu lintas. – Bentuk <i>crown</i> baik, kemiringan 4%-6% – Drainase > 50% berfungsi dengan baik dan kedalaman saluran < 25 cm dari perkerasan (> 50%) – Pelepasan agregat setempat (tebal > 2") > 10% dari luas permukaan – Permukaan bergelombang, 10% -25% dari luas permukaan dengan kedalaman 1" - 2" – Tidak ada atau sedikit alur yang kedalamannya > 1"). – Ketinggian bahu terhadap permukaan jalan < 2" 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Regrading</i> – Dibutuhkan sedikit tambahan agregat (<i>regravelling</i>) – Pemeliharaan dan sedikit perbaikan saluran – Penambalan kecil
<i>Rating 2</i> (Jelek)	<ul style="list-style-type: none"> – Bentuk <i>crown</i> tidak baik, kemiringan <3% – Saluran tererosi atau tidak berfungsi > 50% – <i>Culvert</i> buntu atau penuh dengan sampah – Pelepasan agregat setempat (tebal > 4") > 25% dari luas permukaan – Permukaan bergelombang, > 25% dari luas permukaan dengan kedalaman 1" - 2" – Alur 10%-25% luas permukaan, dengan kedalaman 1" – 3" – Lubang 10%-25% dari luas permukaan dengan kedalaman 2"- 4" ukuran > 2 ukuran maksimum agregat – Ketinggian bahu terhadap permukaan jalan > 2" – Kecepatan kendaraan < 25 km/jam 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Regrading</i> berat seluruh ketebalan – <i>Regravelling</i> – Perlu pembersihan dan perbaikan besar pada saluran dan <i>culvert</i> – Perlu perbaikan bahu
<i>Rating 1</i> (Runtuh)	<ul style="list-style-type: none"> – Jalan sulit untuk dilalui dalam kondisi normal atau kadang terputus – Saluran 100% tidak berfungsi atau relatif tidak ada – Ada tumpukan air pada permukaan – <i>Culvert</i> rusak atau buntu atau penuh dengan sampah – Permukaan bergelombang, > 25% dari luas permukaan dengan kedalaman > 2" – Alur > 25% luas permukaan dengan kedalaman > 3" – Lubang 10%-25% luas permukaan dengan kedalaman > 4" – Ketinggian bahu terhadap permukaan jalan < 2" – Di banyak tempat, > 25% luas permukaan, tidak terdapat agregat 	<ul style="list-style-type: none"> – Pembangunan kembali lengkap dengan saluran dan <i>culvert</i>

Catatan : * Dalam satu subsegmen ataupun segmen pada satu ruas jalan mungkin hanya terdapat satu atau dua jenis kerusakan saja. Pada satu ruas jalan, sangat jarang sekali semua jenis kerusakan terdapat dalam satu subsegmen ataupun segmen.

2.8 Perawatan Jalan Kerikil

2.8.1 Minimasi Debu dan Mempertahankan Partikel Halus

Ada dua hal yang dapat dilakukan untuk meminimasi ataupun mengeliminasi hilangnya partikel halus dari permukaan jalan kerikil, yaitu pertama dengan membatasi kecepatan laju kendaraan dan yang kedua adalah dengan menggunakan bahan kimia aktif. Bila bahan kimia aktif yang digunakan, bahan ini harus dapat menarik kelembaban (uap air) dari udara sehingga partikel halus pada permukaan jalan dapat dipertahankan dan daya kohesi antar agregat juga dapat ditingkatkan. Beberapa bahan kimia aktif yang murah yang cocok digunakan untuk mempertahankan partikel halus pada jalan kerikil antara lain adalah klorida, *lignin sulfonat*, *soybean oil*, limbah gula, *bentonite* dan lain sebagainya.

2.8.1.1 Klorida

Klorida adalah jenis *stabilizer* yang umumnya digunakan untuk jalan kerikil. Klorida yang digunakan dapat dikategorikan dalam tiga jenis, yaitu kalsium klorida (*calcium chloride*), magnesium klorida (*magnesium chloride*) dan sodium klorida (*sodium chloride*). Dari ketiga jenis klorida ini, magnesium klorida lebih banyak dan lebih efektif digunakan pada jalan kerikil.

Klorida, apapun jenisnya dapat digunakan dalam bentuk butiran ataupun cairan. Klorida bersifat hidroskopis (menyerap dan menahan air), sehingga dapat menyerap dan menahan uap air dari udara. Dengan penambahan klorida pada jalan kerikil, permukaan jalan tersebut dapat dipertahankan selalu dalam kondisi lembab. Dengan demikian material halus pada permukaan jalan tidak mudah terbang tertiuap angin ataupun tersapu roda kendaraan sehingga kekuatan jalan dapat dipertahankan.

Klorida akan menyerap uap air dari udara dan air dari bawah badan jalan. Pada temperatur 25 °C dan kelembaban 75%, klorida akan menyerap air sebanyak lebih dari dua kali beratnya. Selain menarik air, larutan klorida juga dapat mempertahankan kelembaban akibat proses penguapan sehingga jalan kerikil akan terus dalam kondisi lembab. Pada kondisi ini, posisi agregat pada jalan kerikil akan selalu dapat dipertahankan tetap pada tempatnya sehingga permukaan akan tetap padat dan kompak, tidak ada partikel halus yang hilang pada saat dilewati oleh lalu lintas.

Klorida umumnya digunakan sebagai larutan yang mengandung 35% klorida. Pemberian klorida harus dilakukan pada saat tanah dalam kondisi basah dan masih dalam keadaan gembur (belum dipadatkan) dengan cara menyemprotkannya menggunakan truk tangki yang dilengkapi dengan batang penyemprot (*spray bar*) sehingga dalam satu kali lintasan dapat menyemprot 3-4 meter lebar jalan secara merata. Pada jalan kerikil, pemberian klorida pada kondisi agregatnya dalam keadaan kering akan menyebabkan terjadinya *weak spot* pada jalan tersebut.

2.8.1.2 Lignin Sulfonate

Lignin sulfonate adalah bahan buangan (*waste materials*) dari industri kertas (*pulp*). Molekul lignin adalah komponen aktif yang memiliki kemampuan untuk mengikat partikel tanah terutama silika dan dapat berperan sebagai pendispersi lempung sehingga lempung menjadi lebih plastis dan padat. Pada jalan kerikil, lignin sulfonat digunakan dengan cara disemprotkan ke permukaan jalan, tetapi hasil yang lebih baik akan didapatkan bila lignin sulfonat dicampur dengan bahan yang terletak beberapa cm dari permukaan jalan kerikil tersebut.

Lignin sulfonat adalah bahan yang larut dalam air, ramah lingkungan, mudah ditangani, digunakan dan sangat murah. Bila digunakan pada jalan kerikil

atau jalan tanpa penutup lainnya, penggunaan lignin sulfonat tidak saja dapat meminimasi masalah hilangnya partikel halus dari permukaan jalan kerikil tetapi juga dapat mempertahankan agregat tetap pada posisinya sehingga permukaan jalan kerikil lebih kompak. Selain itu, juga meningkatkan daya dukung jalan kerikil tersebut.

Lignin sulfonat dapat digunakan secara efektif pada jalan kerikil yang mengandung lempung lebih dari 20%. Bila fraksi halus yang digunakan pada jalan kerikil merupakan tanah lempung berplastisitas tinggi (CH, MH, A-7-6, A-7-5) atau mengandung tanah organik (OL, OH, A-7-6) maka penggunaan lignin sulfonat menjadi tidak efektif. Lignin sulfonat belum tentu dapat digunakan pada tanah yang mengandung bahan halus non-plastis, seperti silt atau serbuk batu.

Menurut Yamin (2001), penambahan lignin tidak menunjukkan pengaruh yang berarti, baik terhadap susunan kimia tanah maupun terhadap sifat-sifat fisik tanah yang lain, misal, batas Atterberg, batas susut dan gradasi.

Walaupun penggunaan lignin sulfonat dapat membuat permukaan jalan kerikil menjadi lebih kompak dan padat, namun lubang pada permukaan jalan mungkin masih terjadi, sehingga penutupan dan pengikisan (*grading*) tetap saja harus dilakukan tetapi dengan frekuensi yang berkurang.

2.8.1.3 Soybean Oil

Soybean oil adalah suatu bahan buangan dari proses penyulingan *caustic*. Bahan sisa penyulingan secara teknis dikenal dengan sebutan *acidulated soybean oil soapstock*. Bahan ini bersifat *biodegradable* yang merupakan sifat yang umumnya dimiliki oleh turunan minyak ringan. Apabila bahan ini digunakan sebagai bahan pestabilisasi (*stabilizer*) pada jalan kerikil atau jalan tanpa penutup lainnya, maka bahan ini akan berpenetrasi ke dalam

butir agregat sehingga menghasilkan suatu ikatan (walaupun tidak begitu kuat) antara agregat dan juga dapat mengikat partikel halus yang terdapat pada jalan tersebut. Dengan demikian, sehingga jalan menjadi lebih kompak dan padat serta secara efektif dapat meminimasi kehilangan partikel halus atau masalah debu pada jalan tersebut.

2.8.1.4 Limbah Gula

Limbah gula dalam bentuk molase bit gula pekat (*sugar beet concentrated molasses*) juga dapat digunakan untuk mempertahankan partikel halus pada permukaan jalan kerikil seperti halnya klorida dan lignin sulfonat. Bahan ini sangat bersifat higroskopis, memiliki kandungan kalium klorida dan potasium klorida yang tinggi serta memiliki nilai pH yang mendekati netral.

Pada jalan kerikil, limbah gula dapat digunakan dengan cara menyemprotkannya langsung ke permukaan jalan. Penyemprotannya dapat dilakukan kapan saja karena bahan ini tidak mudah membeku walaupun pada temperatur minus 10 °C.

2.8.1.5 Bentonite

Bentonite adalah tanah liat alami yang mengandung mineral natrium montmorillonit. Penggunaan *bentonite* pada jalan kerikil atau jalan tanpa penutup telah terbukti efektif untuk perawatan jangka panjang (2-3 tahun) terutama bila digunakan untuk menanggulangi masalah hilangnya partikel halus dari permukaan jalan kerikil yang dibuat dari batu kapur. Hal ini disebabkan karena *bentonite* bermuatan listrik negatif sehingga cocok dan dapat melekat erat dengan batu kapur yang bermuatan listrik positif. Sebaliknya *bentonite* tidak dianjurkan atau diperbolehkan digunakan pada jalan kerikil yang terbuat dari agregat yang termasuk dalam kategori batuan beku karena umumnya batuan beku memiliki bermuatan listrik negatif

sehingga bentonite tidak akan melekat atau membentuk ikatan dengan batuan ini.

Tidak seperti klorida dan lignin sulfonat, dalam penggunaannya *bentonite* tidak disemprotkan, tetapi harus ditebarkan dan dicampur dengan agregat yang akan digunakan atau yang terdapat pada permukaan jalan kerikil sehingga partikel-partikel agregat akan terikat kuat secara *elektrochemical* melalui ikatan ion. Efektivitas penggunaan *bentonite* tidak berkurang akibat penggaruan jalan kerikil atau kegiatan perawatan lainnya ataupun pengerikilan kembali (*regravelling*) dengan penambahan satu lapisan batu kapur baru.

2.8.2 Pembentukan Kembali Permukaan Jalan Kerikil

Pemotongan, perataan dan pembentukan kembali permukaan (*grading*) jalan kerikil tidak saja dapat dilakukan oleh *motor grader*, banyak peralatan lain yang juga dapat digunakan untuk tujuan yang sama, namun demikian *motor grader* adalah jenis alat yang paling banyak digunakan.

Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan *motor grader* untuk tujuan pemotongan dan pembentukan kembali permukaan jalan kerikil adalah kecepatan operasi, sudut kemiringan pisauanya (*blade*) dan stabilitas dari *motor grader* itu sendiri.

Untuk mencapai hasil yang baik, pemotongan dan pembentukan kembali permukaan jalan kerikil dengan menggunakan *motor grader* harus dilakukan dengan kecepatan antara 3 – 5 mph. Kecepatan *motor grader* harus diatur dengan memperhatikan kondisi kelembaban permukaan, material yang digunakan pada jalan kerikil tersebut dan stabilitas tanah dasarnya. Dalam kondisi yang paling baik, kecepatan *motor grader* tidak boleh melebihi 5 mph.

Sudut kemiringan pisau *grader* juga merupakan hal yang penting untuk diperhatikan agar didapatkan hasil pemotongan yang baik. Sudut kemiringan pisau biasanya diatur antara 30° – 45° . Pengaturan sudut pisau yang kurang baik dapat menghalangi aksi pencampuran material, bahkan material banyak terdorong ke samping sehingga bahu jalan akan menjadi tinggi dan yang paling penting lagi bentuk *crown* dari permukaan jalan tidak akan didapatkan. Perlu diperhatikan di sini, bahwa jalan kerikil membutuhkan *crown* yang lebih curam dari pada permukaan aspal. Bentuk permukaan yang *crown* dengan kemiringan 4% - 6% mutlak diperlukan pada jalan kerikil agar air tidak tergenang di permukaan jalan. Kemiringan ini sangat penting untuk jalan kerikil terutama pada daerah datar.

Pelaksanaan pemotongan, perataan dan pembentukan kembali permukaan (*grading*) pada jalan kerikil sangat penting dilakukan terutama untuk menghilangkan alur, gelombang dan lubang yang terdapat pada permukaan jalan tersebut. Untuk mempermudah pemadatan dan menghindari banyaknya partikel halus yang hilang, proses pemotongan dan pembentukan kembali permukaan sebaiknya dilakukan pada saat musim kemarau kecuali bila selama proses ini permukaan jalan kerikil dibasahi terus menerus untuk menjaga kelembabannya. Untuk jalan kerikil yang tebal *existing*-nya kurang dari 75 mm, pemotongan dan pembentukan kembali permukaannya tidak disarankan kecuali bila diikuti dengan pemberian agregat tambahan.

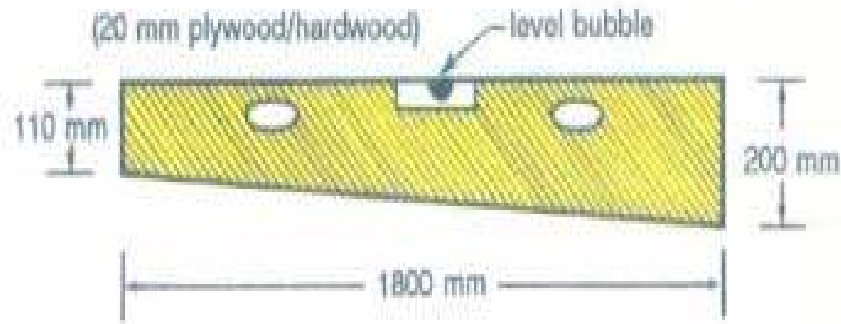
Untuk jalan kerikil yang dibuat dari agregat yang bersifat pozolanik (*lime stone*) atau yang telah mengalami sementasi dan atau yang mengandung agregat yang ukuran besar, pemotongan dan pembentukan kembali permukaan untuk memperbaiki alur, gelombang dan lubang yang terdapat pada permukaan jalan tersebut tidak disarankan. Hal ini disebabkan karena pelaksanaan pemotongan dan pembentukan kembali permukaan pada jalan kerikil seperti ini justru akan merusak atau mengoyak permukaan jalan tersebut. Oleh sebab itu, untuk jalan seperti ini, perbaikan alur, gelombang

ataupun lubang dapat dilakukan dengan penambalan atau dengan pengkerikilan kembali (*regravelling*).

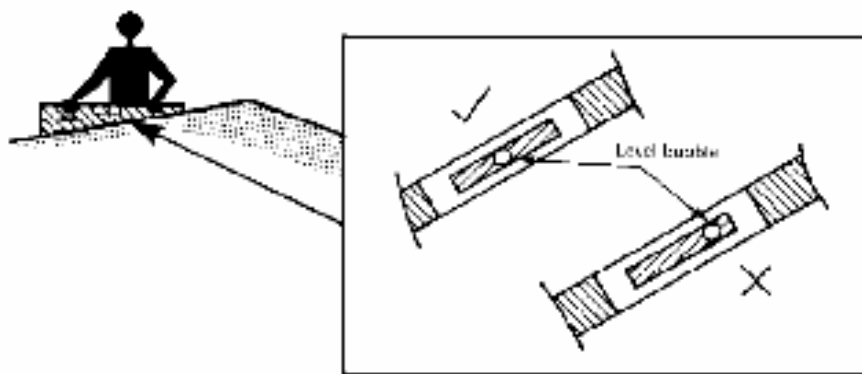
Perlu diperhatikan bahwa pada lintasan akhir pemotongan dan pembentukan kembali permukaan jalan kerikil, posisi bilah (*blade*) pada motor *grader* tidak boleh dalam keadaan datar (*horizontal*) karena akan menyebabkan terbentuknya permukaan jalan yang datar tanpa kemiringan melintang (*crossfall*). Bila ini terjadi, maka permukaan jalan kerikil akan mudah menampung air sehingga akan lebih cepat rusak.

Bila pemotongan akhir permukaan jalan kerikil telah selesai dilakukan, *crossfall* harus diperiksa dengan menggunakan papan *camber* sederhana, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11. Papan *camber* ini harus ditempatkan pada masing-masing tengah alur lalu lintas dengan ujung sempit dari papan tersebut menunjuk ke arah as jalan (*centre line*), seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.12. Jika posisi gelembung papan *camber* sudah tepat, maka posisi papan *camber* sudah benar, lalu periksa apakah permukaan jalan masih perlu dipotong atau ditambah lagi agregatnya karena belum memberikan *crossfall* yang sesuai. Pemeriksaan *crossfall* harus dilakukan pada setiap interval 20 meter di sepanjang permukaan jalan kerikil. Jika ditemui *crossfall* yang terlalu curam atau terlalu datar, maka pengecekan jalan harus diulangi lagi.

Kemiringan memanjang jalan kerikil sebaiknya maksimum harus sama dengan kemiringan *crossfall*. Bila tidak, maka permukaan jalan ini akan peka terhadap erosi khususnya pada lajur jejak roda. Meskipun kemiringan memanjang jalan kerikil sudah sama dengan atau lebih kecil dari kemiringan *crossfall*nya, perhatian untuk perawatan harus lebih diintensifkan pada daerah ini. Bila pada daerah ini kerusakan berupa erosi sering kali terjadi, maka pemberian lapis penutup baik berupa *surface dressing*, lapis beraspal ataupun dengan pembetonan mungkin perlu dilakukan pada daerah ini.



Gambar 2.11 Bentuk dan Ukuran Papan *Camber*



Gambar 2.12 Ilustrasi Penggunaan Papan *Camber*

Jika peralatan pemadatan telah siap beroperasi, alat ini harus dioperasikan mengikuti *motor grader* sedekat mungkin tetapi harus bekerja pada bagian telah selesai dipotong sehingga operasional pemotongan dan pembentukan kembali yang dilakukan oleh *motor grader* tidak terganggu. Pemadatan harus dilakukan mengikuti segmen yang telah dilakukan pemotongan dan pembentukan kembali permukaan. Pemadatan harus dimulai dari bagian tepi jalan menuju ke tengah. Agar semua agregat memiliki kebasahan yang

memadai dan untuk memastikan semua partikel dalam kondisi basah sehingga mudah dipadatkan, maka pembasahan dengan air dapat dilakukan pada permukaan yang sudah siap untuk dipadatkan beberapa saat sebelum pemadatan dilakukan.

Kuantitas pemberian air harus dikontrol agar tidak akan menyebabkan pemisahan pada agregat atau terpisahnya partikel halus dari agregat kasarnya pada saat proses pemadatan. Kuantitas pemberian air harus mendekati kadar air optimum dari agregat yang akan dipadatkan. Meskipun berdasarkan pengalaman kadar air optimum ini dapat diperkirakan, tetapi pengujian yang sederhana untuk mengetahui kadar air sebenarnya mungkin perlu dilakukan.

2.8.2.1 Frekuensi *Grading*

Jalan kerikil yang dibuat dengan agregat berkualitas rata-rata mungkin akan membutuhkan *grading* (pemotongan, perataan dan pembentukan kembali permukaan) setelah dilewati oleh 12000-15000 kendaraan. Sedangkan yang menggunakan agregat berkualitas baik *grading* mungkin baru diperlukan setelah dilewati oleh 25.000 kendaraan. Namun demikian, frekuensi *grading* dapat juga dilakukan berdasarkan pada volume lalu lintas harian, iklim dan sifat bahan permukaan dari jalan kerikil tersebut. Pada Gambar 2.13 diberikan frekuensi pelaksanaan *grading* permukaan jalan kerikil yang direkomendasikan oleh TRRL (1997) berdasarkan volume lalu lintas harian rata-rata dalam setahun yang melewati jalan kerikil tersebut.

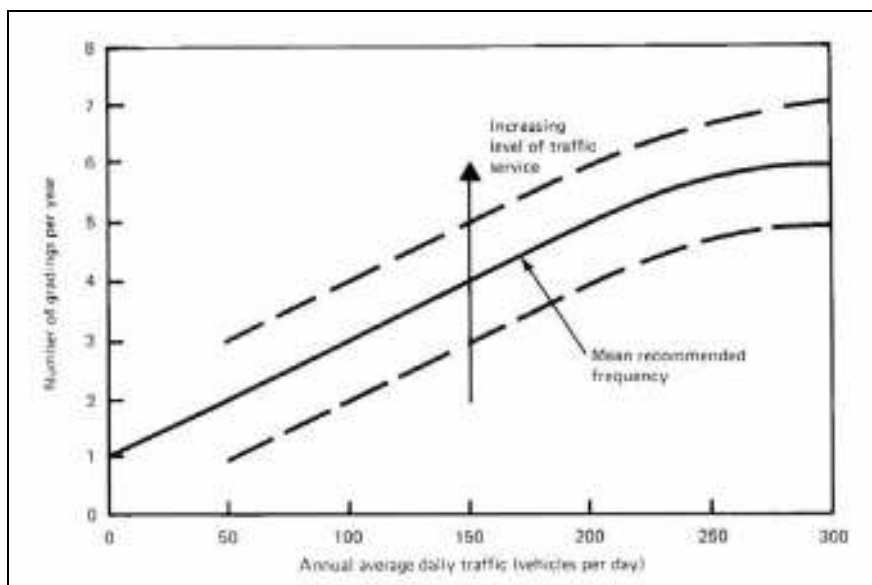
2.8.2.2 *Grading* Geng

Pekerjaan *grading* permukaan jalan kerikil dapat dilakukan oleh seorang operator *motor grader* dan dibantu oleh seorang petugas pembantu bila pada permukaan jalan kerikil tersebut tidak banyak mengandung agregat yang berukuran besar (*oversize*). Selain memberi aba-aba kepada operator

grader, baik pada saat *grader* beroperasi ataupun berputar arah, petugas pembantu juga dapat bertugas untuk mengatur arus lalu lintas, memungut agregat yang besar dari permukaan jalan kerikil serta benda-benda lainnya yang dapat menghambat jalannya *motor grader*. Pada saat akan beroperasi, *motor grader* harus membawa papan *camber* dan rambu-rambu lalu lintas.

Seorang operator lainnya dibutuhkan untuk mengoperasikan alat pemadat dan seorang operator lagi, bila diperlukan, untuk mengoperasikan mobil tangki air pada saat pemadatan akan dilakukan.

Untuk efisiensi pengawasan, pemeliharaan dan pengisian bahan bakar, pada saat proses operasional *grading* jalan kerikil, paling tidak tiga *motor grader* harus dioperasikan sekaligus.



Gambar 2.13 Chart untuk Penentuan Frekuensi Grading Jalan Kerikil (TRRL, 1997)

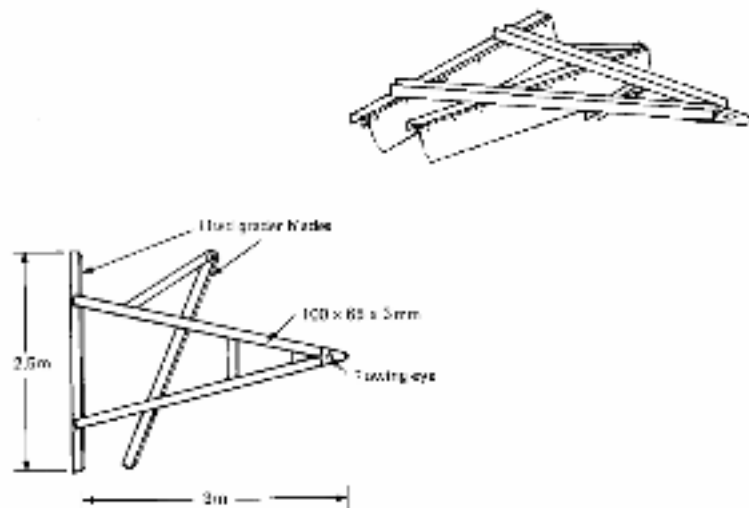
2.8.3 Menyeret (*Dragging*) dan Menyikat (*Brushing*)

Pada bulan-bulan panas di musim kemarau, *dragging* dapat dilakukan secara regular atau sesering mungkin untuk menghambat pembentukan gelombang (*corrugations*) pada permukaan jalan kerikil. *Dragging* bertujuan untuk membersihkan permukaan jalan kerikil dari agregat lepas, tetapi *dragging* tidak dapat menghilangkan gelombang bila gelombang tersebut telah terbentuk dan juga tidak dapat memperbaiki bentuk *crossfall* permukaan jalan kerikil. Cacat permukaan seperti ini harus diperbaiki dengan pemotongan dan pembentukan kembali permukaan (*grading*).

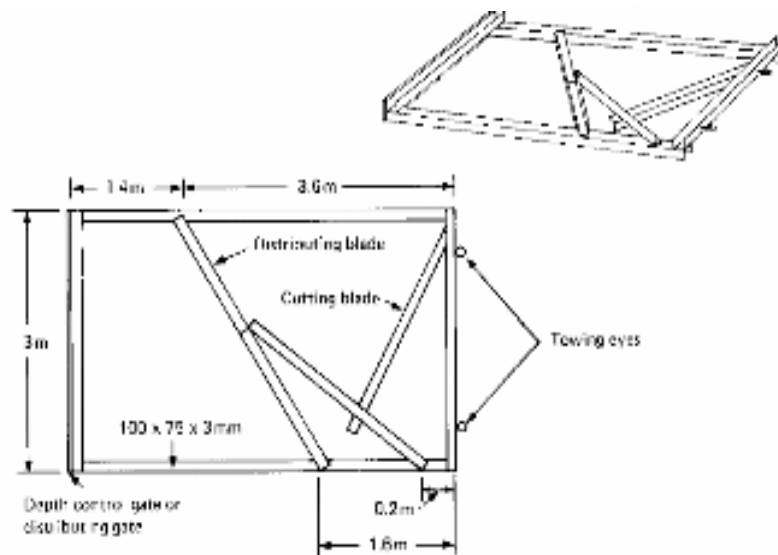
2.8.3.1 *Drag Unit*

Dalam pengoperasiannya, *drag unit* harus ditarik oleh traktor. *Drag unit* dapat berbentuk segitiga (Gambar 2.14). ataupun segiempat (Gambar 2.15). *Drag unit* terdiri dari dua bagian; bagian pertama berbentuk segi tiga 'A' *frame* dibuat dari besi 100 mm x 65 mm x 3 mm. Bagian kedua, dibuat dari besi 100 mm x 75 mm x 3 mm dan memiliki bilah pemotong untuk mendistribusikan agregat yang ditarik. Berat keseluruhan dari *drag unit* ini masing-masing sekitar 250 kg dan 375 kg. Untuk keefektifan kerja, lebar *drag unit* seyogyanya dapat mencakup setengah dari lebar jalan kerikil atau selebar lajur lalu lintas. *Drag unit* yang diilustrasikan pada Gambar 2.14 memiliki bilah pemotong dengan ketinggian dan posisi dapat diatur untuk memperoleh volume agregat yang diperlukan.

Bahan lainnya yang juga banyak digunakan berbagai negara untuk membuat *drag unit* adalah rel kereta api, balok kayu dan lain sebagainya, tetapi bahan besi seperti yang telah disebutkan di atas lebih dianjurkan karena telah terbukti memiliki kinerja yang baik untuk menyeret agregat yang lepas dari permukaan jalan kerikil yang melayani lalu lintas sampai dengan 100 kendaraan per hari.



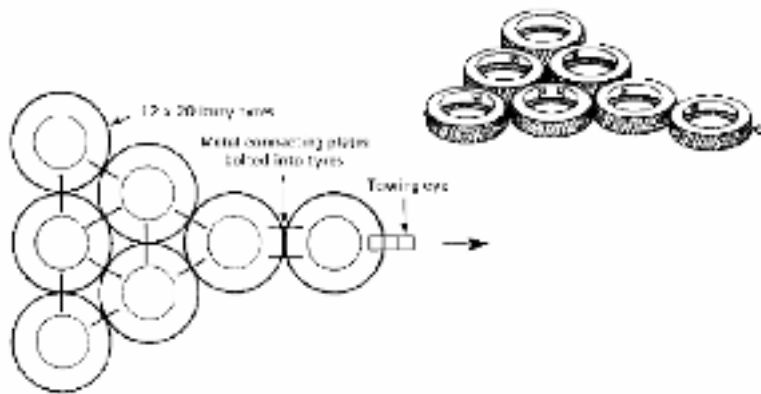
Gambar 2.14 *Drag Unit* Berbentuk Segi Tiga yang Dilengkapi Dua Bilah Pemotong



Gambar 2.15 *Drag Unit* Berbentuk Segi Empat yang Dilengkapi Tiga Bilah Pemotong

2.8.3.2 *Tire Sledges*

Tire Sledges (ban kereta luncur) umumnya hanya efektif untuk membesihkan agregat lepas dari permukaan jalan kerikil yang melayani lalu lintas dengan volume yang sangat ringan. *Tire Sledges* dapat dibuat dari ban bekas traktor atau ban truk yang dipotong menjadi dua bagian yang simetris secara memanjang dan dirangkai sehingga menjadi satu kesatuan dengan bentuk seperti ditunjukkan pada Gambar 2.16. Untuk menjamin bahwa agregat yang lepas pada permukaan jalan kerikil akan terdistribusikan dengan baik ke tepi, maka setiap ban dalam rangkaian ini harus bersinggungan satu dengan yang lainnya. Untuk keefektifan kerja, lebar rangkaian ban seyogyanya dapat mencakup setengah dari lebar jalan kerikil atau selebar lajur lalu lintas.



Gambar 2.16 *Tire Sledges*

2.8.3.3 Frekuensi, Metode Operasional, dan *Draging Geng*

Pada dasarnya metode oprasional penyapuan baik dengan *draging* ataupun dengan *tire sledge* adalah sama, yaitu hanya dengan menarik alat (*unit*) tersebut sekali jalan untuk masing-masing arah lalu lintas.

Frekuensi penyapuan agregat yang lepas dari permukaan jalan kerikil dilakukan tergantung pada beban lalu lintas, laju perkembangan gelombang dan jenis tanah dasarnya. Jalan kerikil yang dilewati lalu lintas dengan volume 100 kendaraan perhari mungkin perlu disapu dengan menggunakan *dragging unit* setiap dua minggu sekali. Untuk jalan-jalan melayani 50 kendaraan perhari, operasionalnya dilakukan setiap 3 atau 4 minggu sekali. Sedangkan setiap 4 - 6 minggu untuk jalan kerikil dengan tingkat lalu lintas 25 kendaraan perhari. Walaupun begitu, untuk mendapatkan frekuensi penyapuan yang optimal dan efektif pengujian sederhana harus dilakukan untuk masing-masing kondisi yang berbeda.

Untuk hasil terbaik, dalam pengujian untuk mendapatkan frekuensi penyapuan yang efektif, empat penyesuaian utama perlu dilakukan sesuai dengan kondisi masing-masing lapangan, yaitu kedalaman memotong, sudut bilah pemotong relatif terhadap arah lalu lintas, sudut penarikan *drag* dan berat *drag unit* itu sendiri.

Variasi sudut tarikan antara traktor dengan *drag unit* juga dapat dilakukan untuk mendapatkan efektifitas pada setiap tarikan, tetapi hal ini lebih sulit untuk dikontrol. Kedalaman potongan juga dapat divariasikan dengan mengatur bobot *drag unit*. Tingkat kekasaran permukaan (*roughness*) dan ukuran agregat pada lapisan permukaan jalan kerikil akan sangat menentukan berat optimal dari *drag unit* yang akan digunakan.

Dragging dapat dilakukan oleh seorang operator traktor dan seorang petugas pembantu. Pelaksanaan operasional *dragging* harus selalu searah dengan arah lalu lintas dan tidak harus berhenti pada persimpangan atau di belokan.

Kecepatan *dragging* tergantung pada jenis *drag unit* yang digunakan dan pada kondisi permukaan jalan tetapi seyogyanya dapat dilakukan pada kecepatan 5-8 km/jam. Pengopersian *drag unit* yang terlalu cepat akan menyebabkan tidak tersapunya agregat dan atau terlewatinya bagian-bagian permukaan jalan kerikil yang tidak rata. Selain itu juga akan

menghasilkan banyak debu. Panjang operasional *dragging* harus sepanjang mungkin, akan lebih efektif bila dapat mencapai beberapa kilo meter dalam satu kali *dragging*.

Bila mungkin, semua rangkaian *drag unit* harus dilengkapi dengan lampu peringatan warna kuning yang dapat berkedap kedip. Lampu depan traktor penarik harus dinyalakan saat operasional *dragging*. Jika lampu peringatan tidak tersedia, operasional *dragging* harus dilengkapi dengan rambu lalu lintas dan bendera bertiang panjang sehingga masih dapat terlihat dalam kondisi jalan penuh dengan debu.

2.8.4 Pengerikilan Kembali (*Regravelling*)

Agregat pada permukaan jalan kerikil akan aus oleh lalu lintas, terkikis atau tererosi oleh hujan dan partikel halusny akan tertiu angin sebagai debu. Bila ini terjadi, maka tanah dasar akan terbuka atau terekspos khususnya pada daerah yang mengalami alur dan deformasi. Sebelum kuantitas agregat dan material halus hilang cukup signifikan dan tanah dasarnya berubah bentuk serta mengalami kerusakan, maka pengerikilan kembali permukaan jalan kerikil perlu dilakukan. Pengerikilan kembali juga dapat dilakukan untuk memperbaiki bentuk penampang permukaan, alur, lubang dan alur bekas aliran air akibat erosi.

Sebelum pekerjaan pengerikilan kembali dilakukan, perbaikan atau bahkan pembuatan sistem drainase perlu dilakukan terlebih dahulu. Jika hal ini tidak dilakukan, maka permukaan kerikil yang baru akan cepat mengalami kerusakan kembali dalam waktu yang tidak begitu lama.

2.8.4.1 Kualitas Agregat untuk Pengerikilan Kembali

Meskipun agregat yang akan digunakan untuk pengerikilan kembali harus sesuai dengan spesifikasi, secara praktis agregat yang umumnya tersedia di

lapangan dapat digunakan. Pekerjaan pengerikilan kembali dapat dilakukan dengan menggunakan agregat yang mutunya lebih rendah dari yang umumnya digunakan pada awal pembuatan jalan kerikil tersebut. Walaupun begitu, agregat yang digunakan untuk pengerikilan kembali harus memiliki kohesi yang memadai untuk mencegah terjadinya pelepasan butir (*ravelling*) dan gelombang (*corrugating*) terutama dalam kondisi kering. Kandungan lempung pada agregat yang akan digunakan juga tidak boleh terlalu tinggi agar permukaan jalan tidak menjadi licin bila dalam kondisi basah. Untuk itu, agregat yang digunakan harus terdiri dari agregat atau kerikil pecah yang keras dan awet. Agregat tersebut harus pula bersifat plastis tetapi bebas dari tumbuhan atau sisa tanaman, lumpur atau gumpalan lempung.

Agregat yang akan digunakan untuk pengkerikilan kembali harus bergradasi menerus (rapat) dan tidak ada satu ukuranpun yang dominan. Gradasi agregat untuk pengkerikilan kembali yang direkomendasi oleh British Standard seperti yang diberikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Distribusi Gradasi Agregat Untuk Pengkerikilan Kembali Permukaan Jalan Kerikil

Ukuran Saringan (mm)	Persen Lolos*		
	Ukuran Agregat Nominal Maksimum		
	20 mm	10 mm	5 mm
40	100		
20	80 – 100	100	
10	55 – 80	80 – 100	100
5	40 – 60	60 – 85	80 – 100
2,5	30 – 50	45 – 70	50 – 80
0,5	15 – 30	25 – 45	25 – 45
0.075	5 - 15	10 - 25	10 - 25
Catatan : * Agregat yang tertahan masing-masing saringan yang berurutan tidak boleh kurang dari 10% kecuali untuk dua saringan yang terbesar			

Untuk menjamin ikatan yang baik pada pekerjaan pengerikilan kembali, agregat halus yang digunakan pada pekerjaan ini yang lolos saringan ukuran 0,5 mm sebagian besar harus berupa tanah lempung atau lempung kelanauan (*silty clay*) atau lanau kelempungan (*clayed silts*) yang bercampur dengan partikel halus dari agregat. Batas Atterberg partikel halus yang lolos saringan ukuran 0,5 mm seperti yang diberikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Batas Atterberg Agregat Untuk Pengkerikilan Kembali Jalan Kerikil

Kondisi Daerah	Batas Atterberg		
	Batas Cair* (%)	Indeks Plastis* (%)	Batas Susut (%)
Daerah Dingin	≤ 35	4 – 9	2 – 5
Daerah Panas	≤ 45	6 - 20	3 - 10
Catatan : *. Batas nilai yang tinggi dapat digunakan untuk agregat tidak mudah pecah akibat lalu lintas. Batas yang lebih rendah cocok digunakan untuk agregat yang mudah pecah oleh lalu lintas, contohnya kapur			

2.8.4.2 Peralatan dan Pekerja

Pengerikilan kembali adalah pekerjaan utama yang mendominasi pengeluaran dalam pemeliharaan jalan kerikil. Oleh sebab itu, perencanaan dan pelaksanaannya harus direncanakan dengan hati-hati sehingga dapat mencapai efisiensi yang maksimum. Untuk melaksanakan pekerjaan ini, jenis pekerjaan, perkiraan jenis dan jumlah peralatan yang dibutuhkan seperti yang diberikan dalam Tabel 2.4.

Untuk pengkerikilan kembali jalan kerikil setebal 100 mm, kebutuhan agregat untuk satu kilometer jalan dengan lebar 7,5 meter diperkirakan sekitar 750 m³ (volume padat). Dengan demikian, jenis dan jumlah alat serta pekerja yang tercantum dalam Tabel 2.4 di atas dapat digunakan sebagai acuan untuk pekerjaan pengerikilan kembali sekitar setengah kilometer jalan setiap harinya.

Tabel 2.4 Jenis Pekerjaan dan Perkiraan Peralatan yang Dibutuhkan

Jenis Pekerjaan	Perkiraan Peralatan	Keterangan
Produksi agregat pecah	1 <i>Bulldozer</i> 1 <i>Loading shovel</i> 1 <i>Greader</i> 8 Truk pengangkut 6 Pekerja	Perkiraan produksi dapat mencapai 450 - 500 m ³ /hari untuk jarak angkut rata-rata 5 kilometer. Jika jarak angkut melebihi 5 kilometer, truk tambahan harus disediakan sehingga peralatan lainnya dapat dimanfaatkan secara optimal.
Pengerikilam kembali	1 <i>Greader</i> 1 Pemadatan roda baja 1 Pemadatan roda karet 2 Truk tangki air 1 Pompa air 1 Gerobak dorong 20 Pekerja	Perkiraan produksi dapat mencapai 300 - 350 m ³ /hari

Pekerjaan pengerikilam kembali harus mulai dengan melakukan persediaan agregat di *stockpile* atau di daerah *quarry*. Bila jalan tidak dapat ditutup untuk lalu lintas selama pekerjaan, maka sebuah *bulldozer* atau *motor grader* harus membuka rute pengalihan (*detour*) yang berdekatan dengan jalan tersebut. Jika jalan tersebut dilalui oleh lalu lintas dengan volume yang cukup besar, rute pengalihan ini mungkin memerlukan juga pelapisan dengan kerikil dan sebuah *motor grader* lainnya juga harus dipersiapkan untuk menjaga permukaan jalan tersebut agar selalu dalam kondisi baik.

Setelah rute pengalihan selesai disiapkan dan sebelum pekerjaan pengerikilam kembali dimulai, rambu-rambu peringatan, pembatas dan kerucut lalu lintas (*traffic cone*) harus dipasang di sekitar daerah yang dikerjakan. Jika tidak ada rute peralihan, rambu-rambu yang menyatakan bahwa jalan ditutup harus dipasang.

2.8.4.3 Penyebaran Agregat

Sebelum pengkerikilan kembali dilakukan, yaitu sebelum penebaran agregat tambahan pada permukaan jalan, sangat dianjurkan untuk melakukan pembentukan kembali permukaan jalan kerikil ekisting. Jika perbaikan ini tidak dilakukan, maka akan ada kemungkinan bahwa deformasi yang terjadi pada ekisting akan terefleksi ke permukaan yang baru. Permukaan jalan yang keras harus digaru (*scarified*) dengan menggunakan *motor grader* hingga kedalaman sekitar 50 mm untuk memastikan terjadinya ikatan yang baik antara agregat baru dengan agregat yang sudah ada. Tepi jalan harus dibuat tegak lurus dan kemiringan penampang permukaan (*crossfall*) harus diperiksa untuk memastikan bahwa kemiringannya antara 4% - 6%.

Seorang supervisor di *stockpile* atau *quarry* harus memastikan bahwa agregat diambil dari tempat atau tumpukan dan dimuat ke dalam truk dengan benar. Umumnya, agregat ditumpuk kembali (*restock*) terlebih dahulu di lapangan sesudah perbaikan bentuk permukaan dilakukan tetapi sebelum pekerjaan pengkerikilan kembali dilakukan.

Jika jalan tetap dibuka untuk lalu lintas dan disekitarnya tidak ada rute pengalihan, maka agregat harus ditempatkan pada bahu jalan dan rambu-rambu peringatan harus ditempatkan di awal dan ujung penempatan agregat tersebut. Penempatan agregat pada kondisi agregat yang lembab adalah lebih baik, karena bila agregat dalam kondisi kering kemungkinan akan terjadi segregasi pada saat dimuat ke atas truk, diangkut dan disebarkan di lapangan.

Penyebaran agregat dengan menggunakan kotak menyebar (*box spreader*) yang menyatu atau ditarik oleh sebuah truk adalah lebih baik dan jauh lebih cepat dibandingkan bila penyebarannya dilakukan dengan menggunakan *motor grader*, tetapi cara ini membutuhkan tambahan alat (*loader*) untuk memuat agregat ke atas kotak menyebar. Oleh sebab itu, walaupun lebih cepat tetapi mungkin saja cara ini menjadi sangat tidak efisien.

Kadar air agregat tambahan (agregat baru) harus dibuat dan diperkirakan mendekati kadar air optimum untuk pemadatan. Jika diperlukan penambahan air, truk tangki air harus menyemprot jalan *existing* terlebih dahulu sebelum agregat baru disebarkan. Kemudian setelah itu, agregat baru disebarkan selebar jalur lalu lintas dengan menggunakan *motor grader*. Setelah tersebar, agregat baru inipun juga disiram air sampai mencapai atau mendekati kadar air optimum pemadatannya. Truk tangki yang sudah berisi air harus selalu siap di lapangan sebelum pekerjaan penyebaran agregat dan pemadatan dilaksanakan.

Setelah agregat tersebar secara merata selebar jalur lalu lintas dan kadar airnya telah sesuai, kemudian dilakukan perataan dan pembentukan permukaan. Lalu periksa kemiringan permukaannya dengan menggunakan papan *camber* (lihat Gambar 2.12). Bila kemiringannya tidak sesuai dengan rencana, perataan dan pembentukan harus diulangi lagi.

2.8.4.4 Pemadatan

Pemadatan harus dilakukan dengan menggunakan pemadat roda baja dan dilanjutkan dengan pemadat roda karet. Pemadatan yang dilakukan dengan baik akan meningkatkan kualitas permukaan jalan kerikil. Empat lintasan dengan pemadat roda karet akan menghasilkan kepadatan yang memadai asalkan dilakukan pada kadar air optimumnya tetapi delapan lintasan atau lebih akan menghasilkan kepadatan yang lebih tinggi dari yang disyaratkan.

Pemadatan harus dimulai sesegera setelah *motor grader* selesai beroperasi dan setelah didapatkan penampang permukaan jalan dengan kemiringan yang sesuai. Pemadatan harus dilakukan mulai dari tepi terluar jalan menuju ke arah *centre line*. Begitu seterusnya sampai didapatkan kepadatan maksimumnya. Pemadatan harus dilakukan dengan kecepatan rendah tetapi seyogyanya dapat diselesaikan pada saat *motor grader* selesai menebarkan agregat pada bagian berikutnya.

Setelah pemadatan selesai, lakukan pemeriksaan ketebalan lapisan padat dari jalan tersebut. Baru setelah itu rambu-rambu, kerucut lalu lintas dan pembatas boleh dipindahkan ke bagian lain yang akan dilakukan penebaran agregat selanjutnya.

Semua pekerjaan tersebut di atas harus terus dilakukan di sepanjang bagian jalan yang direncanakan akan dikerikil ulang. Jalan ini baru dapat dibuka untuk lalu lintas bila pemadatan dan pemeriksaan ketebalan lapisan padat telah selesai dilakukan.

2.8.5 Pengisian dan Penambalan (*Filling and Patching*)

Pada jalan kerikil, pekerjaan ini dilakukan untuk memperbaiki cacat permukaan yang tidak begitu besar dan luas (skala kecil). Pekerjaan ini kadang-kadang disebut juga sebagai pengerikilan kembali setempat (*spot regravelling*), contohnya seperti perbaikan lubang, alur jejak roda, pelemahan setempat dan alur-alur bekas aliran air. Penambalan juga dapat dilakukan pada jalan kerikil yang sudah tersementasi atau pada permukaan dimana terdapat bongkahan batu besar yang terlepas atau hancur. Pekerjaan ini dapat dilakukan bahkan tanpa peralatan khusus. Perbaikan kerusakan seperti ini dengan melakukan pemotongan dan pembentukan kembali permukaan (*grading*) atau dengan pengerikilan kembali tidak dibenarkan karena hanya akan menyebabkan kerusakan permukaan yang lebih parah. Tetapi bila pada permukaan jalan kerikil tersebut sudah banyak terdapat lubang-lubang, *grading* atau bahkan pengerikilan kembali mungkin diperlukan.

Pengisian dan penambalan kembali agregat pada jalan kerikil tidak direkomendasikan untuk memperbaiki gelombang (*corrugations*) pada permukaan jalan tersebut, karena untuk kerusakan seperti ini yang harus dilakukan adalah *grading* atau *dragging*.

Kualitas agregat yang digunakan untuk pengisian dan penambalan harus sama dengan yang digunakan untuk pengkerikilan kembali (Tabel 2.2 dan Tabel 2.3), atau dapat juga menggunakan material pilihan (*selected materials*) yang memiliki sifat permeabilitas yang relatif sama dengan tanah dasar daerah yang diperbaiki sehingga dapat meningkatkan ketinggian (*level*) tanah dasar tersebut. Agregat atau bahan yang akan digunakan untuk pengisian dan penambalan harus ditimbun (*stock*) sekitar daerah yang akan diperbaiki.

Sebelum pekerjaan pengisian dan penambalan dimulai, rambu-rambu lalu lintas harus dipasang dan diatur penempatannya. Material atau agregat yang lepas dan air yang tertampung pada permukaan jalan kerikil yang akan diperbaiki harus dibuang. Besar dan kedalaman lubang harus diperbesar dan diperdalam. Selain itu, dindingnya harus dibuat vertikal dan digali hingga mencapai bagian yang keras dan kompak.

Jika daerah yang akan diperbaiki dalam keadaan kering, daerah tersebut harus dibasahi terlebih dahulu. Begitu juga halnya dengan agregat atau bahan yang akan digunakan untuk pengisian ataupun penambalan tersebut. Agregat atau bahan tambalan harus dimasukkan ke dalam lubang lapis demi lapis dengan ketebalan lapisan sekitar 50-70mm. Setiap lapisan harus dipadatkan dengan pemadat kodok/timbris (*tamper*) atau pemadat tangan (*rammers*) yang bergetar. Pemadatan tidak boleh dilakukan dengan menggunakan gilasan roda truk atau traktor karena pemadatan yang dihasilkan tidak akan memadai. Pengisian tambalan lubang dengan agregat harus sekitar 30 mm lebih tinggi dari permukaan jalan *existing*, dibentuk dan dirapikan. Tambalan kemudian dipadatkan lagi sehingga menghasilkan permukaan yang sedikit lebih tinggi permukaan jalan *existing* di sekitarnya. Untuk lubang yang besar, perbaikannya dilakukan dengan cara yang sama seperti halnya perbaikan yang dilakukan lubang yang kecil.

Pekerjaan pengisian dan penambalan lubang harus sudah selsesai sebelum malam agar tidak membahayakan pengguna jalan. Daerah yang sudah

diperbaiki harus bersih dan rapi kembali tanpa ada tumpukan material di tepi kiri dan kanan jalan.

2.9 Perawatan Bangunan Pelengkap Jalan Kerikil

2.9.1 Perawatan Saluran Samping

Air sangat mempengaruhi kinerja jalan kerikil. Oleh sebab itu, air harus segera dialirkan dari permukaan jalan kerikil dan tidak boleh terinfiltrasi masuk ke dalam lapisannya baik melalui permukaan jalan maupun dari sampingnya. Lokasi, trase, profil, bentuk, lapisan perkerasan jalan kerikil dan *outlet* dari samping sangat menentukan efisiensi pengaliran air dari permukaan jalan kerikil.

Idealnya, saluran samping harus berupa pasangan batu (*lining*), tetapi untuk efisiensi biaya awal dan kemudahan perawatan, saluran untuk jalan kerikil dapat dibuat dengan tanpa penutup (*unlining*) asalkan tidak mudah tererosi, selalu memiliki luas penampang yang memadai dan mampu mengalirkan air dengan baik. Agar kriteria tersebut selalu dapat terpenuhi, saluran samping harus selalu dirawat. Bila saluran samping selalu memenuhi kriteria tersebut, maka jalan kerikil dapat memberikan kinerja yang baik sehingga jangka waktu antara *regrading* atau perawatan lainnya menjadi cukup lama dan pada akhirnya akan mengurangi biaya pemeliharaan.

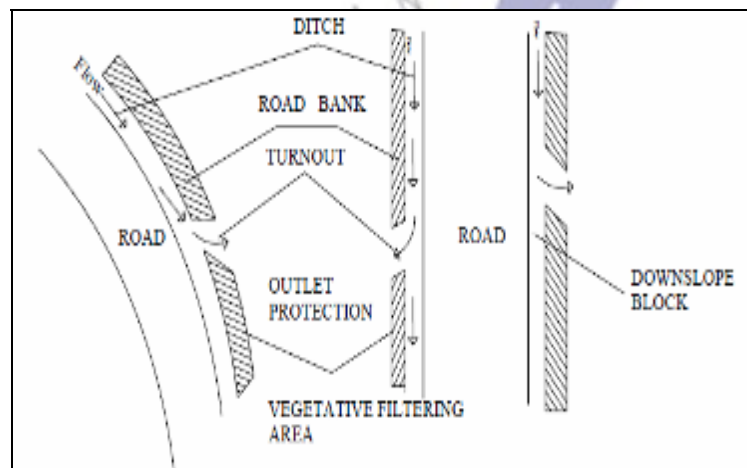
2.9.1.1 Profil Saluran Samping

Saluran samping pada jalan kerikil jalan harus cukup dalam, minimal 30 sampai 60 cm di bawah level tanah dasar. Untuk mendapatkan penampang basah yang luas (kapasitas tertinggi), saluran harus berbentuk trapesium, tetapi untuk kemudahan pekerjaan, saluran samping berbentuk "V" dapat diperkenankan karena dapat dibuat dan dipelihara dengan menggunakan

motor grader. Saluran samping berbentuk “U” harus dihindari karena kapasitas pengalirannya 30% lebih kecil dari saluran bentuk lainnya. Selain itu, saluran bentuk inipun akan mudah mengalami kerusakan terutama pada dinding atau tepinya dan perawatannya juga sulit untuk dilakukan.

Saluran samping dengan kemiringan dinding kurang dari 5% harus ditutup dengan rumput. Kemiringan dinding yang lebih besar 5% harus dihindari karena rentan terhadap erosi atau memerlukan lapisan penutup seperti *geotextile*, *aggregate-filter* ataupun pasangan batu.

Bila memungkinkan, sodetan (*turn-out*, Gambar 2.17) pada saluran samping dapat dibuat untuk membantu menjaga kestabilan kecepatan dan kapasitas aliran air dalam saluran samping. Untuk mencegah erosi di ujung saluran samping pada sodetan, maka dinding saluran samping pada daerah ini harus distabilisasi baik menggunakan tumbuhan (vegetasi), geotekstil ataupun pasangan batu. Selain itu, semua saluran samping harus memiliki *outlet* yang sesuai yang memungkinkan air mengalir sepenuhnya dari saluran samping tersebut.



Gambar 2.17 Ilustrasi Lokasi yang Dipandang Memerlukan Sodetan

2.9.1.2 Pembersihan Saluran Samping

Pada prinsipnya, saluran samping harus selalu kosong, tidak boleh ada genangan air dalam saluran tersebut. Pemeriksaan dan pembersihan selokan, sodetan ataupun *outlet* secara berkala perlu dilakukan terutama saat menjelang musim penghujan atau pada waktu setelah terjadinya hujan lebat. Pembersihan saluran yang berbentuk trapesium dapat dilakukan dengan menggunakan pengeruk beroda karet (*excavator tired roller*) sedangkan untuk saluran yang berbentuk “V” pembersihannya akan lebih mudah, cepat dan tidak mahal (*cost effective*) bila dilakukan dengan menggunakan motor *greader*.

Sedimen atau puing-puing yang menyebabkan tersumbatnya saluran harus dibersihkan sehingga air tidak terperangkap, tertampung ataupun meluap. Saluran harus digali kembali jika memang benar-benar sudah diperlukan (kedalamannya < 30 cm di bawah level tanah dasar). Penggalan kembali saluran harus dilakukan pada akhir musim kemarau atau sebelum musim hujan tiba dan cuaca dalam kondisi baik.

Pembersihan dan pemeliharaan saluran adalah elemen yang paling penting untuk mempertahankan kinerja jalan kerikil. Berikut adalah beberapa saran yang dapat diikuti untuk pemeliharaan saluran:

- Periksa saluran secara teratur dan jadwalkan kapan pembersihan akan dilakukan
- Pastikan dasar saluran selalu dalam kondisi padat.
- Buang dengan segera bahan-bahan yang dapat menyumbat saluran, seperti ranting pohon, batu besar dan penghambat lainnya.
- Periksa saluran setiap kali setelah terjadi hujan lebat ataupun hujan badai
- Lakukan penggalan kembali hanya bila benar-benar diperlukan.
- Pastikan kemiringan lereng saluran kurang dari 5% dan akan lebih baik lagi bila lereng tersebut ditutup dengan tanaman.

Untuk pekerjaan pemeliharaan rutin, seperti pengisian dan penambalan lubang, perbaikan bahu dan pembersihan saluran, komposisi dan jumlah pesonil dalam satu kelompok tergantung apakah pekerjaan tersebut dilakukan secara padat karya atau padat alat. Bila pekerjaan akan dilakukan secara padat karya, pesonil dan peralatan yang dibutuhkan pembersihan saluran paling tidak adalah sebagai berikut:

Personil:

- 1 ketua kelompok (*gang*)
- 1 sopir
- Beberapa pekerja

Peralatan:

- 1 truk kecil atau traktor
- 1 pemadatan tangan (*hand vibrating roller*) atau pemadat kodok untuk masing-masing pekerja
- 1 sapu untuk setiap dua orang pekerja
- 1 skop atau pacul untuk setiap dua orang pekerja ditambah galah untuk memperpanjang tangkai sekop guna pembersihan gorong-gorong
- 1 perata (*raker*) untuk setiap dua orang pekerja
- 1 drum berkapasitas 200 liter
- 1 alat penebar air (penyiram tanaman)
- 1 kampak
- Peralatan pengamanan

2.9.2 Gorong - gorong

Gorong-gorong pada jalan kerikil dapat berupa pipa dengan diameter minimum 60 cm ataupun berupa *box culvert* dengan luas penampang basah yang sama. Untuk menjamin air dapat mengalir dengan baik, gorong-gorong harus diperiksa sesering mungkin baik pada musim penghujan terutama setelah terjadi hujan deras ataupun hujan badai. Pemeriksaan harus

meliputi posisi (kedudukan), tanda-tanda korosi, erosi, pemisahan antar sambungan, penyumbatan, pengaliran, efektifnes *inlet* dan *outlet* dari saluran dan lain sebagainya.

Kegiatan pemeliharaan mencakup memeriksa, membersihkan dan memperbaiki kerusakan yang dapat menghambat fungsi dari gorong-gorong tersebut. Pembersihan harus dilakukan untuk menghindari penyumbatan dan kerusakan ataupun mengurangi fungsi pada gorong-gorong. Jika gorong-gorong tersumbat oleh endapan (sedimen), pembersihan dapat dilakukan dengan menggunakan air bertekanan tinggi yang disemprotkan melalui ujung *inlet* dan atau *outlet*. Skop yang tangkainya diperpanjang mungkin dapat juga digunakan untuk mempermudah pekerjaan. Sedimen yang keluar harus ditampung dan dibuang agar tidak menyebabkan penyumbatan di tempat lainnya.

Batang pohon yang memblokir ataupun yang menghalangi aliran air masuk dan keluar gorong-gorong harus dipotong dan dibuang. Pemasangan kisi-kisi pada ujung *inlet* dapat dilakukan untuk menghindari masuknya material yang dapat menyumbat gorong-gorong, tetapi kisi-kisi ini harus selalu dibersihkan agar tidak menyumbat aliran air yang masuk ke gorong-gorong. Gorong-gorong yang rusak harus diperbaiki dengan segera dengan tipe dan ukuran yang sama dengan yang telah terpasang sebelumnya. Perbaikan yang menyebabkan perubahan bentuk dan ukuran gorong-gorong mungkin akan memberikan pengaruh jelek pada pengaliran air, kapasitas pengaliran dan kestabilan gorong-gorong tersebut.

2.9.3 Struktur *Outlet*

Struktur *outlet* dari gorong-gorong harus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat untuk mengurangi energi air yang ke luar dari gorong-gorong dan dapat membuang air tersebut ke bagian hilir dengan aliran yang stabil dan dapat dikontrol. Struktur *outlet* yang baik akan dapat mengurangi

kecepatan air yang ke luar dari gorong-gorong sehingga membantu mengontrol sedimentasi pada saluran dihilirnya. Air yang ke luar dari *outlet* harus menuju ke daerah-daerah dengan kemiringan lereng yang landai dan tertutup oleh tumbuh-tumbuhan sehingga tidak memberikan dampak negatif pada daerah tersebut. Pada Gambar 2.18 ditunjukkan dampak negatif dari air yang keluar dari *outlet* pada daerah yang curam dan tidak tertutup oleh tumbuhan. Jika terjadi erosi pada struktur *outlet*, perbaikan struktur ataupun mungkin penambahan *outlet* baru harus dilakukan.



Gambar 2.18 Dampak Negatif Energi Air yang Keluar dari *Outlet*

Struktur *outlet* harus ditempatkan di tempat-tempat dimana arus terkonsentrasi, terjadi perputaran arus (*turbulence*) atau di tempat dimana kecepatan arus sangat tinggi dan berpotensi menimbulkan erosi pada dinding saluran atau di tempat dimana air harus dibuang atau di tempat yang direncanakan untuk membuang dan mengendapkan sedimen.

Semua tempat dimana air dari *outlet* akan dibuang harus tertutupi oleh tumbuhan. Apabila tumbuhannya masih kecil sehingga kemungkinan akan mati karena tertutup lumpur dari proses sedimentasi, maka tembok atau

pagar yang dapat menahan lumpur dapat digunakan untuk mencegah atau mengurangi erosi dan sedimentasi sampai tumbuhan-tumbuhan di daerah tersebut cukup besar dan kuat untuk menahan aliran lumpur dari *outlet*.

2.9.4 Rambu-rambu

Rambu-rambu disepanjang jalan kerikil harus diperiksa dan dibersihkan dua kali per tahun. Bila pada jalan kerikil terdapat rel pelindung (*guard rel*) dan *parapets*, maka kedua bangunan pelengkap ini (jika ada) harus dicat ulang secara berkala, minimal dua tahun sekali dan harus segera diperbaiki jika terjadi kerusakan pada bangunan pelengkap tersebut.

2.9.5 Jembatan Kecil

Pemeliharaan jembatan kecil pada prinsipnya adalah mirip dengan pemeliharaan gorong-gorong. Tujuan dari pemeliharaan ini adalah untuk menjaga tinggi bebas dari permukaan air (*clearance*), mengendalikan erosi (terutama pada saluran *outlet*) dan memperbaiki kerusakan struktural yang terjadi pada jembatan tersebut.

Pada jalan pendekat jembatan (*approach*), bentuk *crown* pada jalan kerikil harus secara bertahap dihilangkan mulai dari 30 meter sebelum dan sesudah jembatan. Elevasi jalan harus sesuai dengan elevasi lantai jembatan. Lubang dan amblas yang seringkali terbentuk pada daerah peralihan dari jalan kerikil ke lantai jembatan atau sebaliknya harus segera diisi dan dipadatkan. Sisa material pengisian tidak boleh tertinggal di atas lantai jembatan karena akan sangat membahayakan khususnya bagi pengendara sepeda motor.

2.10 Prioritas dan Penggunaan Sumber Daya

Meskipun pemeliharaan penting dalam melindungi investasi, tetapi kadangkala masalah keuangan dan ketersediaan teknisi menjadi kendala untuk melaksanakan semua kegiatan yang diperlukan. Oleh sebab itu, suatu keputusan penting harus dilakukan oleh Direksi Pekerjaan untuk menentukan pekerjaan mana yang akan menjadi prioritas untuk dilaksanakan. Pengelompokan pekerjaan berdasarkan tingkat kepentingannya dalam Tabel 2.5 dapat dijadikan acuan untuk menentukan prioritas pemeliharaan dan penanganan jalan kerikil.

Tabel 2.5 Jenis Pemeliharaan Berdasarkan Tingkat Kepentingannya

No	Tingkat Kepentingan (<i>Urgentsy</i>)	Jenis Pekerjaan Pemeliharaan
1	Mendesak atau darurat	Perbaikan jalan kerikil yang putus atau yang tidak dapat dilalui.
2	Rutin <ul style="list-style-type: none">- Rutin Saluran- Rutin Lainnya	<ul style="list-style-type: none">- Pembersihan dan perbaikan gorong-gorong- Pembersihan, perbaikan dan pengerukan selokan dan <i>turnout</i>- Perbaikan daerah yang tererosi- Pemotongan Rumput- Perbaikan terhadap rambu-rambu dan bangunan pelengkap lainnya
3	Berulang	<ul style="list-style-type: none">- Pemotongan dan pembentukan kembali permukaan jalan (<i>Grading</i>)- Pembersihan agregat yang lepas dari permukaan jalan (<i>Dragging</i>)- Pengisian dan penambalan lubang
4	Perkala atau Periodik	<ul style="list-style-type: none">- Pengkerikilan kembali (<i>regravelling</i>)

2.11 Institusi Pelaksana Pemeliharaan

Pelaksanaan program kegiatan pemeliharaan dan perawatan jalan kerikil dapat dilakukan secara swakelola, padat karya oleh masyarakat setempat ataupun dengan menggunakan penyedia jasa.

a) Swakelola

Secara tradisional, kegiatan pemeliharaan jalan kerikil dapat dilakukan secara langsung oleh Direksi Pekerjaan (swakelola). Pelaksanaan pemeliharaan jalan kerikil dengan cara swakelola umumnya lebih menekankan pada pelaksanaan pekerjaan dari pada perencanaan dan pengaturan (manajemen). Apabila pekerjaan pemeliharaan dilakukan secara swakelola, Direksi Pekerjaan mengelola dan melaksanakan kegiatan pemeliharaan dengan menggunakan staf dan peralatan mereka sendiri.

Pelaksanaan pemeliharaan jalan kerikil dengan cara swakelola membutuhkan biaya *overhead* yang tinggi. Pelaksanaan kegiatan dengan cara ini membutuhkan tingkat investasi modal yang tinggi untuk peralatan dan sejumlah besar staf yang umumnya pegawai permanen institusi. Tingkat penggunaan peralatan tergantung pada kegiatan yang diperlukan dan peralatan ini mungkin tidak digunakan (*idle*) dalam waktu yang cukup lama dalam setahun.

Pilihan pelaksanaan pemeliharaan dengan cara swakelola cenderung mahal dibandingkan dengan pilihan lain. Meskipun begitu cara ini memberikan waktu respon yang tercepat dan yang paling fleksibel dalam melaksanakan pekerjaan.

b) Pemeliharaan oleh masyarakat setempat.

Pelaksanaan pemeliharaan jalan kerikil dengan cara ini adalah pilihan termurah yang dapat dilakukan. Pelaksanaan kegiatan pemeliharaan ini umumnya dilakukan secara padat karya (*labour intensive*). Di beberapa negara cara ini lebih umum dilakukan dan telah terbukti lebih efisien.

c) Pemeliharaan oleh kontraktor swasta

Pemeliharaan jalan kerikil dengan cara ini dilakukan oleh penyedia jasa. Direksi Pekerjaan hanya merencanakan dan mengelola pekerjaan.

Pekerjaan pemeliharaan jalan kerikil yang dilakukan oleh penyedia jasa mungkin atau dapat dilakukan dengan kontrak tunggal. Untuk item pemeliharaan tertentu, seperti pengkerikilan kembali (*regravelling*) pada bagian tertentu dari ruas jalan kerikil mungkin dilakukan dengan kontrak yang terpisah dengan kontrak pemeliharaan rutin untuk pembersihan saluran, pemotongan rumput dan sebagainya dalam jangka tertentu dalam satu tahun.

Pemeliharaan jalan kerikil yang dilakukan oleh penyedia jasa mungkin lebih ekonomis dibandingkan dengan cara swakelola, karena biaya investasi alat (biaya modal) ditanggung oleh penyedia jasa. Selain itu, peralatan dan tenaga kerjanya dapat digunakan secara efektif dan efisien dengan melaksanakan pekerjaan pada kontrak lainnya.

Kombinasi cara pelaksanaan tersebut di atas dapat juga dilakukan, misalnya, masyarakat setempat dipercayakan untuk melakukan pekerjaan pembersihan saluran dan gorong-gorong secara padat karya dan penyedia jasa dengan peralatan beratnya dapat ditunjuk untuk melakukan pemeliharaan periodik seperti pengkerikilan kembali permukaan jalan kerikil. Sedangkan pekerjaan yang memerlukan respon cepat dan segera untuk dilaksanakan dapat dilakukan secara swakelola.

DAFTAR PUSTAKA

- Department of The Army, (1995), Technical Manual Unsurfaced Road Maintenance Management, Headquarters, Department of The Army, TM 5-626
- DoLID, (1998), Technical Guidelines for Agricultural and Rural Roads, Department of Local Infrastructure Development, Technical devisiom, Ministry of Locak Development, His Majesty's Government of Nepal
- Donald Walker, T.I.C, (2002), Surface Evaluation and Rating for Gravel Road, Paser Manual, Transportation Informastion Centre, Univ of Wisconsin, Madison
- FAA, (2000), Gravel Roads – Maintenance and Design Manual, South Dakota Local Transportaion Assistance Program (SD LTAP). U.S. Department of Transportation
- FHA (1997), Problems Associated with Gravel Road, Federal Highway Administration
- Liisa Rajala, (2010), Hard Times Are Making Some States Go Back to Gravel Roads <http://huntreport.com/archives/14890/hard-times-are-making-some-states-go-back-to-gravel-roads>.
- NRRDA (2007), Quality Assurance handbook for Rural Road, Vol.-I Quality Management System and Quality Control Requirement, National Rural Road Development Agency, Ministry of Rural Development of India
- The Louis Berger Group Imc, (2005), Maintenance Manual for Low Cost Rural Roads in Romania – Low Cost Design Standards for Rural Roads Project, Project Management Unit Rural Development project Ministry of Administration and Interior
- Tom Ryan, Hendry Phillips, James Ramsay and John Dempsey, (2004), Forest Road manual – Guidelines for Design, Construction and

Management of Forest Road, COFORD National Council for Forest Research and Development, Ireland.

TRRL, 1997, Overseas Road Note 1: Maintenance Management for District Engineers, 2nd Edition, Transport and Road Research Laboratory, UK.

UoM, (2010), Tight Times Put Gravel on the Road,

<http://content.usatoday.com/>

[topics/topic/Organizations/Schools/University of Minnesota](#)

Yamin, R. Anwar dan Neni Kusnianti, (2001), Lignin sebagai Bahan

Penstabilisasi Tanah Lempung Sumedang dan Lanau Garut, ITENAS,

Jurnal No. 4. Vol. 4. Feb. 2001

www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&id_subyek=17¬ab=11



