

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perkerasan jalan dikelompokkan dalam dua kelompok besar yaitu perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Perkerasan lentur adalah suatu perkerasan jalan yang terdiri dari beberapa lapisan yaitu lapis permukaan, lapis pondasi atas dan pondasi bawah. Lapisan permukaan dloangun di atas lapisan pondasi atas dan pondasi bawah yang terletak pada tanah dasar yang telah dipadatkan. Perkerasan kaku adalah suatu perkerasan jalan yang terbuat dari semen portland berupa pelat beton dan diantara pelat beton dan tanah dasar boleh dipasang atau tidak dipasang lapis pondasi. (*Yoder and Witezak, 1975*)

Agregat telah didefinisikan sebagai kumpulan dari pasir, kerikil batu pecah, retak atau bahan Jain yang terdiri dari bahan mineral, digunakan bersarna-sarna dengan bahan pengikat untuk membentuk beton aspal dan beton semen, dan lain sebagainya, atau dipergunakan secara langsung seperti untuk jalan rel kerete api lapisan penyaring (*Krebs and Walter, 1971*).

Aspal adalah suatu cairan *viscous*, atau suatu yang padat, dengan kandungan utarna *hydrocarbons* dan turunannya, yang larut dalam *trichloroethylene* dan pada dasarnya tidak mudah menguap dan melunak perlahan-lahan jika dipanaskan. Aspal berwarna hitam atau coklat yang memiliki ketahanan terhadap air dan mempunyai daya lekat Aspal diperoleh dari proses pengilangan minyak dan juga terdapat berupa endapan alam atau sebagai bagian dari aspal aiam yang berhubungan dengan bahan mineral.

2.2. Lapis Perkerasan

Lapis perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak di atas tanah dasar (*sub grade*) yang telah dipadatkan dan berfungsi untuk memikul beban lalu-lintas. Selanjutnya beban tersebut diteruskan dan disebarkan ke tanah dasar

Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Menggunakan Bahan Daur Ulang Agregat Dengan Alat Recycling Jalan Akses Cipule

sedemikian sehingga tanah dasar tidak menerima beban melebihi daya dukungnya. Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut konstruksi jalan harus direncanakan dan dibangun sedemikian rupa sehingga mampu mengatasi pengaruh beban lalu-lintas maupun lingkungan.

Konstruksi lapis keras pada umumnya secara sederhana dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- a. Lapis keras lentur (*flexible pavement*) yaitu lapis keras yang menggunakan bahan ikat aspal.
- b. Lapis keras kaku / tegar (*rigid pavement*) yaitu lapis keras dengan bahan ikat semen portland.

Pada prinsipnya lapis keras lentur terdiri atas tiga bagian

- a. Lapis fondasi bawah (*subbase course*)
- b. Lapis fondasi atas (*base course*)
- c. Lapis permukaan (*surface course*) yang terdiri atas lapis pengikat (*binder course*) dan *wearing course*.

2.2.1. Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Lapis Keras

Sejak perkerasan jalan dibuka untuk melayani lalu-lintas kendaraan, perkerasan jalan akan mengalami pembebanan akibat lalu-lintas kendaraan, pengaruh kondisi lingkungan serta proses daur ulang lapis keras itu sendiri. Lapis keras akan mengalami penurunan unjuk kerja maupun kualitas, yang berarti lapis keras akan mengalami peningkatan kerusakan. Selain itu kerusakan lapis keras dapat juga diakibatkan oleh adanya kesalahan perencanaan atau pelaksanaan, sehingga kadang-kadang sebelum digunakan Jalan sudah mengalami kerusakan. Lapis keras jalan akan selalu menerima gaya-gaya lalu-lintas dan factor regional (pengaruh lingkungan).

a. Lalu lintas

Akibat kendaraan yang melewati permukaan jalan, lapis keras akan mengalami dua macam beban kendaraan, yaitu pada saat kendaraan dalam

keadaan berhenti (beban statis) dan pada saat kendaraan dalam keadaan bergerak (beban dinamis).

1). Beban Statis

Behan statis terjadi pada saat kendaraan berhenti dalam waktu yang lama pada lapis keras, beban ini menimbulkan gaya tekan vertikal statis pada lapis keras. Semakin besar beban yang bekerja pada permukaan jalan, gaya tekan akan semakin besar pula. Beban ini akan menimbulkan lenturan pada lapis keras, sedangkan besarnya lenturan tergantung pada besarnya beban dan kekakuan lapis keras.

Kekakuan lapis keras dipengaruhi oleh kekakuan bahan, terutama aspal sebagai bahan pengikat lapis perkerasan. Lama pembebanan akan mempengaruhi kekakuan bahan dan lapis keras. Semakin lama kendaraan berada di atas permukaan lapis perkerasan tegangan lentur yang terjadi semakin besar, berarti kekakuan lapis keras makin kecil, sehingga semakin besar deformasi lapis keras akibat beban yang terjadi. Hal ini berkaitan dengan sifat tegangan dan regangan bahan yang dipengaruhi oleh intensitas pembebanan.

Pengaruh beban statis dari kendaraan ini semakin besar jika', terdapat sederetan kendaraan yang berhenti pada tempat-tempat tertentu dalam periode waktu yang cukup lama, misalnya pada tempat parkir, persimpangan jalan dengan *traffic light* dan terminal.

2). Beban dinamis

Beban dinamis pada lapis keras terjadi akibat beban lalu-lintas yang bergerak melintasi permukaan jalan. Gaya akibat beban dinamis ini bersifat lebih kompleks dibanding dengan gaya akibat beban statis. Gaya-gaya tersebut dapat berupa gaya vertikal seperti halnya beban statis serta gaya horizontal berupa gaya hisap, gaya pengereman, traksi dan lain sebagainya.

Gaya tekan vertikal yang dialami lapis perkerasan akibat lalu-lintas yang bergerak mempunyai pengaruh yang lebih kecil dibanding dengan gaya vertikal akibat kendaraan dalam keadaan berhenti (beban statis), hal ini disebabkan karena pendeknya waktu pembebanan. Semakin tinggi kecepatan kendaraan, waktu pembebanan semakin rendah, tetapi karena frekuensi pembebanan yang lebih banyak atau terjadi repetisi lenturan berulang-ulang, oleh karena itu dibutuhkan lapis perkerasan yang memiliki fleksibilitas tinggi agar lapis keras tidak mudah mengalami retak. Kecepatan kendaraan juga dapat menimbulkan gaya tarikan pada lapis keras yang besarnya tergantung pada kecepatan dan dimensi kendaraan, sehingga semakin tinggi kecepatan dan semakin besar dimensi kendaraan semakin besar pula gaya tarikan yang dialami oleh lapis perkerasan.

Pengereman kendaraan mengakibatkan terjadinya gesekan antara roda dan permukaan lapis perkerasan. Akibatnya tahanan gesek (*skid resistance*) lapis perkerasan akan semakin berkurang, akibat adanya pengausan yang disebabkan oleh gesekan roda dengan lapis perkerasan. Dengan berkurangnya *skid resistance* ini akan memudahkan terjadinya penggelinciran pada saat dilakukan pengereman, terutama pada saat permukaan jalan dalam keadaan basah.

Selain berpengaruh pada pengereman tahanan gesek juga mempengaruhi traksi antara roda dan permukaan lapis perkerasan. Pada saat kendaraan bergerak di atas lapis perkerasan akan timbul gaya horizontal yang berlawanan arah dengan arah gerak kendaraan. Traksi antara roda kendaraan dengan lapis keras dipengaruhi oleh tahanan gesek permukaan dan luas bidang kontak antara roda kendaraan dan permukaan lapis perkerasan. Permukaan yang kasar mempunyai tahanan gesek yang tinggi dibanding permukaan yang halus. Sedangkan luas bidang kontak dipengaruhi oleh berat roda kendaraan, tekanan angin roda dan keadaan kebersihan permukaan lapis keras. Gaya horizontal akibat

traksi dapat mengakibatkan pengausan permukaan lapis keras menjadi licin dan tahanan gesek berkurang.

Gaya-gaya tersebut akan selalu diterima oleh lapis perkerasan selama lapis perkerasan masih dibuka untuk melayani lalu-lintas, selanjutnya meningkatnya kerusakan akan terjadi akibat adanya gaya-gaya tersebut secara terus menerus. Kerusakan utarna

Menurut (OECD, 1978) kerusakan lalu lintas adalah: Retak kelelahan (*fatigue cracking*), usang karena aus atau lepasnya agregat, dan deformasi plastis.

b. Faktor Regional

Faktor regional yang berpengaruh terhadap kerusakan lapis perkerasan meliputi kondisi iklim setempat berupa temperatur udara, curah hujan dan sebagainya, serta kondisi lingkungan antara lain tanah dasar, muka air tanah, bangunan pelengkap dan sebagainya. Pengaruh iklim dan kondisi lingkungan ini akan selalu dialami oleh lapis perkerasan, hal ini disebabkan karena jalan dalam keadaan terbuka.

1). Temperatur Udara

Temperatur udara merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap lapis perkerasan lentur, hal ini disebabkan karena aspal sebagai salah satu bahan utarna lapis perkerasan lentur merupakan bahan yang sangat peka terhadap temperatur (*thermoplastic*). Pada saat temperatur tinggi aspal akan bersifat lunak, hal ini akan mengganggu fungsi aspal sebagai bahan ikat agregat, sehingga tahanan ikat aspal menjadi lebih kecil. Dengan demikian nilai stabilitas perkerasan menjadi lebih kecil, sehingga memudahkan terjadi deformasi pada lapis perkerasan saat menerima beban. Temperatur yang tinggi juga akan mempercepat terjadinya penguapan dan oksidasi. Proses penguapan terjadi pada komponen aspal yang ringan (*oils*), sehingga terjadi perubahan perbandingan fraksi komponen aspal yang berarti akan mengubah sifat aspal dari sifat semula.

Dengan menguapnya komponen yang ringan, aspal menjadi lebih mudah mengalami proses pengerasan (*hardening*) dan bersifat getas (*brittle*), sehingga permukaan lapis keras mudah retak. Proses oksidasi akan mengakibatkan adanya lapisan tipis perkerasan pada permukaan lapis perkerasan yang dapat larut dalam air. Apabila suatu saat terkena air lapisan tersebut akan terlarut dalam air dan apabila terjadi terus-menerus kadar aspal akan berkurang, sehingga dapat mengurangi stabilitas lapis perkerasan. Dengan demikian lapis perkerasan akan mudah mengalami retak.

2).Curah hujan

Curah hujan berpengaruh terhadap kadar air lapis perkerasan maupun tanah dasar. Seperti uraian diatas, adanya air pada permukaan lapis perkerasan akan melarutkan lapisan tipis yang keras pada permukaan lapis perkerasan. Selain itu air akan mengganggu ikatan antara aspal dan batuan apabila berhasil masuk dalam lapis perkerasan karena adanya retak pada bagian lapis perkerasan. Selanjutnya air akan menggusur batuan lepas dari ikatan semula. Jika terdapat aliran air pada permukaan lapis perkerasan yang telah lepas, maka akan dapat mempengaruhi perbandingan material pembentuk lapis perkerasan. Apabila air dapat meresap sampai ke tanah dasar, maka tanah dasar akan mengalami penurunan daya dukung. Kerusakan akibat pengaruh iklim yang sering terjadi adalah: *stripping*, deformasi dan retak khususnya karena pengaruh temperatur, dan turunnya daya dukung tanah dasar karena kandungan air yang terlalu tinggi.

2.2.2.Jenis Kerusakan Lapis Perkerasan dan Penyebabnya

Sebelum menentukan metode pemeliharaan dan rehabilitasi pada suatu jalan, hal penting yang harus dilakukan lebih dahulu adalah melakukan evaluasi tentang kerusakan-kerusakan yang timbul pada lapis perkerasan baik mengenai jenis kerusakan, tingkat kerusakan, penyebab dan

akibat kerusakan tersebut. Kerusakan pada lapis keras dapat diklasifikasikan menjadi dua hal, yaitu berdasarkan:

a. Bentuk dasarnya

Bentuk dasar kerusakan lapis keras meliputi:

- 1). *Fracture* : terjadi kerusakan kecil pada fraksi aspalnya seperti retak rambut, retak memanjang, retak buaya, penurunan dengan bentuk jejak roda (alur), selip dan sebagainya.
- 2). *Desintegrasi*: terjadi kerusakan yang lebih besar atau agregat lepas dari fraksi aspalnya seperti berlubang, aspal lepas dan sebagainya.

b. Sedangkan bagian yang mengalami kerusakan dasar terbagi dua yaitu;

- 1). Struktur : terjadi retakan dan penurunan, lubang dan sebagainya
- 2). Non-Struktur: terjadi penurunan tahanan gesek (kekesatan), bergelombang, bleding (Aspal naik) pengupasan, lubang kecil dan sebagainya.

2.3. Rehabilitasi dan Pemeliharaan Lapis Perkerasan

2.3.1. Pemeliharaan.

Pemeliharaan dan rehabilitasi dapat diklasifikasikan berdasarkan tujuan dan programnya yang biasanya dilaksanakan sesuai dengan kondisi di lapangan yang dibedakan menjadi 2 (dua) kategori, Pemeliharaan Rutin dan Pemeliharaan Berkala

a. Berdasarkan Tujuannya

Berdasarkan tujuan pemeliharaan dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1) Pencegahan (*preventive*)

Pemeliharaan dimaksudkan untuk mengurangi tingkat memburuknya jalan dan mencegah terjadinya kerusakan yang lebih parah. serta

mempertahankan tingkat keamanan, kenyamanan, kedekatan permukaan dan kelancaran arus lalu-lintas.

Pemeliharaan ini dilakukan secara berkala pada kerusakan-kerusakan yang bersifat ringan dengan tingkat penyebaran luas. Pada umumnya kerusakan berupa kerusakan fungsional atau kerusakan non struktural seperti retak halus, pengausan, kegemukan dan lain-lain cacat permukaan. Pekerjaan pemeliharaan dilakukan pada lapis permukaan tanpa menambah kekuatan. Tambahan pada lapis permukaan dianggap tidak memiliki atau menambah nilai struktural jalan.

2) Perbaikan (*corrective*)

Perbaikan atau pembedulan dilakukan untuk mengembalikan kekuatan jalan, tingkat keamanan, kenyamanan dan kelancaran lalu-lintas. Perbaikan ini bertujuan agar setiap bagian lapis keras jalan mampu menjalankan fungsi strukturalnya menahan beban yang bekerja padanya sesuai dengan yang direncanakan, serta mengembalikan bagian lapis keras yang mengalami kerusakan agar berkemampuan seperti semula.

Tindakan Pemeliharaan ini dilakukan pada bagian lapis perkerasan yang mengalami kerusakan berat. Kerusakan dapat terjadi pada lapis permukaan, lapis fondasi, bahkan sampai ke tanah dasar. Kerusakan yang memerlukan Pemeliharaan ini merupakan kerusakan struktural yang membutuhkan perbaikan untuk menambahkan kemampuan strukturalnya. Perbaikan umumnya mencakup daerah yang terbatas/setempat sesuai dengan tingkat kondisi lapangan. Perbaikan ini dilaksanakan pada lokasi dengan tingkat kerusakan yang berat antara lain lubang, amblas, alur dan retak bersama-sama dan lain-lain kerusakan struktural lapis keras. Perbaikan kerusakan struktural yang terjadi pada lapis keras dengan tingkat penyebaran yang meluas (seluruh permukaan jalan) sudah bukan termasuk dalam kategori Pemeliharaan lagi tapi merupakan tindakan rehabilitasi yang dapat dilakukan dengan rekonstruksi atau dengan metode daur ulang.

b. Berdasar Programnya

Pemeliharaan berdasarkan programnya dapat diklarifikasikan dalam dua kategori yaitu

1) Pemeliharaan rutin atau menerus

Pemeliharaan rutin dilakukan secara terus menerus yang meliputi semua pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan yang dilakukan sebagai perawatan jalan. Pekerjaan ini dilakukan untuk mengontrol gangguan atau kerusakan pada lapis keras maupun samping jalan seperti pemotongan rumput, pembersihan endapan dan kotoran pada saluran drainase, tambal lubang dan sebagainya. Aktivitas yang dilakukan termasuk aktivitas kecil, karena bersifat setempat pada tempat dimana terdapat kerusakan jalan.

2) Pemeliharaan berkala atau periodik

Pemeliharaan berkala merupakan tindakan yang telah direncanakan pada saat pembangunan jalan baru. Biasanya berupa pemberian lapis permukaan untuk mempertahankan kualitas permukaan lapis keras khususnya kerataan, *skid resistance*, serta mencegah kerusakan struktur lebih lanjut. Jenis kerusakan yang memerlukan Pemeliharaan berkala (Soedarmanto dan Dardak, 1991):

- a) Lapis permukaan telah mengalami oksidasi,
- b) *Skid resistance* sudah tidak memadai,
- c) Terjadinya *unexpected failure* permukaan lapis keras secara menyeluruh
- d) Lapis permukaan telah mengalami retak rambut secara merata akibat kelelahan (*fatigue*).

Pekerjaan Pemeliharaan berkala umumnya dilakukan pada jalan dengan kondisi mantap pada lingkup dan tujuan pekerjaan sebagai berikut (Soedarmanto dan Dardak, 1991):

2.3.2. Rehabilitasi

Rehabilitasi merupakan tindakan perbaikan pada jalan yang bersifat luas dan tidak termasuk dalam kategori Pemeliharaan (*maintenance*). Perbaikan

dapat dilakukan dengan rekonstruksi, pelapisan ulang permukaan lapis perkerasan (*overlay*) dan daur ulang. Rehabilitasi dirnaksudkan untuk memulihkan atau memperbaharui karakteristik utama lapis perkerasan seperti stabilitas, kerataan permukaan (*evenness*), kekasaran permukaan (*roughness*), dan profil permukaan atau meningkatkan kemampuan lapis keras untuk melayani perkembangan lalu-lintas. Sehingga tindakan ini disebut juga peningkatanjalan.

Jenis-jenis kerusakan yang memerlukan peningkatan jalan yaitu (Soedarmanto danDardak, 1991)

- a). Lapis permukaan telah mengalami kerusakan merata berupa retak kulit buaya
- b). Struktur lapis keras mempunyai lendutan lebih besar atau sama dengan 1,5 mm
- c). Lapis permukaan mengalami perubahan kerusakan yang relatif cepat (lebih cepat dari yang direncanakan).

Pekerjaan peningkatan jalan pada umumnya dilakukan pada jalan yang tidak mantap atau jalan dengan masa pelayanan yang telah tercapai, dengan lingkup dan tujuan sebagai berikut (Soedarmanto dan Dardak, 1991):

- a) Meningkatkan kapasitas struktur sesuai tuntutan lalu-lintas
- b). Pada umumnya dilaksanakan pada lapisan permukaan saja (satu atau dua lapis), termasuk lapis fondasi atas dan jarang sekali sampai lapis fondasi bawah
- c). Mencakup keseluruhan permukaan jalan
- d). Dengan target masa pelayanan ± 10 tahun

Tujuan tersebut dapat tercapai dengan pemilihan metode rehabilitasi yang sesuai. *Reichert* (1977) memberikan beberapa alternatif yaitu:

- a) Membuat kembali (*redoing*) lapis permukaan untuk memperbaiki atau mencegah pengaruh cuaca terhadap permukaan lapis keras,
- b) Pemberian lapis permukaan barn di atas lapis keras lama

- c) Membongkar lapis keras yang rusak dan menggantinya dengan lapisan baru
- d) Pelaksanaan dengan teknik *hot in-place recycling*, antara lain dengan mencampur kembali (*remixing*) lapis permukaan lama dengan atau tanpa penambahan bahan *additive* dan menghampar kembali untuk mendapatkan profil yang diinginkan
- e) Pelaksanaan dengan teknik *cold in-place recycling* dan rehabilitasi lapis pondasi

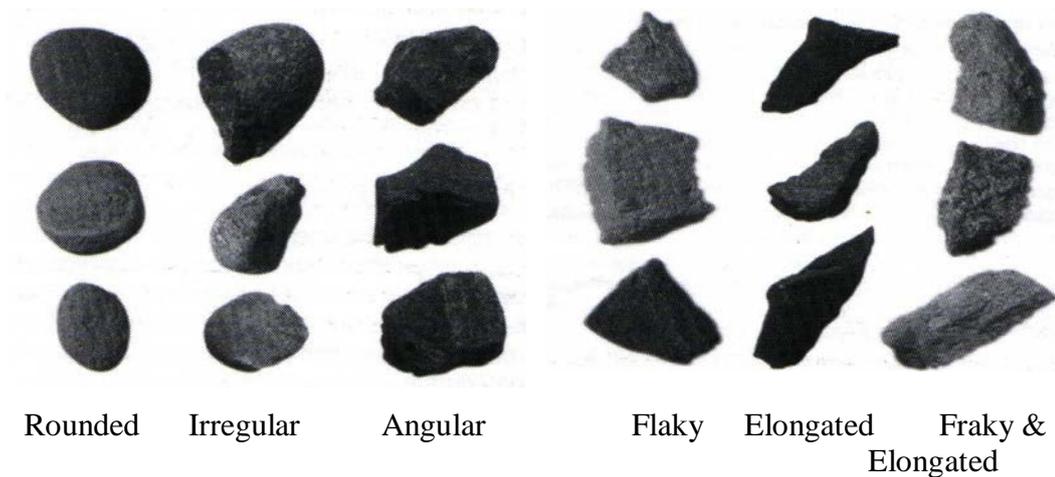
2.4. Agregat dan Gradasi

Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran yang berupa berbagai jenis butiran atau pecahan yang termasuk di dalamnya antara lain pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi.

Sukirman (1999) menyatakan bahwa gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan.

2.4.1 Agregat

Kadar agregat dalam campuran bahan perkerasan konstruksi jalan pada umumnya berkisar antara 90 – 95% dari berat total, atau berkisar antara 75-95 % dari volume total. Agregat merupakan bahan utama yang turut menahan beban yang diterima oleh bagian perkerasan jalan, begitu pula dalam pelaksanaan perkerasan, dimana digunakan bahan pengikat aspal sangat dipengaruhi oleh mutu agregat.



Gambar 2.1. Bentuk partikel Agregat menurut BS 812:Part 1:1975

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca.

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah:

- gradasi,
- kebersihan,
- kekerasan
- ketahanan agregat,
- bentuk butir,
- tekstur permukaan,
- porositas,
- kemampuan untuk menyerap air,
- berat jenis, dan
- daya kelekatan terhadap aspal.

Sifat agregat tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis batuan.

2.4.1.1. Asal Terjadinya Agregat

Ada 3 golongan umum batuan yang umumnya digunakan untuk agregat

- *Sedimentary Rock* (agregat/batuan endapan)

Agregat terjadi dari hasil endapan halus dari hasil proses pelapukan batuan bebas, tumbuan dan binatang akibat proses pelekatan dan penekanan oleh alam. Jenis agregat diantaranya, batuan kapur, batuan silica (guarsite) dan batuan pasir
- *Igneous Rock* (agregat/batuan beku)

Agregat ini terjadi akibat pendingin dan pembekuan dari bahan-bahan yang meleleh akibat panas (magma bumi), digolongkan menjadi 2 jenis:

 - Agregat/batuan *ekstrusif* adalah batuan membeku di luar kerak bumi dengan proses pembekuan yang cepat. jenis batuan ini adalah pyolite, dan basalt dengan sifat utamanya berbutir halus dan getas/rapuh
 - Agregat/batuan *instrusif* adalah batuan yang membeku dalam kerak bumi dengan proses pembekuan yang lebih lambat. Batuan ini diperoleh dalam bentuk singkapan. Jenis batuan ini antara lain adalah granit, diorit dan gabro dengan sifat utama berbutir kasar keras dan kaku)
- *Methamorphic* (agregat/batuan metamorphosa)
 - Terjadinya akibat modifikasi batuan beku secara kimia/fisik yang tertekan karena gesekan bumi dan panas berlebihan sehingga akibatnya batu tidak homogen
 - Contohnya batuan kapur berubah jadi marmer dan batuan pasir berubah menjadi kuarsa.

Shell (1990) mengelompokkan agregat menjadi 3 (tiga), yaitu

- a. Agregat kasar yaitu batuan yang tertahan di saringan 2,36 mm, atau sama dengan saringan standar *ASTM* No. 8. Dalam campuran agregat - aspal, agregat kasar sangat penting dalam membentuk kinelja karena stabilitas dari campuran diperoleh dari *interlocking* antar agregat.

Secara khusus AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) menyarankan sebaiknya agregat kasar memenuhi kriteria fisik sebagai berikut.

Tabel 2.1. Kriteria fisik Agregat kasar.

Item	Nilai
Abrasi, dengan alat Los Angeles Abrasion Machine (AASHTO T 96-77,1982)	Maks. 40% - 50 %
Pelapukan, Soundness Test, (AASHTO T 104 – 86, 1990)	Maks. 12% (Sodium Sulfat) Maks. 18% (Magnesium Sulfat)
Kelekatan terhadap aspal, (AASHTO T 182 – 86, 1990)	Minimum 95%

Sumber: AASHTO (1990)

Tabel 2.2 Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekentalan batuan agregat terhadap larutan nutrium dan magnesium	SNI 03-3407-1994	Maks 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2471-1991	Maks 40%
Kekentalan Agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min 95%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	DoT's Pennsylvania Test Method, PTM no. 621	95/90
Angularitas (kedalaman dari permukaan >10 cm)		80/75
Partikel Pipih	ASTMD-4791	Maks 25%
Partikel lonjong	ASTMD-4791	Maks 10%
Material lolos saringan no 200	SNI 03-4142-1996	Maks 1%
Agregat Impact Value	BS 812 part 3:1975	Maks 30%
Berat jenis dan penyerapan	SNI 03-1969-1990	Maks 3%

Sumber: Bina Marga 2002

b. Agregat halus yaitu batuan yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,074 mm). Fungsi utama agregat halus adalah memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi pamanen dari campuran melalui *interlocking* dan gesekan antar partikel.

Tabel 2.3 Persyaratan Agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Material mengandung bahan plastis dengan cara setara pasir	SNI 03-4428-1997	Maks 8%
Berat jenis agregat halus	SNI 03-1970-1990	Maks 2.5%
Penyerapan		Maks 3%
Material lolos saringan no.200	SNI 03-4428-1997	Maks 8%

Sumber: Bina Marga 2002

c. Mineral pengisi (*filler*) yaitu material yang lolos saringan No. 200 (0,074 mm). *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran, namun demikian jumlah *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Terlampau tinggi kadar *filler* cenderung menyebabkan campuran menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban Jalu lintas, pada sisi lain kadar *filler* yang terlampau rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi.

Tabel 2.4 Persyaratan bahan pengisi (filter)

Pengujian	Standar	Nilai
Lolos saringan No.200	SNI 03M-02-1994-03	Min 75%
Bebas dari bahan organik		Maks 4%

Sumber: Bina Marga 2002

2.4.1.2. Jenis Agregat Berdasarkan Pengolahannya

a. Agregat Alam

Agregat Agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan proses pembentukannya.

b. Agregat melalui proses pengolahan

Digunung-gunung atau dibukit-bukit, dan sungai-sungai sering ditemui agregat yang masih berbentuk batu gunung, dan ukuran yang besar-besar sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi jalan

c. Agregat Buatan (bahan pengisi)

Agregat yang merupakan mineral *filler*/pengisi (partikel dengan ukuran < 0,075 mm), diperoleh dari hasil), diperoleh dari hasil mesin pemecah batu. Fungsinya dalam aspal beton adalah untuk mengisi rongga-rongga (void) antara agregat. Dengan fillet butiran akan bertambah, sehingga luas bidang kontak yang terjadi antara butiran akan bertambah luas. Akibat yang terjadi adalah tekanan terhadap geser menjadi lebih besar, dan stabilitas terhadap geser bertambah luas. Akibat yang terjadi adalah tekanan terhadap gaya geser menjadi lebih besar, dan stabilitas terhadap geser bertambah, sehingga luas bidang kontak yang terjadi antara butiran akan bertambah luas.

Syarat yang harus dipenuhi filler adalah:

- Susunan butiran serapat mungkin
- Bersifat netral atau basa
- Bersifat non plastis
- Bahan tidak terdapat zat organik

Syarat lain yang mendukung adalah berat jenis dan penyerapan terhadap bahan cair. Berat jenis akan berpengaruh terhadap proporsi atau susunan campuran, sedangkan penyerapan terhadap bahan cair sangat penting berkaitan dengan jumlah aspal yang dibutuhkan. Sifat penyerapan yang tinggi mengakibatkan bertambahnya besar aspal yang dapat terserap. Hingga prosentase kandungan aspal yang dibutuhkan menjadi semakin besar

Tabel 2.5 Persyaratan Agregat bahan pengisi

Ukuran saringan	% Berat yang lolos
N0.30	100
No.50	95-100
No.100	90-100
No.200	65-100

Sumber: Pelaksanaan lapis aspal beton untuk jalan raya

2.4.2. Gradasi

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dalam proses pelaksanaan.

Gradasi agregat adalah susunan dari beberapa ukuran butiran agregat yang membentuk suatu campuran agregat yang terdiri dari beberapa fraksi agregat

2.4.2.1. Gradasi Baik

Gradasi baik, adalah campuran agregat dengan ukuran butiran yang terdistribusi merata dalam rentang ukuran butiran. Agregat bergradasi baik disebut juga dengan agergat bergradasi rapat.

Agregat bergardasi baik dapat dikelompokkan menjadi :

Agregat bergradasi kasar, adalah agregat bergradasi baik yang didominasi oleh agregat ukuran butiran kasar

Agregat bergradasi halus, adalah agregat bergradasi baik yang didominasi oleh agregat ukuran butiran halus

2.4.2.2. Gradasi Buruk

Gradasi Buruk, adalah distribusi ukuran agregat yang tidak memenuhi persyaratan agregat bergradasi baik.

Agregat bergradasi buruk dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu:

- 1) Gradasi seragam (*uniform graded*) adalah agregat dengan ukuran yang seragam atau sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.
- 2) Gradasi rapat, merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik. Gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar.
- 3) Gradasi senjang (*gap graded*), merupakan campuran yang tidak memenuhi 2 (dua) kategori di atas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur merupakan campuran dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi sedikit. Gradasi seperti ini sering juga disebut gradasi senjang. Gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.

Penentuan distribusi ukuran agregat akan mempengaruhi kekakuan jenis campuran aspal. Gradasi rapat akan menghasilkan campuran dengan kekakuan yang lebih besar dibandingkan gradasi terbuka. Dari segi kelelahan, kekakuan adalah suatu hal yang penting karena akan mempengaruhi tegangan

dan regangan yang diderita campuran beraspal panas akibat beban dinamik lalu lintas.

Tabel 2.6 Gradasi Lapis Pondasi Agregat

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos	
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B
2"	50		100
1 1/2"	37,5	100	88 – 95
1"	25,0	79 -	70 – 85
3/8"	9,50	44 -	30 – 65
No.	4,75	29 -	25 – 55
No.10	2,0	17 -	15 – 40
No.40	0,42	7 -	8 - 20
No.200	0,075	2 - 8	2 - 8

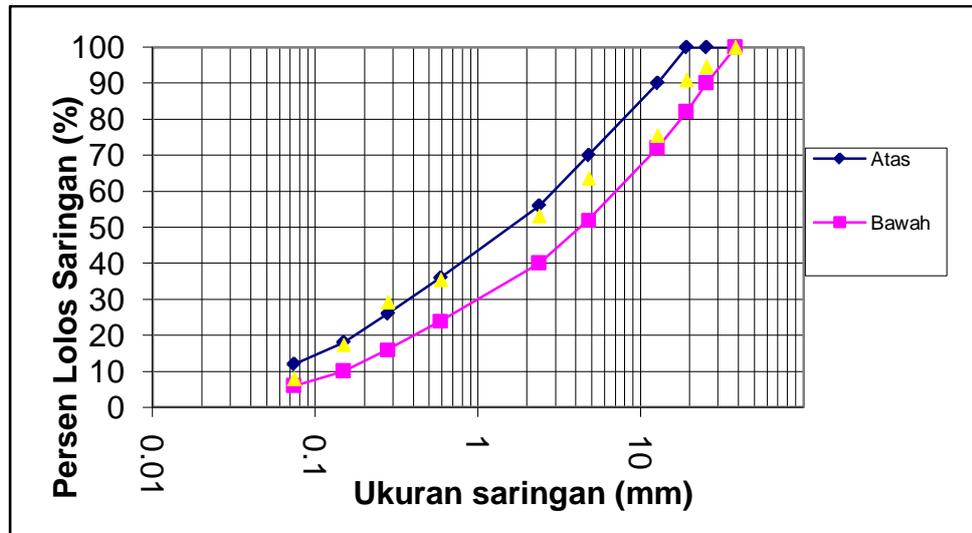
Sumber: Spesikasi bahan, Bina Marga 2006

Tabel 2.7. Sifat-sifat Lapis Pondasi Agregat

Sifat -	Kelas A	Kelas B
Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 03-2417-	0 - 40 %	0 - 40 %
Indek Plastisitas (SNI-03-1966-1990)	0 – 6	0 - 10
Hasil kali Indek Plastisitas dng. % Lolos	maks. 25	-
Batas Cair (SNI 03-1967-1990)	0 - 25	0 - 35
Bagian Yang Lunak (SK SNI M-01-1994-03)	0 – 5 %	0 - 5 %
CBR (SNI 03-1744-1989)	min.90	min.60

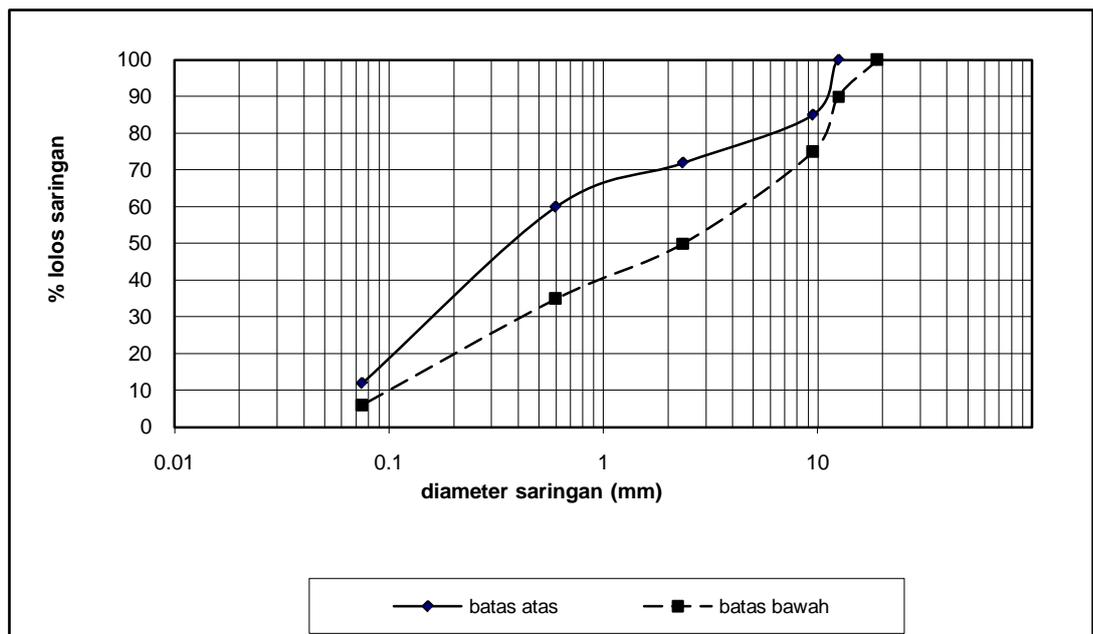
Sumber: Spesikasi bahan, Bina Marga 2006

Grafik 2.1 Ukuran Saringan Untuk Gradasi Agregat



Sumber: Spesikasi bahan, Bina Marga 2006

Grafik 2.2 Diameter Saringan



Sumber: Spesikasi bahan, Bina Marga 2006

2.4.3 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan secara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat (umumnya gips) (*CUR 2,1993*). Semen berfungsi merekatkan butir-butir agregat agar membentuk suatu massa padat dan juga untuk mengisi rongga udara diantara butir agregat.

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika semen ditambah air akan menjadi pasta semen. Jika pasta semen ditambah agregat halus akan menjadi mortar dan jika semen ditambah air ditambah agregat halus dan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*). Menurut *Peraturan Beton 1989* (*SKBI. 1.4.53.1989*) dalam ulasannya di halaman 1, membagi semen portland menjadi lima jenis (*SK.SNI T-15-1990-03:2*) yaitu :

- Jenis 1 : Semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Biasanya digunakan dalam konstruksi beton secara umum.
- Jenis 2 : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan dalam struktur bangunan air / drainase dengan kadar konsentrasi sulfat tinggi di dalam air tanah.
- Jenis 3 : Semen Portland untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi. Biasanya digunakan pada struktur-struktur bangunan yang bekistingnya harus cepat dibuka dan akan segera dipakai kembali.
- Jenis 4 : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Biasanya digunakan pada konstruksi dam / bendungan, dengan tujuan panas yang

terjadi sewaktu hidrasi merupakan faktor penentu bagi keutuhan beton.

Jenis 5 : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk beton yang lingkungannya mengandung sulfat, terutama pada tanah / air tanah dengan kadar sulfat tinggi.

2.4.3.1 Air

Air digunakan sebagai bahan pencampur dan pengaduk beton untuk mempermudah pekerjaan. Menurut *PBBI 1971 N.I.- 2*, pemakaian air untuk beton tersebut sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton seperti asam, zat organik
4. Tidak mengandung minyak dan alkali.
5. Tidak mengandung senyawa asam.

2.4.4. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai suatu cairan yang lekat atau berbentuk padat terdiri dari *hydrocarbon* atau turunannya, terlarut dalam *trichloro-ethylene* dan bersifat tidak mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. Aspal berwarna coklat tua sampai hitam dan bersifat melekatkan, padat atau semi padat, dimana sifat aspal yang menonjol tersebut didapat dialam atau dengan penyulingan minyak (*Kreb, RD & Walker, RD, 1971*).

Aspal terbuat dari minyak mentah melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersarna-sama material lainnya seperti pada cekungan burni yang mengandung aspal.

Aspal adalah material yang mempunyai sifat *visco-elastis* dan tergantung dari waktu pembebanan. Pada proses pencampuran dan proses pemadatan sifat aspal dapat ditunjukkan dari nilai viscositasnya, sedangkan pada sebagian besar kondisi saat masa pelayanan aspal mempunyai sifat viscositas yang diwujudkan dalam suatu nilai modulus kekakuan (*Shell Bitumen, 1990*).

AASHTO (1999) menyatakan bahwa jenis aspal keras ditandai dengan angka penetrasi aspal. Angka ini menyatakan tingkat kekerasan aspal atau tingkat konsistensi aspal. Semakin besar angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin rendah, sebaliknya semakin kecil angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal makin tinggi.

Terdapat bermacam-macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran *agregat* aspal. antara lain 40/50, 60/170, 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/170.

Aspal pada lapis keras jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar dari kekuatan agregat.

Aspal merupakan material yang bersifat *visco-elastis* dan memiliki ciri yang beragam mulai dari yang bersifat lekat sampai yang bersifat elastis. Diantara sifat aspal lainnya adalah:

- a. Aspal mempunyai sifat *Rheologic* (mekanis), yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat, sifat aspal menjadi plastis (*viscous*).
- b. Aspal adalah bahan yang *Thermoplastis*, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi.

Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer, demikian pula sebaliknya. Dari segi pelaksanaan lapis keras, aspal dengan viskositas yang rendah akan menguntungkan karena aspal akan menyelimuti batuan dengan lebih baik dan merata. Namun pemanasan yang berlebihan terhadap aspal akan merusak molekul- molekul dari aspal, misalnya aspal menjadi getas dan rapuh.

Aspal mempunyai sifat *Thixotropy*, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan-regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai denganjalannya waktu.

2.5 Metode Daur Ulang

Sebagaimana tersirat pada nama tersirat istilah daur ulang, teknik Daur Ulang konstruksi jalan (Perkerasan) adalah pengolahan dan penggunaan kembali konstruksi perkerasan lama (existing), baik dengan atau tanpa tambahan bahan baku, untuk keperluan pemeliharaan, perbaikan maupun peningkatan konstruksi perkerasan jalan.

Tambahan baru yang ditambahkan pada pekerjaan daur ulang pada umumnya dimaksudkan untuk menambah nilai konstruksi dari segi ketebalan, perbaikan kualitas campuran (gradasi) ataupun sebagai bahan aditiv lainnya sesuai dengan kebutuhan dan desain.

Teknologi daur ulang pada konstruksi perkerasan merupakan teknologi alternative dari teknologi konvensional khususnya teknologi pelapisan ulang atau overlay yang selama ini lebih dikenal dan mulai dirasakan masalah-masalah yang meyertainya serta dimungkinkan untuk dicarikan solusinya.

Pada konstruksi perkerasan teknologi daur ulang lebih banyak diterapkan pada daur ulang lapisan beraspal (binder dan wearing course) dari konstruksi perkerasan yang bersangkutan.

Beberapa penerapan teknik daur ulang pada bagian yang tidak terbatas pada lapisan beraspal saja (binder dan wearing course) melainkan sampai kepada lapisan pondasi dapat dijumpai di beberapa ruas jalan khususnya pada jalan-jalan yang mengalami kerusakan total (sampai ke pondasi) ataupun konstruksi yang ada merupakan konstruksi tidak beraspal misalkan di provinsi Riau (Jalan Caltex, 1999-2000) dan Kalimantan Timur.

Dengan mendaur ulang konstruksi jalan sampai kepada lapis pondasi maka konstruksi perkerasan baru hasil daur ulang akan menjamin lebih terjamin mutunya secara keseluruhan dari pondasi sampai kepada lapis permukaan.

Sebagai teknologi alternatif konvensional dan sekaligus menjawab atau memecahkan masalah yang dihadapi pada teknologi konvensional (sudah mulai dirasakan)

Keuntungan dari teknologi daur ulang adalah:

- Mengembalikan kekuatan perkerasan lama tanpa meninggikan elevasi permukaan jalan.
- Mempertahakan geometrik jalan
- Mengatasi ketergantungan akan material baru
- Penghematan material agregat, aspal, energi
- Mengurangi kerusakan lingkungan
- Perbaikan kualitas lapis pondasi bias dilaksanakan dengan cepat
- Memungkinkan untuk mengerjakan jalur yang rusak saja
- Tidak menambahkan beban mati dari lantai jalan

Walaupun metode daur ulang memiliki banyak keuntungan, Indonesia masih memiliki hambatan dari sisi peralatan SDM-nya. Masih sedikit perusahaan yang memiliki peralatan daur ulang ini. Pelaksanaan daur ulang pada umumnya menggunakan rangkaian alat yang terdiri dari water tank, asphalt tank, recycler, first compactor, grader dan final compactor. SDM yang handal untuk menggunakan alat juga terbatas. Beberapa perusahaan sudah berupaya untuk mengirimkan beberapa ahli recycler supaya bisa sejajar langsung dari sana.

Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Menggunakan Bahan Daur Ulang Agregat Dengan Alat Recycling Jalan Akses Cipule

Selain itu tidak serta merta setiap kerusakan jalan langsung dapat diatasi dengan daur ulang, tergantung penyebab kerusakan jalan itu sendiri yang harus ditemukan terlebih dahulu. Apabila induk persoalan berada di subgrade, maka perkuatan/stabilitas subgrade mutlak harus dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukan daur ulang pada lapis struktur sub basenya. Oleh karena itu investigasi awal sebelum pelaksanaan daur ulang mutlak diperlukan.

Biasanya investigasi awal dilakukan terhadap beberapa poin antara lain:

- a. Tebal dan lebar perkerasan lama
- b. Jenis bahan setiap lapis perkerasan
- c. Daya dukung tanah dasar dan lapis perkerasan
- d. Muka air tanah
- e. Volume dan beban lalu lintas

Saat ini dikenal 2 jenis metoda daur ulang yang cukup populer penggunaannya yaitu:

1. *In-situ recycling* (daur ulang langsung ditempat)
2. *Central plant recycling* (daur ulang melalui pusat pencampuran)

Kedua jenis metoda daur ulang tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing, sehingga penerapan perlu mempertimbangkan faktor-faktor pengaruh berupa ketersediaan alat, kondisi konstruksi yang di daur ulang, masalah utama konstruksi lama yang akan diatasi, kondisi lingkungan sekitarnya termasuk bangunan perlengkapan jalan dan lain sebagainya.

2.4.1 Daur ulang pencampuran ditempat (in-situ).

Yang dimaksud dengan daur ulang pencampuran ditempat atau *in-situ recycling* adalah daur ulang yang proses pengupasan; pencampuran dan penggelaran serta pemadatan dilakukan ditempat yang sama atau tempat asalnya.

Daur ulang *in-situ* biasanya hanya dilakukan bilamana tingkat ketebalan daur ulang (pengupasan dan penggelaran kembali) yang dilakukan dan dibutuhkan tidak terlalu tebal (sekitar 2,5 cm). Pada metoda ini; tersedia beberapa cara dan alat yang antara lain adalah *heater-planer*, *heater-scarifier*, *hot-milling*, *cold-milling* dan lain-lain.

Bilamana daur ulang dilakukan lebih dari 2,5 cm; biasanya diperlukan pekerjaan “penyempurnaan” atau “koreksi” berupa *reshaping* atau pembentukan kembali. Pekerjaan ini dapat dilakukan dengan atau tanpa bahan tambahan, tergantung kebutuhan.

Adapun tujuan dan manfaat daur ulang ditempat (*in-situ*) yang umumnya dilakukan dengan ketebalan terbatas tersebut adalah :

- ~ Mengurangi retak refleksi;
- ~ Memberikan ikatan antara perkerasan lama dengan *overlay* (hamparan daur ulang);
- ~ Transisi antara hamparan daur ulang dengan tali air atau jembatan dapat dipertahankan;
- ~ Mengurangi kekasaran setempat akibat pemadatan ;
- ~ Menghilangkan kerusakan-kerusakan setempat seperti: deformasi lepas; gelombang (*corrugation*); meleleh (*flushing*); alur (*rutting*); dan lain-lain;
- ~ Memperbaiki *skid resistance* (kekesatan);
- ~ Memperbaiki struktur perkerasan.

Sedangkan keterbatasan dari *recycling in-situ* adalah :

- ~ Perbaikan struktur terbatas;
- ~ *Heater-scarifier* dan *heater-planning* mempunyai efektivitas terbatas pada perkerasan yang terlalu kasar;
- ~ Menimbulkan polusi udara dan kerusakan tanaman disekitar jalan yang di daur ulang;
- ~ Proses pencampuran agregat yang mempunyai ukuran lebih dari 2,5 cm sering mengalami kesulitan;

~ Mutu tidak sebaik *central mix*;

~ Gangguan terhadap lalu-lintas relatif lebih besar.

Dari ulasan di atas terlihat bahwa *in-situ recycling* diutamakan untuk pekerjaan *surface recycling* (daur ulang lapis permukaan) dikarenakan adanya keterbatasan ketebalan, efektivitas *heater*, efektivitas pencampuran dan lain-lain.

Pada *in situ recycling* pekerjaan *surface recycling*; sering pula dikombinasikan dengan penambahan campuran baru (bukan daur ulang) *produk central mix*.



Gambar: 2.2. Proses Milling Menggunakan Unit WIRTGEN 2500S

2.4.2 Daur Ulang Pencampuran Terpusat (Central-Mix, Central Plant Recycling)

Daur ulang pencampuran terpusat biasanya diterapkan bilamana bahan yang didaur ulang dan digelar kembali dalam jumlah yang cukup banyak baik dalam ketebalan maupun volume. Dalam daur ulang *central-mix*; pada umumnya metoda pencampuran (dan penggelaran) yang diterapkan adalah metoda campuran panas (*hot mix*) sesuai dengan jenis alat pencampur yang umum tersedia yaitu *Asphalt Mixing Plant (AMP)*.

Daur ulang *central-mix* metoda *cold-mix* tidak banyak diterapkan, meskipun metoda ini masih mungkin diaplikasikan khususnya bilamana alat yang tersedia adalah *cold mix plant*. Di negara-negara yang sudah maju dalam penerapan teknologi daur ulang; lebih dari 10% kebutuhan campuran aspal beton dipenuhi dari campuran aspal panas hasil dari daur ulang.

Sebelum proses pencampuran di AMP; bahan daur ulang pada umumnya dipecah terlebih dahulu (*re-sizing*) baik ditempat (*in-situ*) maupun didekat AMP. Seperti halnya pada metode *in-situ recycling*; pada *central-mix recycling* diperlukan atau ditambahkan bahan *modifier* dalam rangka memperbaiki sifat-sifat aspal yang ada dalam bahan hasil kupasan (*millig, scarifying, breaking*).

Sifat-sifat utama aspal daur ulang yang akan diperbaiki oleh *modifier* adalah sifat-sifat kimia yang berkaitan dengan keawetan, dan menambah (memulihkan) daya lekatnya terhadap agregat khususnya agregat tambahan (baru).



Gambar: 2.3. Daur Ulang Pencampuran Terpusat (Central-Mix, Central_Plant Recycling)

2.4.3 Daur ulang lapis permukaan aspal (*surface recycling*)

Ada beberapa jenis kegiatan dan peralatan terkait pada *surface recycling* sebagaimana dibahas berikut ini.

Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Menggunakan Bahan Daur Ulang Agregat Dengan Alat Recycling Jalan Akses Cipule

a. Heater Planing (Pemanasan-Perbaikan Permukaan)

Heater Planing dimaksudkan untuk memperbaiki kondisi permukaan konstruksi perkerasan aspal yang sudah menurun kualitasnya atau kualitas yang tidak sesuai sejak awal. Kualitas yang berkaitan dengan permukaan antara lain adalah kelicinan (*slippery*), kegemukan (*bleeding*), meleleh (*flushing*) dimana perbaikannya tidak memerlukan penambahan tebal.

Dengan tidak diperlukannya pertambahan tebal; maka elevasi; tali air dan berat sendiri khususnya pada jembatan, tidak mengalami gangguan ataupun pertambahan. Perbaikan kekesatan (*skid*) dan kegemukan (*bleeding*) maupun meleleh (*flushing*); dilakukan dengan cara menyemprotkan *tack-coat*, menebarkan agregat, pemanasan permukaan dengan *heater-planer*; lalu dipadatkan dengan *roller*.

Heater planning ini sering pula dipergunakan dalam upaya perbaikan permukaan sebagai persiapan dalam pelaksanaan pekerjaan pelapisan ulang di atasnya.

b. Heater Scarifying (Pemanasan-Pengupasan Permukaan Jalan Aspal)

Pekerjaan daur ulang permukaan (*Surface recycling*) dengan *heater scarifying*, mempunyai bermacam-macam bentuk.

Proses dasar dari heater scarifying terdiri dari; pemanasan, pengupasan, permukaan, pemberian bahan tambahan baru (bila diperlukan), dan pemadatan.

c. Hot Milling (Pengupasan dengan pemanasan)

Pengupasan dengan pemanasan (dengan diamond drum) permukaan sudah jarang diterapkan pada pekerjaan perbaikan permukaan perkerasan aspal.

Milling atau pengupasan dengan *diamond drum* dalam keadaan dingin (tanpa pemanasan/*heating*) saat ini banyak diterapkan pada pekerjaan daur ulang.

d. Cold Planing (Pengupasan tanpa Pemanasan dengan Pisau/Blade)

Cold planing pada umumnya dilakukan dalam rangka perbaikan permukaan konstruksi perkerasan aspal yang mengalami kerusakan dalam bentuk *corrugation*; *rutting*; kegagalan stabilitas dan lain-lain.

Cold planing dapat dilakukan dengan menggunakan motor grader. Dari pengalamn menunjukkan bahwa hasil cold planning tidak sebaik *hot planing*.

e. Cold Milling (Pengupasan tanpa Pemanasan dengan diamond bid)

Cold milling banyak diterapkan baik pada perkerasan aspal maupun perkerasana beton semen. Pada umumnya cold milling dilakukan dalam rangka mengupas bagian konstruksi perkerasan yang mengalami kerusakan akibat lalu-lintas maupun alam (cuaca, *weatering*); dimana hasil kupasnya didaur ulang untuk dipergunakan lagi baik secara *in-situ* maupun *central mix*.

Alat yang dipergunakan dalam *pekerjaan hot milling* disebut *cold milling machine* yang mempunyai bagian-bagian utama sebagai berikut;

~ *Prime mover* (mesin penggerak)

~ *Milling drum* dengan diamond bid; yang bisa diatur lebar drum maupun jumlah dan posisi diamond bidnya.

~ *Conveyer*, untuk memuat hasil kupasannya ke dump truck.

Cold milling machine sering pula dipergunakan untuk menggali *trench* pada pekerjaan utilitas (pipa gas, pipa PAM, kabel dll). *Cold milling machine* tersedia dalam kapasitas “mini”; sedang sampai ke besar (lebar).

Banyak jenis kerusakan konstruksi perkerasan yang sering perbaikannya atau pelaksanaannya dilakukan dengan menggunakan *cold milling machine*.

Kerusakan-kerusakan yang dimaksud antara lain adalah sebagai berikut :

~ pada perkerasan aspal; *rutting*, *raveling*, *flushing*, *corrugation*, *re-profiling* dan lain-lain

~ pada perkerasan beton semen; *rutting*, *raveling*, *scaling*, *faulting*, *spalling*, *reprofiling* dan lain-lain

2.4.4 Daur Ulang Perkerasan Aspal Campuran Dingin (*Cold-Mix Recycling*)

Pengertian daur ulang perkerasan aspal campuran dingin adalah daur ulang perkerasan beraspal; dimana proses pencampurannya (*mixing*) dilakukan tanpa pemanasan (*cold mix*) baik ditempat maupun di *central-mix plant*; kemudian digelar dan dipadatkan pada tempat yang telah dikupas.

Dalam pencampuran dilakukan ditempat (*in-place* atau *in-situ*); pencampuran seringkali dilakukan oleh mesin pengupas (*milling machine*) dengan sedikit modifikasi berupa penambahan alat penampung (*batcing*) dan penyemprot aspal (*asphalt sprayer*) didekat drum pengupass (*milling drum*). Dibelakang drum hasil kupasan yang telah bercampur aspal serta digemburkan oleh alat penggembur (*pulverizer*) akan masuk (ditangkap) oleh *paver* dan digelar dibelakangnya; lalu dipadatkan oleh alat pemadat *roller* atau *compacter*.

Metoda *cold-mix recycling* pencampuran ditempat (*in-place*) ini pada umumnya diterapkan pada pekerjaan rehabilitasi konstruksi jalan beraspal dengan lalu-lintas rendah sampai sedang dan kondisi subgrade cukup baik. Dengan mendaur ulang konstruksi perkerasan jalan tersebut secara tepat (desain dan pelaksanaannya); hasil rehabilitasi akan dapatmeningkatkan mutu dan kapasitas jalan yang bersangkutan.

Metoda ini dapat diterapkan pula untuk mendaur ulang base dan sub-base pada konstruksi perkerasan jalan dengan lalu-lintas yang lebih tinggi.

Untuk memperolehhasil yang baik dari *in-place cold-mix recycling*; perlu diupayakan untuk dapat memenuhi beberapa persyaratan berikut :

- Butiran hasil daur ulang tidak melebihi ukuran 50 mm.
- Hasil blending; 95% harus lolos saringan 50 mm.
- Campuran harus benar-benar homogen.

Sedangkan untuk mempersiapkan desain campuran daur ulang yang tepat; diperlukan data hasil investigasi dari konstruksi perkerasan jalan yang akan didaur

ulang; yang meliputi gradasi agregat; jenis atau tipe aspal, kadar aspal dan kadar air.

Jenis aspal yang dapat digunakan dalam daur ulang campuran dingin adalah *cut-back asphalt* (aspal cair) dan aspal emulsi dengan atau tanpa bahan aditif (*rejuvenating agent*)

Pelaksanaan Daur Ulang Perkerasan Aspal Campuran Dingin di Tempat (*in-place* atau *in-situ*) adalah sebagai berikut.

- a. Pengambilan contoh/sample beberapa *core-drill* dan perkerasan lama.
- b. Menganalisis di laboratorium dari sample yang diambil (gradasi, jenis dan kadar aspal, serta kadar air),
- c. Penetapan jenis dan jumlah aspal.
- d. Membersihkan pinggir perkerasan dari kotoran baik tumbuh-tumbuhan maupun bahan organik lainnya.
- e. Membersihkan permukaan perkerasan yang akan dikupas.
- f. Persiapkan aspal baru (yang akan ditambahkan) dalam tanker dan sambungkan ke *milling machine*; dimana *milling machine* dan *tanker* dapat dioperasikan secara tandem; dan penyemprotan aspal dapat dikendalikan kuantitas/jumlah aspal yang disemprotkan (l/menit).
- g. Pengaturan *milling machine* (kedalaman dan kecepatan).
- h. Mencoba kupasan awal dan periksa hasil khususnya, kedalaman kupasan, homogenitas dan kadar aspal.
- i. Lakukan penyesuaian (*adjustment*) yang diperlukan bila diperlukan khususnya kecepatan, jumlah aspal (yang disemprotkan) dan kedalaman kupasan.
- j. Laksanakan proses daur ulang sesuai prosedur sampai dengan pemadatan.

Yang perlu diperhatikan dalam melaksanakan proses daur ulang sebagaimana dikemukakan; adalah sebagai berikut :

- ~ Hindari pelaksanaan diwaktu hujan atau akan turun hujan.
- ~ Temperatur lingkungan tidak kurang dari 10° C.

- ~Selama *curing* (pematangan) yang dalam hal aspal emulsi adalah penguapan air aspal emulsi permukaan perkerasan belum boleh “terganggu” oleh apapun.
- ~ Tebal lapisan daur ulang yang disarankan adalah 7,5 cm untuk dense graded, dan 15 cm untuk open graded.
- ~ Pemadatan harus dilakukan pada waktu yang tepat, yang biasanya terlihat dari mulai terjadinya perubahan warna dari campuran yang telah tergelar.
- ~ pemadatan yang terlalu cepat.

2.4.5 Daur ulang campuran dingin pencampuran terpusat (*central plant cold-mix recycling*)

Pelaksanaan daur ulang campuran dingin dengan pencampuran terpusat (*central mix*) serupa dengan pelaksanaan daur ulang campuran panas dengan pencampuran terpusat. Bedanya terletak pada proses pencampuran di *central mix* yaitu proses cold-mix dengan proses *hot-mix*.

Pada proses *central cold-mix*; pencampuran dilakukan tanpa pemanasan. Sedangkan bahan ikat dapat digunakan semen atau aspal emulsi; dan *central plant cold mix recycling* yang dipergunakan adalah *cold mix plant* dengan *pugmill*.

2.5. Daur Ulang Campuran Beraspal Dingin Lapis Pondasi dengan Foam Bitumen (Cold Mix Recycling Base By Foamed Bitumen CMRFB – BASE)

Yang dimaksud dengan Daur Ulang Campuran Beraspal Dingin dengan Foam Bitumen (CMRFB-Base) adalah campuran antara *Reclaimed Asphalt Pavements* (RAP) dan agregat baru (bila diperlukan) serta *Foamed Bitumen* yang dicampur di Unit Produksi Campuran Beraspal Sentral (*in plant*) atau pencampuran di tempat (*in place*), dihampar dan dipadatkan dalam keadaan dingin. Pekerjaan ini hanya mencakup pembuatan lapisan Daur Ulang Campuran Beraspal Dingin dengan Foam Bitumen untuk lapis pondasi, yang dihampar dan dipadatkan di atas lapis perkerasan jalan yang telah

Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Menggunakan Bahan Daur Ulang Agregat Dengan Alat Recycling Jalan Akses Cipule

disiapkan sesuai dengan Spesifikasi dan memenuhi garis ketinggian, dan potongan memanjang serta potongan melintang yang ditunjukkan dalam Gambar Rencana.

Jenis dan ketebalan lapisan harus seperti yang ditentukan pada Gambar Rencana Daur Ulang CMRFB-Base yang direncanakan untuk lalu-lintas rencana : 5.000.000 ESA, prosedur pembuatan rancangan campuran dilakukan melalui pembuatan benda uji dengan alat pemadat Marshall serta jumlah tumbukan 2 x 75 sesuai RSNI M-01-2003. Sedangkan untuk lalu lintas rencana > 5.000.000 ESA, benda uji dibuat dengan alat kepadatan berat sesuai SNI 03-1743-1989

2.5.1. Penghamparan Campuran

a) Perkerasan yang akan dilapisi

(1) Bilamana permukaan yang akan dilapisi termasuk perataan setempat dalam kondisi rusak, menunjukkan ketidakstabilan, harus dibongkar atau dengan cara perataan kembali lainnya. Semua bahan yang lepas atau lunak harus dibuang, dan permukaannya dibersihkan dan/atau diperbaiki dengan Daur Ulang CMRFB-Base atau bahan lain yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Toleransi permukaan setelah diperbaiki harus sama dengan yang disyaratkan untuk pelaksanaan lapis yang ada sebelumnya

(2) Sesaat sebelum penghamparan, permukaan yang akan dihampar harus dibersihkan dari bahan yang lepas dan yang tidak dikehendaki dengan sapu mekanis (*power broom*) dan *compressor* yang dibantu dengan cara manual bila diperlukan.

b) Acuan Tepi

Balok kayu lurus atau acuan lain yang disetujui harus dipasang sesuai dengan garis dan serta ketinggian yang diperlukan oleh tepi-tepi lokasi yang akan dihampar.

2.5.1.1 Toleransi

a) Bilamana Daur Ulang CMRFB-Base yang dihampar lebih dari satu lapis, seluruh tebal lapisan beraspal tidak boleh lebih dari toleransi yang disyaratkan, yaitu 10 mm.

b) Toleransi kerataan harus memenuhi ketentuan berikut ini.

(1) Kerataan Melintang

Bilamana diukur dengan mistar lurus sepanjang 3 m yang diletakkan tegak lurus sumbu jalan tidak boleh melampaui 8 mm

(2) Kerataan Memanjang

Setiap ketidakrataan individu bila diukur dengan mistar lurus berjalan (*rolling*) sepanjang 3 m yang diletakkan sejajar dengan sumbu jalan tidak boleh melampaui 5 mm

c) Perbedaan setiap dua titik pada setiap penampang melintang tidak boleh melampaui 10 mm dari elevasi yang dihitung dari penampang melintang yang ditunjukkan dalam Gambar Rencana.

d) Tebal minimum yang dihampar tidak kurang dari tebal yang disyaratkan. Tebal maksimum tidak boleh lebih besar dari 10 mm dari tebal yang disyaratkan.

e) Pelaksanaan penghamparan tidak boleh melebihi 20 cm tebal padat dan tebal minimum tidak kurang dari 10 cm.

2.5.1.2 Persyaratan Bahan

a. Agregat Baru

(a) Agregat baru yang akan digunakan dalam pekerjaan harus sedemikian rupa agar Daur Ulang CMRFB-Base yang proporsinya dibuat sesuai dengan rancangan perbandingan campuran memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

(b) Agregat baru tidak boleh digunakan sebelum disetujui terlebih dahulu oleh Direksi Pekerjaan.

(c) Sebelum memulai pekerjaan harus sudah melaksanakan perhitungan pengadaan setiap fraksi agregat pecah baru, penyerapan aspal oleh agregat. Variasi kadar aspal akibat tingkat penyerapan aspal yang berbeda.

(d) Penyerapan air oleh agregat baru maksimum 3%

b. Agregat Kasar Baru

(a) Fraksi agregat kasar baru untuk rancangan adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lumpur atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2.8

(b) Fraksi agregat kasar baru harus batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal. Ukuran maksimum agregat adalah satu ayakan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum. Ukuran nominal maksimum adalah satu ayakan yang lebih kecil dari ayakan pertama (teratas) dengan bahan tertahan kurang dari 10%

(c) Agregat kasar baru harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam Tabel 2.8. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 2,36 mm dengan bidang pecah satu atau lebih.

(d) Fraksi agregat kasar baru harus ditumpuk terpisah.

(e) Pembatasan lolos # 200 < 1%, pada ayakan kering karena agregat kasar yang dilekati lumpur tidak dapat dipisahkan pada waktu pengeringan sehingga tidak dapat dilekati aspal

Tabel 2.8 Ketentuan Agregat Kasar Baru

Pengujian	Standar	Nilai
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95
Angularitas (Kedalaman dari permukaan < 10 cm)	DoT's Pennsylvania	95/90
Angularitas (Kedalaman dari permukaan \geq 10 cm)	Test method PTM no 621	95/90
Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D-4791	Maks 10%
Material Lolos saringan No. 200	SNI 03-4142-1992	Maks 1%

Sumber: Spek Khusus CMRFB, Bina Marga 2006

c. Agregat Halus Baru

(a) Agregat halus baru dari sumber bahan manapun, harus terdiri atas pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.8 (2,36 mm) sesuai SNI 03-6819-2002

(b) Fraksi agregat kasar dan agregat halus harus ditumpuk terpisah.

(c) Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya_ Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu, nilai abrasi serta kelekatan memenuhi Tabel 1. Agar dapat memenuhi ketentuan Pasal ini batu pecah halus harus diproduksi dari batu yang bersih

(d) Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Ketentuan Agregat Halus Baru

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	SNI 03-6872-2002	Min 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan \geq 10 cm)		Min 45

Sumber: Spek Khusus CMRFB, Bina Marga 2006

2.5.2 Penghamparan dan Pembentukan Unit Produksi Sentral

(a) Penghamparan menggunakan *asphalt finisher*, sebelum memulai penghamparan sepatu (*screed*) harus bersih dan licin. Material Daur Ulang Campuran Beraspal Dmgin dengan *Foam Bitumen* harus dihampar dan diratakan sesuai dengan kelandaian, elevasi, serta bentuk penampang melintang yang disyaratkan.

(b) Penghamparan harus dimulai dari lajur yang lebih rendah terlebih dahulu bilamana pekerjaan yang dilaksanakan lebih dari satu lajur.

(c) Mesin vibrasi pada *screed* alat penghampar harus dijalankan selama penghamparan dan pembentukan. Bila digunakan alat pemadat manual untuk pemadatan awal maka alat penumbuk tidak boleh telah aus sedemikian rupa sehingga tidak berfungsi memberikan kepadatan awal

(d) Alat penghampar harus dioperasikan dengan suatu kecepatan yang tidak menyebabkan retak permukaan, koyakan, atau bentuk ketidakrataan lainnya pada permukaan. Kecepatan penghamparan harus disesuaikan dengan kapasitas produksi Unit Produksi Campuran Beraspal yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan

(e) Bilamana terjadi segregasi, koyakan atau alur pada permukaan, maka alat penghampar harus dihentikan dan tidak boleh dijalankan lagi sampai penyebabnya telah ditemukan dan diperbaiki. Butiran kasar tidak boleh ditaburkan di atas permukaan yang

Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Menggunakan Bahan Daur Ulang Agregat Dengan Alat Recycling Jalan Akses Cipule

dihampar dan penaburan tidak boleh dilakukan diatas permukaan hampan yang telah rapi.

(f) Harus diperhatikan agar campuran tidak terkumpul pada tepi-tepi penampung a\at penghampar atau tempat lainnya

(g) Bilamana jalan akan dihampar hanya setengah lebar jalan atau hanya satu lajur untuk setiap kali pengoperasian, maka urutan penghamparan harus dilakukan sedemikian rupa sehingga perbedaan akhir antara panjang pengharnparan lajur yang satu dengan yang bersebelahan pada setiap hari produksi dibuat seminimal mungkin.

2.5.3 Penghamparan dan Pembentukan Unit Produksi di Tempat

(a) Pada pelaksanaan pekerjaan dt tempat posisi penggaruk sedemikian sehingga ketebalan hampan sesuai rencana.

(b) Penggarukan dan penghamparan harus dimulai dari lajur yang lebih rendah terlebih dahulu bilamana pekerjaan yang dilaksanakan lebih dari satu lajur.

(c) Alat penggarukan dan penghamparan harus dioperasikan dengan suatu kecepatan yang tidak menyebabkan retak permukaan, koyakan, atau bentuk ketidakrataan lainnya pada permukaan. Kecepatan penghamparan harus disesuaikan dengan unit penggaruk dan penghampar yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan

2.5.4 Pematatan

Segera setelah material campuran dihampar dan diratakan, permukaan tersebut harus diperiksa dan setiap ketidaksempumaan yang terjadi harus diperbaiki. Hampan dapat ditarnbah air hila campuran tampak kering karena pengaruh cuaca, namun air yang

berlebihan tidak diperkenankan. Urutan pemadatan hamparan adalah sebagai berikut

2.5.4.1 Unit Produksi Sentral

Untuk pelaksanaan yang menggunakan unit sentral, pemadatan awal dilakukan dengan tandem, kemudian pemadatan utama dilakukan dengan roda pemadat getar dengan penggetaran amplitudo besar yang dilanjutkan dengan amplitudo ringan. Pemadatan akhir menggunakan *lyre roller*.

2.5.4.2 Unit Produksi di Tempat

Untuk pelaksanaan di tempat, pemadatan awal dilakukan dengan tandem segera

1. Setelah selesai penghamparan, dimana bekas jejak roda penghampar jelas kelihatan, selanjutnya pemadatan utama dilaksanakan dengan pemadat getar disertai penggetaran dengan amplitudo besar agar pengaruh pemadatan dapat mencapai dasar hamparan.
2. Setelah pemadatan utama memberikan kepadatan yang diperlukan, permukaan yang
3. tidak rata (misal bekas Jejak roda) segera ditratakan dengan motor grader, kalau diperlukan disertai dengan pembasahan, atau diisi dengan bahan Daur Ulang CMRFB-Base. Selesai perataan dilakukan pemadatan permukaan, yang dilaksanakan dengan penggetaran ringan. Pemadatan akhir dilakukan setelah pemadatan permukaan selesai, menggunakan *tyre roller* untuk mendapatkan permukaan yang kokoh.
4. Penggilasan harus dimulai dari tempat sambungan memanjang dan kemudian dari tepi luar. Selanjutnya, penggilasan dilakukan sejajar dengan sumbu jalan berurutan menuju ke arah sumbu jalan, kecuali

untuk superelevasi pada tikungan harus dimulai dari tempat yang terendah dan bergerak ke arah yang lebih tinggi. Lintasan yang berurutan harus saling tumpang tindih (*overlap*) dan lintasan tersebut tidak boleh berakhir pada titik yang kurang dari satu meter dari lintasan sebelumnya

5. Bilamana menggilas sambungan memanjang, alat pemadat untuk penggilasan awal harus terlebih dahulu menggilas lajur yang telah dihampar sebelumnya sehingga tidak lebih dari 15 cm dari lebar roda penggilas yang menggilas tepi sambungan yang belum dipadatkan. Penggilasan dengan lintasan yang berurutan harus dilanjutkan dengan menggeser posisi alat pemadat sedikit demi sedikit melewati sambungan, sampai tercapainya sambungan yang dipadatkan dengan rapi

6. Kecepatan pemadatan utama tidak boleh melebihi 3 km/jam dan harus selalu dijaga sehingga tidak mengakibatkan bergesernya campuran tersebut. Roda alat pemadat dapat dibasahi apabila terjadi pelekatan campuran pada alat pemadat, tetapi air yang berlebihan tidak diperkenankan. Roda karet boleh sedikit dtmmmyaki untuk menghindari lengketnya campuran pada roda.

7. Peralatan berat atau alat pemadat tidak diijinkan berada di atas permukaan yang baru selesai dikerjakan, sampai seluruh permukaan tersebut selesai proses penguapan.

8. Bahan bakar yang tumpah atau tercecer dari kendaraan atau perlengkapan yang digunakan oleh Penyedia Jasa di atas perkerasan yang sedang dikerjakan, dapat menjadi alasan dilakukannya pembongkaran dan perbaikan oleh Penyedia Jasa atas perkerasan yang terkontaminasi, selanjutnya semua biaya pekerjaan perbaikan ini menjadi beban Penyedia Jasa. Penyedia Jasa harus mencegah agar tidak terjadi ceceran aspal pada permukaan perkerasan.

9. Permukaan yang telah dipadatkan harus sesuai dengan lereng melintang dan kelandaian yang memenuhi toleransi yang disyaratkan. Permukaan padat yang lepas atau rusak, tercampur dengan kotoran, atau rusak dalam bentuk apapun, harus dibongkar dan diganti dengan campuran yang baru serta dipadatkan secepatnya agar sama dengan lokasi sekitarnya. Pada tempat-tempat tertentu yang menunjukkan kelebihan atau kekurangan bahan aspal harus dibongkar dan diganti. Seluruh tonjolan setempat, tonjolan sambungan, cekungan akibat ambles, dan segregasi permukaan yang keropos harus
10. Sewaktu permukaan yang telah selesai dipadatkan, harus memangkas perkerasan agar bergaris rapi. Setiap hamparan yang berlebihan dan sambungan memanjang dan melintang harus dipotong tegak lurus setelah penggilasan akhir dan dibuang yang lokasinya telah disetujui

2.5.5 Ketentuan Kepadatan

- a) Kepadatan hamparan yang telah dipadatkan, tidak boleh kurang dari 98% Kepadatan Standard JSD (*Job Standard Density*).
- b) Pengambilan contoh produksi campuran untuk pengujian laboratorium agar segera dilakukan. Pemadatan material campuran untuk benda uji di laboratorium, yaitu untuk benda uji berdiameter 10 em (lalu lintas reneana $\leq 5.000.000$ ESA) dengan pemadatan 2 x 75 tumbukan,

Sesuai prosedur Marshall atau sesuai RSNI M-01-2003, serta untuk benda uji berdiameter 15 em em (lalu lintas reneana $> 5.000.000$ ESA) menggunakan alat kepadatan berat sesuai SNI 03-1743-1989. Pengujian kepadatan hamparan dilaksanakan setelah pemadatan akhir selesai.

Tabel 2.10 Ketentuan kepadatan

Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Menggunakan Bahan Daur Ulang Agregat Dengan Alat Recycling Jalan Akses Cipule

Kepadatan yang Disyaratkan (%JSD)	Jumlah titik Pengujian	Kepadatan Minimum Rata-rata (% JSD)	Nilai minimum setiap Pengujian tunggal (% JSD)
98	3 – 4	98,1	95
	5	98,3	94,9
	6	98,5	94,8

Sumber: Spek Khusus Recycling Seksi 6.8, PU Bina Marga 2006

2.6. Cement Treated Recycling Base dan Subbase (CTRB & CTRB) dicampurkan ditempat (*Mixed In Place*)

Pekerjaan daur ulang ini dilaksanakan pada jalan aspal/kerikil yang perlu distabilisasi atau ditingkatkan kemampuan daya dukungnya dengan menambahkan bahan tambah semen sebagai bahan pelapis pondasi atau lapis pondasi bawah. Apabila material yang digunakan terdiri dari atas material selected, lapisan aspal eksisting dan semen maka disebut Cemen Treated Recycling Subbase (CTRSB) sedangkan apabila material yang digunakan terdiri atas kerikil/agregat, lapisan aspal eksisting dan semen dinamakan Cemen Treated Recycling Base (CTRB)

2.6.1. Toleransi

Toleransi dimensi untuk tanah dasar yang sudah dipersiapkan sesuai persyaratan.

- a) Tebal rata-rata CTRB dan CTRSB pada setiap potongan melintang tidak boleh lebih dari 10% lebih kecil atau lebih tipis dari pada tebal yang telah ditentukan
- b) Tebal rata-rata CTRB dan CTRSB yang sudah selesai dengan kekuatan dan kerataan yang sudah disetujui yang diukur dengan

Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Menggunakan Bahan Daur Ulang Agregat Dengan Alat Recycling Jalan Akses Cipule

pengujian dari benda uji inti (Core) pada setiap potongan melintang (*Cross Section*) yang diteliti harus sama atau lebih tebal dari pada tebal pada gambar rencana

- c) Permukaan akhir CTRB dan CTRSB harus mendekati ketinggian yang direncanakan dan tidak boleh kurang dari 1 cm di bawah permukaan yang direncanakan dititik mana saja.
- d) Kerataan permukaan akhir CTRB dan CTRSB tidak boleh ada penyimpangan lebih dari 2 cm diukur dengan mistar lurus yang panjangnya 3 meter diletakkan dipermukaan jalan sejajar dengan sumbu jalan atau diletakkan melintang.

2.6.2. Pencampuran dan Penghamparan

2.6.2.1 Penyiapan Permukaan Jalan

- a) Pekerjaan penyiapan permukaan jalan harus dilakukan menurut ketentuan spesifikasi umum dan ketinggian jalur dan ukuran-ukuran sesuai gambar rencana
- b) Arti dari permukaan jalan adalah permukaan jalan yang sudah disiapkan yang mana pekerjaan CTRB atau CTRSB akan dilaksanakan dengan material permukaan sedalam yang sudah ditentukan sesuai yang ditunjukkan gambar rencana
- c) Permukaan jalan yang ada harus dibersihkan dari material yang tidak diinginkan
- d) Setiap permukaan jalan yang mengalami kerusakan yang disebabkan dari keadaan cuaca atau rusak sebelum dimulainya proses daur ulang CTRB atau CTRSB harus diperbaiki kembali.

2.6.2.2 Pencampuran dan Penghamparan ditempat (*Mix In Place*)

Pencampuran dari material daur ulang, semen dan air (serta agregat baru, bila diperlukan) dilakukan dengan cara pencampuran ditempat

(*Mix In Place*) dengan Single Pass Stabilization Machines yang mesinnya lebih dari 500HP yang dilengkapi dengan unit pengendali air. Tahap pencampuran dan penghamparan sebagai berikut:

- a) Lapis perkerasan lama yang daur ulang digaruk dan dihancurkan sampai diameter berbutir yang sesuai dengan peruntukannya
- b) Bahan garukan yang telah disiapkan ditentukan kadar airnya
- c) Kemudian semen disebar merata dengan alat *Cement Distributor* diatas permukaan dengan takaran (rate) yang telah ditentukan dari rancangan campuran laboratorium dan preliminary Field Trisl untuk menghasilkan kadar semen
- d) Selanjutnya mesin pengaduk secara mekanis megaduk secara merata semen dan material daur ulang dengan menambah air sampai menyamai batas kadar air yang ditentukan oleh prosedur rancangan campura laboratorium. Tebal lapis perkerasan yang diaduk harus ditentukan dalam toleransi, batas bawah kadar air pepadatan adalah pada Kadar Air Optimum (*Optimum Moisture Content-OMC*) dilaboratorium dan batas atasnya 2% lebih tinggi dari OMC, air yang ditambahkan akan diaduk secara merata pada campuran daur ulang dan pepadatan harus dilakukan secepat mungkin

2.6.2.3 Pepadatan

- a) Pepadatan CTRB dan CTRSB harus dimulai dilaksanakan paling lambat 60 menit semenjak pencampuran material dengan air
- b) Campuran yang telah dihampar tidak boleh dibiarkan tanpa dipadatkan lebih dari 30 menit

- c) Keapatan CTRB dan CTRSB setelah pemadatan harus mencapai kepadatan kering lebih dari 95% maksimum kepadatan kering
- d) Test pemadatan lapangan CTRB dan CTRSB dilakukan berdasarkan SNI 03-2828-1992 atau AASHTO T 19, T 205
- e) Kadar air pada waktu pemadatan minimal sama dengan kadar air optimum dan maksimal sama dengan kadar air optimum + 2%
- f) Pemadatan harus telah selesai dalam waktu 120 menit semenjak semen dicampur dengan air