



# PENGEMBANGAN SPESIFIKASI LAPIS PONDASI AGREGAT

Nyoman Suaryana

## RINGKASAN

Agregat lapis pondasi atas dan bawah mempunyai peranan yang penting dalam konstruksi perkerasan jalan. Untuk menjaga kualitas dari material tersebut telah dibuat persyaratan-persyaratan yang tercantum dalam Spesifikasi Lapis Pondasi Agregat. Meskipun demikian pada beberapa proyek ditemukan adanya perbedaan persyaratan yang cukup prinsipil. Untuk itu diperlukan pengetahuan yang mendalam mengenai karakteristik agregat lapis pondasi yang nantinya dipakai sebagai dasar usulan perubahan/peningkatan Spesifikasi.

Usulan peningkatan/perubahan tersebut meliputi, gradasi, prosentase pecah, indeks plastisitas, prosentase agregat halus, dan kadar air pematatan. Gradasi lapis pondasi atas (LPA) disesuaikan dengan lengkung Fuller dan gradasi lapis pondasi bawah (LPB) diubah menjadi gradasi B1, B2 dan B3 mengacu gradasi AASHTO 1990. Prosentase pecah lapis pondasi disesuaikan dengan lalu-lintas rencana dan posisi dari lapis pondasi tersebut. Untuk membatasi prosentase agregat halus, digunakan persyaratan PP (prosen lolos saringan # 200 x PI) maksimum 25. Nilai indeks plastisitas (PI) dibatasi maksimum 6 % untuk LPA dan 10 % untuk LPB. Kadar air pematatan lapis pondasi diusulkan  $\pm 1$  % dari kadar air optimum.

## SUMMARY

Agregat lapis pondasi atas dan bawah mempunyai peranan yang penting dalam konstruksi perkerasan jalan. Untuk menjaga kualitas dari material tersebut telah dibuat persyaratan-persyaratan yang tercantum dalam Spesifikasi Lapis Pondasi Agregat. Meskipun demikian pada beberapa proyek ditemukan adanya perbedaan persyaratan yang cukup prinsipil. Untuk itu diperlukan pengetahuan yang mendalam mengenai karakteristik agregat lapis pondasi yang nantinya dipakai sebagai dasar usulan perubahan/peningkatan Spesifikasi.

Usulan peningkatan/perubahan tersebut meliputi, gradasi, prosentase pecah, indeks plastisitas, prosentase agregat halus, dan kadar air pematatan. Gradasi lapis pondasi atas (LPA) disesuaikan dengan lengkung Fuller dan gradasi lapis pondasi bawah (LPB) diubah menjadi gradasi B1, B2 dan B3 mengacu gradasi AASHTO 1990. Prosentase pecah lapis pondasi disesuaikan dengan lalu-lintas rencana dan posisi dari lapis pondasi tersebut. Untuk membatasi prosentase agregat halus, digunakan persyaratan PP (prosen lolos saringan # 200 x PI) maksimum 25. Nilai indeks plastisitas (PI) dibatasi maksimum 6 % untuk LPA dan 10 % untuk LPB. Kadar air pematatan lapis pondasi diusulkan  $\pm 1$  % dari kadar air optimum.

## I. PENDAHULUAN

Usulan perubahan Spesifikasi ini didasarkan pada hasil penelitian di Puslitbang Jalan tentang lapis pondasi agregat yang dilaksanakan pada tahun anggaran 1995/1996 sampai dengan tahun anggaran 1998/1999.

Alasan utama dari penelitian tersebut adalah karena banyaknya versi spesifikasi lapis pondasi agregat yang beredar saat ini dan satu sama lain mempunyai perbedaan yang cukup prinsipil. Untuk itu diperlukan pengetahuan tentang karakteristik lapis pondasi agregat sehingga dapat memberi masukan pada Spesifikasi lapis pondasi agregat.

## II. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gabungan antara pengujian di laboratorium dengan di lapangan. Pengujian yang dilakukan di laboratorium meliputi pengujian sifat-sifat fisik,

pengujian CBR dan pengujian modulus resilien. Sedangkan pengujian di lapangan meliputi pengujian kepadatan, kadar air, CBR, modulus elastisitas, dan pengambilan contoh uji untuk analisa lebih lanjut di laboratorium.

## III. HASIL PENELITIAN

### 3.1. Usulan Mengenai Gradasi Lapis Pondasi Agregat (LPA)

**Gradasi A** (gradasi BM 1995), sudah baik karena mendekati lengkung Fuller pada nilai  $n = 0,5$  yang berarti memberikan nilai berat isi yang maksimum untuk ukuran butiran kurang dari 1,5 inci. Pada batas atas dan bawah gradasi ini diperoleh nilai  $n = 0,4$  dan  $n=0,6$ .

Data penelitian (1998/1999) menunjukkan bahwa gradasi ini menghasilkan nilai CBR = 86,5 % untuk prosen pecah 50 % dan nilai CBR 99,5 % untuk prosen pecah 100 %. Hasil tersebut diperoleh

dengan membuat gradasi agregat ideal, dan nilai indeks plastisitas 6 %. Dengan demikian gradasi LPA tersebut sudah baik untuk mencapai nilai CBR minimum 80 %, asalkan persyaratan lainnya juga terpenuhi. Akan tetapi jika terjadi perubahan prosentase agregat halus (lolos saringan 200) maka nilai CBR akan turun mencapai 59 %. Untuk itu diusulkan batasan prosentase agregat halus atau batasan nilai PP ( $PI \times \text{prosen lolos saringan no. 200}$ ). Penelitian 1998/1999 (Gambar 5) memberikan indikasi bahwa tanpa pemakaian bahan lolos saringan No. 200 agregat lapis pondasi akan berkurang kekuatannya, dan diperoleh CBR kurang dari 80 %.

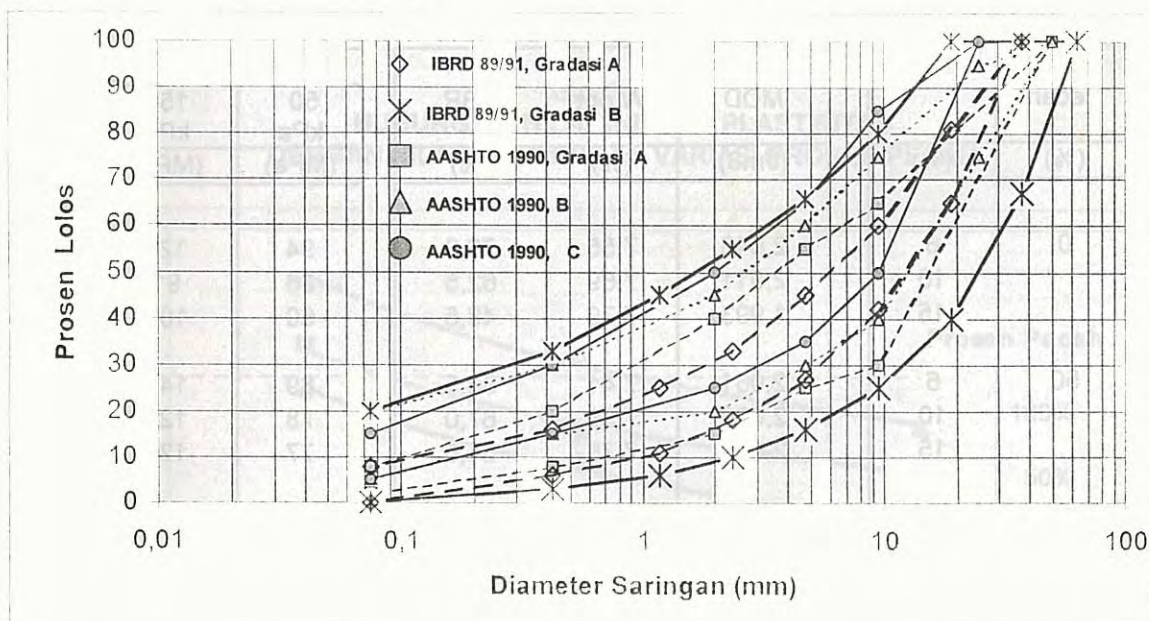
Dari hasil-hasil tersebut, maka diusulkan perubahan gradasi LPA disesuaikan dengan lengkung Fuller dengan prosen lolos saringan No. 200, 2-8 %.

**Gradasi B**, Gradasi ini membolehkan penggunaan material sirtu dengan prosentase batu pecah 0 %, sehingga pemilihan gradasi disamping memenuhi unsur kekuatan, juga harus memenuhi unsur ketersediaan di lapangan. Gradasi LPB BM 1995 mempunyai amplop yang cukup lebar sehingga relatif mudah dipenuhi dari sisi gradasinya. Dari penelitian terhadap bahan dari tujuh lokasi di Jawa Barat ternyata gradasi BM 1995 relatif mudah dipenuhi, walaupun bentuk gradasi tidak mendekati ideal. Telah dicoba 9 variasi gradasi secara acak di dalam amplop gradasi B (BM 1995) dan diperoleh nilai CBR antara 40 % sampai dengan 62 %. Hal ini menunjukkan bahwa gradasi tersebut cukup mudah dipenuhi dan akan menghasilkan nilai CBR lebih dari 35 % sesuai persyaratan.

Untuk menghindari terjadinya gradasi yang tidak menerus akibat cukup lebarnya amplop gradasi B tersebut, maka perlu ditambahkan batasan bentuk gradasi. Hal ini didukung oleh penelitian 1995/1996 yang menunjukkan bahwa batasan tersebut pada umumnya akan memberikan nilai CBR yang memenuhi persyaratan. Untuk batasan lolos saringan no. 200 / no. 40 pada 3 dari 9 variasi contoh uji diperoleh nilai CBR sesuai persyaratan meskipun batasan tersebut terlampaui. Hal ini kemungkinan untuk mengantisipasi kemudahan pemadatan di lapangan dan pengaruh peningkatan nilai Indeks Plastisitas jika prosentase lolos saringan no. 200 / no. 40 terlalu besar. Variasi gradasi tersebut dan batasan bentuk gradasi ditampilkan di bawah ini.

Alternatif ke-2, pemilihan LPB adalah dengan menggunakan gradasi A,B,C dari AASHTO 1990. Ketiga gradasi tersebut terletak didalam amplop gradasi LPB BM 1995. Keuntungan dari pemilihan gradasi ini adalah tidak diperlukan batasan bentuk gradasi, karena ketiganya mempunyai amplop gradasi yang relatif sempit. Bentuk gradasi ketiganya dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini. Nilai CBR untuk masing-masing gradasi tersebut diperlihatkan pada Tabel 1. Untuk masing-masing gradasi ditampilkan tiga variasi, yaitu ideal, batas atas dan batas bawah.

Gambar 1.  
GRADASI AASHTO 1990 DIBANDINGKAN DENGAN GRADASI LPB BM'95



**Tabel 1.**  
**NILAI CBR BERBAGAI VARIASI GRADASI A, B, C**  
**AASHTO 1990**  
 (material Sirtu Ciomas, Bogor)

No.	Gradasi	PI	W opt	$\gamma$ max	CBR
1.	A, Batas Atas	5	9,0	2,04	85
2.	A, Ideal	5	8,0	2,10	90
3.	A, Batas Bawah	5	8,0	2,03	80
4.	B, Batas Atas	5	10,0	2,03	72
5.	B, Ideal	5	8,7	2,07	77
6.	B, Batas Bawah	5	8,9	2,02	72
7.	C, Batas Atas	5	10,7	1,99	60
8.	C, Ideal	5	9,8	2,02	67
9.	C, Batas Bawah	5	10,1	1,98	62

Dari dua alternatif pilihan gradasi LPB tersebut, diusulkan untuk memakai gradasi A,B, dan C sesuai AASHTO 1990 untuk memudahkan menjaga kualitas agregat lapis pondasi tersebut. Dengan amplop yang terlalu lebar, kemungkinan terjadi penyimpangan gradasi akan lebih besar.

### 3.2. Usulan Mengenai Nilai Abrasi Minimum

Dari beberapa spesifikasi yang ditinjau, pada umumnya batasan abrasi untuk lapis pondasi berkisar antara 40 – 50 %. Dalam penelitian tahun 1995/1996 diperoleh data bahwa harga nilai abrasi dari beberapa kuari di 20 Kabupaten di Jawa Barat menunjukkan nilai abrasi yang melebihi 50 % hanya lebih kurang 2% dari lokasi kuari, sehingga nilai abrasi maksimum 50 % cukup mudah dipenuhi.

Percobaan pemadatan menunjuk kan bahwa untuk material yang mempunyai abrasi besar, setelah pemadatan mengalami perubahan gradasi (makin halus) cukup besar. Meskipun demikian persyaratan LPA, maksimum 40 % dan LPB, maksimum 50 % masih cukup memenuhi persyaratan untuk mencapai nilai CBR minimum. Sebagai pembanding ASTM - 1993 mensyaratkan abrasi maksimum 50 % dan AASHTO 1990 mensyaratkan abrasi maksimum 40 % untuk kelas A, 45% untuk kelas B dan 50 % untuk kelas C.

### 3.3. Usulan Mengenai Prosentase Pecah

Untuk mengetahui pengaruh dari prosentase agregat pecah ini, diadakan pembuatan contoh uji, dengan prosentase agregat pecah divariasikan dari 0 % (sirtu), 50 % dan 100 %. Sumber material adalah sirtu dari Bogor. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk mendapatkan nilai kekuatan CBR minimum 35 %, dapat digunakan sirtu tanpa bidang pecah. Nilai CBR terkecil (48,5%) dicapai pada penggunaan sirtu dengan nilai indeks plastisitas 15 %. Akan tetapi perlu diingat bahwa gradasi yang digunakan adalah gradasi Bina Marga pada posisi ideal (ditengah). Ini berarti pada prosen pecah 0 % dan indeks plastisitas 15 %, ada kemungkinan tidak memenuhi syarat jika dipakai variasi gradasi lain didalam amplop gradasi sesuai spesifikasi. Penelitian 1995/1996, menunjuk kan bahwa variasi gradasi pada gradasi untuk LPB BM 1995 memberikan variasi nilai CBR sampai dengan 20 %. Ini berarti untuk mencapai nilai CBR lebih dari 35 % dengan menggunakan sirtu, maka nilai indeks plastisitas perlu diturunkan dibawah 15%.

**Tabel 2.**  
**HASIL PENGUJIAN KEKUATAN AGREGAT UNTUK VARIASI PROSENTASE AGREGAT PECAH**

Uraian	Prosen Pecah	PI	MDD	W opt	CBR	Mr pada Teg.Bulk		
						50 kPa	150 kPa	250 kPa
	(%)	(%)	(t/m3)	(%)	(%)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
LPA Gradasi Ideal	0	6	2,046	7,55	76,0	94	129	149
		10	2,011	7,69	62,5	36	91	141
		15	1,993	7,79	48,5	60	100	128
	50	6	2,061	7,41	86,5	89	147	186
		10	2,020	7,56	67,0	78	127	159
		15	2,001	7,75	61,0	77	121	148
	100	6	2,104	7,36	99,5	123	168	194
		10	2,042	7,54	84,0	73	138	186
		15	2,002	7,72	68,0	95	135	159

Untuk LPA nilai CBR minimum 80 % dapat dipenuhi pada prosentase bidang pecah minimum 20 %, asalkan nilai indeks plastisitasnya kurang dari 6 %. Seperti halnya LPB batasan prosentase bidang pecah tersebut perlu dinaikkan, karena pada pengujian tersebut dipakai gradasi untuk LPA BM 1995 pada posisi ideal.

Dari pengujian dengan sumber material yang lain terlihat bahwa prosentase bidang pecah minimum 50 % pada batas atas dan batas bawah gradasi menghasilkan nilai CBR 75,5 % (PI = 10,8 %) dan 84 % (PI=3 %) yang berarti prosentase pecah 50 % masih memenuhi persyaratan untuk mencapai nilai CBR minimum 80 %, asalkan digunakan gradasi yang relatif menerus. Sebagai pembandingan, TRL-1993 RN-31 mensyaratkan prosen pecah minimum 40 % untuk mencapai CBR minimum 80 %, sedangkan AASHTO-1990 mensyaratkan prosen pecah 50 % – 75 %, tanpa menyebut batasan CBR yang ingin dicapai.

#### 3.4. Usulan Mengenai Nilai Indeks Plastisitas

Indeks plastisitas bersama-sama dengan sifat-sifat fisik agregat lainnya mempengaruhi kekuatan campuran agregat tersebut. Semakin tinggi indeks plastisitas maka semakin menurun pula kekuatan agregat tersebut. Pengaruh indeks plastisitas tersebut akan semakin nyata pada tegangan yang besar, seperti diperlihatkan dalam Tabel 2. Dalam Tabel tersebut terlihat pada tegangan bulk rendah (50 kPa), kekuatan agregat (modulus resilien) tidak memperlihatkan perbedaan nilai yang jelas (beberapa contoh uji memperlihatkan nilai yang terbalik). Sedangkan pada tegangan bulk tinggi (250 kPa) makin besar nilai indeks plastisitas agregat, makin kecil nilai modulus resilien.

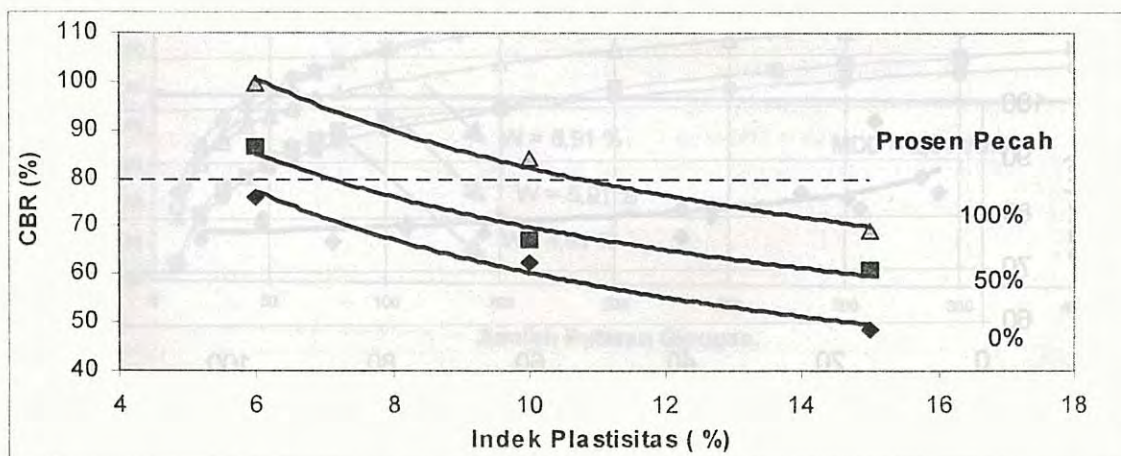
Akan tetapi batasan untuk nilai modulus resilien yang diijinkan masih perlu dikaji lebih lanjut, sehingga dalam pembahasan ini batasan yang dipakai hanya mengacu kepada batasan nilai CBR.

Pada persyaratan Spesifikasi untuk LPA dan LPB kekuatan bahan dinyatakan dalam CBR dan masing-masing dibatasi minimum 80 % dan 35 %. Untuk mencapai batas tersebut nilai indeks plastisitas yang diusulkan adalah sebagai berikut.

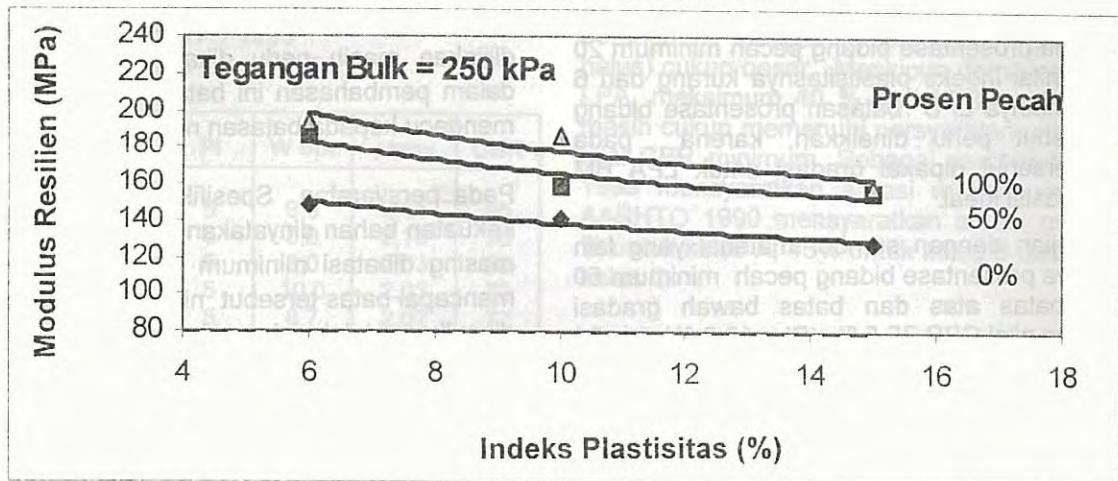
**LPB**, dari Gambar 2. untuk nilai indeks plastisitas 12 % diperoleh nilai CBR 58 % dan dari hasil penelitian sebelumnya (CBR bervariasi 20 % untuk variasi gradasi LPB) (Penelitian 1995/1996) maka diusulkan bahwa nilai indeks plastisitas maksimum untuk mencapai CBR minimum 35 % adalah 12 % untuk material sirtu. Sebagai pembandingan, TRL-1993 RN-31 membatasi nilai indeks plastisitas maksimum 12 % untuk mencapai CBR minimum 35 %.

**LPA**, dari gambar 3. nilai CBR 80 % diperoleh pada nilai indeks plastisitas 7 % untuk agregat dengan prosen pecah 50 %. Akan tetapi seperti dibahas sebelumnya, contoh uji tersebut menggunakan gradasi ideal LPA BM 1995. Dari hasil penelitian 1995/1996 diperoleh variasi nilai CBR pada antara 75 % – 88 % untuk variasi gradasi A AASHTO-1990 ( gradasi LPA BM 1995 berada didalamnya). Berdasarkan data tersebut, maka dapat diusulkan nilai maksimum untuk indeks plastisitas LPA adalah 6 %. Sebagai pembandingan ASTM-1993, AASHTO-1990 dan RN-31 mencantumkan batasan maksimum nilai indeks plastisitas 6 % untuk lapis pondasi atas.

Gambar 2.  
HUBUNGAN NILAI INDEKS PLASTISITAS  
DENGAN NILAI CBR DENGAN VARIASI PROSEN PECAH



Gambar 3  
HUBUNGAN NILAI INDEKS PLASTISITAS DENGAN NILAI  $M_r$   
DENGAN VARIASI PROSEN PECAH



### 3.5. Usulan Mengenai Batasan Prosentase Agregat Halus

Pengaruh dari prosentase agregat halus pada kekuatan campuran agregat telah banyak diketahui. Pada umumnya makin banyak agregat halus maka kekuatan campuran agregat tersebut makin kecil. Batasan batasan dalam Spesifikasi, antara lain :

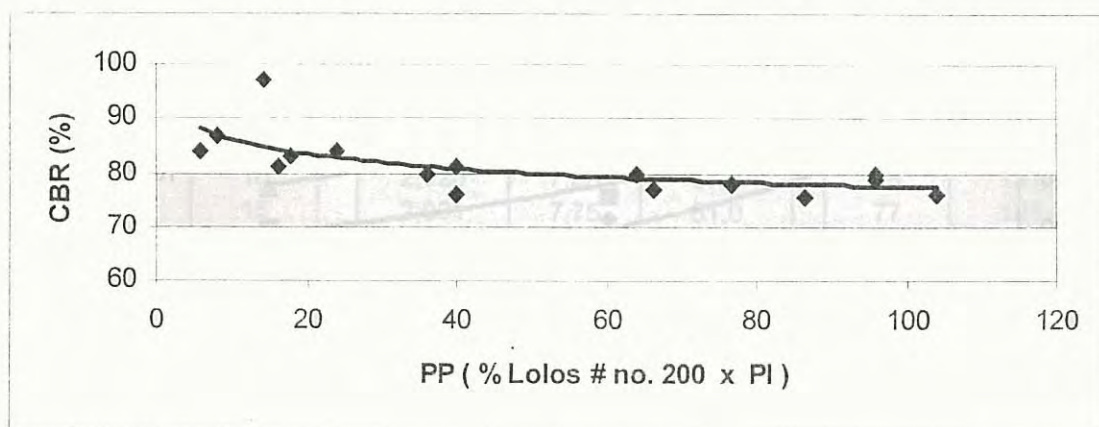
AASHTO-1990 : mensyaratkan untuk LPA, ratio antara prosentase lolos saringan No. 200 dan prosentase lolos saringan No. 40 tidak boleh lebih dari 2/3 (67 %).

TRL-1993, RN-31 : memunculkan istilah PP, dimana PP merupakan perkalian antara prosentase lolos saringan No. 200 dengan nilai indeks plastisitas, dan nilai PP ini dibatasi maksimum 60. Ini berarti jika nilai indeks plastisitas 6 % maka prosentase lolos saringan No. 200 maksimum 10 %.

Bina Marga - 1995 : membatasi nilai PP tersebut maksimum 25, dan membatasi prosentase hasil bagi prosentase bahan lolos saringan No. 200 dengan lolos saringan No. 40 antara 32 % - 65 %.

Untuk melihat pengaruh agregat halus tersebut dibuat variasi contoh uji dari tiga lokasi kuari, yaitu Bogor, Subang dan Sumedang. Hasilnya ditampilkan dalam Gambar 4 dan 5. Gambar 4 memperlihatkan pengaruh PP ( Plasticity Product) terhadap kekuatan agregat (CBR). Pengaruh dari indeks plastisitas dipengaruhi oleh besarnya prosentase agregat halus, hal tersebut juga dikemukakan oleh Nataatmadja, 1992. Untuk material yang sama, nilai indeks plastisitas secara jelas menunjukkan peningkatan, seiring dengan meningkatnya prosentase agregat halus. Dari gambar terlihat bahwa hubungan yang ada banyak dipengaruhi oleh menerusnya tidaknya gradasi yang dipilih. Secara umum nilai PP diatas 0 dan di bawah 30 akan memberikan nilai CBR yang melebihi 80 %. Hasil ini hampir sesuai dengan persyaratan Bina Marga 1995, yang membatasi nilai maksimum PP adalah 25. Berdasarkan hasil tersebut diusulkan batasan nilai PP adalah 25.

Gambar 4.  
HUBUNGAN CBR DENGAN NILAI PP (Plasticity Product)

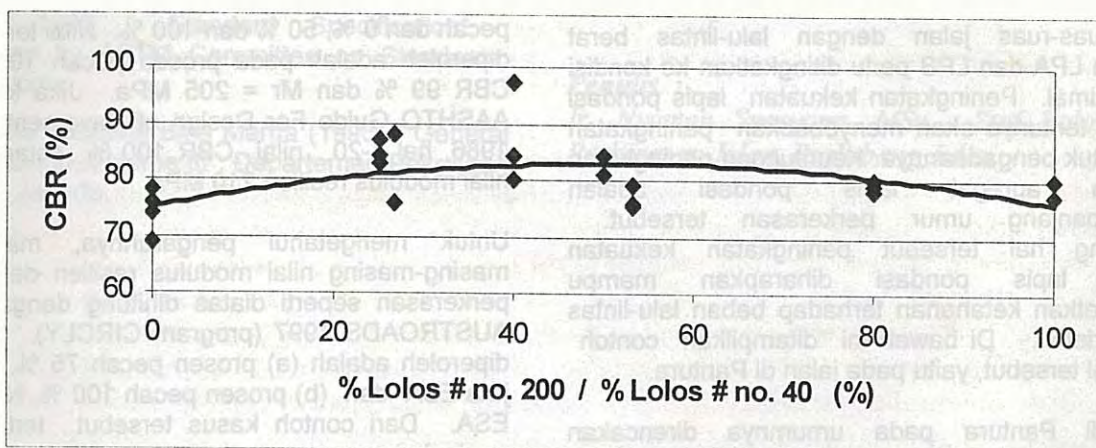


Untuk menjaga agar lapis pondasi agregat memenuhi nilai minimum CBR 80 %, dibuat batasan ratio prosentase bahan lolos saringan No. 200 dan saringan No. 40. Hasilnya seperti Gambar 5. Dari gambar tersebut terlihat bahwa nilai yang memenuhi persyaratan adalah nilai 30 % – 75 %. Hasil ini dapat dibandingkan dengan persyaratan pada AASHTO (1990), yang membatasi nilai tersebut maksimum 2/3 atau 67 %. Meskipun demikian hasil yang diperoleh tidak begitu jelas dan pengaruh ini dapat diwakili dengan memberikan batasan nilai PP seperti dibahas sebelumnya.

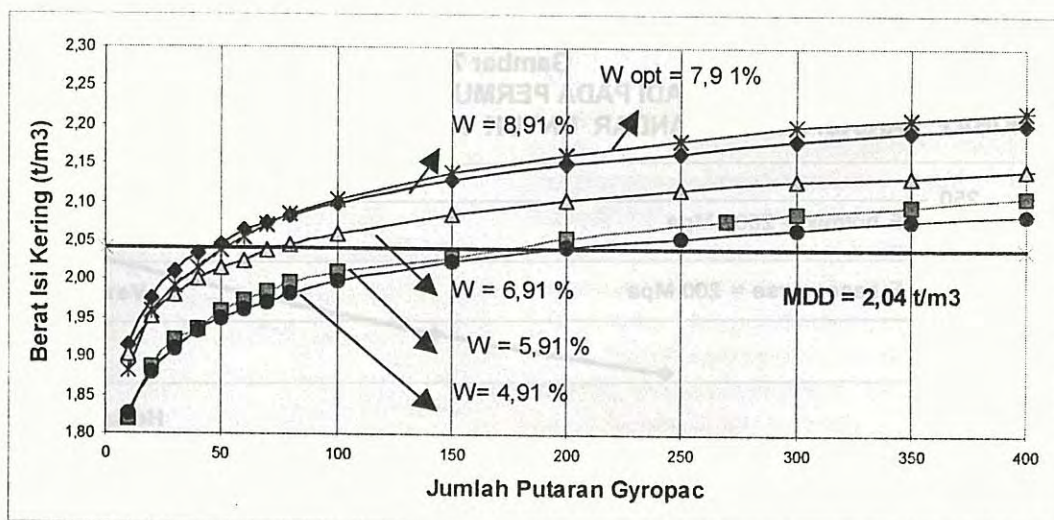
### 3.6. Usulan Mengenai Kadar Pemadatan Lapangan

Dalam penelitian 1996/1997, telah diteliti pengaruh kadar air pada proses pemadatan. Penelitian dilakukan pada beberapa contoh uji dengan kadar air yang bervariasi, dan diperoleh hasil bahwa jika kadar air 3 % di bawah kadar air optimum akan mengakibatkan kepadatan rencana tidak tercapai. Sehingga muncul saran agar persyaratan dalam Spesifikasi untuk toleransi kadar air pada waktu pemadatan diubah menjadi  $\pm 1,5$  % dari kadar air optimum. Pada penelitian ini diamati usaha pemadatan yang harus dilakukan untuk mencapai kepadatan rencana pada kandungan kadar air yang bervariasi.

Gambar 5  
HUBUNGAN CBR DENGAN PROSENTASE (lolos no. 200 / lolos no. 40)



Gambar 6.  
HUBUNGAN USAHA PEMADATAN ( PUTARAN GYROPAC) DENGAN KADAR AIR



Dari Gambar tersebut terlihat bahwa usaha pemadatan yang harus dilakukan untuk mencapai kepadatan rencana dipengaruhi oleh kadar air dari campuran agregat tersebut. Pada kadar air  $\pm 1\%$  dari kadar air optimum, maka usaha pemadatan yang dilakukan untuk mencapai kepadatan maksimum kurang lebih sama dengan pada kondisi kadar air optimum. Sedangkan pada kadar air  $-2\%$  dan  $-3\%$  dari kadar air optimum, usaha pemadatan yang harus dilakukan untuk mencapai kepadatan maksimum hampir 4 kali dari usaha pemadatan pada kadar air optimum. Dari hal tersebut maka untuk efisiensi pelaksanaan lapangan maka toleransi kadar air untuk pemadatan disarankan  $\pm 1\%$  dari kadar air optimum.

### 3.7. Persyaratan Lapis Pondasi untuk Lalu-Lintas Berat

Pada ruas-ruas jalan dengan lalu-lintas berat kekuatan LPA dan LPB perlu ditingkatkan ke kondisi yang optimal. Peningkatan kekuatan lapis pondasi agregat tentunya akan menyebabkan peningkatan biaya untuk pengadaannya. Keuntungan peningkatan kekuatan agregat lapis pondasi adalah memperpanjang umur perkerasan tersebut. Disamping hal tersebut peningkatan kekuatan agregat lapis pondasi diharapkan mampu meningkatkan ketahanan terhadap beban lalu-lintas yang berlebih. Di bawah ini ditampilkan contoh kasus hal tersebut, yaitu pada jalan di Pantura.

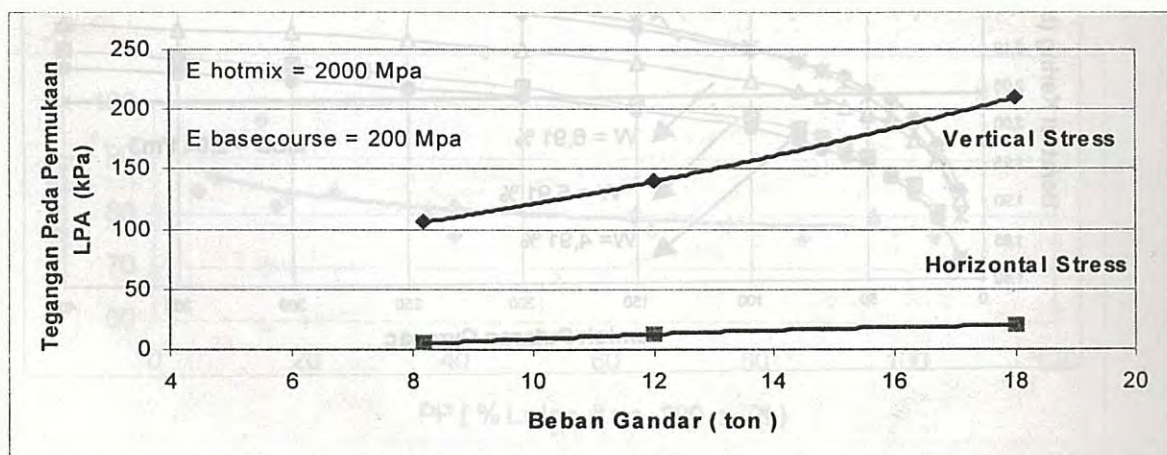
Jalan di Pantura pada umumnya direncanakan mempunyai ketebalan lapis beraspal rata-rata 20 cm, LPA 19 cm, LPB 40 cm dan tanah dasar dengan CBR 5%. Dengan rencana tersebut dilakukan evaluasi dengan program ELSYM-5 untuk mengetahui tegangan yang mungkin terjadi pada agregat lapis pondasi pada akhir konstruksi. Mengingat jalan Pantura akan dilewati oleh kendaraan berat yang melebihi kapasitas (overload)

maka evaluasi tersebut dicoba pada kondisi beban gandar dari 8,2 ton sampai 18 ton. Dari gambar terlihat bahwa makin tinggi beban gandar yang melewati perkerasan tersebut maka makin tinggi pula tegangan yang terjadi pada permukaan agregat lapis pondasi. Secara umum tegangan yang terjadi relatif tidak terlalu besar karena sebagian besar beban telah ditahan oleh lapis beraspal di atasnya yang mempunyai tebal 20 cm dan modulus resilien 2000 MPa.

Dari hasil simulasi tersebut, dilakukan percobaan laboratorium dengan tegangan vertikal 200 kPa dan tegangan keliling 25 kPa (tegangan bulk 250 kPa), hasilnya seperti ditunjukkan dalam Gambar 4. Dari Gambar tersebut dapat dilihat bahwa perubahan prosentase pecah pada nilai indeks plastisitas 6% dan gradasi ideal menyebabkan peningkatan  $M_r$  rata-rata 30 MPa untuk setiap perubahan prosentase pecah dari 0%, 50% dan 100%. Nilai tertinggi yang diperoleh adalah pada prosen pecah 100%, yaitu CBR 99% dan  $M_r = 205$  MPa. Jika kita melihat AASHTO Guide For Design of Pavement Structure, 1986, hal II-20, nilai CBR 100% setara dengan nilai modulus resilien 210 MPa.

Untuk mengetahui pengaruhnya, maka untuk masing-masing nilai modulus resilien dengan tebal perkerasan seperti di atas dihitung dengan metoda AUSTRROADS 1997 (program CIRCLY). Hasil yang diperoleh adalah (a) prosen pecah 75%,  $N = 27,5$  juta ESA dan (b) prosen pecah 100%,  $N = 30,8$  juta ESA. Dari contoh kasus tersebut terlihat terjadi peningkatan umur pelayanan akibat peningkatan kekuatan lapis pondasi dengan menambah prosen pecah. Tentunya keuntungan tersebut harus dikaji secara ekonomis. Meskipun demikian diusulkan untuk lalu-lintas berat, nilai CBR LPA minimum 90%, dengan prosen pecah 100%. Sedangkan untuk LPB CBR minimum 60%, dengan prosen pecah minimum 50%.

**Gambar 7**  
**TEGANGAN YANG TERJADI PADA PERMUKAAN AGREGAT LAPIS PONDASI**  
**AKIBAT VARIASI BEBAN GANDAR UNTUK KETEBALAN LAPIS BERASPAL 20 CM.**



#### IV. KESIMPULAN

Toleransi kadar air agregat lapis pondasi pada waktu pemadatan di lapangan diusulkan  $\pm 1$  % dari kadar air optimum.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. AASHTO, 1986 " Design of Pavement Structures ", Published by The American Association of State Highway and Transportation Official, Washington DC.
2. AASHTO, 1990 " Materials Part I Specification", Published by The American Association of State Highway and Transportation Official, Washington DC.
3. ASTM, 1993 " Standard Specification", Published by ASTM Committee on Standards, Philadelphia
4. Direktorat Jenderal Bina Marga (1995) " General Specification, Volume III", Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
5. Djoko Widayat, 1996 " Penelitian Agregat Kasar Untuk Lapis Pondasi Bawah, Lapis Pondasi Atas dan Bahu Jalan", Puslitbang Jalan, Bandung
6. Djoko Widayat, 1997 " Penelitian Agregat Kasar Untuk Lapis Pondasi Bawah, Lapis Pondasi Atas dan Bahu Jalan", Puslitbang Jalan, Bandung
7. Djoko Widayat, 1998 " Penelitian Agregat Kasar Untuk Lapis Pondasi Bawah, Lapis Pondasi Atas dan Bahu Jalan", Puslitbang Jalan, Bandung
8. Nataatmadja, A, 1994 " On The Response Of Granular Unbound Pavement Materials Under Repeated Loading", Proceeding 17 th ARRB Conference,
9. Nyoman Suaryana, 1999 " Penelitian Agregat Kasar Untuk Lapis Pondasi Bawah, Lapis Pondasi Atas dan Bahu Jalan", Puslitbang Jalan, Bandung.

#### *Penulis :*

*Ir. Nyoman Suaryana, MSc, Staf Balai Bahan Perkerasan Jalan, Puslitbang Jalan.*



**2) Km. 45+000 s/d 46+000 Smd.**

Longsor jalan pada km. 45+000 s/d 46+000 Smd. atau km. 69+000 s/d 70+000 dari Balikpapan atau sebelah kiri arah Samarinda-Balikpapan telah merusak sebagian badan jalan yang beraspal. Retakan akibat longsor yang terjadi sepanjang lebih kurang satu kilometer ini tidak saling berhubungan, tetapi pola retakannya hampir sama. Bahu dan badan jalan rata-rata mengalami penurunan sebesar  $\pm 5$  cm dengan lebar retakan  $\pm 3$  cm (lihat Foto 2).

**3) Km. 47+400 Smd.**

Longsor jalan pada km. 47+400 Smd. atau km. 67+600 dari Balikpapan atau sebelah kanan arah Balikpapan-Samarinda berupa retakan berbentuk setengah lingkaran dan memotong lebih dari setengah badan jalan dengan lebar retakan  $\pm 7$  cm. dengan panjang  $\pm 50$  meter. Badan jalan telah bergerak ke arah lereng di bawah jalan serta mengalami penurunan sebesar  $\pm 13$ cm. (lihat Foto 3).

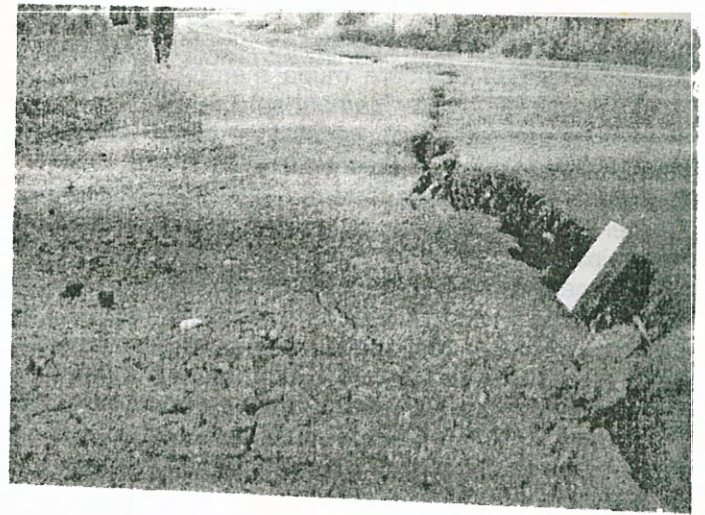


Foto 3. Badan jalan yang longsor pada km. 47+400 Smd. dengan pola retakan berbentuk setengah lingkaran



Foto 1. Bahu jalan yang longsor, akibat kebakaran batubara pada km. 33+400 Smd.



Foto 2. Bahu dan badan jalan yang retak, akibat longsor an lereng di bawah jalan pada km. 45+250 Smd.

**4) Km. 47+975 Smd.**

Longsor jalan pada km. 47+975 Smd. atau km. 67+025 dari Balikpapan atau sebelah kanan arah Balikpapan-Samarinda berupa retakan memanjang bahu dan sebagian badan jalan. Penyebaran retakannya tidak merata, tetapi pola retakannya hampir sama dengan longsor yang terjadi pada km 45+250. Bahu jalan pada lokasi ini telah mengalami penurunan sebesar  $\pm 6$  cm. dengan panjang retakan  $\pm 30$  meter serta lebar retakan  $\pm 3$  cm.

**e) Km. 48+950 Smd.**

Longsor jalan pada km. 48+950 Smd. atau km. 66+050 dari Balikpapan atau sebelah kanan arah Balikpapan-Samarinda berupa retakan yang memotong setengah badan jalan dengan lebar retakan  $\pm 5$  cm. dan panjang  $\pm 40$  meter. Pada lokasi ini telah dibangun dinding penahan tanah dengan  $\pm 30$  meter. Dinding penahan tanah ini tampak retak serta telah bergerak dari posisinya semula. Hal ini menunjukkan bahwa longsor pada lokasi ini masih berlangsung, dimana badan jalan telah mengalami penurunan sebesar  $\pm 15$  cm. (lihat Foto 4).

**5) Km. 50+000 s/d 54+000 Smd.**

Kerusakan jalan yang terjadi pada km. 50+000 s/d 54+000 Smd. atau km. 61+000 s/d 65+000 dari Balikpapan atau sebelah kanan arah Balikpapan-Samarinda, tepatnya terletak pada :

- a) Km. 50+800 Smd.
- b) Km. 51+900 Smd.
- c) Km. 52+800 Smd.
- d) Km. 53+500 Smd.

Indikasi adanya gerakan tanah atau longsor pada lokasi tersebut di atas umumnya berupa retakan-retakan yang memanjang bahu dan sebagian badan jalan. Penyebaran retakan tersebut tidak merata, tetapi pola retakannya hampir sama dengan longsor yang terjadi pada km. 45+000 s/d 46+000 Smd. (lihat Foto 2). Bahu jalan pada keempat lokasi tersebut di atas umumnya telah mengalami penurunan sebesar 3-5 cm. dengan panjang retakan 15-25 meter serta lebar retakan rata-rata 2-3 cm.