

# JURNAL LITBANG JALAN

VOLUME 21 No. 1

ISSN : 0216 – 4124

MARET 2004

## DAFTAR ISI

PENGANTAR REDAKSI .....	i
PENGARUH PENYIMPANGAN KETEBALAN DAN MUTU PELAT BETON PADA PERKERASAN BETON SEMEN (PERKERASAN KAKU) .....	1
<i>Oleh : Furqon Affandi</i>	
MANFAAT PURING ( <i>Codiaeum variegatum</i> ) SEBAGAI TANAMAN PEREDUKSI POLUSI UDARA DI DAERAH PERMUKIMAN.....	10
<i>Oleh : Nanny Kusminingrum</i>	
PENGAJIAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN JALAN DI KAWASAN HUTAN LINDUNG (TAMAN RAYA IR. H. DJUANDA) .....	18
<i>Oleh : Lanalyawati</i>	
MENGURANGI FAKTOR HAMBATAN SAMPING JALAN.....	28
<i>Oleh : Erwin Kusnandar</i>	
PENGUJIAN WARNA CAT TERMOPLASTIK UNTUK MARKA JALAN .....	36
<i>Oleh : Leksmorningsih</i>	
MODIFIKASI POLIMER DENGAN CARA DEGRADASI OKSIDASI TERMAL .....	44
<i>Oleh : Tjitjik Wasiah Suroso</i>	
PERKUATAN STRUKTUR KOLOM BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN LAPISAN FIBER .....	51
<i>Oleh : N. Retno Setiati, Iswandi Imran</i>	
KAJIAN KEBIJAKAN DALAM PENGELOLAAN LINGKUNGAN JALAN DI KAWASAN SENSITIF .....	59
<i>Oleh : Sri Yeni Mulyani R, Lanalyawati</i>	
PENGARUH GEOMEMBRAN TERHADAP PERILAKU KADAR AIR TANAH .....	64
<i>Oleh : M. Suherman</i>	



**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PRASARANA TRANSPORTASI**  
 BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH  
 DEPARTEMEN PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH  
 Jl. Raya Timur No. 264 Kotak Pos 2 Ujungberung - Bandung 40294, Telp. (022) 7802251 Fax. 7802726 e-mail:pusjal@melsa.net.id



PERPUSTAKAAN  
 LITBANG PRAS TRANSPORTASI

# **JURNAL LITBANG JALAN**

**Volume 21 Nomor 1 Maret 2004**

## **PELINDUNG**

Kepala Pusat Litbang Prasarana Transportasi

## **PEMIMPIN UMUM / PEMIMPIN REDAKSI**

Kepala Bidang Pelayanan IPTEK

## **DEWAN REDAKSI / DEWAN PENILAI**

Furqon Affandi, M. Sjahdanulirwan, Salim Mahmud, Heddy Rahadian,  
Saroso BS, GJW. Fernandez, Agus Bari Sailendra, Hikmat Iskandar,  
Nani Kusminingrum, Lanny Hidayat, Lanneke Tristanto, Nandang Samsudin

## **REDAKSI PELAKSANA**

Nyoman Suaryana, Tonny Hedytono, Ipah Saripah,  
Yeyeh Kursiyah, Ade Romli

## **Diterbitkan Oleh :**

**PUSAT LITBANG PRASARANA TRANSPORTASI  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KIMPRASWIL  
DEPARTEMEN PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH**

Jalan Raya Timur No. 264, Kotak Pos 2 Ujungberung

Telepon : (022) 7802251-7802252-7802253

e-mail : pusjal@melsa.net.id

Facsimile : (022) 7802726

**BANDUNG 40294**



## PENGANTAR REDAKSI

Prasarana transportasi merupakan faktor utama yang memperlancar kegiatan ekonomi guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Untuk mencapai hal tersebut telah banyak dibangun sarana jalan di berbagai daerah, dimana salah satu jenis perkerasan jalan tersebut ialah perkerasan beton semen atau yang dikenal juga dengan sebutan perkerasan kaku. Pada saat pembangunan jalan seringkali dijumpai persyaratan teknis konstruksi perkerasan jalan yang tidak bisa dipenuhi, baik mengenai mutu ataupun ketentuan ukurannya. Hal ini tentunya akan mempengaruhi kinerja perkerasan tersebut.

Jurnal Litbang Jalan terbitan kali ini mengetengahkan tulisan mengenai hal di atas, selain tulisan mengenai masalah lingkungan serta tulisan tulisan lainnya yang tidak kalah pentingnya. Tulisan-tulisan hasil penelitian yang menarik untuk dijadikan bahan referensi bagi para engineer di lapangan, peneliti, pengajar dan mungkin bagi para pengambil kebijakan di bidang prasarana transportasi adalah :

- Pengaruh Penyimpangan Ketebalan dan Mutu Pelat Beton Pada Perkerasan Beton Semen (Perkerasan Kaku)
- Manfaat Puring ( *Codiaeum Variegatum* ) Sebagai Tanaman Pereduksi Polusi Udara di Daerah Permukiman
- Pengkajian Pengelolaan Lingkungan Jalan di Kawasan Hutan Lindung (Taman Raya Ir. H. Djuanda)
- Mengurangi Faktor Hambatan Samping Jalan
- Pengujian Warna Cat Termoplastik Untuk Marka Jalan
- Modifikasi Polimer Dengan Cara Degradasi Oksidasi Termal
- Perkuatan Struktur Kolom Beton Bertulang Dengan Menggunakan Lapisan Fiber
- Kajian Kebijakan Dalam Pengelolaan Lingkungan Jalan di Kawasan Sensitif
- Pengaruh Geomembran Terhadap Perilaku Kadar Air Tanah

Semoga bermanfaat dan terima kasih.

*Pemimpin Redaksi*





# PENGARUH PENYIMPANGAN KETEBALAN DAN MUTU PELAT BETON PADA PERKERASAN BETON SEMEN (PERKERASAN KAKU)

*Furqon Affandi*

## RINGKASAN

Penggunaan perkerasan beton semen ( perkerasan kaku ) di Indonesia baru dimulai sekitar tahun 1985, dan perkembangannya tidak begitu tinggi walaupun adanya peningkatan. Di Indonesia jenis perkerasan kaku yang banyak dipergunakan ialah perkerasan bersambung tanpa tulangan, dikarenakan sederhana dalam pelaksanaan serta murah, dengan ketebalan pelat sekitar 25 cm. Pengaruh dari perubahan modulus reaksi komposit antara tanah dasar dan fundasi tidak banyak berpengaruh terhadap masa pelayanan, perubahan pada modulus reaksi komposit sebesar sekitar  $\pm 25\%$  hanya akan merubah masa pelayanan sekitar  $\pm 6\%$ . Dari analisa yang dilakukan terhadap penyimpangan ketebalan pelat maupun penurunan mutu beton, akan memberikan pengaruh yang besar terhadap masa pelayanan dari perkerasan tersebut. Pengurangan ketebalan pelat sebesar 25 mm dari tebal rencana atau penurunan mutu beton sebesar 20% dari mutu rencana akan menurunkan masa pelayanan perkerasan sampai setengahnya. Besar pengurangan tadi, walaupun diberi kompensasi dengan pengurangan pembayaran terhadap harga satuan kontrak, namun perlu analisa ekonomi terhadap kerugian yang ditimbulkan dari pengurangan tadiya.

## SUMMARY

The application of concrete pavement in Indonesia started 1995, there was increase in its development but no significant. Rigid pavement type with commonly use in Indonesia is plain concrete pavement due to the simplicity in application and cheap, with typical slab thickness of 25 cm. The influence of the change composite reaction modulus between subgrade and foundation do not influence much of service life, the change of composite modulus reaction by approximately  $\pm 25\%$  will change the service life by  $\pm 6\%$ . From the analysis of slab thickness and concrete quality deficiencies, gave significant influence on pavement service life. The decrease of slab thickness by 25 mm of design thickness or the decrease of concrete quality by 20% of design quality will decrease half of pavement service life. Even though there is compensation by decreasing the payment on the contract unit price but economic analysis on disadvantages is required.

## I. PENDAHULUAN

Penggunaan perkerasan beton semen atau perkerasan kaku di Indonesai mulai diperkenalkan sejak tahun 1985 an, dan sampai saat ini perkembangannya belum begitu banyak, namun menunjukkan adanya penggunaan yang meningkat terutama di jalan jalan tol dan jalan jalan utama di kota kota besar.

Di Indonesia jenis perkerasan kaku yang digunakan ialah perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, walaupun ada tiga jenis perkerasan kaku lainnya seperti :

- Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan
- Perkerasan kaku menerus dengan tulangan
- Perkerasan kaku pratekan

Hal ini didasarkan atas pertimbangan harga yang lebih ekonomis serta kemudahan dalam pelaksanaan.

Perkerasan kaku ini mempunyai sifat yang berbeda dengan perkerasan lentur pada umumnya, dimana perbedaan yang paling nyata ialah pada pendistribusian beban lalu lintas ke lapisan dibawahnya. Pendistribusian beban lalu lintas pada perkerasan kaku ke lapisan tanah dasar relatif kecil, dikarenakan pelat betonya sendiri mempunyai kekakuan yang cukup tinggi dibandingkan dengan kekakuan pada perkerasan lentur. Hal ini antara lain disebabkan oleh sifat modulus elastisitas beton yang 10 kali lebih besar dari modulus campuran beraspal, sehingga perkerasan beton semen ini disebut pula sebagai perkerasan kaku. Dengan sifat yang demikian,



fungsi pelat beton pada perkerasan kaku ini lebih dominan dibandingkan dengan lapisan pondasi maupun tanah dasar dari perkerasan tersebut.

Perkerasan kaku terdiri dari dua lapis, yaitu lapisan pondasi dan pelat betonnya sendiri, yang langsung diletakkan diatas tanah dasar yang telah disiapkan sebelumnya. Daya dukung lapisan tanah dasar biasanya dinyatakan dengan *modulus of subgrade reaction* atau CBR tidak perlu tinggi sebagaimana yang diperlukan pada perkerasan lentur, yang lebih penting adanya keseragaman daya dukung tersebut. Kekuatan lapis pondasi pada perkerasan kaku ini bukan ditujukan untuk menaikkan kekuatan tanah dasar tersebut, tetapi lebih ditujukan untuk hal hal seperti memberikan daya dukung yang lebih merata, sebagai lapisan yang mereduksi muai susut pada tanah ekspansif, untuk mencegah *pumping* serta sebagai lantai kerja.

Ketebalan pelat yang dituangkan dalam gambar rencana guna melayani beban lalu lintas tertentu, selain tergantung pada besar beban lalu lintas yang harus dilayaninya juga tergantung pada mutu betonnya sendiri, yang dinyatakan oleh kuat tarik lenturnya. Hasil perhitungan tebal pelat yang diperlukan untuk melayani beban lalu lintas tersebut, dalam perhitungan akhirnya dibulatkan ke angka kelipatan  $\frac{1}{2}$  " atau 1 cm terdekat di atasnya.

Dalam pelaksanaannya, ketebalan rencana serta kualitas beton yang terpasang ada kemungkinan lebih rendah dari ketentuan yang disyaratkan. Hal hal ini biasanya diakomodir dengan adanya toleransi baik pada ketebalan maupun pada kualitas beton sampai tingkat tertentu. Toleransi ini harus disadari akan memberikan risiko yang akan menurunkan pelayanan perkerasan kaku tersebut, sehingga penurunan tersebut perlu mendapat perhatian yang cukup mendalam.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dipergunakan disini, didasarkan atas:

### 1. Metoda Analisis

Analisis dilakukan dengan mempelajari parameter parameter dari metoda perencanaan tebal perkerasan kaku untuk satu jenis perkerasan kaku. Parameter parameter ini, selanjutnya dipisahkan menjadi dua bagian utama, yaitu yang dianggap tetap selama analisa ini dan ada yang di ubah ubah guna melihat pengaruhnya terhadap kinerja perkerasan tersebut.

Pemilihan parameter yang tetap dan ber ubah ubah, didasarkan atas lokasi dan kondisi dimana perkerasan itu akan dilaksanakan serta atas hal hal pelaksanaan yang akan mempengaruhi persyaratan konstruksi yang mungkin tidak bisa dipenuhi sepenuhnya.

Analisis ini dibagi menjadi :

- a. Analisa perkerasan kaku dengan besaran parameter parameter yang telah ditetapkan
- b. Analisa perkerasan kaku dengan merubah satu per satu besaran parameter tersebut, seperti :
  - tebal pelat beton
  - mutu beton dan
  - modulus reaksi komposit (  $k$  ) antara tanah dasar dan lapis pondasi
2. Pengumpulan data besaran toleransi pada pelaksanaan perkerasan kaku dan sanksinya
3. Perhitungan antara besaran toleransi yang dipergunakan dan kerugian yang akan diakibatkannya

## III. PERENCANAAN PERKERASAN KAKU DAN PARAMETERNYA

### 3.1 Perencanaan perkerasan kaku

Perencanaan perkerasan kaku secara umum meliputi antara lain :

- a. Penentuan tebal lapisan pondasi
- b. Penentuan panjang slab antar sambungan melintang
- c. Penentuan tebal pelat beton
- d. Penentuan besar dan jumlah ruji ( *dowel* ) dan batang pengikat ( *tie bars* )
- e. Penentuan besar dan jarak tulangan memanjang serta melintang (bila menggunakan tulangan )

Pada perencanaan tersebut diperlukan data daya dukung tanah dasar yang dinyatakan dengan modulus reaksi tanah dasar ( $M_R$ ), modulus reaksi komposit (  $k$  ), mutu beton yang dinyatakan oleh kuat tarik lentur, mutu baja dan kualitasnya, besar dan tipe beban lalu lintas yang harus dipikul serta kondisi lingkungan dimana jalan tersebut akan dibangun. Ada beberapa metoda perhitungan dalam penentuan tebal pelat tersebut diantaranya cara NAASRA, AASHTO.

Pada bahasan ini, tinjauan efektifitas perkerasan beton akibat penyimpangan tebal serta mutunya didasarkan atas perhitungan tebal pelat berdasarkan metoda AASHTO, dimana perhitungan dengan cara AASHTO ini bisa dilakukan dengan menggunakan nomogram atau rumus yang telah disediakan, sehingga perubahan besaran parameter yang diinginkan akan memudahkan perhitungan. Untuk keperluan ini dipergunakan rumus yang telah tersedia, sehingga ketelitiannya bisa lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan nomogram.



Rumus dasar dari penentuan tebal perkerasan tersebut adalah sebagai berikut :

$$\log_{10} W_{18} = z_R \cdot S_o + 7,35 \cdot \log_{10} (D+1) - 0,06 + (\log_{10} (\Delta \text{PSI} / 4,5 - 1,5) / (1+1,624 \cdot 10^7 / (D+1)^{8,46}) + (4,22 - 0,32 \text{ pt}) \cdot \log_{10} \{S'c + C_d (D^{0,75} - 1,132) / 215,63 \cdot J (D^{0,75} - 18,42 (E_c/k)^{0,25})\} \dots (1)$$

Dimana :

- $Z_R$ ; Standar normal deviasi
- R; Reliability
- $S_o$ ; Standar deviasi,
- $\Delta \text{PSI} = p_t - p_o$ ; Kehilangan tingkat pelayanan,
- $E_c$ ; Modulus Elastisitas beton,
- $S'c$ ; Modulus of rupture,
- J; Koefisien penyaluran beban,
- $C_d$ ; Koefisien drainase,
- k; Modulus reaksi komposit.
- D; Tebal pelat beton
- $W_{18}$ ; Jumlah komulatif beban lalu lintas dalam 18 kip SAL

Jumlah komulatif beban lalu lintas dalam 18 kip SAL, juga menggambarkan umur pelayanan perkerasan tersebut dalam satuan waktu ( tahun).

### 3.2 Perubahan besaran parameter perencanaan

Dalam penentuan hubungan tebal pelat serta beban lalu lintas yang dapat dipikulnya dalam satuan ESAL, faktor faktor lain seperti modulus reaksi komposit, ketebalan serta jenis lapis pondasi, mutu beton, jenis perkerasan beton semen yang dievaluasi, keadaan lingkungan, yang semuanya diambil sama, sehingga hanya faktor tebal lapisan pelat beton saja yang merupakan besaran yang berubah ubah. Dengan demikian akan didapat hubungan antara tebal pelat beton dan jumlah beban lalu lintas yang dapat dipikul.

Begitu juga dalam menentukan pengaruh mutu beton atau pengaruh modulus reaksi komposit terhadap kemampuan perkerasan, maka semua parameter lainnya dipegang tetap sehingga hanya parameter parameter yang akan dicari pengaruhnya saja yang ber ubah ubah. Dengan demikian akan didapat korelasi antara perubahan tebal pelat terhadap kemampuan daya dukung perkerasan serta korelasi antara modulus reaksi komposit maupun mutu beton terhadap kemampuan atau kinerja perkerasan tersebut.

Jumlah beban kendaraan yang dapat dipikul tersebut diatas, dinyatakan dalam satuan 18 kip ESAL ( 8,16 ton) yang lewat pada lajur rencana, sehingga untuk jalan dengan jumlah lajur pada masing masing arah yang lebih dari satu maka besaran yang didapat tersebut harus dibagi koefisien persen 18 kip ESAL pada lajur rencana, sebagai mana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1.

PROSEN 18 KIP ESAL PADA LAJUR RENCANA

Jumlah lajur pada masing masing arah	Persen 18 kip ESAL pada lajur rencana
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

Parameter parameter lainnya yang termasuk dalam perencanaan perkerasan kaku ini ialah Reliability, dimana besarnya tergantung pada fungsi jalan serta klasifikasi jalanya sendiri, sebagai mana terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2.

BESARAN RELIABILITY YANG DISARANKAN

Fungsi jalan	Faktor Reliability yang disarankan	
	Klasifikasi jalan	
	Urban	Rural
Jalan negara dan jalan bebas hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri utama	80 – 99	80 – 99
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

Hal lain yang perlu dimasukkan dalam analisa ini ialah standar deviasi ( $S_o$ ) yang menggambarkan kondisi lokal dimana jalan akan dibangun. Pada jalan percobaan AASHTO nilai ini ialah 0.25 untuk perkerasan kaku, yang setara dengan penyimpangan atau deviasi lalu lintas sebesar 0,35.

Perkerasan yang dibangun harus dapat melayani lalu lintas selama masa pelayanannya sesuai dengan jumlah beban lalu lintas yang harus dipikulnya. Hal ini dinyatakan dengan nilai serviceability index yang nilainya antara 0 dan 5. Untuk perkerasan jalan kaku serviceability awal  $p_o$  ialah 4,5 dan serviceability pada akhir umur rencananya tergantung pada keadaan akhir yang diinginkan, apakah rehabilitasi, pelapisan ulang atau rekonstruksi. Untuk jalan jalan utama disarankan 2,5 sedang untuk jalan biasa dengan volume lalu lintas yang tidak terlalu tinggi disarankan sebesar 2.

Cara penentuan lain dari serviceability index ( pt) didasarkan atas pendapat masyarakat umum. Di Amerika hubungan antara pendapat umum dan nilai tingkat serviceability adalah sebagai mana diperlihatkan pada Table 3 dibawah ini :

Tabel 3.

PERKIRAAN NILAI TERMINAL SERVICEABILITY; PT

Terminal serviceability; pt	Prosen dari orang yang menyatakan tidak menerima
3,0	12
2,5	55
2	85



Pada perkerasan kaku, sifat sifat yang penting dari material tersebut ialah modulus elastisitas beton serta kuat tarik lentur (Modulus of Rupture) nya. Modulus elastisitas bisa dikorelasikan dari kuat tekan beton dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_c = 57.000 (f'c)^{0.5} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

$E_c$  = modulus elastisitas beton ( psi )

$f'c$  = kuat tekan beton ( psi )

Faktor penting lainnya dalam menjamin kinerja dari perkerasan kaku ialah drainase, dan faktor ini tergantung pada kualitas drainase nya sendiri dan prosentase waktu selama satu tahun dimana konstruksi perkerasan mendekati tingkat kejenuhan. Nilai yang direkomendasikan ini disajikan pada Tabel 4

**Tabel 4.**  
**REKOMENDASI NILAI KOEFISEN DRAINASE CD, PADA PERKERASAN KAKU**

Prosentase waktu dimana konstruksi perkerasan terexposi mendekati keadaan jenuh				
Kualitas drainase	< 1%	1-5 %	5 – 25 %	> 25 %
Sangat baik	1,25 – 1, 20	1,20 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10
Baik	1,20 – 1, 15	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,00
Cukup	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,00 – 0,90	0,90
Jelek	1,10 – 1,00	1,00 – 0,90	0,90 – 0,80	0,80
Sangat Jelek	1,00 – 0,90	0,90 – 0,80	0,80 – 0,70	0,70

### 3.3 Pengaruh perubahan beberapa variable terhadap kinerja perkerasan kaku

Dalam penentuan pengaruh perubahan besaran parameter yang akan diamati, terlebih dahulu ditetapkan satu perencanaan standar yang meliputi besaran dari parameter parameter nya. Perencanaan standar ini dijadikan dasar untuk melihat perubahan yang terjadi jika beberapa parameter tertentu diantaranya mengalami perubahan.

Untuk mengetahui pengaruh pengaruh tersebut lebih jelas, pada tulisan ini diberikan analisa perhitungan perkerasan kaku standar dengan besaran besaran sebagai berikut :

- Reliability,  $R = 95\%$
- Standar deviasi,  $S_o = 0,29$
- Kehilangan tingkat pelayanan,  $\Delta PSI = p_t - p_o ; = 4,2 - 2,5 = 1,7$
- Modulus Elastisitas beton,  $E_c = 5 \times 10^6$  psi
- Modulus of rupture,  $S'c = 650$  psi
- Koefisien penyaluran beban,  $J = 3,2$
- Koefisien drainase,  $C_d = 1,0$
- Modulus reaksi tanah dasar komposit,  $k = 72$  pci

Dengan beban lalu lintas yang harus dipikul selama umur rencananya sebesar  $5,1 \times 10^6$  ESAL, serta menggunakan rumus (1) diatas, maka

didapat tebal pelat yang diperlukan ialah 9,73 inci (24,7 cm).

Hal yang mungkin terjadi ialah bila dalam pelaksanaan terjadi penyimpangan dari apa yang telah ditetapkan, misalnya ketebalan pelat yang kurang dari tebal rencana, atau mutu beton yang lebih rendah dari yang ditetapkan serta kemungkinan tidak tercapainya modulus reaksi komposit lapisan pondasi dan tanah dasar dari perkerasan tersebut.

### 3.3.1 Perubahan besaran ketebalan pelat beton

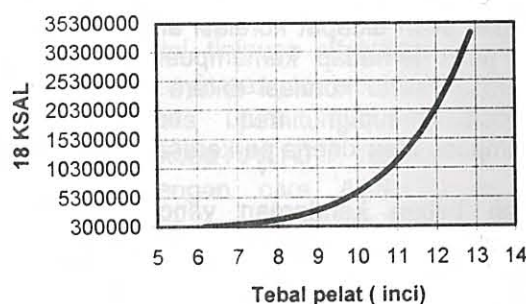
Guna mendapatkan pengaruh perubahan besaran tebal pelat beton terhadap kinerja perkerasan tersebut, dilakukan perhitungan dengan melakukan perubahan ketebalan pelat dari tebal perencanaan standar. Selanjutnya untuk setiap nilai tebal pelat yang baru tersebut dihitung kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas dengan menggunakan rumus dasar seperti yang sajikan pada rumus ( 1 ) didepan.

Untuk memudahkan melihat pengaruh perubahan ketebalan pelat terhadap daya dukung perkerasan dalam memikul beban lalu lintas, telah dilakukan perhitungan dan hasilnya disajikan pada Tabel 5 serta Gambar 1 dan Gambar 2.

**Tabel 5.**  
**HUBUNGAN ANTARA PENGURANGAN TEBAL PELAT DAN DAYA DUKUNG LALU LINTASNYA**

D(Inci)	W18, 18 kip ESAL	% Pengurangan ketebalan pelat	% Pengurangan daya dukung pelat
6.19	3.5E+05	36.42	93.16
6.58	4.9E+05	32.37	90.49
6.97	6.7E+05	28.32	86.91
7.37	9.1E+05	24.28	82.12
7.76	1.2E+06	20.23	75.72
8.16	1.7E+06	16.19	67.23
8.55	2.2E+06	12.14	56.08
8.94	3.0E+06	8.09	41.61
9.34	3.9E+06	4.05	22.98
9.73	5.1E+06	0.00	0.00

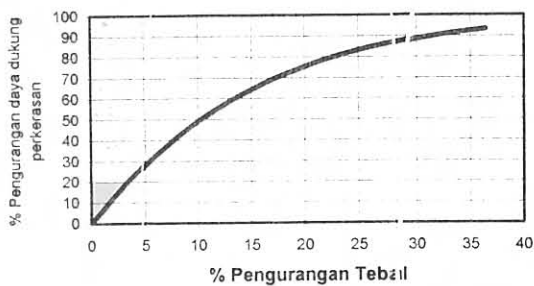
Hubungan antara tebal pelat dan daya dukung perkerasan (18 KSAL)



**Gambar 1. Grafik kekuatan daya dukung perkerasan dengan tebal pelat beton**



Pengaruh pengurangan tebal pelat terhadap daya dukung perkerasan



Gambar 2. Grafik pengaruh % pengurangan tebal pelat terhadap daya dukung perkerasan

Kemampuan perkerasan untuk memikul beban lalu lintas dengan tebal pelat 9,73 inci mencapai  $5,1 \times 10^6$  ESAL dan ini menurun mencapai  $3,5 \times 10^6$  untuk ketebalan pelat sampai 6,19 inci.

Dari tabel tersebut terlihat pengurangan tebal pelat mempunyai pengaruh yang besar terhadap kemampuan perkerasan dalam memikul beban lalu lintas, hal ini ditunjukkan dengan pengurangan ketebalan pelat sebesar 1,18 inci ( 2.90 cm ) dari ketebalan pelat 9,73 inci menjadi 8,55 inci telah menurunkan kemampuan memikul lalu lintas sebesar  $2,9 \times 10^6$  ESAL, yaitu dari  $5,1 \times 10^6$  menjadi  $2,2 \times 10^6$  ESAL. Penurunan ketebalan pelat yang lebih besar lagi, sampai mencapai ketebalan 6,19 inci mengakibatkan kemampuan perkerasan memikul beban lalu lintas hanya menjadi  $3,5 \times 10^5$  ESAL saja.

Pengurangan ketebalan pelat sekitar 10 % dari tebal rencana, akan menimbulkan pengurangan kemampuan perkerasan dalam memikul beban lalu lintas sekitar 50% nya, yang berarti pula umur rencananya akan berkurang sebesar 50% pula.

Pengurangan ketebalan pelat sebesar 30 % dari tebal rencana, akan menurunkan kemampuan memikul lalu lintas nya sebesar 90%. Dari Gambar 2 terlihat, pengurangan kemampuan memikul beban lalu lintas akan lebih menurun dengan tajam sampai pengurangan tebal pelat sekitar 17,5% yang mengakibatkan penurunan kemampuan melayani lalu lintas sebesar sekitar 70%. Pengurangan tebal pelat yang lebih besar lagi mengakibatkan prosentase penurunan kemampuan memikul beban lalu lintas tidak setajam sebelumnya sebagai mana ditunjukkan dengan lengkungan pada grafik yang ada di Gambar 2.

### 3.3.2 Pengaruh penurunan mutu beton terhadap kemampuan perkerasan terhadap beban lalu lintas

Parameter mutu beton untuk perkerasan kaku ialah kuat tarik lentur yang dinyatakan dengan S'c. Bila kuat tarik lenturnya menurun, walaupun tebal pelat dan parameter lainnya tetap, maka hal ini akan berpengaruh terhadap kemampuan perkerasan tersebut dalam memikul beban lalu lintas nya atau umur pelayanannya. Hasil perhitungan kemampuan perkerasan dalam memikul beban lalu lintas dengan berbagai besar penurunan mutu beton yang dinyatakan oleh kemampuan tarik lentur nya diperlihatkan pada Tabel 6 serta Gambar 3 dan Gambar 4.

Tabel 6.

#### PENGARUH PERUBAHAN KEKUATAN BETON TERHADAP KEMAMPUAN PERKERASAN DALAM MEMIKUL BEBAN LALU LINTAS

Tebal pelat (D); inci	Kuat tarik lentur (S'c); psi	Kumulatif axle load 18 kip SAL	% perbedaan kuat tarik S'c	% perbedaan kumulatif 18 kip W18
9.73	357.5	796090.6	45	84.51
9.73	390	1046578	40	79.63
9.73	422.5	1346872	35	73.79
9.73	455	1702054	30	66.87
9.73	487.5	2117313	25	58.79
9.73	520	2597939	20	49.44
9.73	552.5	3149318	15	38.70
9.73	585	3776932	10	26.49
9.73	617.5	4486349	5	12.68
9.73	650	5137945	0	0.00

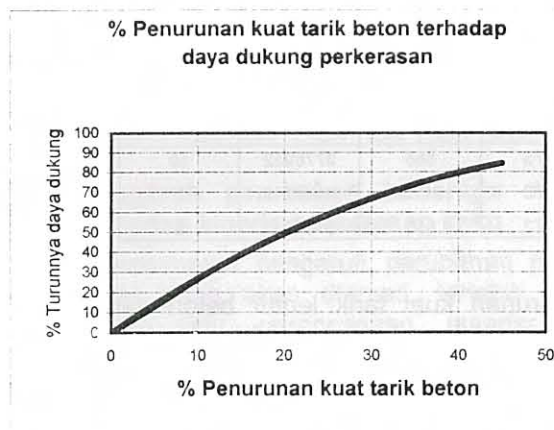
Penurunan kuat tarik lentur beton dari 650 psi sampai 357 psi menyebabkan jumlah kumulatif beban lalu lintas yang dapat dipikul menurun dari sekitar  $5,1 \times 10^6$  menjadi  $0,8 \times 10^6$  SAL. Sedangkan penurunan mutu beton sebesar 130 psi, yaitu dari 650 psi menjadi 520 psi menyebabkan penurunan kemampuan perkerasan memikul beban lalu lintas dari  $5,1 \times 10^6$  ESAL menjadi  $2,6 \times 10^6$  ESAL. Penurunan kuat tarik lentur antara 650 psi sampai 500 psi memberikan pengurangan daya dukung lalu lintas yang cukup tajam dibandingkan dengan penurunan yang terjadi bilamana mutu beton turun dari sekitar 500 psi sampai 350 psi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3 dimana garis lengkungan antara kuat tarik lentur 650 sampai 500 psi lebih curam dibandingkan dengan tangen antara 500 dan 350 psi. Bila dilihat dari prosentase penurunan kuat tarik lentur dari kuat tarik lentur rencana terhadap penurunan kemampuan perkerasan terhadap lalu lintas, terlihat penurunan itu sangat mempunyai pengaruh yang cukup besar. Penurunan kuat tarik lentur sampai 10% menyebabkan kemampuan perkerasan dalam memikul beban lalu lintas turun sampai 27%,



bahkan penurunan kuat tarik lentur sebesar 20% menyebabkan penurunan daya dukung perkerasan sebesar 50%. Penurunan kuat tarik lentur sampai 45 %, menjadikan penurunan kemampuan perkerasan memikul beban lalu lintas turun sampai 84%.



**Gambar 3. Grafik kekuatan daya dukung perkerasan dengan mutu beton ( kuat tarik lentur)**



**Gambar 4. Grafik pengaruh % pengurangan mutu beton ( kuat tarik lentur ) terhadap daya dukung perkerasan**

### 3.3.3 Pengaruh besar modulus reaksi tanah dasar terhadap daya dukung perkerasan dalam memikul beban lalu lintas

Modulus reaksi komposit “k” dipengaruhi oleh modulus of rupture tanah dasarnya sendiri serta lapisan pondasi yang digunakan pada perkerasan tersebut, walaupun lapisan pondasi itu bukan dimaksudkan untuk menaikkan kemampuan perkerasan secara keseluruhan namun lebih ditujukan untuk mendapatkan keseragaman daya dukung lapisan pondasi serta kemudahan pekerjaan.

Pengaruh “k” tersebut dapat dilihat pada Tabel 7, dimana penurunan nilai “k” dari 72 pci sampai 50 pci menurunkan kemampuan memikul lalu lintas dari 5.137.945 SAL menjadi 4.627.043 SAL, sedangkan kenaikan “k” dari 72 pci ke 90 pci, menaikkan daya dukung dari 5.137.945 SAL menjadi 5.408.279 SAL. Bila dilihat dari % penurunan atau kenaikan komulatif beban lalu lintas yang dapat dipikul oleh perkerasan sebagai akibat dari penurunan atau kenaikan nilai “k” tersebut ialah, penurunan “k” sebesar 30% dan kenaikan “ k” sebesar 25 % dari nilai “k” rencana hanya menurunkan dan menaikkan kemampuan perkerasan dalam memikul beban lalu lintas sebesar -7,00 % sampai + 5,3 % terhadap kemampuan rencana semula.

Hal ini menunjukkan perubahan yang cukup besar pada modulus reaksi komposit “k” tidak menyebabkan perubahan kemampuan yang begitu besar dari perkerasan dalam memikul beban lalu lintas, sebagaimana halnya pada perubahan tebal pelat maupun perubahan mutu betonya sendiri.

**Tabel 7  
PENGARUH MODULUS REAKSI KOMPOSIT “K” TERHADAP KEMAMPUAN MEMIKUL BEBAN LALU LINTAS**

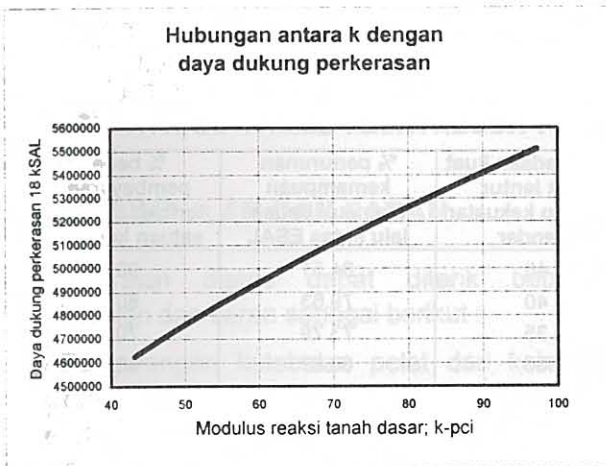
k,pci	18 KSAL	k,pci	% perbedaan KSAL
43.2	4627043	43.2	-9.94
46.8	4698567	46.8	-8.55
50.4	4767391	50.4	-7.21
54.0	4833829	54	-5.92
57.6	4898138	57.6	-4.67
61.2	4960533	61.2	-3.45
64.8	5021199	64.8	-2.27
68.4	5080291	68.4	-1.12
<b>72.0</b>	<b>5137945</b>	<b>72.0</b>	<b>0.00</b>
75.6	5194277	75.6	1.10
79.2	5249391	79.2	2.17
82.8	5303377	82.8	3.22
86.4	5356316	86.4	4.25
90.0	5408279	90	5.26
93.6	5459330	93.6	6.26
97.2	5509527	97.2	7.23

## IV. PENGARUH BESAR TOLERANSI PADA KINERJA PERKERASAN KAKU

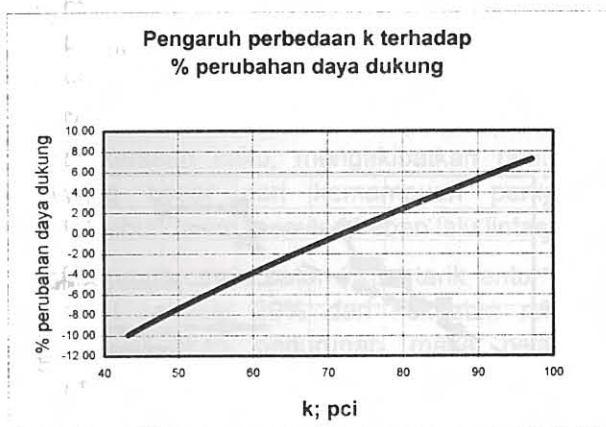
### 4.1 Toleransi ketebalan pelat beton

Batas toleransi yang diterapkan pada suatu pekerjaan, dimaksudkan untuk memberikan sedikit kelonggaran dalam ketepatan pelaksanaan tanpa menimbulkan pengaruh yang berarti. Dalam pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan termasuk didalamnya perkerasan beton semen ada beberapa toleransi yang umum diterapkan pada suatu proyek. Di Indonesia toleransi tersebut antara lain ialah kerataan permukaan pelat beton, ketebalan pelat beton dan mutu betonya sendiri.





**Gambar 5. Hubungan antara “k” dengan daya dukung perkerasan**



**Gambar 6. Hubungan antara “k” dengan % penurunan atau kenaikan daya dukung perkerasan terhadap lalu lintas**

Toleransi dari ketebalan pelat beton ini secara garis besar dapat dibedakan atas 3 (tiga) katagori.

1. Katagori yang pertama ialah bila kekurangan ketebalan pelat tidak lebih dari 5 mm,
2. Katagori kedua bila kekurangan ketebalan pelat antara 5 sampai 25 mm dan
3. Katagori ketiga bila kekurangan tebal pelat lebih dari 25 mm.

Katagori katagori tersebut diatas dikaitkan dengan pembayaran dan juga dengan pertimbangan teknis lainnya, khususnya untuk pelat dengan kekurangan tebalnya lebih dari 25 mm ( 1 inci ).

Pada katagori pertama pembayaran dilakukan secara penuh, sesuai dengan perjanjian yang tertera dalam harga satuan, namun untuk katagori dua pembayaran disesuaikan dengan kekurangan ketebalan yang terjadi sebagaimana terlihat pada Tabel 8 dibawah ini:

**Tabel 8. Pembayaran harga satuan yang diakibatkan pengurangan ketebalan pelat beton**

Kekurangan ketebalan; mm - (inci)	Prosentase harga satuan kontrak yang dibayarkan
0-5 mm ( 0 – 0,20 inci )	100 %
6-8 mm ( 0,24 – 0,31 inci )	80 %
9-10 mm ( 0,35 – 0,39 inci )	72 %
11-12 mm ( 0,43 – 0,47 inci )	68 %
13 – 19 mm ( 0,51 – 0,75 inci )	57 %
20 – 25 mm ( 0,79 – 1 inci )	50 %

Pada katagori ketiga yaitu bila kekurangan tebal pelat lebih dari 25 mm ( 1 inci ), maka perlu dilakukan penelitian khusus. Daerah tersebut mungkin dibongkar atau tidak, tergantung hasil pemeriksaan, tetapi untuk daerah itu tidak akan dilakukan pembayaran.

#### 4.2 Toleransi kekurangan kekuatan beton

Toleransi penurunan mutu beton juga diberikan pada pelaksanaan perkerasan kaku, dalam beberapa spesifikasi yang dipakai di Indonesia. Toleransi kekuatan beton masih akan disetujui bila nilai rata rata kekuatan dari empat hasil test yang berurutan, tidak lebih kecil dari 80% terhadap kekuatan rencananya. Bila mutu beton tidak kurang dari 80% kekuatan rencananya, maka akibat setiap pengurangan kekuatan akan dilakukan penyesuaian harga pembayaran sebagai berikut :

“untuk setiap 1% atau kurang dari kekurangan – kekuatan beton ( concrete strength – deficiency ), yang dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$100\% - \frac{\text{kekuatan sebenarnya}}{\text{kekuatan rencana}} \times 100$$

maka perkerasan beton yang demikian itu akan dibayar dengan pengurangan sebesar 2% dari harga satuan kontrak”.

Dengan kata lain untuk setiap 1% atau kurang dari kekurangan kekuatan terhadap kuat tarik lentur rencananya, pengurangan pembayaran akan dikenakan sebesar 2% dari harga satuan kontrak.

#### 4.2 Kaitan antara toleransi dengan prosentase pembayaran

Kaitan antara toleransi yang umumnya diberlakukan di Indonesia seperti disebutkar diatas dengan pengurangan kekuatan yang ditimbulkannya, akan memberikan hubungan seperti yang tertera pada Tabel 9.

Pengurangan ketebalan pelat beton sampai 2,5 cm atau 1 inci dari tebal rencana 9,73 inci, atau sekitar 10% nya, akan mengurangi kemampuan daya dukung pelat terhadap lalu lintas sampai sekitar 50



% nya. Selanjutnya pengurangan ketebalan pelat yang mencapai 2,5 cm akan mengalami pengurangan pembayaran sekitar 50% nya, sebagai mana yang diuraikan diatas.

Untuk pengurangan ketebalan pelat dibawah 2,5 cm, pengurangan kemampuan daya dukung perkerasan dalam memikul lalu lintas terhadap pengurangan pembayaran yang sebagai mana diperlihatkan pada Tabel 9, akan memberikan prosentase pengurangan biaya yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan pengurangan kemampuan perkerasan tersebut sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 7.

Pengurangan kekuatan tarik lentur dari betonnya sendiri terhadap daya dukung perkerasan untuk lalu lintas, telah diuraikan di depan yaitu seperti ditunjukkan pada Tabel 10. Secara sederhana hubungan tersebut ialah untuk setiap prosen pengurangan kekuatan mutu beton, akan menyebabkan berkurangnya kemampuan memikul beban sebesar kurang lebih 2,9 % nya.

**Tabel 9.**  
**HUBUNGAN ANTARA PENGURANGAN TEBAL PELAT, % PENGURANGAN KEMAMPUAN PELAT MEMIKUL BEBAN SERTA % PENGURANGAN BIAYA PEMBAYARAN.**

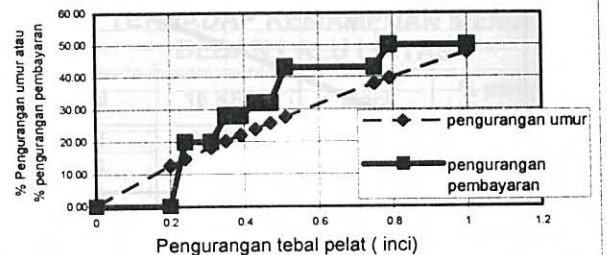
Pengurangan ketebalan pelat; mm (inci)	Prosentase pengurangan ketebalan pelat	% Pengurangan kemampuan memikul beban lalu lintas	% Pengurangan pembayaran terhadap harga satuan kontrak
0 (0)	0	0.00	0
5 (0.2)	2.055	12.76	0
6 (0.24)	2.467	14.76	20
8 (0.31)	3.186	18.20	20
9 (0.35)	3.597	20.12	28
10 (0.39)	4.008	22.03	28
11 (0.43)	4.419	23.90	32
12 (0.47)	4.830	25.75	32
13 (0.51)	5.242	27.58	43
19 (0.75)	7.708	37.98	43
20 (0.79)	8.119	39.63	50
25 (1.0)	10.277	47.84	50

Gambaran antara besar pengurangan kekuatan mutu beton terhadap pengurangan kemampuan memikul beban lalu lintas serta pengurangan pembayaran dapat dilihat pada Gambar 8. Dari gambar tersebut terlihat bahwa untuk setiap pengurangan mutu beton, menyebabkan prosentase pengurangan kemampuan memikul beban lalu lintas yang sedikit lebih besar dari pengurangan biaya yang dikenakan.

**Tabel 10.**  
**PROSENTASE PENURUNAN KUAT TARIK LENTUR BETON TERHADAP KEMAMPUAN MEMIKUL BEBAN LALU LINTAS DAN PROSENTASE PEMBAYARANYA**

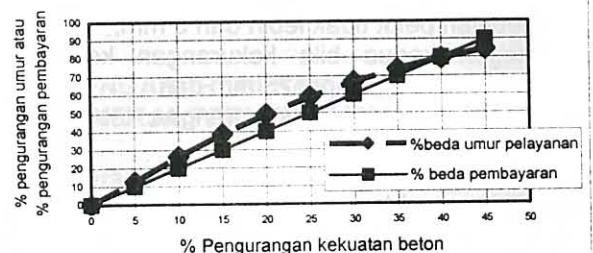
% perbedaan kuat tarik lentur terhadap kekuatan standar	% penurunan kemampuan memikul beban lalu lintas ESAL	% beda pembayaran terhadap harga satuan kontrak
45	84.51	90
40	79.63	80
35	73.79	70
30	66.87	60
25	58.79	50
20	49.44	40
15	38.70	30
10	26.49	20
5	12.68	10
0	0.00	0

**Pengaruh kekurangan tebal pelat terhadap % pengurangan umur pelayanan serta pengurangan pembayaran**



**Gambar 7.** Hubungan antara % pengurangan ketebalan pelat beton terhadap % kemampuan daya dukung perkerasan dan % pembayaran

**Hubungan antara % pengurangan kekuatan beton terhadap pengurangan umur pelayanan dan pengurangan pembayaran**



**Gambar 8.** Hubungan antara % pengurangan kekuatan mutu beton terhadap % pengurangan kemampuan daya dukung perkerasan dan % pembayaran.

Pengurangan kemampuan memikul beban akibat penurunan mutu maksimum yang ditolelir sebesar 20% ialah sekitar 50 %, dan pengurangan pembayarannya sebesar 40% dari harga satuan kontrak.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari uraian diatas dapat ditarik beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut :

1. Pengurangan ketebalan pelat dari ketebalan rencana, mempunyai pengaruh yang besar terhadap penurunan kemampuan memikul beban lalu lintas pada perkerasn kaku.
2. Pengurangan ketebalan pelat sampai 25 mm dari ketebalan yang seharusnya 25 cm, menyebabkan penurunan kemampuan perkerasan memikul beban lalu lintas atau umur pelayanan sampai sekitar setengahnya.
3. Penurunan mutu beton pada pelat dari perkerasan kaku, mengakibatkan penurunan yang besar dari kemampuan perkerasan tersebut dalam memikul beban lalu lintas.
4. Penurunan mutu beton ( kuat tarik lentur ) pada pelat sebesar 20% dari kekuatan rencana, menyebabkan penurunan masa pelayanan perkerasan sampai sekitar setengahnya.
5. Perubahan besar reaksi modulus komposit (k) dari tanah dasar dan lapis pondasi pada perkerasan kaku, mengakibatkan perubahan kemampuan perkerasan dalam memikul beban lalu lintas yang tidak besar.

## Saran

1. Perlu dilakukan pengkajian ekonomi terhadap besaran toleransi kekurangan maksimum ketebalan pelat sampai 25 mm dengan pengurangan pembayaran sebesar 50% dari harga satuan kontrak, dikarenakan pengurangan umur perkerasannya mencapai sekitar setengahnya.
2. Perlu pengkajian ekonomi terhadap besaran pengurangan mutu pelat beton sampai 20% dari mutu rencana dengan pengurangan pembayaran sebesar 40% dari harga satuan kontrak, karena pengurangan umur perkerasan mencapai sekitar setengahnya.

## Daftar Pustaka

1. AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures; 1993.
2. Annas Ally, Mohamad Ir; Visualisasi konstruksi perkerasan jalan berbasis semen.2001.
3. Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Kimpraswil; Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Jalan Beton Semen; 2003.
4. Spesifikasi khusus; Seksi 7.16; Perkerasan Beton Semen Portland; Lintas Timur Sumatera. Dit Jen Praswil; Departemen Kimpraswil.
5. Spesifikasi Pembangunan jalan Toll, Jasa Marga.

## Penulis :

*DR. Ir. Furqon Affandi, MSc. Ahli Peneliti Madya, serta kepala Balai Bahan dan Perkerasan Jalan, pada Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Kimpraswil, Departemen Kimpraswil.*





# MANFAAT PURING (*Codiaeum variegatum*) SEBAGAI TANAMAN PEREDUKSI POLUSI UDARA DI DAERAH PERMUKIMAN

*Nanny Kusminingrum*

## **RINGKASAN**

*Tanaman mempunyai berbagai fungsi, misalnya : untuk keselamatan pengemudi (mencegah silau lampu kendaraan, penunjuk arah belokan), kenyamanan, estetika, konservasi lingkungan maupun penyangga lingkungan.*

*Sehubungan dengan multi fungsi yang dipunyai oleh tanaman, maka perlu kiranya diteliti dan dikaji jenis-jenis tanaman permukiman apa saja yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan peruntukannya.*

*Puslitbang Prasarana Transportasi sudah melakukan penelitian berbagai jenis tanaman yang cocok ditanam di daerah permukiman, yang mempunyai fungsi mereduksi konsentrasi polutan akibat transportasi jalan (kendaraan bermotor).*

*Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa, tanaman Puring cukup baik dalam mereduksi polutan NO<sub>x</sub> . Selain itu, dari segi estetikapun jenis tanaman Puring ini cukup menarik dalam warna daunnya.*

## **SUMMARY**

*Plant and trees has functional use, such as for drive safety (as headlight screening, mark curves), comfort, roadside aesthetics and environmental conservation.*

*In relation to their multi functional use, research of suitable species is required. Research and Development Center for Road Infrastructure has carried out research of different species suitable for residential areas which could reduce pollutant concentration impacted by transportation.*

*Research shows that *Codiaeum variegatum* not onles greatly reduced NO<sub>x</sub> pollutant but also make roadside attractive by the colour of its leaves.*

## **I. PENDAHULUAN**

Sektor transportasi jalan merupakan penyumbang utama pencemaran udara di daerah perkotaan (KLH, 1997). Selanjutnya menurut World Bank (1993) cit KLH (1997), sejalan dengan pertumbuhan pada sektor transportasi jalan yang diproyeksikan sekitar 6 % - 8 % per tahun, maka penggunaan bahan bakar di Indonesia diproyeksikan bertambah sekitar 4 - 6 kali pada tahun 2008. Karena itu pada tahun 2020, setengah dari jumlah penduduk Indonesia akan menghadapi permasalahan pencemaran udara perkotaan, yang didominasi oleh emisi dari kendaraan bermotor.

Hal tersebut akan berdampak pada lingkungan jalan yang ada, termasuk daerah permukiman.

Tanaman di daerah permukiman mempunyai berbagai fungsi, antara lain dalam hal :

- **Kenyamanan**  
Tanaman memberi naungan dan menurunkan temperatur pada lingkungan
- **Estetika**  
Tanaman memberikan sajian keindahan pemandangan
- **Penyangga lingkungan**  
Beberapa jenis tanaman dapat mengurangi dampak negatif akibat lalu lintas di jalan, seperti : polusi udara, kebisingan.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas, perlu adanya upaya-upaya untuk meminimasi dampak negatif yang akan terjadi, antara lain dengan meneliti berbagai jenis tanaman yang dapat ditanam di daerah permukiman.

## II. METODOLOGI

### 2.1. Metoda

1. Untuk Pemeriksaan polutan NO<sub>x</sub>, dengan Metoda Griess Saltzman (ASTM Method D 1607)
2. Metoda yang digunakan adalah metoda eksperimental melalui teknik observasi.

#### • Di laboratorium

- Membandingkan besarnya reduksi polutan NO<sub>x</sub> oleh masing-masing tanaman yang di-uji terhadap kontrol (tanpa tanaman)
- Tanaman tersebut diuji pada konsentrasi ruangan rata-rata 0.05 ppm (ambang batas yang diizinkan untuk polutan NO<sub>x</sub>) dan pada ruangan dengan rata-rata konsen-trasi NO<sub>x</sub> dua kali konsentrasi tersebut.

#### • Di Lapangan

##### - Pada lahan tanpa tanaman

Membandingkan reduksi kelompok tanaman Puring yang ditempatkan pada lahan tersebut terhadap lahan yang tidak ditempatkan tanaman puring (kontrol).  
Volume kerimbunan daun = 0.5 % terhadap volume ruang penelitian.

##### - Pada lahan dengan tanaman

- Tanaman eksisting yang ada pada lokasi pertama (Bogor) adalah Mahoni dan pada lokasi ke dua (Jakarta) adalah Angsana.
- Pada masing-masing lokasi tersebut terdapat perlakuan dengan penyisipan kelompok tanaman Puring.
- Volume kerimbunan daun tanaman eksisting pada perlakuan tanpa sisipan dan dengan sisipan relatif sama.
- Volume kerimbunan daun tanaman sisipan = 0.5 % terhadap volume ruang penelitian.
- Membandingkan reduksi polutan NO<sub>x</sub> oleh tanaman eksisting maupun tanaman eksisting + sisipan terhadap perlakuan tanpa tanaman (kontrol)

### 2.2. Operasionalisasi Variabel

Variabel-variabel yang diamati / diukur, meliputi :

- 1). Data visual tanaman, yaitu :
  - a). Jenis tanaman
  - b). Tinggi tanaman (Cm)
  - c). Diameter vertikal dan horizontal kerimbunan daun (Cm)

- d). Menaksir persen kerimbunan daun (%)
- e). Menghitung volume kerimbunan daun (cm<sup>3</sup>)

### 2). Data Iklim :

- a). Temperatur udara (° C)
- b). Kelembaban udara (%)

### 3). Data Polutan

Konsentrasi NO<sub>x</sub> pada ber-bagai ruang penelitian

### 2.3. Rancangan Analisis

Untuk menjawab hipotesa dalam penelitian ini, digunakan : Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan uji Scott – Knott

## III. PERSIAPAN PENELITIAN

### 3.1. Persiapan Bahan Kimia

Dipersiapkan bahan kimia untuk pemeriksaan konsentrasi NO<sub>x</sub> (sesuai dengan metoda yang dimaksud dalam butir 2.1)

### 3.2. Persiapan Tanaman

#### 3.2.1. Jenis tanaman

Jenis tanaman yang diuji di laboratorium, ada 17 jenis tanaman perdu, yaitu :

- |                      |                                  |
|----------------------|----------------------------------|
| 1. Puring            | = <i>Codiaeum variegatum</i>     |
| 2. Dawolong          | = <i>Acalypha sp</i>             |
| 3. Harendong         | = <i>Melastoma malabathricum</i> |
| 4. Lolipopmerah      | = <i>Pachystachys coccinea</i>   |
| 5. Teh-tehan         | = <i>Acalypha capillipes</i>     |
| 6. Anak nakal        | = <i>Durante repens</i>          |
| 7. Saliara           | = <i>Lantana camara</i>          |
| 8. Pecah beling      | = <i>Sericocalyx crispus</i>     |
| 9. Kembang sepatu    | = <i>Hibiscus rosa sinensis</i>  |
| 10. Iriansis         | = <i>Impatiens spectra</i>       |
| 11. Sadagori         | = <i>Tumera ulmifolia</i>        |
| 12. Nusa Indah merah | = <i>Mussaenda erythrophylla</i> |
| 13. Oleander         | = <i>Nerium indicum</i>          |
| 14. Walisongo        | = <i>Schefflera arboricola</i>   |
| 15. Kacapiring       | = <i>Gardenia augusta</i>        |
| 16. Azalea           | = <i>Rhododendron mucronatum</i> |
| 17. Wilkesiana merah | = <i>Acalypha compacta</i>       |

#### 3.2.2. Volume kerimbunan daun

Volume kerimbunan daun yang disiapkan untuk tiap tanaman yang diuji adalah = 40 dm<sup>3</sup>.

#### 3.2.3. Tinggi tanaman

Tanaman perdu yang diuji, mempunyai tinggi rata-rata = 60 cm.



### 3.3. Persiapan Ruang Penelitian

#### 3.3.1. Penelitian di laboratorium

Persiapan Ruangan Penelitian, meliputi :

- ❖ Ruang penelitian disiapkan dengan ukuran : 2m X 2m X 2m
- ❖ Tiap tanaman diuji dalam ruangan yang mempunyai :
  - konsentrasi NO<sub>x</sub> rata-rata 0.10 ppm (dua kali ambang batas yang diizinkan)
  - konsentrasi NO<sub>x</sub> rata-rata 0.05 ppm (ambang batas yang diizinkan)

Gas buang yang digunakan adalah gas buang dari generator dengan bahan bakar solar, sebagai simulasi dari kondisi sebenarnya di lapangan.

#### 3.3.2. Penelitian di lapangan

Persiapan lapangan meliputi :

Pemilihan lokasi penelitian,

- a. Pada lahan tanpa tanaman dengan persyaratan
  - pada ruas jalan tersebut tidak terdapat tanaman
  - jalan tersebut tidak terpotong oleh simpangan
- b. Pada lahan dengan tanaman dengan persyaratan :
  - Pada ruas jalan tersebut, ada area tanpa tanaman dan area ada tanaman
  - Jenis tanaman pada lokasi eksisting adalah sama
  - Jalan tersebut tidak terpotong oleh simpangan

Jenis tanaman untuk penelitian di lapangan, menunggu hasil penelitian di laboratorium

## IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Penelitian di Laboratorium

Hasil penelitian pengukuran konsentrasi NO<sub>x</sub> pada tiap ruangan dengan masing-masing jenis tanaman yang diuji, dapat dilihat pada :

Lampiran 1 (untuk konsentrasi NO<sub>x</sub> rata-rata pada ruangan = 0.122 ppm) dan Lampiran 2 (untuk konsentrasi NO<sub>x</sub> rata-rata pada ruangan = 0.0505 ppm).

**Dari Lampiran 1** di bawah menunjukkan bahwa :

Dari ke 17 jenis tanaman yang diuji, menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata dengan kontrol dalam mereduksi polusi udara NO<sub>x</sub>, kecuali tanaman Wilkesiana merah

**Dengan lain perkataan :**

- dari jenis tanaman nomor 1 sampai dengan nomor 16 tersebut di atas mempunyai potensi

yang sama dalam mereduksi NO<sub>x</sub>, dengan persen pengurangan (24.59 – 50.00) % atau rata-rata 38.12 %

- Jenis tanaman nomor 17 (Wilkesiana merah) berpengaruh sama dengan tanpa tanaman (kontrol).

Dari Lampiran 2 di bawah menunjukkan bahwa :

Dari ke 17 jenis tanaman yang diuji, semuanya menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata dengan kontrol dalam mereduksi polutan NO<sub>x</sub>. Sedangkan antar tanaman yang diuji tidak ada perbedaan yang nyata dalam mereduksi polutan NO<sub>x</sub>.

**Dengan lain perkataan :**

Bila konsentrasi ruangan rata-rata sekitar 0.05 ppm, ternyata semua tanaman yang diuji berpengaruh baik dalam mereduksi polutan NO<sub>x</sub>, dengan persen pengurangan (22.57 – 56.83) % atau rata-rata 39.60 %, karena itu dapat dipilih jenis yang sesuai untuk lokasi tertentu, tergantung dari : dana/biaya yang tersedia, kemudahan didapat maupun kemudahan dalam pemeliharaan.

## PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian di laboratorium, dikaji tanaman mana yang akan dipilih untuk penelitian di lapangan.

Dari hasil kajian ini diputuskan akan menggunakan tanaman Puring = *Codiaeum variegatum*. Hal ini didasari alasan sebagai berikut :

- Saat ini yang paling sering terlihat digunakan sebagai tanaman pagar ataupun tanaman hias di pekarangan/permukiman adalah jenis Puring.
- Di Indonesia tumbuh pada dataran rendah sampai dengan dataran tinggi sampai dengan 1500 m di atas permukaan laut
- Penyebarannya sangat luas, hampir ke setiap pulau di Indonesia
- Dapat tumbuh di daerah-daerah yang agak kering dengan kelembaban udara sekitar 30 - 60 %
- Dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah (tidak memerlukan jenis tanah khusus)
- Memiliki keragaman warna dan bentuk daun, sehingga sangat potensial dijadikan tanaman penghias ataupun sebagai elemen taman

Dengan pengkajian lebih lengkap tentang tanaman Puring di lapangan dalam hal mereduksi polusi udara, diharapkan manfaat tersebut dapat dirasakan oleh hampir seluruh tempat di Indonesia.

## 4.2. Penelitian di lapangan

### 4.2.1. Penelitian Pada Lahan Tanpa Tanaman

Ruas jalan yang dipilih adalah yang tidak memungkinkan ditanami tanaman jalan jenis pohon, misalnya saja karena tempatnya tidak memungkinkan /area penanaman sempit. Sehingga diharapkan dengan penempatan pot-pot tanaman puring, dapat memecahkan masalah polusi udara NOx.

Dari Lampiran 3 di bawah, menunjukkan bahwa : Dari ke tiga lokasi eksisting, area penelitian tanpa tanaman mempunyai konsentrasi NOx di atas ambang batas yang diizinkan ( $>0.05$  ppm ). Setelah ditempatkan tanaman Puring dengan volume kerimbunan daun 0.05 % terhadap volume ruang (tinggi ruang diasumsikan 3 meter), ternyata tanaman Puring ini menunjukkan reduksi NOx yang nyata dibandingkan dengan kontrol (tanpa tanaman)

### 4.2.2. Penelitian Pada lahan dengan Tanaman

Pada lokasi eksisting, dipilih area yang mempunyai tanaman pinggir jalan jenis pohon . Di sekitar pohon ini akan ditambahkan (disisipkan) jenis tanaman puring, yang sudah disiapkan dalam pot.

Hasil penelitian ini disajikan pada Lampiran 4 dan 5 di bawah ini.

Berdasarkan Lampiran 4 dan 5 di bawah :

- a. Tanaman jalan jenis Mahoni sepanjang 104.5 m dengan volume kerimbunan daun total =  $969,36 \text{ m}^3$  hanya dapat mereduksi NOx rata-rata sebesar 16.67 %  
Namun bila disisipkan tanaman Puring dengan volume kerimbunan daun = 0.5 % terhadap volume ruang penelitian , ternyata reduksi NOx rata-rata menjadi 41.04 %
- b. Tanaman jalan jenis Angsana sepanjang 72.60 m dengan volume kerimbunan daun total =  $207.87 \text{ m}^3$  , hanya dapat mereduksi NOx rata-rata sebesar 19.72 %  
Namun bila disisipkan tanaman Puring dengan volume kerimbunan daun = 0.5 % terhadap volume ruang penelitian, ternyata reduksi NOx rata-rata menjadi 30.63 %

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Penelitian di laboratorium

- a. Bila konsentrasi NOx rata-rata dalam ruangan = 0.0505 ppm (masih pada ambang batas yang diizinkan), tanaman Puring yang diuji mempunyai potensi baik secara signifikan dalam mereduksi NOx rata-rata sebesar 48.32 %
- b. Namun bila konsentrasi rata-rata dalam ruangan dinaikan sekitar dua kali lipat menjadi 0.122 ppm, ternyata adanya sedikit penurunan dalam mereduksi NOx oleh tanaman Puring, yaitu rata-rata hanya dapat mereduksi sebesar 46.72 %
- c. Hal ini menunjukkan dengan makin besarnya polutan NOx yang ada menjadi sekitar dua kali lipat, ternyata adanya penurunan kemampuan tanaman dalam mereduksi NOx (menurun sekitar : 1.6%)

### 5.2. Penelitian di lapangan

- ❖ Pada daerah eksisting tanpa tanaman Ruas jalan yang terpilih merupakan area tertutup bangunan, dengan konsentrasi NOx = (0.051 – 0.063) ppm.  
Penempatan tanaman Puring menunjukkan reduksi yang significant terhadap kontrol (tanpa tanaman) yaitu sebesar : (38.10 – 69.23) %
- ❖ Pada daerah eksisting ada tanaman jenis pohon
  - a. Tanaman eksisting Mahoni  
Dengan penambahan volume kerimbunan daun Tanaman **puring** sebesar 0.5 % dari volume ruang , yang disisipkan diantara tanaman Mahoni pada lokasi eksisting , ternyata menambah reduksi NOx sebesar 24.37 % dibandingkan bila hanya ada tanaman Mahoni
  - a. Tanaman eksisting Angsana  
Dengan menyisipkan tanaman Puring yang mempunyai volume kerimbunan daun sebesar 0.5 % dari volume ruang yang ada, Tanaman Puring menambah reduksi NOx sebesar 10.91 % dibandingkan bila hanya ada tanaman Angsana



## DAFTAR PUSTAKA

1. KANTOR MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP, 1997. **Agenda 21 Indonesia**. Strategi Nasional untuk Pembangunan Berkelanjutan.
2. TOTOWARSA dan NY. CUCU S AHYAR, 1982. **Teknik Perancangan Percobaan** (Rancangan dan Analisis). Serial Pengenalan Dasar-dasar Statistika Terapan no. STK 13. Kelompok Statistika, Fakultas Pertanian UNPAD – Bandung.
3. ROBERT G.D. STEEL dan JAMES H. TORRIE, 1993. **Prinsip dan prosedur Statistika (Suatu Pendekatan Biometrik)**. Penerbit P.T. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
4. **Flora van Java (Tanaman Berguna Indonesia)**, 1952. Volume I s/d V.
5. Puslitbang Prasaranaa Transportasi, 2000. **Pedoman Teknis Penataan Tanaman Jalan**. Balitbang Permukiman dan Prasarana Wilayah, Departemen Kimpraswil.
6. James P Loodge, Jr, 1989. Methods of Air Sampling and Analysis. **ASTM. Method of Testing D 1607**

### *Penulis :*

*Ir. Nanny Kusminingrum, Ahli Peneliti Muda Bidang Lingkungan Jalan Pada Puslitbang Prasarana Transportasi Dep. Permukiman dan Prasarana Wilayah.*

**Konsentrasi NOx pada tiap ruangan penelitian  
(konsentrasi NOx awal rata-rata dalam ruangan = 0.122 ppm)**

NO	JENIS TANAMAN	KONSENTRASI NOx *) (ppm)
1.	Dawolong = <i>Acalypha sp</i>	0.061 a
2.	Harendong = <i>Melastoma malabathricum</i>	0.064 a
3.	Lolipop Merah = <i>Pachystachys coccinea</i>	0.064 a
4.	<b>Puring</b> = <i>Codiaeum variegatum</i>	0.065 a
5.	Teh-tehan = <i>Acalypha capillipes</i>	0.069 a
6.	Anak Nakal = <i>Durante repens</i>	0.070 a
7.	Saliara = <i>Lantana camara</i>	0.070 a
8.	Pecah beling = <i>Sericocalyx crispus</i>	0.070 a
9.	Kembang sepatu = <i>Hibiscus rosa sinensis</i>	0.071 a
10.	Iriansis = <i>Impatiens spectra</i>	0.071 a
11.	Sadagori = <i>Turnera ulmifolia</i>	0.072 a
12.	Nusa indah merah = <i>Mussaenda erythrophylla</i>	0.076 a
13.	Oleander = <i>Nerium indicum</i>	0.079 a
14.	Walisongo = <i>Schefflera arboricola</i>	0.086 a
15.	Kacapiring = <i>Gardenia augusta</i>	0.089 a
16.	Azalea = <i>Rhododendron mucronatum</i>	0.092 a
17.	Wilkesiana merah = <i>Acalypha compacta</i>	0.114 b
18.	Kontrol	0.122 b

Keterangan :

\*) = Nilai rata-rata konsentrasi NOx yang diikuti dengan huruf yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf nyata 5 %



**Konsentrasi NOx pada tiap ruangan penelitian  
(konsentrasi NOx awal rata-rata dalam ruangan = 0.0505 ppm)**

NO	JENIS TANAMAN	KONSENTRASI NOx *) (ppm)
1.	Dawolong = <i>Acalypha sp</i>	0.0218 a
2.	Wilkesiana merah = <i>Acalypha compacta</i>	0.0236 a
3.	Harendong = <i>Melastoma malabathricum</i>	0.0259 a
4.	<b>Puring</b> = <i>Codiaeum variegatum</i>	<b>0.0261</b> a
5.	Saliara = <i>Lantana camara</i>	0.0264 a
6.	Nusa indah merah = <i>Mussaenda erythrophylla</i>	0.0278 a
7.	Teh-tehan = <i>Acalypha capillipes</i>	0.0280 a
8.	Iriansis = <i>Impatiens spectra</i>	0.0281 a
9.	Pecah beling = <i>Sericocalyx crispus</i>	0.0284 a
10.	Kembang sepatu = <i>Hibiscus rosa sinensis</i>	0.0286 a
11.	Azalea = <i>Rhododendron mucronatum</i>	0.0295 a
12.	Sadagori = <i>Turnera ulmifolia</i>	0.0315 a
13.	Anak Nakal = <i>Durante repens</i>	0.0316 a
14.	Walisongo = <i>Schefflera arboricola</i>	0.0325 a
15.	Oleander = <i>Nerium indicum</i>	0.0330 a
16.	Kacapiring = <i>Gardenia augusta</i>	0.0350 a
17.	Lolipop Merah = <i>Pachystachys coccinea</i>	0.0391 a
18.	Kontrol	0.0505 b

Keterangan :

\*) = Nilai rata-rata konsentrasi NOx yang diikuti **dengan huruf yang sama**, menunjukkan **tidak berbeda nyata** pada uji Duncan dengan taraf nyata 5 %

## Rata-rata konsentrasi NOx pada lokasi yang diuji

NO.	PERLAKUAN	RATA-RATA KANDUNGAN NOx (ppm)	
1.	a. Jalan Panglima Polim-Jakarta • Dengan tanaman Puring • Tanpa Tanaman Puring	0.027	a
		0.051	b
2.	a. Jalan Suryakencana – Bogor • Dengan tanaman Puring • Tanpa Tanaman Puring	0.039	b
		0.063	bc
3.	a. Jalan Jendral Sudirman – Bdg • Dengan tanaman Puring • Tanpa Tanaman Puring	0.016	a
		0.052	b

## Data visual tanaman pada lokasi eksisting

NO.	LOKASI	JENIS TANAMAN (pada lokasi eksisting)	TINGGI TANAMAN RATA-RATA (m)	TOTAL VOLUME RIMBUN (%)
1.	Jl. Pajajaran – Bogor	Mahoni	9.06	1.896,58
2.	Jl. Cinere Raya, jkt	Angsana	6.05	207,87

## Pengurangan NOx rata-rata oleh tanaman

NO.	PERLAKUAN	PENGURANGAN NOx RATA-RATA (ppm)	PENGURANGAN NOx RATA-RATA (%)
1.	Lokasi Jl.Pajajaran – Bogor : • Mahoni dng sisipan Puring • Mahoni tanpa sisipan	0.018	41.04
		0.007	16.67
2.	Lokasi Jl.Cinere Raya – Jakarta • Angsana dng sisipan Puring • Angsana tanpa sisipan	0.021	30.63
		0.014	19.72

Keterangan : Nilai pengurangan NOx di atas dibandingkan dengan kontrol (tanpa tanaman)





# PENGAJIAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN JALAN DI KAWASAN HUTAN LINDUNG (TAMAN RAYA IR. H. DJUANDA)

*Lanalyawati*

## **RINGKASAN**

*Salah satu kontributor signifikan dalam percepatan pemulihan ekonomi di Indonesia adanya prasarana transportasi yang dapat menunjang pertumbuhan aktifitas pada sentra-sentra produksi. Pembangunan jaringan jalan untuk membuka sentra produksi menuju simpul-simpul distribusi terkadang mengalami hambatan karena terbentur pada keberadaan kawasan sensitif.*

*Hasil dari Pengkajian ini menunjukkan bahwa masyarakat sangat membutuhkan jalan melalui kawasan hutan lindung dimana untuk memudahkan kegiatan. Masyarakat juga bersedia untuk dilibatkan dalam pengelolaan lingkungan tetapi dengan syarat adanya petugas yang mengkoordinir sehingga masyarakat tidak mendapat kesulitan dalam mengelola lingkungannya*

## **SUMMARY**

*One of significant contributors in the acceleration of economic recovery in Indonesia is Transportation infrastructure supporting the growth of activities in production centres. Road network development to open production centres towards distribution knots sometimes experience some drawbacks due to the presence of sensitive areas.*

*Investigation result showed that Roads passing through conservation areas where activities easier to do are required by people. They also wanted to involve in environment management as long as they will have coordinator who can cope with possible problems in managing their environment.*

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Salah satu kontributor signifikan dalam percepatan pemulihan ekonomi di Indonesia adalah adanya prasarana transportasi yang dapat menunjang pertumbuhan aktifitas pada sentra-sentra produksi. Pembangunan jaringan jalan untuk membuka sentra produksi menuju simpul-simpul distribusi terkadang mengalami hambatan karena terbentur pada keberadaan kawasan sensitif.

Kawasan sensitif yang dimaksud pada penelitian ini adalah kawasan yang fungsinya mudah berubah karena adanya aktifitas pembangunan prasarana ataupun kegiatan-kegiatan yang didukung oleh prasarana tersebut. Kawasan sensitif dapat berupa kawasan konservasi, seperti

hutan lindung, taman nasional atau cagar budaya, atau kawasan lain, seperti kawasan padat penduduk maupun kawasan yang memiliki fungsi strategis dalam kaitannya dengan kepentingan nasional.

Pembangunan jalan melalui hutan tropis terutama kawasan konservasi seringkali berhadapan dengan adanya indikasi dampak berupa penggundulan hutan, penebangan liar maupun desakan pemukiman yang tumbuh disekitar jalan yang dibangun sehingga mengubah fungsi ekologis dari kawasan tersebut. Contoh lain dari kawasan sensitif adalah yang mendeskripsikan nilai seperti keraton, candi dan situs-situs bersejarah lainnya. Kawasan ini dapat mengalami perubahan yang sangat berarti apabila diakses oleh jalan raya tanpa pengelolaan lingkungan yang memadai. Kawasan sensitif juga dapat berupa

kawasan yang diperhitungkan sebagai wilayah yang disucikan oleh masyarakat setempat. Di Bali misalnya persimpangan merupakan kawasan yang sensitif terhadap pembangunan prasarana transportasi karena persimpangan merupakan salah satu lokasi penting dalam pelaksanaan prosesi adat dan keagamaan.

Dalam tulisan ini mengkaji keterkaitan kebijakan, strategi (program) yang telah disiapkan dalam rangka pengelolaan, mitigasi maupun kompensasi lingkungan akibat terjadinya dampak pada kawasan sensitif. Salah satu data yang dianalisa pada tulisan ini adalah data pada Taman Raya Ir. H. Djuanda Bandung.

## II. PERMASALAHAN UMUM PENGELOLAAN LINGKUNGAN JALAN DI KAWASAN SENSITIF

Dengan berlakunya otonomi daerah menurut UU no 22 tahun 1999, maka kebutuhan aksesibilitas daerah-daerah terpencil maupun kebutuhan koneksi antar wilayah untuk memacu aktifitas ekonomi wilayah semakin nyata. Kebutuhan ini akan semakin besar karena didorong oleh semakin besarnya jumlah wilayah otonom di Indonesia yang membutuhkan prasarana transportasi antar wilayah.

Sesuai dengan UU kehutanan (UU no. 41 tahun 1999) dan UU konservasi (UU no. 5 tahun 1990), pemanfaatan hutan terutama hutan lindung sangat dibatasi pada kegiatan yang tidak mengganggu fungsi hutan. Sedangkan dari beberapa pengalaman sebelumnya sangat nyata bahwa rencana pembangunan jalan pada beberapa wilayah hutan di Indonesia membawa dampak yang sangat nyata terhadap kelestarian hutan secara fisik mempunyai fungsi hutan tropis.

Di Indonesia, kerusakan hutan karena pembangunan jalan sudah mulai dilihat sebagai permasalahan serius. Beberapa kasus yaitu di Sumatera Utara, Gorontalo, dan Jambi berupa maraknya penebangan ilegal yang dipicu oleh rencana koridor jalan telah diangkat kepermukaan, namun demikian belum ditemukan adanya indikasi langkah-langkah lanjutan yang diambil untuk menangani kejadian tersebut.

Kasus lain adalah pembangunan jalur Ladia Galaska. Beberapa jalur Ladia Galaska memotong kawasan Ekosistem Leuser (KEL), kawasan hutan lindung dengan berbagai kondisi morfologi lahan. Di samping itu ada ruas jalan yang memotong Taman Nasional Gunung Leuser yaitu jalan lintas tengah yang tidak termasuk dalam Ladia Galaska (jalan Blangkejeren-Kutacane) yang memotong TNGL sekitar 48 km (Desa Aunen sampai Agusen). Ruas jalan ini adalah satu-satunya jalur Blangkejeren-Kutacane dan bahkan sepanjang

jalan ini ditemui pemukiman-pemukiman tua. Pemukiman-pemukiman tua ini sudah ada jauh sebelum Gunung Leuser ditetapkan sebagai Taman Nasional.

Pro dan Kontra mengenai proyek Ladia Galaska akhirnya sampai pada Menteri Negara Perencanaan Pembangunan Nasional Kwikk Kian Gie (2003) yang berimplikasi pada adanya permintaan kepada Gubernur NAD untuk meninjau kembali rencana pembangunan Ladia Galaska. Proyek yang akan memotong KEL tersebut juga mendapat sorotan dari masyarakat internasional termasuk Bank Dunia, sehingga perlu dicari alternatif rute jalan baru yang sejauh mungkin menghindari pemotongan hutan alam di KEL, yang dikhawatirkan oleh banyak pihak akan meningkatkan aktivitas pencurian kayu.

Pembangunan ruas jalan Ladia Galaska nyata-nyata memberikan berbagai keuntungan baik dari segi ekonomi maupun sosial tidak hanya di daerah yang dilalui, akan tetapi juga seluruh Nanggroe Aceh Darussalam. Ruas jalan ini akan mendorong terjadinya pertumbuhan dan peningkatan kegiatan ekonomi secara regional. Namun munculnya beberapa pendapat yang kontra terhadap pembangunan jalan Ladia Galaska dapat mengakibatkan terhentinya kegiatan tersebut dan mungkin juga mengganggu upaya pemulihan stabilitas nasional yang diusahakan secara serius oleh pemerintah.

Penolakan tersebut pada umumnya dikaitkan dengan alasan rendahnya pemahaman terhadap kondisi aktual di NAD, khususnya sepanjang jalan ini. Disamping juga tidak dipahami detail-detail dari trase jalan Ladia Galaska yang dikaitkan dengan Kawasan Ekosistem Leuser. Adapun isu-isu yang berkembang :

- a. Jika kawasan hutan khususnya KEL dibuka jalan, akan berdampak pada pengrusakan hutan akibat adanya perambahan hutan
- b. Kondisi Ekonomi masyarakat terisolir sangat rendah, diperlukan aksesibilitas guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat
- c. Interaksi sosial dan ekonomi masyarakat di beberapa daerah kabupaten belum optimal sehingga rasa kebersamaan masih kurang
- d. Kawasan dengan sumber daya ekonomi yang potensial belum berkembang secara optimal karena kurang aksesibilitas.

Kekhawatiran terbesar yang dimunculkan oleh adanya pekerjaan konstruksi jalan melalui hutan terutama hutan lindung adalah tidak terkontrolnya perambahan hutan dan penebangan liar. Kejadian ini tidak hanya terjadi pada daerah-daerah tropis dengan sebaran hutan yang luas, tetapi yang terjadi secara besar-besaran di Amerika Serikat sejak dikenalnya moda transportasi darat



menggunakan kendaraan bermotor (Anderson & Gerhke, 1998). Selain itu polusi udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor dianggap sebagai salah satu sumber permasalahan potensial yang menyebabkan turunnya kualitas hidup vegetasi di sekitar jalan raya, sehingga dapat cepat menurunkan kerapatan hutan-hutan disekitar jalan (berber, Johnson & Halfild, 1999)

Kasus lintas selatan Jawa Barat misalnya telah memicu perambahan hutan - hutan di Pesisir selatan Jawa Barat mulai perbatasan Jawa Barat - Jawa Tengah hingga Kawasan Cianjur Selatan. Maraknya penebangan liar pada kawasan rencana jalan baru seperti banyak berhubungan dengan rencana penyiapan koridor. Namun demikian, pada beberapa kasus, penebangan liar meluas melampaui batas koridor yang disiapkan. Pada pasca konstruksi, umumnya kegiatan penebangan liar tetap berlangsung dengan memanfaatkan akses yang disediakan oleh jalan terbangun. Modus penggundulan hutan yang melibatkan penebang-penebang liar pada masa pasca konstruksi ini typical. Pada umumnya penebang-penebang liar memilih kayu yang bernilai ekonomis. Setelah populasi kayu menurun, perambah hutan dan peladang berpindah memanfaatkan situasi dengan membuka lahan.

Meskipun kerusakan hutan karena pembangunan jalan sudah mulai dilihat sebagai permasalahan serius dan kasus-kasus penebangan ilegal yang dipicu oleh rencana koridor jalan telah diangkat ke permukaan, namun belum ditemukan adanya indikasi langkah-langkah lanjutan yang diambil untuk menangani kejadian-kejadian tersebut. Tampaknya pemerintah belum memiliki petunjuk teknis yang cukup jelas dalam penanganan kasus-kasus semacam ini, sehingga polemik dalam penanganan kasus-kasus ini menjadi berkepanjangan yang berakibat buruk terhadap efisiensi proyek.

### III. METODOLOGI

#### 3.1 Pemilihan lokasi

Lokasi yang dianalisis adalah Taman Raya IR. H. Djuanda karena kawasan tersebut telah berubah fungsinya dari kawasan hutan lindung (kawasan resapan air) menjadi kawasan permukiman .

#### 3.2 Wilayah studi

Wilayah studi yang dianalisis adalah kondisi lingkungan jalan disekitar Taman Raya IR. H Djuanda serta persepsi masyarakat berupa quisioner masyarakat sekitarnya yaitu RW07 dari RT 01 s/d 03 daerah Pakar Barat Kelurahan Ciburial Kec. Cimanggu

#### 3.3 Kebutuhan Data

Data sekunder merupakan data-data pendukung yang diperlukan untuk melakukan persiapan uji coba lapangan. Pada dasarnya data sekunder dapat diperoleh melalui :

- Hasil studi kelayakan
- AMDAL
- Tata Guna Lahan

Data primer dilakukan bertujuan untuk mengumpulkan data kawasan sensitif yang berkaitan dengan :

- a. Visual : melihat kerusakan-kerusakan kondisi existing pada daerah observasi dan tata guna lahan
- b. Pengukuran Persepsi  
Pengukuran persepsi masyarakat, dan stakeholders dengan wawancara kuesioner.

#### 3.4 Metoda Pengumpulan Data

##### a. Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan pada lokasi yang telah ditetapkan dengan daerah sampel, yaitu :

Dilakukan dengan kuesioner untuk menanyakan persepsi mereka terhadap sensitifitas lingkungan pada cagar budaya dan hutan lindung serta sikap partisipasi masyarakat untuk melakukan pemeliharaan fungsi dan fisik Hutan Lindung

##### b. Data Sekunder

Data sekunder dilakukan dengan studi pustaka dalam rangka pengembangan model, selain itu dikaji peraturan yang terkait dengan cagar budaya dan hutan lindung serta pengguna publik. Pengambilan data sekunder dilakukan ke Bapedalda, Walhi/Greenomic, Hankam, Pariwisata, Kehutanan dan Bakosurtanal.

#### 3.5. Analisis

Teknik analisis data yang diaplikasikan dalam kegiatan ini lebih banyak kualitatif. Model analisis kualitatif dilakukan terhadap data (primer) yang diperoleh dari hasil wawancara. Analisis kualitatif diterapkan dengan melakukan kategorisasi, membuat kompilasi data berdasarkan data-data yang dikaji selanjutnya diinterpretasi dan disajikan dalam bentuk uraian-uraian (essay) disertai informasi-informasi/ kajian-kajian dari sumber untuk lebih memberikan makna terhadap hasil analisis maka interpretasi teoritik baik yang bersifat internal dan eksternal telah dilakukan sejauh memiliki relevansi dengan permasalahan yang dikaji.



## IV. KAJIAN LITERATUR

### 4.1. Prinsip-prinsip pengelolaan lingkungan jalan kawasan sensitif berdasarkan perundangan yang ada

Sebagaimana dicantumkan pasal 1 UUPL 23, pengelolaan lingkungan didefinisikan sebagai upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan pemanfaatan, penataan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan dan pengendalian lingkungan hidup. Definisi ini menegaskan bahwa pengertian pengelolaan lingkungan di Indonesia mencakup luas, karena tidak saja meliputi upaya pelestarian lingkungan jalan melainkan juga mencegah proses degradasi lingkungan jalan, khususnya melalui proses penataan lingkungan jalan.

Dengan kata lain perlu disadari bahwa upaya-upaya pengelolaan lingkungan jalan di Indonesia harus dilakukan tidak saja bersifat kuratif melainkan bersifat preventif. Hal ini penting dicermati karena terdapat kecenderungan selama ini program-program dibidang lingkungan jalan cenderung menekankan pada upaya-upaya kuratif. Dimasa depan upaya-upaya yang lebih bersifat preventif tentunya harus lebih diprioritaskan dan hal ini menuntut dikembangkan berbagai opsi ekonomi maupun melalui proses-proses peraturan dan penataan penggunaan lahan.

Adapun tujuan pengelolaan lingkungan jalan itu sendiri sebagaimana dicantumkan dalam pasal 3 UUPL 23 adalah mewujudkan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan.. Pembangunan berkelanjutan diartikan sebagai upaya sadar dan terencana, yang memadukan lingkungan termasuk sumber daya ke dalam proses pembangunan untuk menjamin kemampuan, kesejahteraan dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan.

### 4.2. Kewenangan pemerintah dan peran serta masyarakat

Kewenangan dan mekanisme pengelolaan lingkungan merupakan aspek penting yang tercantum dalam UUPL 23. Disebutkan mulai pasal 8 sampai dengan pasal 13, tentang kewenangan, kewajiban dan tugas pemerintah dalam pengelolaan lingkungan.

Butir pertama menyangkut penegasan bahwa negara mempunyai kewenangan dalam pengelolaan lingkungan (pasal 8). Pasal ini tentunya dilandasi oleh pasal 33 UUD 45 yang menegaskan bahwa sumberdaya alam dikuasi oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya bagi kemakmuran rakyat. penting dicatat disini bahwa meskipun negara mempunyai kewenangan penuh

dalam pengelolaan lingkungan, kewenangan ini ditujukan tidak lain untuk kemakmuran rakyat.

Butir kedua yang penting menyangkut penegasan bahwa pemerintah mempunyai tugas untuk menetapkan kebijaksanaan nasional tentang pengelolaan lingkungan bahwa kebijaksanaan ini harus dilakukan secara terpadu oleh instansi pemerintah (pasal 9). Butir ini mengandung makna bahwa tugas dan pelaksanaan pengelolaan lingkungan tidak hanya merupakan tugas satu atau dua instansi saja, melainkan merupakan tugas dan tanggung jawab semua instansi pemerintah. Disebutkan dalam ayat dua pasal 9 UUPL 23 bahwa pengelolaan lingkungan dilaksanakan secara terpadu oleh instansi pemerintah sesuai dengan bidang dan tugas masing-masing. Dengan kata lain, meskipun terdapat instansi khusus yang diberi kewenangan untuk merumuskan kebijaksanaan pengelolaan lingkungan dan operasionalnya tidak berarti bahwa instansi pemerintah ini lalu lepas tangan.

Selanjutnya, butir ketiga yang penting dalam konteks kewenangan pengelolaan lingkungan ini berkaitan dengan desentralisasi pengelolaan lingkungan dalam arti penyerangan beberapa kewenangan dan urusan pengelolaan lingkungan dari pemerintah pusat kepada pemerintah daerah (pasal 12 dan 13). Butir ini perlu dikaji lebih lanjut, oleh karena memberikan peluang sekaligus tantangan bagi pemerintah daerah untuk dapat secara langsung mengembangkan berbagai mekanisme pengelolaan lingkungan yang disesuaikan dengan kondisi daerahnya masing-masing.

Butir keempat yang perlu dicatat bahwa UUPL 23 ini menegaskan secara eksplisit tentang hak masyarakat untuk berperan secara aktif dalam berbagai upaya pengelolaan lingkungan (pasal 5, 6 dan 7). Butir ini menjadi semakin penting, dengan semangat reformasi menuntut dikembalikannya kedaulatan rakyat yang selama ini cenderung diabaikan. Sebagaimana selama ini banyak kritik, proses-proses pembangunan yang cenderung dilakukan tanpa kontrol rakyat yang memadai. Dampak-dampak negatif pembangunan, akhirnya juga cenderung menjadi beban masyarakat tanpa kemungkinan untuk dihindari. Proses ini tentunya harus dihentikan khususnya melalui proses pemberdayaan rakyat agar lebih mampu memperjuangkan hak-hak mereka atas lingkungan yang baik dan sehat. Tentunya mekanisme selanjutnya peran serta rakyat dalam pengelolaan lingkungan dirumuskan lebih detail dalam peraturan lain, akan tetapi yang penting adalah kesadaran dari aparat pemerintah bahwa kedaulatan rakyat merupakan prinsip yang penting dalam pengelolaan lingkungan.



#### 4.3. Mekanisme pengelolaan lingkungan jalan di kawasan sensitif

UUPL 23 merumuskan pula berbagai kemungkinan mekanisme pengelolaan lingkungan, baik melalui perijinan, mekanisme ekonomi, pengawasan juga pemberian sanksi.

Aspek pertama menyangkut rumusan bahwa perijinan harus memperhatikan pendapat masyarakat (pasal 19). Aspek ini penting karena mewadahi semangat peran serta rakyat sebagaimana ditegaskan dalam pasal 5,6 dan 7 tentang hak, kewajiban dan peran masyarakat.

Aspek kedua yang perlu diperhatikan menyangkut tugas pengawasan yang diberikan oleh pemerintah (pasal 22, 23 dan 24). Selama ini oleh karena keterbatasan tenaga dan sumber daya yang ada, tugas pengawasan yang dilakukan oleh pemerintah belum maksimal dilakukan. Dimasa depan, pelaksanaan tugas pengawasan ini semakin meningkat dan kompleks yang dengan sendirinya memerlukan banyak tenaga dan sumber daya. Upaya-upaya pengelolaan lingkungan dimasa depan harus diawali dengan peningkatan sumberdaya manusia, agar pemerintah dapat melakukan proses-proses pengawasan secara lebih baik.

Aspek ketiga dalam mekanisme pengelolaan lingkungan jalan ini menyangkut dirumuskannya pedoman-pedoman tentang pengelolaan lingkungan jalan di kawasan sensitif, yang mencakup kebijakan. Pedoman ini menjadi relevan, oleh karena konflik lingkungan yang akan semakin membesar dan kompleks dimasa depan. Kemungkinan ini perlu dikaji lebih lanjut, tidak saja karena mekanisme ini cocok dengan culture masyarakat Indonesia, akan tetapi mekanisme ini lebih menjamin tercapainya win-win solution

Aspek keempat pengelolaan lingkungan jalan menyangkut hak masyarakat melakukan gugatan. Sebagaimana diumuskan dalam pasal 37 dan 38, Masyarakat dan organisasi lingkungan berhak melakukan gugatan mengenai masalah lingkungan jalan yang merugikan perikehidupan masyarakat. Butir ini menjadi relevan sekali, oleh karena selama ini hak-hak cenderung diabaikan. Masyarakat cenderung tidak mempunyai kekuatan untuk mengajukan gugatan tentang persoalan lingkungan jalan yang mereka hadapi. Dimasa depan, proses-proses pengajuan gugatan oleh masyarakat diperkirakan akan semakin marak, sehingga mekanisme jelas transparan dan adil harus dikembangkan.

#### 4.4. Tantangan Pengelolaan lingkungan jalan di kawasan sensitif di Masa Depan

Sebagaimana dicemaskan oleh banhyak kalangan, persoalan lingkungan di Indonesia akan menjadi semakin berat oleh karena krisis ekonomi yang berkepanjangan. Karena penurunan kegiatan industri yang menggunakan banyak bahan baku import, orientasi kegiatan industri dan perekonomian Indonesia akan diarahkan pada eksploitasi sumberdaya alam. Lebih lanjut, dikhawatirkan bahwa proses-proses eksploitasi sumber daya alam di Indonesia akan semakin tak terkendali dan disyahkan dengan dalih pemulihan ekonomi nasional yang terpuruk. Dengan kata lain tantangan dan hambatan yang dihadapi oleh para pengelola lingkungan di Indonesia semakin berat, terutama karena desakan ekonomi dan pemenuhan kebutuhan dasar yang perlu segera ditangani. Isu-isu lingkungan menjadi tidak atau kurang berarti oleh karena orientasi pemerintah dan juga masyarakat yang lebih pada persoalan kehidupan sehari-hari.

Meskipun demikian harapan sebenarnya ada, terutama berkaitan dengan proses perubahan politik dan struktur kekuasaan. Dalam konteks ini paling tidak tiga hal penting yang berkaitan dengan pengelolaan lingkungan di Indonesia. Pertama adalah kecenderungan akan meningkatnya kedaulatan rakyat atau kurangnya pemusatan kekuasaan oleh pemerintah. Proses ini sangat berarti bagi pengembangan pengelolaan lingkungan jalan di Indonesia oleh karena memungkinkan dikembangkannya model-model pengelolaan lingkungan jalan bersama serta direalisasinya hak-hak masyarakat. Sebagaimana selama ini banyak dikritik, pemusatan kekuasaan pada pemerintah tidak mungkin dilakukan kontrol terhadap penyimpangan-penyimpangan pembangunan yang mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan. Melalui peningkatan kedaulatan rakyat, poses kontrol ini menguat sehingga penyimpangan pembangunan yang mempunyai dampak negatif pada lingkungan dapat dicegah.

Kedua, proses demokratisasi yang terjadi juga diharapkan akan mempunyai implikasi yang positif bagi upaya-upaya pengelolaan lingkungan yang lebih baik. Proses demokrasi yang berarti memungkinkan proses negosiasi konflik secara adil dan terbuka diharapkan memberi peluang bagi yang peduli terhadap lingkungan untuk menyuarakan pendapat, aspirasi serta kepentingannya.

Selama ini terdapat kecenderungan bahwa proses-proses penyelesaian konflik lingkungan dilakukan melalui kekuasaan. Hak-hak masyarakat yang lemah, minoritas dan cenderung dikalahkan. Proses demokratis yang terjadi diharapkan memungkinkan penyelesaian konflik lingkungan secara adil dan terbuka.

Ketiga, proses perubahan politik yang menekankan pada diberlakukannya 'Rule of Law' atau penegakkan hukum diharapkan mempunyai dampak positif bagi upaya-upaya pengelolaan lingkungan jalan. Sebagaimana selama ini dikritik berbagai produk lingkungan perundangan dan peraturan yang lemah, terutama karena begitu kuatnya praktek KKN. Hukum dan peraturan dibidang lingkungan telah disusun secara baik, tetapi tidak mempunyai implikasi positif terhadap praktek KKN.

Para pengelolaan lingkungan harus merasa optimis dan justru melihat perubahan politik di Indonesia pada saat ini sebagai peluang bagi upaya menyelamatkan lingkungan jalan. Pengelola lingkungan harus melihat proses perubahan politik sebagaimana momentum yang penting bagi upaya-upaya penyelamatan lingkungan jalan di Indonesia.

#### 4.5. Tujuan dan Sasaran Pengelolaan Lingkungan

Tujuan umum pengelolaan lingkungan adalah terwujudnya pembangunan yang berkelanjutan, yang memenuhi kepentingan tidak saja generasi masa kini akan tetapi juga generasi masa depan. Lebih lanjut telah juga dikemukakan bahwa konsepsi pembangunan berkelanjutan mengandung tiga prinsip utama yakni :

- a. Prinsip-prinsip ekologis atau lingkungan (environmental ecological principles);
- b. Prinsip-prinsip sosial-politis (social-political principles), serta
- c. prinsip-prinsip ekonomi.

Konsekuensi dari hal tersebut adalah bahwa sasaran-sasaran pengelolaan lingkungan harus pula mencakup ketiga prinsip pembangunan berkelanjutan sebagaimana dikemukakan diatas. Persoalannya adalah bagaimana menjabarkan kedua prinsip ini menjadi suatu pedoman yang lebih rinci dan dapat dijabarkan menjadi sasaran-sasaran pengelolaan lingkungan yang jelas.

Dalam Pasal 4 Undang-undang No. 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup telah dirumuskan 6 (enam) sasaran pengelolaan lingkungan hidup di Indonesia yakni :

1. Tercapainya keselarasan, keserasian, dan keseimbangan antara manusia dan lingkungan hidup.

2. Terwujudnya manusia Indonesia sebagai insan lingkungan hidup yang memiliki sikap dan tindak melindungi dan membina lingkungan hidup.
3. Terjaminnya kepentingan generasi masa kini dan generasi masa depan
4. Tercapainya kelestarian fungsi lingkungan hidup
5. Terkendalinya pemanfaatan sumber daya secara bijaksana;
6. Terlindungnya Negara Kesatuan Republik Indonesia terhadap dampak usaha dan/atau kegiatan di luar wilayah negara yang menyebabkan pencemaran dan/atau perusakan di lingkungan hidup.

Kepentingan akan perlunya rumusan sasaran pengelolaan lingkungan yang jelas dan rinci ini disadari oleh masyarakat dunia. Dalam konperensi tingkat tinggi bumi di Rio De Janeiro, Brazil, tahun 1992 telah dirumuskan Agenda 21 yang pada dasarnya memuat pokok-pokok sasaran pengelolaan lingkungan hidup dunia serta strategi-strategi yang sebaiknya dipakai.

#### 4.6. Penegakkan Hukum

Sejalan dengan isu partisipasi dan demokrasi, isu penegakan hukum juga menjadi aspek penting dalam pengembangan upaya-upaya pengelolaan lingkungan. Sebagaimana banyak dikritik, penegakan hukum di negara-negara berkembang sebagaimana Indonesia cenderung lemah, terutama oleh karena belum diterimanya konsepsi hukum sebagai aturan normatif dalam bermasyarakat dan bernegara. Lebih lanjut, praktek-praktek hukum juga cenderung diselewengkan dan diarahkan untuk kepentingan penguasa dan pemilik modal. Fakta seperti ini harus menjadi perhatian para pengelola lingkungan, agar upaya-upaya mereka dalam memediasi konflik lingkungan tidak terbentur dalam pelaksanaan hukum yang memang belum sempurna. Sebagaimana akan dibahas dalam Modul 6, saat ini mulai banyak dipertimbangkan model-model penyelesaian sengketa lingkungan melalui proses-proses mediasi atau yang dikenal dengan Alternative Dispute Resolution/ADR. Para pengelola lingkungan di negara-negara berkembang seperti Indonesia harus terus peka untuk mencari berbagai alternatif penyelesaian persoalan lingkungan di luar jalur formal-legal yang tidak selalu efektif.

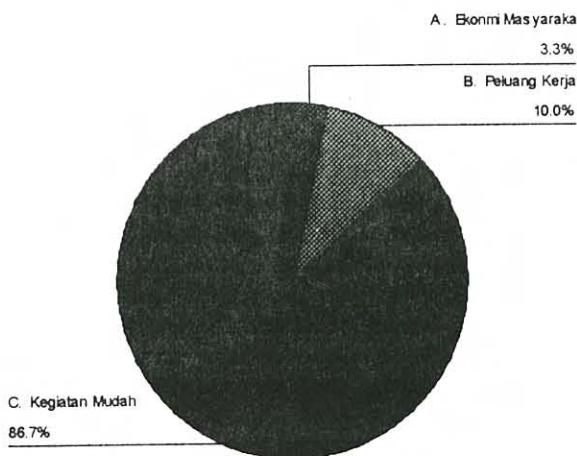


**V. PERSENTASI DATA DAN KEGIATAN ANALISIS PELAPORAN PERSEPSI MASYARAKAT DI LOKASI TAMAN RAYA IR. H. DJUANDA BANDUNG**

**5.1. Keuntungan Utama Jalan**

**Tabel 1. KEUNTUNGAN UTAMA JALAN**

Pilihan	Frekuensi	Persen	Persen Kumulatif
A. Ekonomi meningkat	1	3.3	3.3
B. Peluang kerja meningkat	3	10.0	13.3
C. Memudahkan kegiatan	26	86.7	100.0
Total	30	100.0	



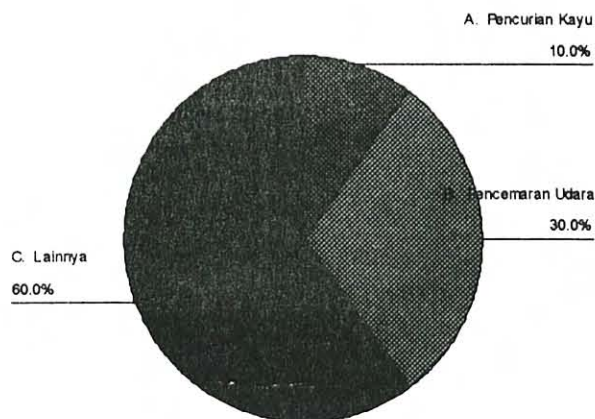
**Gambar 1. Distribusi/ Penyebaran Persepsi Masyarakat Tentang Keuntungan Jalan**

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa 3.3 % memilih Ekonomi meningkat dengan adanya jalan, 10 % menjawab Peluang kerja meningkat, dan 86,7 % menjawab memudahkan kegiatan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa masyarakat sangat membutuhkan jalan yang melalui kawasan hutan lindung tersebut untuk memudahkan kegiatan seperti kemudahan mencapai tujuan baik rumah maupun sekolah dan fasilitas lainnya.

**5.2. Permasalahan Akibat Jalan**

**Tabel 2. Permasalahan Yang di Akibatkan Oleh Jalan**

Pilihan	Frekuensi	Persen	Persen Kumulatif
A. Pencurian kayu	3	10.0	10.0
B. Pencemaran udara	9	30.0	40.0
C. Lainnya	18	60.0	100.0
Total	30	100.0	



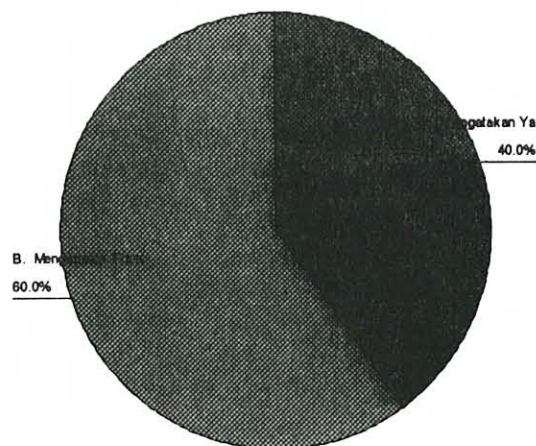
**Gambar 2. Distribusi/ Penyebaran Tentang Permasalahan Akibat Jalan**

Dari gambar 2. dapat dilihat bahwa 10 % menjawab sering terjadinya pencurian kayu, 30 % menjawab adanya pencemaran udara, dan 60 % menjawab lainnya (macet di hari libur). Maka dapat disimpulkan bahwa akibat dibangunnya jalan telah menyebabkan permasalahan lainnya seperti macet di hari libur atau hari besar.

**5.3. Norma Tentang Hutan Lindung**

**Tabel 3. PENGETAHUAN MASYARAKAT TENTANG NORMA DI KAWASAN HUTAN LINDUNG**

Pilihan	Frekuensi	Persen	Persen Kumulatif
A. Ya	12	40.0	40.0
B. Tidak	18	60.0	100.0
Total	30	100.0	



**Gambar 3. Distribusi Tentang Tahu/Tidaknya Masyarakat Tentang Norma di kawasan Hutan Lindung**

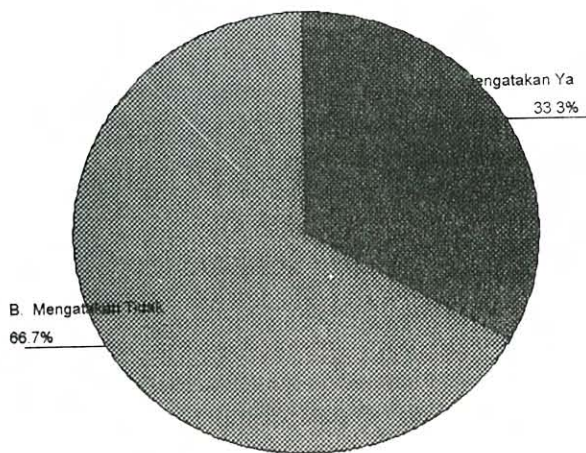


Dari gambar 3. dapat dilihat bahwa 40 % menjawab Ya (tahu tentang norma hutan lindung), 60 % menjawab Tidak tahu tentang norma hutan lindung). Maka dapat disimpulkan bahwa masyarakat di kawasan hutan lindung tersebut tidak mengetahui tentang norma dan peraturan-peraturan yang berlaku disana.

#### 5.4. Partisipasi Aparat

**Tabel 4.**  
**PARTISIPASI APARAT TENTANG**  
**PENYULUHAN TATA TERTIB HUTAN LINDUNG**

Pilihan	Frekuensi	Persen	Persen Kumulatif
A. Ya	10	33.3	33.3
B. Tidak	20	66.7	100.0
Total	30	100.0	

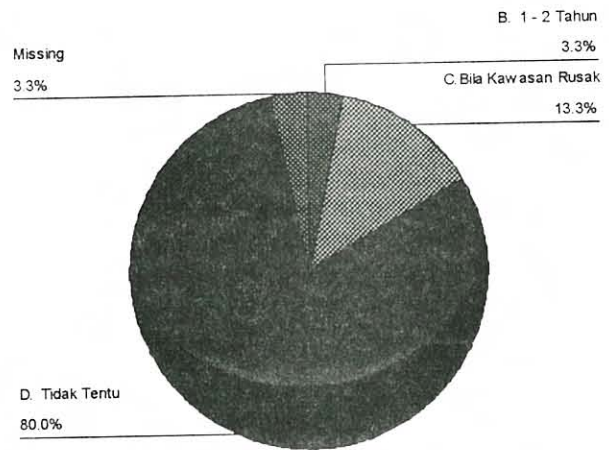


**Gambar 4. Partisipasi Aparat Tentang**  
**Penyuluhan tata tertib Hutan Lindung**

Dari gambar 4. dapat dilihat bahwa 33.3 % menjawab ya (adanya penyuluhan), dan 66.7 % menjawab tidak adanya penyuluhan. Maka dapat disimpulkan bahwa aparat atau instansi jarang memberikan penyuluhan kepada masyarakat tentang tata tertib hutan lindung, sehingga adanya masyarakat yang melanggar aturan tersebut seperti pencurian pohon untuk dijadikan kayu bakar.

**Tabel 5.**  
**RUTINITAS PENYULUHAN APARAT TENTANG**  
**TATA TERTIB**

Pilihan	Frekuensi	Persen	Persen Kumulatif
B. 1 – 2 tahun	1	3.3	3.4
C. Bila kawasan rusak	4	13.3	17.2
D. Tidak tentu	24	80.0	100.0
Total	29	96.7	
Kehilangan Sistem	1	3.3	
Total	30	100.0	



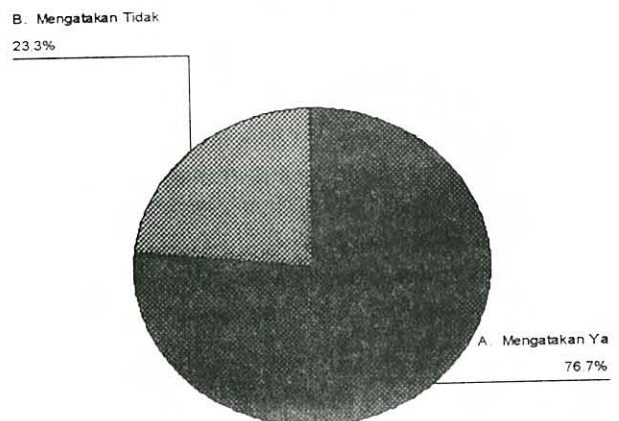
**Gambar 5. Rutinitas Penyuluhan Aparat**  
**Tentang Tata Tertib Hutan Lindung**

Dari gambar 5. dapat dilihat bahwa 3.3 % menjawab 1 - 2 tahun sekali , 13.3 % menjawab hanya bila kawasan itu rusak, dan 80 % menjawab tidak tentu. Maka dapat disimpulkan bahwa aparat sangat jarang sekali memberikan penyuluhan kepada masyarakat, hal inilah yang menyebabkan kurangnya masyarakat dalam mengetahui norma dan aturan tentang tata tertib hutan lindung.

#### 5.5. Kebersediaan masyarakat Dalam Pengelolaan Lingkungan

**Tabel 6.**  
**KEBERSEDIAAN MASYARAKAT DALAM**  
**PENGELOLAAN LINGKUNGAN**

Pilihan	Frekuensi	Persen	Persen Kumulatif
A. Ya	23	76.7	76.7
B. Tidak	7	23.3	100.0
Total	30	100.0	



**Gambar 6. Kebersediaan Masyarakat Dalam**  
**Pengelolaan Lingkungan**

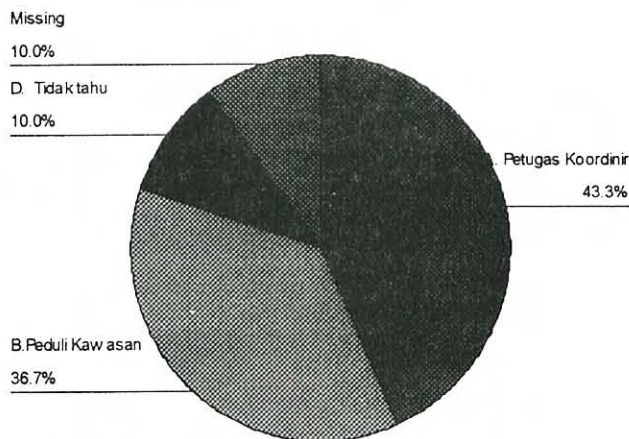


Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa 76.7 % menjawab ya (bersedia mengelola lingkungan, dan 23.3 % menjawab tidak (bersedia dalam mengelola lingkungan). Maka dapat disimpulkan bahwa sebagian besar masyarakat bersedia mengelola lingkungannya, karena masyarakat merasa bahwa itu sebagai tanggung jawabnya.

### 5.6. Ketersediaan Masyarakat Dalam Mengelola Lingkungan yang jawabannya (ya)

**Tabel 7.**  
**KETERSEDIAAN MASYARAKAT DALAM MENGELOLA LINGKUNGAN**

Pilihan	Frekuensi	Persen	Persen Kumulatif
A. Petugas yang mengkoordinir	13	43.3	48.1
B. Peduli terhadap kawasan	11	36.7	88.9
D. Tidak Tahu	3	10.0	100.0
Total	27	90.0	
Kehilangan Sistem	3	10.0	
Total	30	100.0	



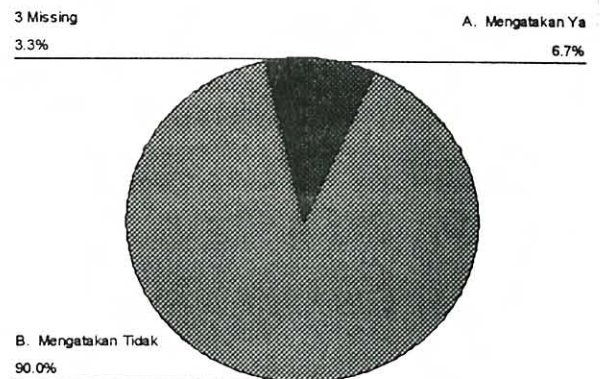
**Gambar 7. Ketersediaan Masyarakat Dalam Mengelola Lingkungan**

Dari gambar 7. dapat dilihat bahwa 43.3 % menjawab ada petugas yang mengkoordinir, 36.7 % menjawab peduli terhadap kawasan, dan 10 % menjawab tidak tahu. Maka dapat disimpulkan bahwa perlunya ada petugas yang datang dan mengkoordinir pengelolaan lingkungan tersebut sehingga masyarakat tidak mendapat kesulitan dalam mengelola kawasan hutan lindung tersebut.

### 5.7. Ada Tidaknya Warga Yang merusak Hutan Lindung Tersebut

**Tabel 8.**  
**WARGA YANG SERING MERUSAK DI KAWASAN HUTAN LINDUNG**

Pilihan	Frekuensi	Persen	Persen Kumulatif
A. Ya	2	6.7	6.7
B. Tidak	27	90.0	96.7
Missing	1	3.3	100.0
Total	30	100.0	



**Gambar 8. Warga Yang Sering Merusak di Kawasan Hutan Lindung**

Dari gambar 8. dapat dilihat bahwa 6.7 % menjawab ya, 90 % menjawab tidak. Maka dapat disimpulkan bahwa warga tidak pernah merusak di sekitar kawasan hutan lindung karena warga sadar bahwa hutan itu sebagai sumber pokok kehidupannya (wiraswasta), selain itu warga juga sadar bahwa kelestarian hutan itu merupakan tanggung jawab mereka semua.

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

1. Masyarakat sangat membutuhkan jalan melalui kawasan hutan lindung tersebut, untuk memudahkan kegiatan seperti kemudahan mencapai tujuan, baik rumah maupun sekolah dan fasilitas lainnya
2. Akibat dibangunnya jalan, telah menyebabkan permasalahan lainnya seperti macet di hari libur atau hari besar.

3. Masyarakat di kawasan hutan lindung tersebut tidak mengetahui tentang norma dan peraturan-peraturan yang berlaku disana, karena instansi jarang memberikan penyuluhan kepada masyarakat tentang tata tertib hutan lindung, sehingga ada masyarakat yang melanggar aturan tersebut seperti pencurian pohon untuk dijadikan kayu bakar.
4. Masyarakat bersedia mengelola lingkungannya, karena masyarakat merasa bahwa itu sebagai tanggung jawabnya. Dengan adanya petugas yang datang dan mengkoordinir nya sehingga masyarakat tidak mendapat kesulitan dalam mengelola kawasan hutan lindung tersebut.ada juga yang tidak bersedia dalam mengelola lingkungan di kawasan hutan lindung itu disebabkan karena masyarakat tidak peduli terhadap kawasan lindung tersebut.
5. Warga tidak pernah merusak di sekitar kawasan hutan lindung karena warga sadar bahwa hutan itu sebagai sumber pokok kehidupannya (wiraswasta), selain itu warga juga sadar bahwa kelestarian hutan itu merupakan tanggung jawab mereka semua.

## 6.2. Saran

Saran yang dapat disampaikan adalah bahwa dalam mengelola lingkungan jalan di kawasan sensitif harus ada interaksi dan koordinasi antara instansi dan masyarakat sekitar kawasan sehingga tercipta kawasan yang berwawasan lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ADB (1988). Enviroment Guidelines for Selected Insfrastructure Projects. Asian Development Bank, Manila, Philippines.
2. ESCAP (1990).Road Development and The Enviroment. United Nations, New York
3. Otto Soemarwoto., 1994, Ekologi Lingkungan Hidup dan pembangunan, Penerbit Djambatan, Jakarta

### *Penulis :*

*Lanalyawati ST, Ajun Peneliti Muda, Pada Puslitbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Kimpraswil, Departemen Kimpraswil.*





## MENGURANGI FAKTOR HAMBATAN SAMPING JALAN

*Erwin Kusnandar*

### **RINGKASAN**

*Kemacetan lalu lintas umumnya sering terjadi pada jaringan jalan perkotaan, terutama di kota-kota besar di Indonesia. Secara teoritis maupun praktis kemacetan mengakibatkan kerugian yang cukup signifikan bagi pengguna jalan dan masyarakat pada umumnya. Kerugian yang terjadi antara lain mencakup peningkatan biaya operasi kendaraan, waktu produktif yang hilang (nilai waktu) dan tekanan mental /stresse.*

*Nilai kerugian tersebut dalam satuan biaya menyebabkan inefisiensi dalam total biaya transportasi, yang pada gilirannya akan mempengaruhi roda perekonomian secara umum.*

*Penanganan kemacetan idealnya dilakukan dengan pendekatan yang komprehensif pada semua tingkatan permasalahan transportasi (makro, meso, dan mikro), atau jika waktu penanganan disesuaikan dengan skala program jangka panjang, menengah, dan pendek.*

*Salah satu penyebab terjadinya kemacetan antara lain disebabkan oleh tingginya faktor hambatan samping sisi jalan, dalam tulisan ini membahas model pengurangan intensitas hambatan samping dengan mengedepankan pendekatan "praktis dan sederhana" sehingga mampu dilaksanakan oleh pemerintah daerah yang mempunyai kendala keterbatasan dana, tenaga, dan waktu.*

*Melalui metodologi pendekatan penanganan praktis yang mudah dilakukan seperti segregasi dengan pemagar dan pembatasan akses lahan, maka pengumpulan data dan analisis dilakukan untuk melihat sejauh mana ke-efektifan cara penanganan tersebut dalam mengurangi intensitas hambatan samping sisi jalan.*

### **SUMMARY**

*In Indonesia traffic congestion is mostly occurred in urban road network especially in metropolis. Theoretically and practically it results significantly high loss to consumer as well as to the society. This loss is an accumulative of high vehicle operating expenses, missing productive time value, increasing the stress caused by feeling frustrate.*

*The loss value in set of expense cause inefficiency in transportation total cost, which is on its innings will influence economics wheel in general.*

*Ideally handling of traffic jam conducted with comprehensive approach at all level problems of transportation such as macro, meso, and micro, or handling due to time scale such as long range program, middle, and short.*

*One of the cause that make traffic jam for example is the high factor of road-side friction.*

*This article describes the study of a model of reducing resistance intensity from road side by placing forward approach "simple and practical" so that can be implemented by local government which have constraint as limitation of fund, energy, and time.*

*Through methodologies approach a series of practical way of handling which is relatively simply implement like traffic segregation by road fence, restriction of access, etc. Data collection and analysis are conducted to see how far the effectiveness of this method in reducing the intensity of road-side friction.*

## I. PENDAHULUAN

Begitu seringnya kemacetan lalu lintas terjadi pada jaringan jalan perkotaan sehingga kejadian tersebut sesuatu yang dianggap biasa oleh sebagian masyarakat. Apabila diungkap lebih dalam pengaruh kemacetan itu sangat merugikan karena meningkatkan biaya operasi kendaraan (BOK), waktu produktif yang hilang (nilai waktu), ketidaknyamanan, dan polusi udara. Biaya operasi kendaraan tinggi yang ditanggung oleh pengguna jalan menyebabkan terjadinya inefisiensi pada perekonomian nasional. Akan lebih tepat jika biaya tersebut bisa dialihkan untuk membiayai prasarana transportasi jalan beserta aspek pendukungnya sehingga, kerugian pengguna jalan paling tidak bisa mendekati normal kembali.

Banyak faktor yang bisa berakibat kemacetan lalu lintas pada jaringan jalan perkotaan, yang di antaranya adalah ;

*Pertama*, faktor tingginya mobilitas pergerakan lalu lintas kendaraan di jalan (tuntutan) yang tidak bisa diimbangi oleh sediaan berupa prasarana jalan. Kondisi tersebut bisa disebabkan antara lain, karena prasarana transportasi jalan masih menjadi pilihan utama dalam bergerak untuk mengalirkan barang dan orang, karena jalan masih dipandang mempunyai keunggulan dalam hal aksesibilitas dan mobilitas dibanding prasarana transportasi lain, dan keterbatasan pemerintah dalam hal dana untuk peningkatan jalan dan pembangunan jalan baru.

*Kedua*, faktor manajemen lalu lintas yang belum optimal seperti dalam hal :

- Tidak konsistennya ciri-ciri lalu lintas dan fisik jalan dengan peranan dan fungsi jalan
- Pengaturan alat pengendali isyarat lalu lintas (APILL) di persimpangan yang tidak mengikuti tuntutan lalu lintas
- Perambuan dan pemarkaan jalan yang tidak sesuai dengan semestinya.
- Kebijakan dan implementasi yang tidak jelas seperti dalam hal tidak terkendalinya pemanfaatan ruang, tumpang tindih, dan lemahnya pengendalian pemanfaatan

*Ketiga*, faktor tingginya hambatan samping jalan sebagai akibat dari interaksi antara arus lalu lintas dan kegiatan di samping jalan, kegiatan sisi jalan tersebut seperti pejalan kaki, pedagang kaki lima, naik turun penumpang angkutan (stop and go), keluar masuk kendaraan dari akses jalan/lahan, kendaraan lambat, dan adanya parkir di badan jalan. Apa bila tidak ditata dengan baik kegiatan di sisi jalan itu akan mengakibatkan tingginya gangguan terhadap lalu lintas.

*Keempat*, faktor disiplin pemakai jalan dan penegakan hukum, sudah menjadi suatu pembicaraan umum yang menyatakan bahwa pengguna jalan di negara kita ini berdisiplin rendah, dampak dari itu kadangkala bisa berakibat kemacetan lalu lintas. Banyaknya bentuk-bentuk pelanggaran yang dilakukan oleh pengguna jalan yang salah menggunakan bagian-bagian jalan atau cara-cara berlalu lintas, yang tidak atau lambat dalam mengambil tindakan.

Kemacetan lalu lintas diindikasikan dengan adanya antrian kendaraan yang panjang atau pengemudi hanya bisa mengembangkan kecepatan kendaraannya sangat rendah rendah ( lebih kecil dari 5 km/jam, TRL-UK), terutama hal tersebut terjadi pada jalan berfungsi arteri dan kolektor. Kemacetan pada dasarnya merupakan ujung akhir dari akumulasi permasalahan transportasi dari hulu sampai ke hilir yang muncul ke permukaan.

Karena itu, penanganan kemacetan lalu lintas sudah suatu keharusan yang perlu dilakukan secara komprehensif disemua tingkat permasalahan transportasi. Penanganan secara komprehensif tentunya akan membutuhkan waktu dan biaya yang besar, sedang dilain pihak kondisi anggaran pemerintah pusat maupun daerah saat ini sangat terbatas, maka perlu dicari inovasi bentuk penanganan yang paling mungkin untuk bisa dilakukan. Penanganan yang paling mungkin untuk bisa dilakukan saat ini, bisa dimulai dari permasalahan transportasi yang ada ditingkat mikro, permasalahan ditingkat mikro hanya menyangkut aspek tingkat pelayanan lalu lintas jalan.

Tingkat pelayanan lalu lintas dimana salah satu variabel pembentuknya adalah faktor hambatan samping, untuk itu dalam tulisan ini merupakan salah satu upaya untuk bisa memberikan pemecahan dalam cara penanganan kemacetan lalu lintas melalui pengurangan intensitas hambatan samping. Dimana sifat dari bentuk penanganan adalah praktis, sederhana, dan berbiaya murah, melalui optimalisasi prasarana yang ada.

Bentuk penanganan hambatan samping ini dimulai dari identifikasi permasalahan penyebab kemacetan dan bentuk penanganan yang sudah serta sering dilakukan di daerah. Bentuk penanganan tersebut distudi untuk dianalisis sejauh mana bisa memberikan peningkatan terhadap kinerja jalan. Bentuk penanganan yang diangkat sebagai kasus studi dalam tulisan ini adalah penanganan dengan cara memberi segregasi dengan pagar pada seksi jalan dengan guna lahan komersial dan intensitas hambatan sampingnya tinggi.



## II. STUDI PUSTAKA

### 2.1. Definisi Istilah

Dalam tulisan ini banyak menggunakan istilah-istilah, secara umum istilah tersebut sudah cukup dikenal, namun demikian dalam sub-bab ini akan disampaikan definisi istilah yang dimaksud dalam lingkup tulisan ini seperti :

#### 1) Kemacetan Lalulintas,

Suatu kondisi/kinerja jalan yang berkonotasi buruk, secara visual di lapangan kemacetan lalulintas tersebut ditunjukkan dengan kejadian sebagai berikut :

- Adanya antrian kendaraan dengan pergerakan yang dipaksakan
- Terjadi perbedaan cukup signifikan antara Travel Speed (kecepatan perjalanan) dengan Running Speed yaitu,  $running\ speed > travel\ speed$
- Waktu tempuh perjalanan lebih lama dibanding dengan keadaan normal
- Rasio antara volume lalulintas dibagi dengan kapasitasnya relatif kecil.

#### 2) Biaya Murah,

Kemacetan dan penanganan secara teoritis dapat dinyatakan dalam satuan moneter, biaya penanganan murah didapat dari proses analisis ekonomi sejauh mana biaya yang bisa memberikan keuntungan bagi masyarakat/pemakai jalan. Analisis biasanya didasarkan pada pendekatan analisis manfaat biaya, yaitu menilai sejauh mana perbandingan antara manfaat yang akan diperoleh dan biaya yang akan dikeluarkan. Manfaat dalam hal penanganan kemacetan diasumsikan berupa manfaat ekonomi yaitu adanya peningkatan kinerja jalan yang lebih baik, dan berdampak pada kecilnya biaya operasi kendaraan dan nilai waktu, sementara biaya proyek yang dipertimbangkan merupakan biaya konstruksi dan biaya pengoperasian.

Indikator-indikator yang digunakan untuk menilai biaya murah yang umum biasa digunakan dalam mengevaluasi kelayakan adalah seperti, NPV (Net Present Value), B/C Rasio (Benefit Cost Rasio) dan IRR (Internal Rate of Return).

#### 3) Jangka Pendek,

Jangka pendek adalah suatu ukuran skala waktu yang dikaitkan dengan program kegiatan, dimana kegiatan yang dimaksud merupakan sasaran antara untuk menuju ke program jangka panjang (menyeluruh). Hasil penanganan jangka pendek yang terjadi tidak berpengaruh terhadap program jangka menengah dan panjang, akan tetapi bisa memberikan keuntungan untuk program jangka menengah dan panjang.

### 2.2. Karakteristik Lalulintas

Variabel karakteristik lalulintas sebagai data masukan dalam proses analisa kinerja jalan, perlu diketahui dan dipahami. Dalam kajian pustaka ini dicoba dirangkum secara garis besar sebagai gambaran, adalah sebagai berikut :

#### 1) Volume Lalulintas,

Volume lalu lintas merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam menilai tingkat kinerja jalan, volume pada dasarnya merupakan proses perhitungan yang berhubungan dengan jumlah pergerakan lalu lintas per satuan waktu pada lokasi tertentu. Lalu lintas kendaraan yang operasional di lapangan bisa terdiri atas berbagai jenis kendaraan seperti kendaraan penumpang, kendaraan truk, kendaraan bus, dan sepeda motor. Karena lalulintas terdiri atas berbagai jenis kendaraan maka, dalam teknik lalu lintas besaran volume dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP), merupakan besaran yang telah dikonversikan kesuatu faktor tertentu yaitu, ekuivalen mobil penumpang (emp). EMP merupakan faktor yang menunjukkan dari berbagai tipe kendaraan dibandingkan dengan kendaraan penumpang, hal tersebut sehubungan dengan pengaruh karakteristik dari kecepatan dan ruang dalam arus lalulintas, untuk mobil penumpang atau sasisnya mirip, maka emp-nya = 1.

Jadi volume lalulintas adalah jumlah kendaraan yang lewat persatuan waktu dimana, waktu yang dipilih tergantung dari tujuan studi dan tingkat konsentrasi.

Volume lalulintas dalam interval yang lebih pendek dari satu hari (24 jam) akan lebih mencerminkan keadaan yang harus diperhatikan dalam perencanaan geometrik dan manajemen lalulintas, waktu yang sangat pendek tetapi sering berulang seperti saat jam sibuk, adalah lebih penting. Dalam banyak hal waktu satu jam memenuhi persyaratan, tetapi akan tidak bijaksana jika dalam perencanaan didasarkan pada waktu jam sibuk yang didapat dari seluruh tahun, itu sesuatu perencanaan yang tidak ekonomis. Suatu petunjuk untuk menentukan volume lalu lintas per jam yang sesuai untuk perencanaan adalah suatu lengkung (tumit) yang memperlihatkan perubahan jam puncak volume lalulintas per jam sepanjang tahun.

#### 2) Kecepatan Kendaraan,

Ukuran secara kualitatif dari kemampuan prasarana jalan bisa diukur dari kecepatan yang bisa dikembangkan oleh pengemudi di jalan tersebut, dimana kecepatan operasional yang bisa dikembangkan pengemudi di jalan sangat erat kaitannya dengan jenis kendaraan, lingkungan, dan kondisi emosi pengemudi itu sendiri, seperti laki/perempuan dan tua/muda.

Kecepatan adalah laju perjalanan yang biasanya dinyatakan dalam satuan kilometer per jam (Km/Jam) atau panjang jalan yang ditempuh dibagi dengan waktu tempuhnya. Kecepatan kendaraan dalam teknik lalu lintas yang umum sering digunakan untuk menilai kualitas kinerja lalu lintas jalan, ada tiga jenis yaitu ;

*Kecepatan setempat* (spot speed), adalah kecepatan kendaraan pada suatu segmen jalan yang relatif pendek, diukur dari suatu tempat yang ditentukan.

*Kecepatan Perjalanan* (travel speed) adalah didapat dari waktu kumulatif yang ditempuh dari suatu panjang jalan pada suatu rute tertentu, yang didalamnya termasuk bagian dari waktu tundaan (delay) dan waktu bergerak (running). Dengan didapatnya waktu perjalanan, waktu tundaan, dan jarak perjalanan maka dengan persamaan sederhana bisa didapat kecepatan perjalanan dan kecepatan bergerak.

*Kecepatan bergerak* (running speed) adalah kecepatan kendaraan pada suatu jalur jalan pada saat kendaraan bergerak yang didapat dengan membagi panjang jalur dibagi dengan lama waktu kendaraan bergerak (waktu tempuh dikurangi waktu tundaan).

### 3) Tundaan,

Tundaan (delay) adalah waktu tempuh tambahan saat kendaraan melewati suatu panjang jalan/rute yang mendapat hambatan, dibandingkan saat melewati tidak terjadi hambatan. Kriteria tundaan merujuk kepada referensi yang dinyatakan oleh TRL-UK bahwa tundaan terjadi pada saat laju/bergerak kendaraan hanya bisa mencapai kecepatan maksimum sebesar 5 Km/Jam.

Tundaan di jalan bisa terjadi karena adanya :

- faktor pengaruh/konflik kendaraan lain
- faktor geometrik, yang disebabkan perlambatan untuk melewati fasilitas, misalnya persimpangan/akses jalan (intersection delay)
- konflik dengan pejalan kaki
- kegiatan lain yang ada di sisi jalan (hambatan samping).

Jadi tundaan bisa terjadi di mana saja di sepanjang perjalanan.

### 4) Kapasitas Jalan,

Kapasitas (C) adalah arus lalu lintas (V) maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misalnya dalam rencana geometri, lingkungan, komposisi lalu lintas dan sebagainya, biasanya dinyatakan dalam kend/jam atau smp/jam). Kapasitas operasional merupakan perkalian dari kapasitas dasar pada kondisi ideal dengan faktor-faktor penyesuaian kondisi seperti, geometri, dan lingkungan. Pada jalan perkotaan faktor yang

sangat pengaruhi kapasitas adalah hambatan samping dan lebar efektif jalan (MKJI).

### 5) Tata Guna Lahan,

Setiap tata guna lahan dalam sistem transportasi berperan sebagai sistem kegiatan yang mempunyai bentuk kegiatan tertentu yang akan membangkitkan pergerakan (traffic generation) dan akan menarik pergerakan (traffic attraction). Guna lahan untuk kegiatan komersial seperti pasar, toko, dan mal berpeluang untuk membangkitkan pergerakan dengan intensitas tinggi. Bangkitan dengan intensitas tinggi akan selalu diikuti oleh kegiatan lain seperti parkir, tingginya volume pejalan kaki, naik turun penumpang angkutan, dan kegiatan informal lainnya. Kondisi tersebut apabila tidak ditata dengan baik atau kebutuhan pergerakan lebih besar dari prasarana yang tersedia atau prasarana yang tersedia tidak berfungsi sebagaimana mestinya, akan menimbulkan faktor hambatan samping dengan intensitas yang tinggi pula.

### 6) Hambatan Samping,

Hambatan samping sisi jalan merupakan faktor yang bisa menurunkan kinerja lalu lintas bahkan bisa sampai mencapai kondisi macetnya lalu lintas, faktor tersebut dalam buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia cukup mendapat perhatian, hal tersebut seperti diilustrasikan dalam rumus kapasitas jalan bahwa kapasitas dasar bisa menurun sejajar dengan intensitas faktor hambatan sampingnya.

Rumus kapasitas :

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS}$$

C = kapasitas, C<sub>0</sub> = kapasitas dasar, F<sub>sp</sub> = faktor penyesuaian hambatan samping

Variabel hambatan samping sisi jalan yang dimaksud adalah seperti berikut ini :

- Pejalan kaki
- Naik turun penumpang angkutan umum dan kendaraan lainnya
- Kendaraan lambat (becak, gerobak, kereta kuda)
- Kendaraan keluar masuk dari akses jalan dan lahan.
- Pedagang kaki lima (PKL).

Dengan melihat permasalahan yang diuraikan tersebut di atas bahwa adanya suatu korelasi antara intensitas hambatan samping merupakan fungsi dari aktifitas guna lahan, yang tentunya jika tidak dikelola dengan baik.



### 2.3. Geometri Jalan

Perencanaan geometri jalan sudah mempertimbangkan aspek-aspek seperti keselamatan, kelancaran, efisiensi, ekonomi, ramah lingkungan dan kenyamanan, bagi lalu lintas dan lingkungan.

Jalan secara utuh dalam suatu ruang akan terdiri atas bagian bagian sebagai berikut ;

*Damaja*, merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi dan kedalaman ruang bebas tertentu, dimana ruang tersebut meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman, timbunan dan galian, gorong-gorong, perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap lainnya.

*Damija*, merupakan seluruh areal daerah manfaat jalan ditambah kebutuhan untuk pelebaran jalan maupun penambahan jalur lalu lintas di kemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan.

*Dawasja*, merupakan lajur lahan di luar Damija yang berada di bawah pengawasan pembina jalan, ditujukan untuk penjagaan terhadap terhalangnya pandangan bebas pengemudi dan untuk konstruksi jalan, dalam hal ruang daerah milik jalan tidak mencukupi.

[ PP No. 26 Tahun 1985 ].

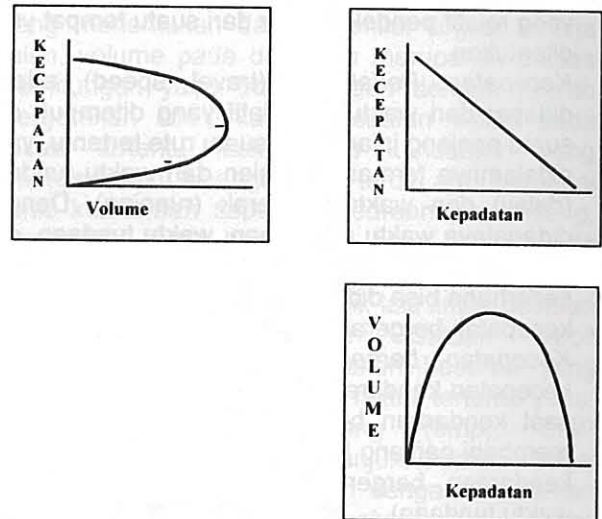
### 2.4. Landasan Teori

#### 1) Kemacetan Lalulintas,

Kemacetan lalu lintas adalah suatu kondisi dari aliran lalu lintas yang terhambat dan dipaksakan, kondisi tersebut analog dengan dasar teori maupun empiris dengan aliran fluida dalam pipa, apabila aliran fluida dalam pipa pada suatu titik tertentu mendapat gangguan bisa dikarenakan perubahan dimensi penampang atau nilai hambatan, maka akan mengalami penurunan kinerja aliran. Penurunan kinerja aliran fluida akan terjadi dalam beberapa fase keadaan, pada aliran lalu lintas juga berlaku sama yaitu, suatu fase dimana kendaraan dengan bebas bergerak menurut kecepatan yang dikehendaki oleh pengemudi tanpa halangan dan tidak terganggu kendaraan lain (freeflow), fase lain dimana hambatan samping dan kendaraan lain mulai mempengaruhi, saat itu akan terbentuk perlambatan, jika tidak ditangani bisa sampai kecepatan mendekati nol atau macet.

Fenomena yang sering kita jumpai dalam karakteristik aliran lalu lintas yang saling mempengaruhi yaitu adanya tiga karakteristik primer antara volume, kecepatan, dan kepadatan, seperti diilustrasikan pada Gambar 1. di bawah ini, dimana kondisi bisa terjadi semakin tinggi volume lalu lintas maka kecepatan akan semakin menurun dan kepadatan semakin meningkat.

Dikaitkan dengan kondisi jalan macet yaitu kecepatan kendaraan hanya bisa mencapai 5 km/jam (jauh di bawah kecepatan yang ditetapkan dalam ciri-ciri fungsi jalan), maka volume lalu lintas yang bisa dialirkan tidak akan bisa mencapai kapasitasnya, kondisi tersebut adalah suatu kondisi jalan yang tidak efisien.



Gambar 1. Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Dengan melihat indikator rasio dari  $v/c$  bisa memberikan suatu kondisi aliran lalu lintas, jika nilai  $v/c = 1$  artinya kondisi aliran lalu lintas berada pada kapasitasnya, pada saat itu kondisi lalu lintas sudah sensitif dan aliran sudah dipaksakan, artinya dengan ada gangguan sedikit saja bisa menimbulkan kemacetan lalu lintas. Kondisi toleransi yang masih bisa diterima jika nilai  $v/c$  berkisar antara 0,70 s/d 0,85 dan bersamaan dengan itu indikator kecepatan kendaraan yang bisa dikembangkan pengemudi sesuai dengan ciri-ciri fungsi jalannya, besar kecilnya batas toleransi tersebut akan mempengaruhi beban yang harus dipikul oleh pemakai jalan. Kondisi dimana  $v/c$  mendekati nol tidak berarti aliran lalu lintas itu baik, kemungkinan bisa terjadi  $v/c$  mendekati nol aliran lalu lintas sudah dipaksakan atau macet, jadi nilai  $v/c$  senantiasa harus dibarengi dengan indikator lain seperti kecepatan pada waktu yang bersamaan.

#### 2) Manajemen Lalu lintas,

Jaringan jalan sebagai prasarana/media transportasi untuk pergerakan lalu lintas manusia dan barang, yang bisa memenuhi kriteria aman, lancar, cepat, nyaman, dan ramah dengan lingkungan, akan tercipta jika sistem tersebut diatur oleh suatu manajemen dan rekayasa lalu lintas yang baik. Manajemen lalu lintas pada dasarnya adalah pengelolaan dan pengendalian arus lalu lintas dengan melakukan optimalisasi penggunaan prasarana yang ada, bisa melalui pengurangan tingkat pertumbuhan lalu lintas dan memberi kemudahan yang efisien dalam



penggunaan ruang jalan serta memperlancar sistem pergerakan. Jadi sasaran utama dari manajemen lalu lintas harus bisa meningkatkan kinerja jalan melalui pembenahan aspek seperti berikut ini :

- Meminimumkan faktor hambatan samping jalan terhadap pergerakan lalu lintas
- Menaikan kapasitas jalan
- Optimalisasi ruang jalan sesuai ciri-ciri fungsi jalan.

Sasaran tulisan ini yaitu meminimalkan faktor hambatan samping yang bersifat praktis pada lingkup permasalahan transportasi yang ada ditingkat mikro, sejalan dengan azas manajemen lalu lintas.

### 3) Kinerja Jalan,

Variabel kinerja jalan yang utama seperti, kapasitas, derajat kejenuhan, dan kecepatan kendaraan, dari masing masing variabel tersebut mempunyai ukuran secara kuantitas, dari ukuran tersebut sudah bisa memberikan kondisi dari jalan dan lalu lintasnya. Ukuran kinerja jalan merupakan fungsi dari variabel karakteristik lalu lintas, geometri, dan lingkungan, variabel tersebut menjadikan sesuatu data masukan yang bersifat dinamis. Maka hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengukuran data dan analisa adalah faktor seperti berikut ini :

- Pola pergerakan arah lalu lintas
- Volume jam puncak
- Pola fluktuasi volume lalu lintas, seperti adanya jam puncak pagi dan jam puncak sore
- Ciri-ciri fungsi jalan
- Kondisi dan geometri jalan
- Kinerja dan persoalan lalu lintas
- Kecelakaan lalu lintas dan kejadian lainnya.

Manual analisa kinerja jalan secara umum didapat berdasarkan studi empiris, tentunya ada suatu batasan-batasan tertentu yang harus dipenuhi, namun demikian apapun hasil yang didapat seyogyanya harus disesuaikan terhadap penilaian teknik rekayasa lalu lintas terapan lainnya.

## III. METODOLOGI

### 3.1. Pendekatan Studi

Pendekatan studi dalam tulisan ini berangkat dari suatu hipotesa bahwa "*pengemudi bisa mengembangkan kecepatan kendaraannya lebih tinggi apabila faktor hambatan samping bisa dikurangi*". Untuk membuktikan hipotesa tersebut maka dilakukan uji kinerja jalan dari beberapa bentuk penanganan kemacetan yang bersifat praktis dan sudah dilakukan di beberapa kota. Penanganan yang dilakukan dalam upaya untuk mengurangi faktor hambatan samping, yaitu dengan cara memberi segregasi dengan memasang pagar antara jalur lalu lintas dan jalur pejalan kaki/trotoar.

Kegiatan studi yang dilakukan adalah sebagai berikut :

#### 1) Survei data,

Untuk mendapatkan kinerja jalan perlu adanya data-data masukan, data tersebut didapat dari data sekunder dan primer. Data primer seperti volume lalu lintas, hambatan samping, geometri jalan, dan data pendukung lainnya, itu semua cara mendapatkannya merujuk sesuai ketentuan yang ada pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), adalah suatu piranti yang bisa digunakan untuk analisa perencanaan, rancangan, dan operasional. Data kecepatan kendaraan dan waktu tundaan dilakukan pengukuran lagi merupakan data pendukung, yang didapat dari hasil pengukuran dengan metoda moving car.

#### 2) Analisa,

Melakukan simulasi model uji kinerja jalan dari beberapa bentuk penanganan, proses analisa diarahkan sejauh mana bentuk penanganan pengurangan faktor hambatan samping yang dilakukan bisa memberikan peningkatan terhadap kinerja jalan.

Metoda uji kinerja yang digunakan yaitu dengan cara membandingkan kinerja jalan antara segmen jalan tanpa segregasi dengan segmen jalan yang diberi segregasi.

#### 3) Lokasi studi

Lokasi yang diangkat sebagai kasus studi diambil pada beberapa ruas jalan yang ada di kota Bandung, Cimahi, Jakarta, dan Surabaya. Kriteria lokasi baik secara fisik jalan dan kondisi lalu lintas relatif mendekati sama seperti, hal tipe jalan, lingkungan, dan kinerja lalu lintas (derajat kejenuhan, dan fungsi jalan).

## IV. PRESENTASI DATA

### 4.1. Karakteristik Lokasi

Dalam pengambilan lokasi ruas jalan sebagai kasus studi, ditetapkan terlebih dahulu kriterianya yaitu, dimana karakteristik fisik dan kondisi lalu lintas dengan asumsi relatif sama, yang dalam hal ini adalah :

- Tipe jalan mempunyai empat lajur dua arah terbagi (4/2-UD)
- Lebar lajur berkisar antara 3 s/d 3,5 meter
- Derajat kejenuhan berkisar 0,7 s/d 0,8
- Volume lalu lintas perjalur 1300 smp/jam
- Lingkungan sisi jalan dengan guna lahan komersial/pertokoan.



## 4.2. Uji Coba Model

Proses analisa dengan cara membandingkan kecepatan kendaraan yang bisa dikembangkan oleh pengemudi saat melewati kedua kondisi jalan, jalan tanpa segregasi dan jalan dipasang segregasi adalah sebagai berikut :

### 1) Model hubungan

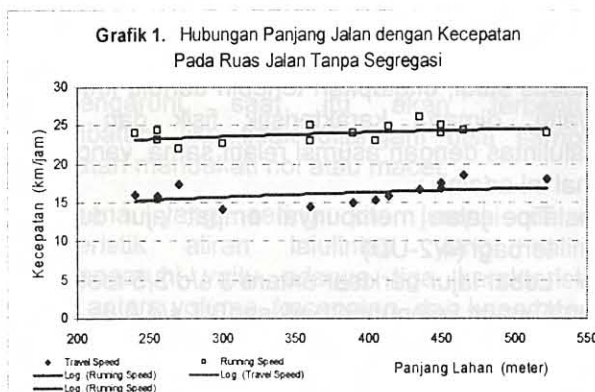
Ada beberapa model hubungan yang bisa diuji dari data panjang seksi jalan, travel time, dan running speed seperti disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.**  
**DATA KECEPATAN KENDARAAN**

Dengan Segregasi			Tanpa Segregasi		
Panjang Seksi Jalan (Meter)	Travel Speed (Km/Jam)	Running Speed (Km/Jam)	Panjang Seksi Jalan (Meter)	Travel Speed (Km/Jam)	Running Speed (Km/Jam)
228	26	31	240	16	24
240	30	31	255	16	24
255	27	32	255	16	23
255	34	34	270	17	22
270	29	34	300	14	23
300	35	35	360	14	23
330	36	36	360	15	25
360	34	34	390	15	24
390	31	37	405	15	23
420	36	36	414	16	25
450	39	39	435	17	26
465	38	38	450	17	24
528	40	40	450	18	25
540	38	40	465	19	24
645	40	40	522	18	24

Untuk membuktikan hipotesa bahwa ada perubahan kecepatan kendaraan apabila jalan dengan lingkungan guna lahan komersial jika diberi segregasi dengan pagar akan meningkatkan kecepatan kendaraan, uji hipotesa tersebut diambil dari beberapa hubungan variabel utama, diantaranya ada dua bentuk hubungan yang cukup berarti dalam kinerja jalan.

*Pertama*, seperti diilustrasikan pada gambar Grafik 1. merupakan hubungan antara panjang jalan dengan kecepatan kendaraan tanpa ada segregasi.

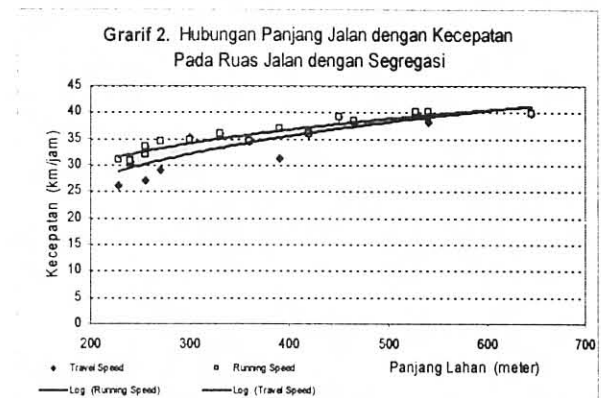


Hasil analisa dari model hubungan tersebut beberapa indikator pembuktian hipotesa yang bisa dikemukakan seperti :

- Besarnya korelasi adalah 0,834 dengan tingkat signifikansi 0.0001,
- Koefisien korelasi hitung lebih besar dari tabel ( $0,834 > 0,345$ ), dengan taraf kesalahan 5 % atau kepercayaan 95 % maka  $H_1$  diterima,  $H_0$  ditolak.
- Nilai t hitung lebih besar dari tabel ( $10,797 > 2,064$ ), dengan taraf kesalahan 5%

Dengan melihat nilai indikator tersebut artinya adanya hubungan yang kuat antara panjang segregasi dengan peningkatan kecepatan yang bisa dikembangkan pengemudi.

*Kedua*, seperti diilustrasikan pada gambar Grafik 2. merupakan hubungan antara panjang segmen jalan tanpa segregasi dengan kecepatan kendaraan,



Hasil analisa dari model hubungan tersebut beberapa indikator pembuktian hipotesa yang bisa dikemukakan seperti :

- Besarnya korelasi adalah 0,492 dengan tingkat signifikansi 0.062,
- Koefisien korelasi hitung lebih besar dari tabel ( $0,492 > 0,345$ ), dengan taraf kesalahan 5 % atau kepercayaan 95 % maka  $H_1$  diterima,  $H_0$  ditolak.
- Nilai t hitung lebih besar dari tabel ( $15,186 > 2,064$ ), dengan taraf kesalahan 5 %

*Ketiga*, Komparasi travel time antara jalan tanpa segregasi dengan jalan diberi segregasi, dimana indikator menunjukkan seperti dalam hal ;

- Besarnya korelasi adalah 0,559 dengan tingkat signifikansi 0.030,
- Nilai t hitung lebih besar dari tabel ( $-17,428 > 2,064$ ), dengan taraf kesalahan 5 %

Dengan melihat nilai indikator dari beberapa hubungan beberapa yang bisa disimpulkan seperti :

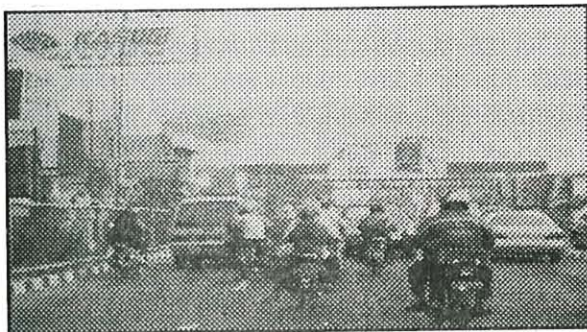


- Makin panjang segregasi peningkatan kecepatan kendaraan bertambah
- Jalan tanpa segregasi, hambatan samping selalu terjadi disemua panjang jalan, (Grafik 1. kurva travel speed selalu berbeda dengan kurva running speed, dimana perbedaan yang terjadi hampir sama disetiap panjang jalan).
- Adanya perbedaan travel speed dengan running speed menunjukkan bahwa jalan tersebut ada hambatan.
- Adanya perbedaan kecepatan kendaraan yang signifikan antara jalan tanpa segregasi dengan jalan diberi segregasi.

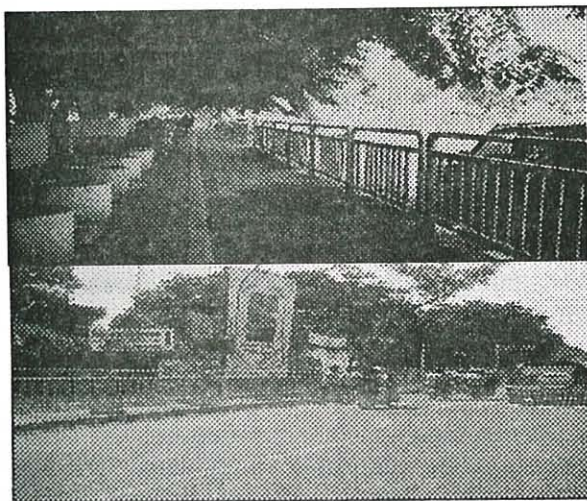
Berikut ini beberapa foto kondisi lapangan sebagai ilustrasi kondisi saat jalan sebelum diberi segregasi dan saat jalan sesudah diberi segregasi :



Gambar 2. Sebelum diberi segregasi



Gambar 3. Sesudah diberi segregasi



Gambar 4. Tipikal segregasi dengan pagar

## V. KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari tulisan ini antara lain :

- 1) Hambatan samping bisa mempengaruhi aliran lalu lintas kendaraan (kinerja jalan).
- 2) Alternatif bentuk penanganan untuk pengurangan faktor hambatan samping dengan cara memberi segregasi dengan pagar bisa mengurangi intensitas hambatan samping, ditunjukkan dengan adanya peningkatan kecepatan kendaraan yang bisa dikembangkan pengemudi.

### 5.2. S a r a n

Saran yang bisa diusulkan diantaranya :

- 1) Untuk merasa memiliki, maka peran serta masyarakat sangat dibutuhkan dalam upaya mengurangi hambatan samping.
- 2) Untuk pemegang kebijakan baik di tingkat pusat maupun di daerah bahwa perlu segera dilakukan penanganan masalah transportasi secara terpadu disemua tingkatan, yang dimulai dari tngkat makro, messo, sampai ke mikro.

## DAFTAR FUSTAKA

- 1) Ditjen. Bina Marga (1997), Manual Kapasitas Jalan Indonesia.
- 2) Road Directorate Ministry of Transport Denmark (1983), Roads With Environmental Priority.
- 3) The Institution of Highways and Transportation UK (1986), Roads and Traffic in Urban Areas.
- 4) Erwin Kusnandar, Laporan Penelitian (2003), Penanganan Kemacetan Lalulintas di Jalan Perkotaan.

### Penulis :

*Ir. Erwin Kusnandar, Asisten Peneliti Muda, Bidang Teknik Lalu Lintas dan Lingkungan Jalan, Pada Puslitbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Kimpraswil, Departemen Kimpraswil.*





## PENGUJIAN WARNA CAT TERMOPLASTIK UNTUK MARKA JALAN

*Leksmorningsih*

### **RINGKASAN**

*Jalan sebagai prasarana perhubungan memegang peranan penting di dalam menunjang laju pertumbuhan perekonomian.*

*Dikaitkan dengan fungsi jalan yang sangat vital tersebut dituntut antara lain jalan dapat memberikan keselamatan terhadap kendaraan pemakai jalan dengan menerapkan rambu-rambu jalan termasuk marka jalan yang berfungsi dengan baik sehingga dapat mengurangi terjadinya kecelakaan lalu-lintas.*

*Untuk penggunaan cat marka jalan di Indonesia umumnya digunakan cat marka jenis termoplastik menggantikan cat konvensional yang berumur pendek.*

*Saat ini sudah ada Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu spesifikasi cat Termoplastik sesuai SNI 06-4826-1998 dan metode pengujian cat termoplastik sesuai SNI 03-6450-2000 (AASHTO M 250 - 98)*

*Ketentuan yang sekarang digunakan untuk bentuk dan ukuran adalah menurut SK Menteri Perhubungan No.KM 60 tahun 1993 tentang marka jalan.*

*Pengujian cat termoplastik tentang warna telah dilakukan, dan hanya dikenal satu warna cat yaitu warna putih. Belum adanya persyaratan warna, terutama cat warna kuning sebagai tambahan, sehingga belum ada keseragaman warna cat pada permukaan perkerasan jalan.*

*Di dalam penelitian ini dibahas mengenai warna cat termoplastik, dengan mengikuti standar Internasional (CIE Standard Colour) yang berlaku, sehingga dapat menjadi acuan untuk penggunaan warna cat termoplastik yang digunakan di Indonesia.*

### **SUMMARY**

*Roads as transportation infrastructure has an important role in supporting economic growth. In relation to that vital function, safety factor should be taken into account by applying good road markings so that traffic accidents can be reduced. In Indonesia, thermoplastic paints are commonly used for road markings to replace conventional paints that give short time of service.*

*Indonesia standards and specifications on thermoplastic paint have been available namely SNI 06-4826-1998 and method for testing SNI Pd M-08-1999-03 (AASHTO M 250-98), so the quality of thermoplastic materials should comply to those specifications.*

*For the shape and size of road marking, ministerial decree of communication No. KM 60, 1993 has been applied recently. The regulation is very important for traffic design.*

*The test on colour of thermoplastic paint has been done and white was the only colour recognized. Specification for colour is not available mainly for yellow as additional colour, so there is no uniformity in using colour on road pavement surface.*

*The paper discusses the colour of thermoplastic paint adopting CIE standard colour, so it can become a reference for the usage of thermoplastic paint in Indonesia.*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Penggunaan cat marka jalan telah menjadi suatu keharusan untuk memandu lalu-lintas sesuai dengan peruntukannya dan merupakan rambu-rambu yang diterapkan di atas permukaan perkerasan jalan, sehingga arus lalu-lintas dapat berjalan dengan teratur dan lancar.

Untuk cat jenis termoplastik dimana pelaksanaannya menggunakan alat pemanas (hot paint), keawetan cat sangat tergantung kepada kualitas bahan yang digunakan pada pembuatan cat, yang terdiri dari : bahan pengikat ( binder) sebanyak 20%, bahan refleksi manik-manik kaca (glass bead) 30%, bahan pewarna (pigment) 10% dan bahan pengisi (filler, CaCO<sub>3</sub>) sebanyak 40%, prosentase dari campuran cat harus sedemikian rupa sehingga bila berada dalam keadaan larut setelah pemanasan, cat siap disemprotkan pada permukaan perkerasan jalan dengan baik sesuai ukuran yang diperlukan.

Di Indonesia sebenarnya hanya dikenal satu macam warna cat yaitu warna putih ( Kep. Men. Hub. No KM 60 tahun 1993). Warna putih harus memenuhi persyaratan dan sesuai untuk penerapan pada permukaan perkerasan jalan di Indonesia.

Warna putih hanya dibatasi pada persyaratan indeks kekuningan maksimum 0,12 ( SNI 06-4826-1998), sedangkan warna kuning sebagai warna tambahan belum mempunyai persyaratan.

Namun masih banyak yang menggunakan cat termoplastik warna kuning, dikarenakan dipandang perlu untuk mempertegas cat marka warna putih yang telah ada, warna kuning diterapkan sebagai batas tepi bagian dalam dari lajur jalan yang mempunyai median, sebagai pembatas dari lajur dua arah.

Untuk pelaksanaan, ketentuan dan jenis marka jalan dan penerapannya pada perkerasan jalan dapat dilihat pada buku Pedoman Perencanaan marka jalan

### 1.2. Maksud dan Tujuan

**Maksud** dari pengujian adalah untuk mencoba menerapkan konsep standar warna pada cat marka jenis termoplastik yang digunakan di Indonesia.

**Tujuan** pengujian sebagai acuan untuk menentukan warna cat marka termoplastik yang sesuai dengan persyaratan dan dapat digunakan pada permukaan perkerasan jalan di Indonesia, meliputi standar bahan, bahan pemantul dan warna

### 1.3. Lokasi penelitian

Pengujian dilakukan di laboratorium cat marka jalan , Balai Teknik lalu-lintas dan Transportasi, Puslitbang Prasarana Transportasi Bandung, terhadap berbagai produk cat padat Termoplastik

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pengujian Laboratorium

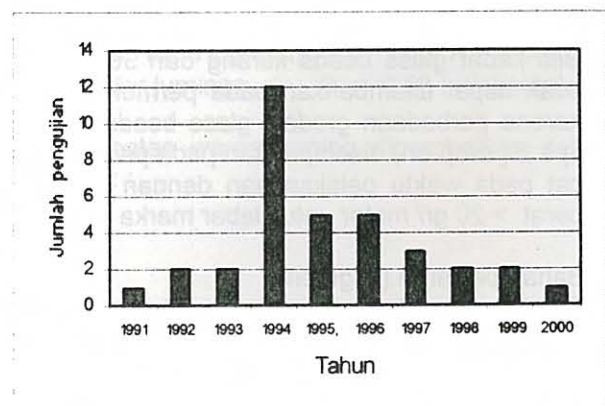
pengujian cat marka termoplastik sesuai persyaratan SNI 06-4826-1998.

**Tabel 1.**  
**PERSYARATAN CAT TERMOPLASTIK**

No	Pengujian	Satuan	Persyaratan
1	Berat Jenis	-	maks 2,15
2	Titik Lembek	°C	102,5 ± 9,5
3	Waktu Pengeringan	menit	maks 10
4	Daya Pantul	%	min 75
5	Indek Kekuningan	-	maks 0,12
6	Kuat Lekat	Psi	min 180
7	Kuat Tekan	Kg/cm <sup>2</sup>	min 120
8	Ketahanan terhadap retak (Temp - 9,4 ± 1,7 °C)	-	Baik
9	Kemampuan alir setelah pemanasan (218°C selama 4jam)	- Putih	% residu maks 18
		- Kuning	% residu maks 21
10	Kemampuan alir setelah pemanasan (218°C selama 8jam)	- Putih	% residu maks 28
		- Kuning	% residu maks 28
11	Komposisi :		
	Putih		
	- Bahan pengikat	% berat	min 18
	- Manik-manik kaca	% berat	30 - 40
	- Titanium Oksida (TiO <sub>2</sub> )	% berat	min 10
	- Kalsium Karbonat (CaCO <sub>3</sub> ) Kuning	% berat	maks 42
- Bahan pengikat	% berat	min 18	
- Manik-manik kaca	% berat	30 - 40	

#### 2.1.1. Pengujian komposisi cat termoplastik

Sebagai gambaran dapat dilihat jumlah beberapa produk cat termoplastik yang diuji di laboratorium dari tahun 1991 sampai 2000



Gambar 1. Jumlah pengujian cat termoplastik



Dari hasil pengujian yang dilakukan Puslitbang Prasarana Transportasi dilaporkan dari jumlah yang diterima 25% tidak memenuhi persyaratan. SNI 06-4826-1998, terutama pada komposisi bahan.

Bahan yang digunakan umumnya tergantung kepada persyaratan yang diacu, sebagai contoh dapat digunakan komposisi BS 3262 part 1 sebagai berikut :

- |                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| - Bahan pengikat ( binder)         | 20 bagian |
| - Manik- manik kaca ( glass Beads) | 30 bagian |
| - Bahan pewarna ( pigmen )         | 10 bagian |
| - Bahan pengisi ( filler)          | 40 bagian |

Masing-masing komponen dapat diuraikan sebagai berikut :

a). Bahan pengikat ( binder)

Terdiri dari resin hidrokarbon sintesis yang diproses menjadi plastik dengan menggunakan minyak mineral, bersifat kental dan larut, sehingga pada waktu pelaksanaan mudah disemprotkan. Alifatik hidrokarbon resin plastik ditambah dengan sintesis resin dikembangkan untuk dapat tahan terhadap temperatur tinggi dan kuat menahan beban kendaraan yang berat. Mempunyai sifat yang baik, berwarna terang dan mempunyai pelekatan yang baik.

Bila kadar bahan pengikat dibawah 20 bagian, menyebabkan pelekatan cat pada perkerasan jalan kurang baik.

b). Manik-manik kaca ( glass beads)

Glass beads yang dicampur ( premix) dengan bahan cat termoplastik harus sesuai dengan persyaratan tipe 1, sedangkan glass beads yang disemprotkan ( drop-on) ke permukaan cat pada pelaksanaan harus memenuhi persyaratan tipe 2 dari SNI 15-4839-1998 tentang persyaratan glass beads.

Refleksi yang tinggi diperoleh dari campuran glass beads yang berada dalam campuran, sehingga memberikan cahaya balik ( retro-reflection) kepada pengemudi terutama pada malam hari.

Bila kadar glass beads kurang dari 30 bagian tidak dapat ditambahkan pada permukaan cat karena perbedaan gradasi glass beads. Untuk tipe 2 ( drop-on) disemprotkan pada permukaan cat pada waktu pelaksanaan dengan jumlah berat > 20 gr/ meter untuk lebar marka 15 cm.

c). Bahan pewarna ( pigmen)

Untuk cat marka warna putih, pigmen terdiri dari Titanium di Oksida (  $TiO_2$  ) dan harus sedemikian rupa sehingga memberikan factor cahaya minimum 75%, Untuk warna kuning pigmen dari bahan Lead Chromat (  $PbCrO_4$  ) yang stabil sampai pemanasan 200 °C.

Bila kadar pigmen dibawah 10 bagian, menyebabkan warna cat menjadi kusam, untuk warna putih dapat terlihat bila pengujian indeks kekuningan diatas 0,12

d). Bahan pengisi ( filler)

Terdiri dari pasir silika putih, butir kalsit (  $CaCO_3$  ) kuarsa atau agregat lainnya yang sesuai. Kalsit putih berbentuk bubuk, gunanya untuk memberikan warna putih yang baik.

Pengujian bahan pengisi dilakukan untuk menentukan bahan pengisi dari jenis apa yang digunakan sehingga dapat mempengaruhi kualitas cat termoplastik.

Bila kadar bahan pengisi diatas 40 bagian , menyebabkan cat menjadi getas dan mudah terkelupas karena getaran roda kendaraan, terutama pada jalan beton semen (rigid pavement)

(Pengamatan pada jalan Tol Padaleunyi, 1997).

## 2.2. Pengujian warna cat

Menurut BS 3262 part 1 (1987), peruntukkan warna untuk cat marka adalah :

- ❖ Cat marka untuk landasan Pacu pesawat terbang pada Bandara udara adalah cat warna putih pemantul ( reflektif )
- ❖ Cat marka untuk Taxiway, taxitrack dan Apron warna kuning tanpa pemantul ( non reflektif)
- ❖ Cat marka garis tengah perkerasan jalan ( centerline) putih pemantul dan untuk garis tepi perkerasan jalan warna kuning pemantul
- ❖ Cat marka sementara ( Temporary ) dapat putih atau warna kuning tanpa pemantul ( sesuai petunjuk).
- ❖ Cat marka pada jalan beton semen , outline hitam , lebar 10 cm.

Menurut Pedoman Perencanaan Marka Jalan (2003), peruntukkan cat marka jalan warna kuning sebagai berikut :

- ❖ Warna kuning berupa garis utuh pada perkerasan jalan menyatakan dilarang berhenti pada daerah tersebut.
- ❖ Warna kuning berupa garis terputus-putus pada perkerasan jalan menyatakan dilarang parkir pada daerah tersebut
- ❖ Warna kuning berupa garis berbiku-biku pada sisi jalur lalu-lintas menyatakan dilarang parkir pada jalan tersebut.

Pengukuran warna dan faktor luminan dari cat marka jalan dapat diukur dengan alat Photometer yang mempunyai sudut 45°C.

Cat marka jalan setelah pelaksanaan dan di dalam perawatan harus di dalam batas diagram

warna Commission Internationale De L Eclairage (C.I.E). Warna cat ditentukan oleh adanya bahan pewarna yang baik.

**2.3. Standar Warna CIE**

Warna cat disamping karena pemberian pigmen pewarna juga dihasilkan dari pemberian bahan luminan seperti Phosphorescent atau Fluorescent.

Pengukuran warna didasarkan pada Spectrophotometry untuk spektrum visible dari 380 sampai 780 nm, panjang gelombang milimikron (mμ)

Variasi warna yang dapat dilihat secara visual dapat diukur berdasarkan ordinat pada CIE diagram (x, y dan z).

**2.3.1. Batasan warna**

a). Menurut ASTM D 4383-96.

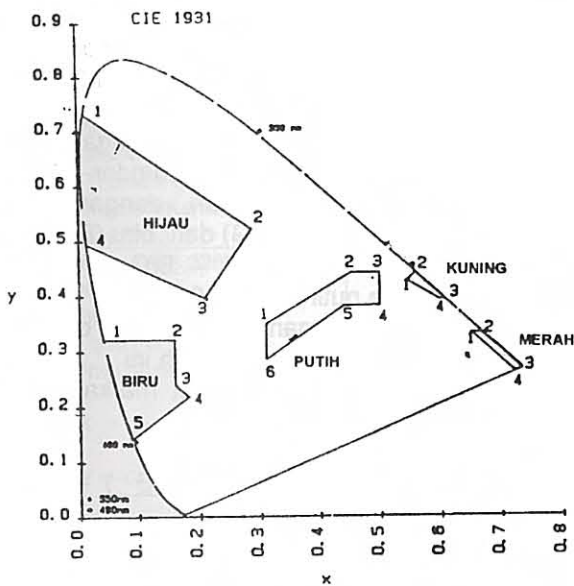
1. Batasan untuk warna putih sesuai diagram standar warna CIE yaitu pada ordinat (x,y) sebagai berikut :

1. ( 0,310, 0,348 )
2. (0,453, 0,440 )
3. ( 0,500, 0,440)
4. (0,500 , 0,380)
5. (0,440, 0,380)
6. (0,310 , 0,283)

2. Batasan untuk warna kuning sesuai diagram standar warna CIE yaitu pada ordinat (x,y) sebagai berikut :

1. (0,545 , 0,424)
2. (0,559 , 0,439)
3. (0,609 , 0,390)
4. (0,597 , 0,390)

Gambar 2. memperlihatkan batasan-batasan warna tersebut.



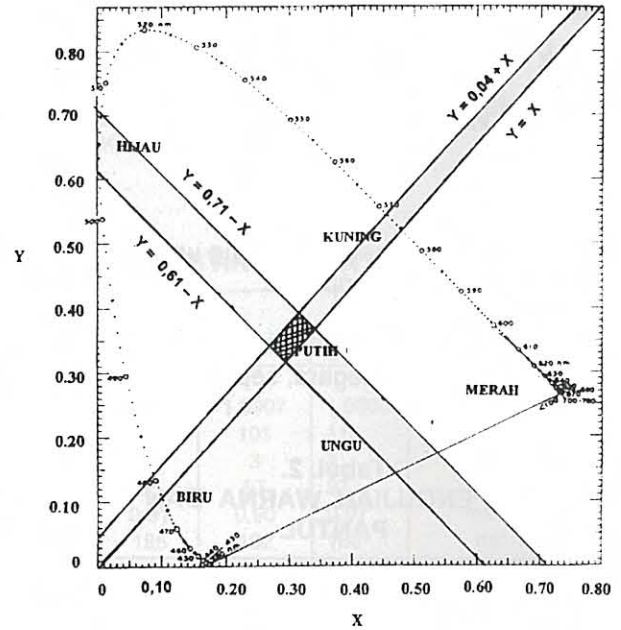
Gambar 2. Batasan standar warna CIE

b). Menurut BS 3262 part 1, batasan warna untuk cat marka jalan adalah sebagai berikut :

1). Warna putih :

- Batas ungu (purple)  $Y = X$
- Batas biru (blue)  $Y = 0,610 - X$
- Batas hijau ( green)  $Y = 0,040 + X$
- Batas kuning ( yellow)  $Y = 0,710 - X$
- Faktor luminan  $\beta = 0,35$  (minimum)

Batas - batas warna putih digambarkan sebagai berikut :



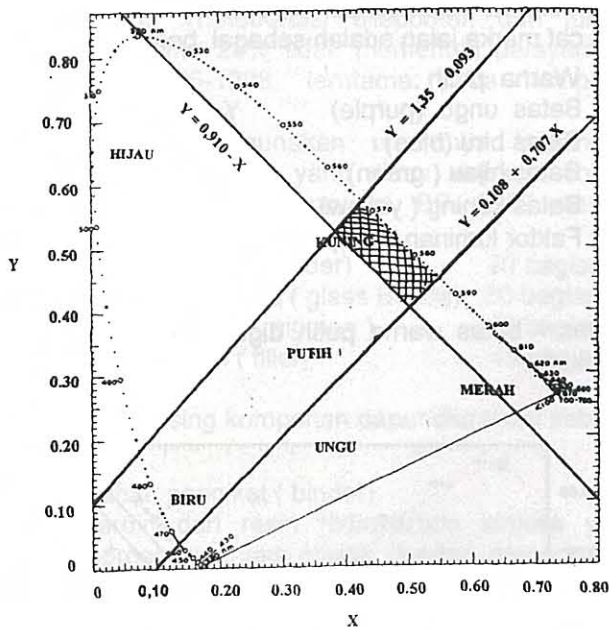
Gambar 3. Batas warna putih untuk cat termoplastik.

2. Warna kuning :

- Batas orange  $Y = 0,108 + 0,707 X$
- Batas putih  $Y = 0,910 - X$
- Batas hijau ( green)  $Y = 1,35 X - 0,093$
- Faktor luminan  $\beta = 0,58$  (minimum)

Batas-batas warna kuning digambarkan sebagai berikut :





Gambar 4. Batas warna kuning untuk cat termoplastik

Beberapa metode pengujian warna dan daya pantul dari beberapa negara, seperti tertera pada tabel dibawah ini.

**Tabel 2.**  
**METODE PENGUJIAN WARNA DAN DAYA PANTUL**

No	Negara	Pengujian warna	Pengujian Daya Pantul (Retro Reflection)
1	Belgia	Spectrophotometer untuk Putih $Y = 60\%$ untuk Kuning $\alpha = 0,1016$ $\beta = 0,1008$ $\gamma = 0,530$	Luminancemeter MASSART untuk Putih $> 0,085$ Kuning $> 0,055$
2	Perancis	LCPC 2611 HUNTER LAB Untuk menghitung $x, y$ dan $Y$	-
3	Belanda	Indek Keputihan dan daya terang (brightness), pengamatan visual	-
4	Spanyol	$x = 0,480$ MELC 12108 Kuning $y = 0,481$ Putih $Y = 75$	Pengamatan visual
5	Inggris	Faktor Luminan BS 3262	-
6	Amerika	ASTM D 4383 Spectrophotometer Warna dengan standar CIE	ASTM E 97 75 sampai 80
7	Indonesia	Spectrophotometer warna Putih Indek Kekuningan $< 0,12$	ASTM E 97 Photovolt $> 75$

(Leksminingsih, 2002)

### III. METODE PENGUJIAN

Metode pengujian meliputi Bahan, Peralatan dan Prosedur Pengujian

#### 3.1. Bahan dan Peralatan

- Cat marka jalan jenis padat termoplastik warna putih dan kuning
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr
- Oven untuk memanaskan cat termoplastik sampai  $218 \pm 2^\circ\text{C}$
- Oven pijar ( Muffle Furnace) sampai suhu  $400 - 600^\circ\text{C}$
- Photovolt Reflector untuk mengukur refleksi cat sesuai ASTM E 97

#### 3.2. Prosedur pengujian

Pengujian Daya pantul dan Indek kekuningan dari cat marka jalan jenis termoplastik meliputi pengujian sesuai SNI 03-6450-2000, sedangkan pengujian warna dengan pengukuran nilai tristimulus dari alat colorimeter.

- Pengujian Daya pantul dan Indek kekuningan
- Pengujian Warna

#### a. Pengujian Daya pantul ( refleksi) dan Indek kekuningan

1. Timbang benda uji cat termoplastik sebanyak 100 gram, masukkan dalam wadah ukuran 240 mL
2. Panaskan benda uji pada oven dengan temperatur  $218 \pm 2^\circ\text{C}$  selama 4 jam
3. Keluarkan benda uji lalu aduk dengan spatula
4. Cetak pada cetakan plat timah dengan ukuran diameter 75 mm, dinginkan pada suhu ruang.
5. Untuk penggunaan Photovolt Reflektometer ikuti petunjuk pabrik. Gunakan tiga filter tristimulus. warna kuning ( A ), biru (B) dan hijau (G) dalam "Diffuse Reflectance Head", no 610 Y. Kalibrasi tiap filter dengan pelat berlapis porselen standar sekunder.
6. Daya Pantul diperoleh dengan filter stimulus warna hijau ( G) dan biru (B) Untuk warna kuning =  $1 - B/G \times 100 \%$  Untuk warna putih =  $100 - B/G$
7. Indek kekuningan ( Y) dihitung menggunakan rumus dibawah ini Hanya digunakan untuk cat marka warna putih.

$$Y = \frac{(A - B)}{G}$$

Dimana :

- A = Stimulus warna kuning
- B = Stimulus warna biru
- G = Stimulus warna hijau

## b. Pengujian Warna

1. Timbang benda uji cat termoplastik sebanyak 100 gram, masukkan dalam wadah ukuran 240 mL
2. Panaskan benda uji pada oven pada temperatur  $218 \pm 2^\circ\text{C}$  selama 4 jam
3. Keluarkan benda uji lalu aduk dengan spatula
4. Cetak pada cetakan plat timah dengan ukuran diameter 75 mm, dinginkan pada suhu ruang.
5. Penggunaan alat Colorimeter disesuaikan dengan petunjuk pabrik, Gunakan tiga filter tristimulus warna kuning (A), Biru (B) dan hijau (G)
6. Nilai yang diperoleh konversikan kedalam tristimulus X, Y dan Z  
Menurut BS 3262 part 1, perhitungan menurut rumus sebagai berikut :

$$X = \frac{(A + 0,213 \times Z)}{1,277}$$

$$Y = G$$

$$Z = \frac{B}{0,847}$$

- 7 Gambarkan koordinat tersebut ke dalam Diagram C.I.E

(Efg's Chromatography Diagrams Lab Report, 2001)

## IV. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengujian

Hasil pengujian Cat termoplastik yang bersifat pemantul (reflektif).

Untuk pengukuran warna digunakan hasil pengukuran nilai tristimulus menggunakan alat Colorimeter.

**Tabel 3.**  
**HASIL PENGUJIAN SIFAT FISIK CAT TERMOPLASTIK WARNA PUTIH**

No	Pengujian	Satuan	Hasil						Syarat SNI 06-4826-1998
			1	2	3	4	5	6	
1	Berat Jenis	-	1,9424	1,8935	2,104	1,9024	1,8907	1,9800	maks 2,15
2	Titik Lembek	$^\circ\text{C}$	110	98	107	100	101	110	$102,5 \pm 9,5^\circ\text{C}$
3	Waktu Pengeringan	menit	3	3	3	3	3	3	maks 10
4	Daya Pantul	%	98	98	90	95	97	97	min 75
5	Indek Kekuningan	-	0,97	0,10	0,12	0,91	0,90	0,07	maks 0,12
6	Kuat Lekat	Psi	193	236	214	185	192	180	min 180
7	Kuat Tekan	$\text{Kg/cm}^2$	345	174	166	258	241	132	min 120
8	Ketahanan terhadap retak (Temp - $9,4 \pm 1,7^\circ\text{C}$ )	-	baik	baik	baik	baik	baik	baik	baik
9	Kemampuan alir setelah pemanasan pd $218^\circ\text{C}$ , 4 jam	% residu	10,5	16,85	16,05	7,83	8,54	17,0	maks 18
10	Kemampuan alir setelah pemanasan pd $218^\circ\text{C}$ , 8 jam	% residu	15,3	<u>29,7</u>	25,6	13,7	13,5	12,6	maks 28
11	Komposisi:								
	-Bahan pengikat	% berat	20,42	21,25	22,61	23,02	20,22	22,60	min 18
	-Manik-manik kaca	% berat	31,05	<u>24,38</u>	33,03	38,89	34,66	30,11	30 - 40
	-Titanium Oksida (TiO <sub>2</sub> )	% berat	10,23	10,16	10,23	11,09	10,22	10,64	min 10
	-Kalsium Karbonat <sub>2</sub> , (CaCO <sub>3</sub> )	% berat	38,30	<u>44,21</u>	34,13	27,00	34,90	36,65	maks 42
12	Warna (BS 3262 part 1)								
	Kuning (A)		0,249	0,243	0,207	0,214	0,229	0,215	-
	Biru (B)		0,585	0,811	0,850	0,836	0,764	0,780	-
	Hijau (G)		0,330	0,300	0,350	0,348	0,358	0,345	-
	Nilai Stimulus								
	X = $\frac{(A+0,213 Z)}{1,277}$		0,310	<u>0,350</u>	0,330	0,332	0,330	0,322	-
Y = G		0,330	<u>0,300</u>	0,350	0,348	0,358	0,345	-	
Z = $\frac{B}{0,847}$		0,691	0,957	1,003	0,987	0,902	0,921	-	
13	Cat termoplastik warna putih		baik	tidak baik	baik	baik	baik	baik	



**Tabel 4.**  
**HASIL PENGUJIAN SIFAT FISIK CAT TERMOPLASTIK WARNA KUNING**

No	Pengujian	Satuan	Hasil				Syarat SNI 06-4826-1998
			1	2	3	4	
1	Berat Jenis	-	1,9424	1,9718	1,8973	2,050	maks 2,15
2	Titik Lembek	°C	112	130	105	107	102,5 ±9,5°C
3	Waktu Pengeringan	menit	3	3	3	3	maks 10
4	Daya Pantul	%	97	95	98	95	min 75
5	Kuat Lekat	Psi	180	180	192	190	min 180
6	Kuat Tekan	Kg/cm <sup>2</sup>	130	150	153	162	min 120
7	Ketahanan terhadap retak (Temp – 9,4 ± 1,7 °C)	-	baik	baik	baik	baik	baik
8	Kemampuan alir setelah Pemanasan pd 218°C , 4jam	% residu	8,6	15,12	19,10	7,83	maks 21
9	Kemampuan alir setelah Pemanasan pd 218°C , 8jam	% residu	17,8	20,9	22,7	14,6	maks 28
10	Komposisi: -Bahan pengikat -Manik-manik kaca	% berat	21,82	18,94	18,85	23,71	min 18 30 – 40
		% berat	34,87	<u>20,64</u>	<u>21,85</u>	36,71	
11	Warna (BS 3262 part 1)						
	Kuning ( A)		0,659	0,585	0,608	0,623	-
	Biru ( B)		0,124	0,218	0,147	0,291	-
	Hijau ( G )		0,440	0,310	0,350	0,410	-
	Nilai Stimulus						
	$X = \frac{(A+0,213 Z)}{1,277}$		0,540	<u>0,500</u>	<u>0,505</u>	0,545	-
	Y = G		0,440	<u>0,310</u>	<u>0,350</u>	0,410	-
	$Z = \frac{B}{0,847}$		0,146	0,257	0,174	0,344	-
12	Cat termoplastik Warna kuning		baik	tidak baik	Tidak baik	baik	

#### 4.2. Pembahasan

Hasil pengujian cat marka termoplastik sesuai dengan persyaratan SNI 06-4826-1998 ditambah dengan persyaratan warna cat dengan batasan warna sesuai standar warna dari CIE ( Commission Internationale De L Eclairage), meliputi :

##### 4.2.1. Pengujian cat warna putih

Dari 6 contoh cat termoplastik warna putih, contoh no.2 tidak memenuhi persyaratan meliputi : pengujian kemampuan alir setelah pemanasan 8 jam, hasil > 28% residu, ini berhubungan dengan tingginya kadar bahan pengisi ( CaCO<sub>3</sub> ) yang melebihi 42% berat, sehingga menyebabkan kemampuan alir residu menjadi tinggi.

Pengujian kadar manik-manik kaca ( glass beads) kurang dari 30% berat, pemberian kadar glass beads dalam campuran ( premix) yang kurang dapat menyebabkan refleksi terhadap pantulan lampu kendaraan berkurang atau terjadi pantulan cat marka yang tidak merata.

Pada pengujian warna ada 2 persyaratan yang diacu yaitu BS 3262 part 1 dan ASTM D 4383 – 96, persyaratan warna putih yang terdapat pada gambar 2. dan gambar 3. menggambarkan Dimana ordinat X dan Y berada. Pada contoh no.2 ordinat X dan Y terletak diluar batasan warna putih. Untuk warna putih panjang gelombang spectrophotometer terletak pada 350 nm.

##### 4.2.2. Pengujian cat warna kuning

Dari 4 contoh cat termoplastik warna kuning, contoh no.2 dan no 3 tidak memenuhi persyaratan, meliputi : pengujian kadar manik-manik kaca (glass beads) kurang dari 30% berat.

Persyaratan warna kuning yang terdapat pada gambar 2. dan gambar 4. menggambarkan, dimana ordinat X dan Y dari warna kuning berada. Pada contoh no.2 dan no.3, ordinat dari X dan Y berada diluar batas warna kuning. Untuk warna kuning panjang gelombang spectrophotometer terletak pada 580 nm.



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

- 1). Walaupun Kep Men Perhubungan No KM 60 / 1993 hanya menyatakan satu macam warna cat marka jalan yaitu warna putih, namun penggunaan warna kuning perlu mendapat perhatian dalam rangka mempertegas marka warna putih, sekaligus menyatakan larangan tertentu. (Pedoman Perencanaan marka jalan, 2003).
- 2). Penambahan persyaratan cat termoplastik sesuai SNI 06-4826-1998 dengan persyaratan warna cat marka jalan yang mengacu kepada persyaratan BS 3262 part 1 dan ASTM D 4383 - 96, Dimana batasan warna telah digambarkan di dalam standar warna CIE ( Commission Internationale De L Eclairage).
- 3). Metode pengujian mutu cat termoplastik sesuai dengan SNI 03-6450-2000, telah dapat dilakukan di laboratorium cat marka jalan, sedangkan pengujian warna berdasarkan perhitungan rumus dari standar BS 3262 part 1 yang memberikan nilai X,Y dan Z menggunakan tristimulus warna dari kuning (A), biru ( B) dan Hijau (G) yang diperoleh dari alat Photovolt Reflectometer.
- 4). Dari 10 pengujian cat termoplastik yang telah diperiksa di laboratorium cat marka jalan, terdiri dari 6 contoh warna putih dan 4 contoh warna kuning, dan diperoleh hasil sebagai berikut:  
dari contoh warna putih, contoh no 2 tidak memenuhi persyaratan, terutama pada komposisi bahan dan pada pengujian warna, diluar batasan warna putih pada diagram warna CIE.  
Dari contoh warna kuning, contoh no 2. dan no 3. tidak memenuhi persyaratan seperti pada contoh cat warna putih, umumnya pada persyaratan komposisi bahan tidak memenuhi persyaratan dan warna di luar batasan warna kuning pada diagram warna CIE.

### 5.2. Saran

Adanya standar pengujian mutu cat marka dan persyaratannya untuk pengujian cat marka jenis termoplastik telah dapat memenuhi pengujian mutu dari cat jenis tersebut.

Adanya penambahan persyaratan warna dari cat sesuai dengan standar ASTM, BS dan CIE baik untuk marka warna putih maupun warna kuning sehingga mempunyai keseragaman didalam penentuan batasan warna

## DAFTAR PUSTAKA

1. A S T M ( 1996): "Standar Specification for Plowable, Raised Retroreflective Pavement Markers." D 4383
2. British Standard Institution ( 1987): "Hot Applied Thermoplastic road marking materials ", BS 3262 ( Part 1 - 3 ), BSI London .
3. D P I (1990): "DPI Roadliner Hot Melt Thermoplastic" Road Marking Material.
4. Hartomi,Ir.MSc (1987):" Rambu dan Marka Jalan Raya",Majalah Jalan dan Transportasi No.046
5. Leksmingsih ( 1995):" Evaluasi hasil pengujian mutu cat marka termoplastik berbagai produk yang beredar di Indonesia" , KRTJ Ke 4 Padang.
6. Leksmingsih ( 1997)"Pengamatan lapangan pelaksanaan pengecatan cat termoplastik pada ruas jalan Tol Padaleunyi. KRTJ ke 5 Yogyakarta , Sept 1997
7. Leksmingsih, (2002)" Hubungan antara daya kilap dengan kadar pigmen dan daya pantul dengan kadar manik-manik kaca ( glass beads) dari beberapa jenis marka jalan." Jurnal P3J Vol 19 No.1.
8. OECD (1975):"Road Marking and Delineation" a report prepared by an Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Road Research Group,
9. S N I (1998):" Spesifikasi cat termoplastik pemantul warna putih dan warna kuning untuk marka jalan (bentuk padat )" SNI 06-4826-1998
10. S N I (2000):" Metode pengujian bahan termoplastik untuk marka jalan" SNI 03-6450-2000
11. S N I (1998) " Spesifikasi manik-manik kaca (glass beads) untuk marka jalan" SNI 15-4839-1998
12. - (2001):" Efg's Chromatography Diagram Lab Report" Staartek Technology Pty, Australia.
13. - ( 1986) ." Colorimetry , Publication CIE No.15.2 . Central Bureau of the CIE (Commission Internationale De L Eclairage)

### Penulis :

*Dra. Leksmingsih, Ahli Peneliti Muda pada Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Kimpraswil, Departemen Kimpraswil.*





# MODIFIKASI POLIMER DENGAN CARA DEGRADASI OKSIDASI TERMAL

*Tjitjik Wasiah Suroso*

## **RINGKASAN**

*Untuk meningkatkan kinerja campuran beraspal, umumnya penambahan polimer kedalam campuran beraspal adalah dengan cara menambahkan polimer kedalam agregat panas ( hot bin ), cara ini sering menghasilkan campuran yang kurang homogen.*

*Untuk itu dicari suatu cara bagaimana memasukkan polimer kedalam aspal dengan mudah, cepat, pada temperatur yang relatif tidak terlalu tinggi dan menghasilkan aspal modifikasi yang homogen, yaitu memodifikasi polimer dengan cara oksidasi dengan bahan initiator, variasi temperatur dan waktu oksidasi, sehingga diharapkan aspal dan polimer dapat kompatibel.*

*Hasil yang diperoleh dari modifikasi polimer tersebut tanpa bahan initiator, oksidasi pada temperatur 300 °C dan waktu 40 menit memberikan hasil Berat molekul volume rata-rata ( $M_v$ ) 7500, nilai keasaman ( acid value ) meningkat dari 0,17 menjadi 1,15 sehingga polimer mudah larut atau terdispersi kedalam aspal dalam waktu relatif singkat ( 15 menit ), stabil dalam penyimpanan dan menghasilkan mutu aspal modifikasi memenuhi persyaratan serta lebih baik dari aspal konvensional.*

## **SUMMARY**

*To improve the performance of asphalt mix, generally the addition of polymer to asphalt mix by adding polymer to hot aggregate (hot bin), but this way frequently produces less homogenous mixture. Therefore, it needs to find out how to add polymer to asphalt easily and fast in relatively modest temperature and produce homogenous modified asphalt by oxidation process with initiator, varied temperature and oxidation time so that asphalt and polymer will expectedly compatible.*

*The result of modified polymer without initiator, oxidation with temperature of 300 °C in 40 minutes showed that the weight of average molecule volume (MV) of 7500, acid value increased from 0,17 to 1,15 so polymer was easily soluble or dispersed in asphalt in a relatively short time (15 minutes), stable in storage and produced better specified modified asphalt than the conventional one.*

## **I. PENDAHULUAN :**

### **1.1. Latar belakang.**

Aspal merupakan produk alam yang mutunya sangat tergantung pada lokasi dan kondisi geologinya dimana aspal tersebut ditambang. Oleh karena itu kadang kala aspal kurang memenuhi persyaratan yang dibutuhkan. Untuk itu aspal perlu dimodifikasi agar sesuai kebutuhan, antara lain agar tahan temperatur tinggi dan lebih kaku namun masih tetap elastis sehingga perkerasan tetap tahan terhadap lalu lintas berat dan padat.

Banyak cara untuk meningkatkan mutu aspal, salah satunya dengan polimer. Penambahan

polimer meningkatkan kekuatan mekanik dan ketahanan terhadap perubahan temperatur tinggi dan rendah. Campuran polimer dengan aspal secara langsung tidak kompatibel ( terjadi pemisahan ). Agar supaya campuran ini dapat homogen, dilakukan dengan cara memodifikasi polimer, salah satunya dengan cara oksidasi menjadi polimer teroksidasi yang mengandung gugus fungsional yang terdiri dari gugus karboksilat. Proses stabilisasi polimer teroksidasi dengan aspal adalah karena adanya interaksi antara gugus karboksilat dengan gugus fenol yang terdapat dalam aspal. Makin homogen Poliethylen teroksidasi dengan senyawa komponen dalam aspal maka makin stabil campuran tersebut.

Proses modifikasi Poliethylen menjadi Polyethylen teroksidasi dilakukan dengan mengoksidasi poliethylen dengan dan tanpa inisiator senyawa peroksida ( seperti benzoil peroksida = BPO )

Pada tahapan oksidasi dilakukan tiga tahap proses oksidasi poliethylen yaitu ; proses inisiasi, propagasi dan terminasi. Produk hasil modifikasi dikarakterisasi dengan menentukan bilangan asam ( acid number ) dan Berat molekul rata-rata ( Mv ).

Diharapkan keberhasilan modifikasi polimer dapat meningkatkan pemanfaatan sumber dalam negeri , serta mengurangi ketergantungan produk luar negeri. Karena saat ini banyak beredar bermacam-macam aspal modifikasi produk luar yang harganya  $\pm$  dua belas kali harga aspal konvensional

### 1.2. Cara lain modifikasi polimer

Modifikasi cara lain yang telah dikembangkan oleh Puslitbang Prasarana Transportasi adalah modifikasi polimer dengan pelarut atau pelunak. Penambahan pelarut atau pelunak ini dimaksudkan untuk menurunkan indeks ketidastabilan koloidal, dimana menurut J.P Joly and Samanos J ( 1992 ) campuran antara polimer dan aspal dapat menyatu satu sama lainnya bila indeks ketidastabilan koloidal ( Ic ) harus lebih kecil dari 0,25. Ic didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah kadar saturated dan Asphalten dibanding dengan jumlah resin dan aromatis, yang telah berhasil meningkatkan mutu aspal dan membuat aspal modifikasi menjadi kompatibel .

Dengan cara oksidasi diharapkan dapat terpecahnya rantai polimer sehingga Berat molekul menjadi lebih kecil dari berat molekul asphalten, Mv rata-rata menjadi turun dan bilangan asam naik sehingga mempermudah pencampuran polimer kedalam aspal.

### 1.3. Sifat polimer modifikasi yang diharapkan antara lain :

1. Dengan oksidasi akan terjadi pemutusan rantai atau polimer tergradasi membentuk gugusan karbonil yang bersifat polar sehingga mudah terdispersi kedalam aspal.
2. Polimer yang kaku ( plastomer ) sulit disubstitusi. Oleh karena itu diperlukan nilai kelelahan ( Melt flow index, MFI ) yang tinggi. nilai kelelahan didefinisikan adalah jumlah berat polimer yang mengalir dalam gram selama sepuluh menit. Makin tinggi MFI polimer makin lunak,

3. Polimer harus bersifat amorf, karena apabila bersifat kristal maka atom-atom tidak mudah bergerak sehingga sulit terjadi dispersi polimer kedalam aspal.
4. Polimer akan tergradasi pada titik gelas yang tinggi
5. Pada Poliethylen apabila terjadi oksidasi, maka gugus ujungnya akan menghasilkan gugus karbonil yang dapat disubstitusi oleh gugus lain.

## II. METHODOLOGI.

Methoda penelitian ini dengan cara empiris yang dilakukan dilaboratorium, meliputi :

1. Bahan yang terdiri dari aspal pen 60, polimer poliethylen, Aceton , Benzoil Peroksida (BPO).
2. Peralatan terdiri dari tungku ( reactor ) untuk oksidasi, Buret untuk menentukan angka keasaman, viskosimeter untuk menentukan angka berat molekul volume(Mv) , dan satu set peralatan pengujian mutu aspal, dan stabilitas penyimpanan.
3. Uraian pekerjaan :
  - 1) Oksidasi polimer
    - pada temperatur tetap dengan dan tanpa BPO dengan kondisi reactor tertutup atau terbuka.
    - Pada variasi temperatur dengan atau tanpa BPO dengan kondisi tertutup atau terbukaMasing-masing dilakukan pengujian angka keasaman dan Mv
  - 2) Pengujian mutu aspal
    - sebelum ditambah polimer hasil oksidasi
    - Setelah ditambah polimer hasil oksidasi.
  - 3) Pengujian stabilitas penyimpanan pada contoh butir 2 untuk mengetahui apakah terjadi pemisahan antara polimer dan aspal atau homogen.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Oksidasi Polyethylen.

Untuk mengetahui pengaruh kondisi reactor dan pengaruh pelarut aseton, Oksidasi dilakukan dengan reactor terbuka dan tertutup , dengan dan tanpa BPO dilarutkan dalam aseton.



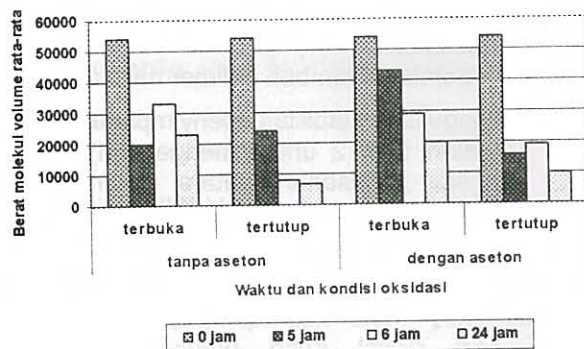
**Tabel 1**  
**HASIL ANALISA OKSIDASI POLIETHYLEN (PE)**  
**DENGAN 0,3% BPO PADA TEMPERATUR 180 °C**

No	Contoh	lamanya oksidasi	Bilangan asam	Mv
1	LLDPE asli		0,17	74.000
2	5-K-O-180	5 jam	0,45	54.000
	5-LLDPE -T Ac-O-180	5 jam	1,60	20.000
	5-LLDPE-Ac-O-180	5 jam	1,60	43.000
	5-K-C-180	5 jam	1,46	12.000
3	5-LLDPE-Tac-C-80	5 jam	0,78	24.000
	5LLDPE-Ac-C-80	5 jam	1,50	16.000
	6-K-O-180	6 jam	1,27	28.800
	6-LLDPE-Ac-O-180	6 jam	1,50	29.000
4	6-LLDPE-Tac-O-180	6 jam	1,50	33.200
	6-K-C-180	6 jam	1,10	7.300
	6-LLDPE-Ac-C-180	6 jam	0,84	19.000
	6-LLDPE-Tac-C-180	6 jam	0,43	8.400
5	6-LLDPE-Tac-O-180	6 jam	1,40	48.000
	6-K-O-180	24 jam	0,91	40.000
	24-LLDPE - TAc-O-180	24 jam	2,18	23.300

Keterangan.

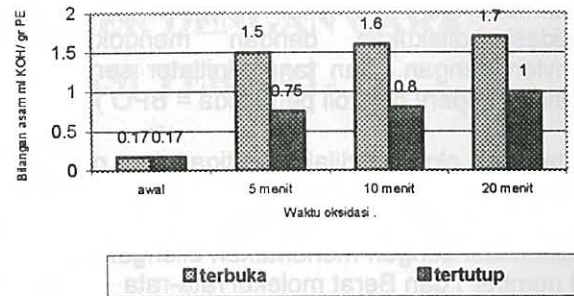
O = Reaktor terbuka (Open), C = reaktor tertutup (Closed), K = Kontrol, Ac = menggunakan pelarut Aseton, T Ac = Tanpa Aseton, 180 = Temperatur operasi, Mv = Berat molekul volume.

1. Pengaruh kondisi reaksi terbuka dan tertutup dengan BPO tanpa dan dilarutkan dalam aseton terhadap bilangan asam pada temperatur 180 °C terhadap Mv.



**Gambar. 1 Pengaruh kondisi reactor dan BPO dengan atau tanpa pelarut Aseton terhadap Mv**

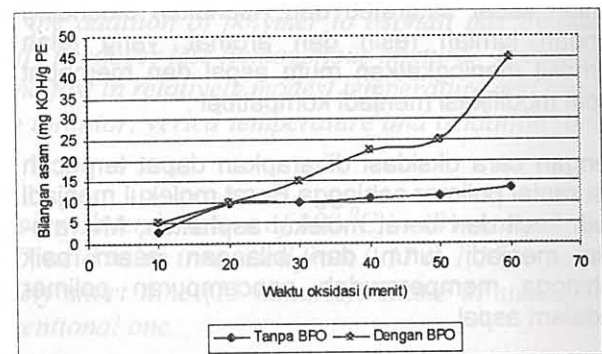
2. Pengaruh kondisi reactor dan BPO dengan pelarut Aseton terhadap bilangan asam.



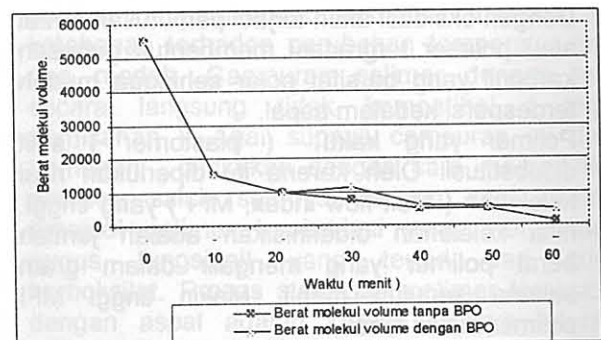
**Gambar 2. Pengaruh kondisi reactor terhadap hasil bilangan asam.**

Pada waktu oksidasi Poliethylen 20 menit dengan kondisi reactor terbuka dan tanpa melarutkan BPO dalam aseton memberikan hasil Mv lebih kecil dari pada kondisi terbuka baik dengan atau tanpa melarutkan dalam aseton, namun bilangan asam pada kondisi terbuka masih lebih besar dari pada kondisi tertutup, oleh karena itu dicoba dengan memvariasikan waktu dan menaikkan temperatur pada kondisi reactor terbuka dan tanpa melarutkan BPO dalam aseton.

Oksidasi ini dilakukan pada temperatur 300 ° C untuk meningkatkan bilangan asam (acid number) dan menurunkan berat molekul sehingga diharapkan dapat mudah bercampur dengan aspal Hasil pengujian bilangan asam dan berat molekul seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4.



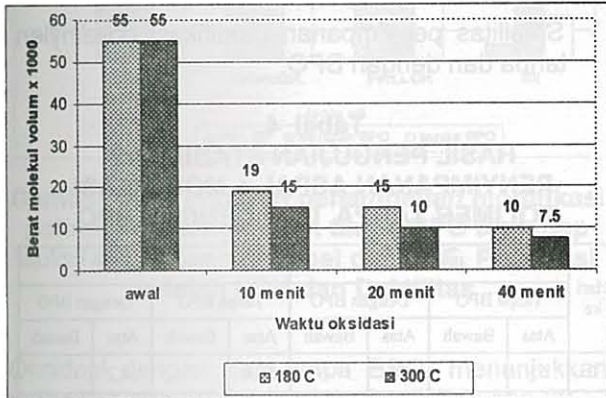
**Gambar 3. Bilangan asam terhadap Waktu oksidasi**



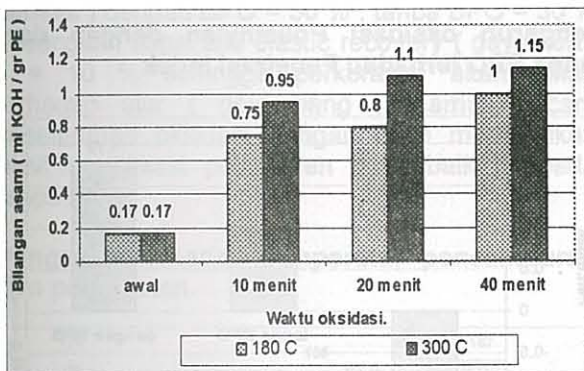
**Gambar 4. Mv terhadap Waktu oksidasi.**

**Pengaruh temperatur oksidasi terhadap hasil bilangan asam dan berat molekul.**

Untuk pengaruh temperatur terhadap Mv dan Bilangan asam seperti pada Gambar 5 dan Gambar 6 .



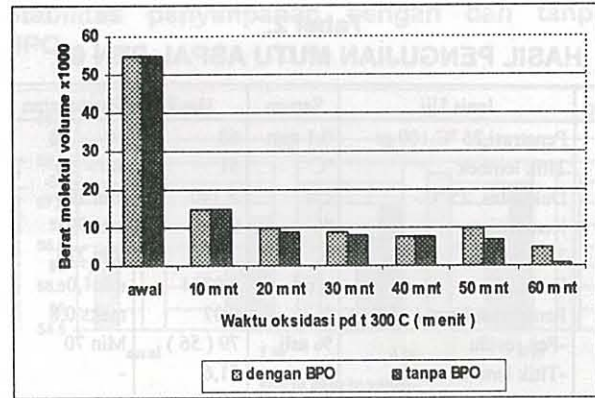
**Gambar 5. Pengaruh temperatur oksidasi terhadap Mv Polyethylen..**



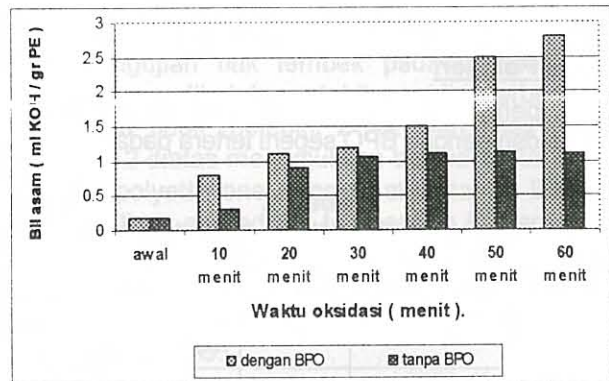
**Gambar 6. Pengaruh temperatur oksidasi terhadap bilangan asam Polyethylen.**

Dari gambar 5 dan gambar 6 , menunjukkan bahwa pada temperatur oksidasi 300 ° C, dengan waktu oksidasi 40 menit menghasilkan Mv ( 7500 ) lebih rendah dari pada temperatur oksidasi 180 ° C (10.000), dan bilangan asam (1,15) lebih tinggi dari pada bilangan asam apabila oksidasi pada temperatur 180 ° C ( 1,0 ).

Untuk mengetahui bagaimana pengaruh modifikasi polyethylen terhadap bilangan asam dan Mv apabila oksidasi tanpa dan dengan BPO dan dilakukan pada kondisi reaktor terbuka , pada temperatur 300 ° C seperti diperlihatkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



**Gambar 7. Pengaruh dengan dan tanpa BPO terhadap. Mv modifikasi poliethylen.**



**Gambar 8. Pengaruh dengan dan tanpa BPO terhadap bilangan asam modifikasi polyethylene**

Modifikasi polyethylene pada temperatur oksidasi 300 ° C dengan atau tanpa BPO menghasilkan Mv yang sama pada waktu oksidasi 40 menit ( 7500 ), bilangan asam berbeda, dengan BPO menghasilkan bilangan asam 1,5 lebih tinggi dari pada tanpa BPO 1,0.

Untuk bahan penelitian selanjutnya modifikasi poliethylen digunakan cara oksidasi pada temperatur 300 ° C, kondisi reaktor terbuka dan waktu oksidasi 40 menit

**3.2. Pengujian mutu aspal.**

Pengujian mutu aspal dilakukan terhadap aspal pen 60 dan aspal polimer .

Hasil pengujian aspal pen 60 diperlihatkan pada Tabel 2



**Tabel 2.**  
**HASIL PENGUJIAN MUTU ASPAL PEN 60.**

No	Jenis Uji	Satuan	Hasil	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25 °C, 100 gr	0,1 mm	68	60 - 70
2	Titik lembek	°C	51	48 - 56
3.	Duktilitas, 25 °C.	cm	> 140	min 100
4.	Kemurnian	%	99+	min 99
5.	Titik nyala.	°C	315	min 225
6.	Berat isi.	g/ml	1,0274	min 1,0
7.	Penurunan berat ( TFOT)	%	0,07	maks 0,8
8.	-Pen residu	% asli	79 ( 56 )	Min 70
9.	-Titik lembek residu	°C	51,6	-
10.	-Duktilitas residu, 25 °C.	cm	>140	-
11	Temperatur campuran	°C	160	-
12	Temperatur pemadatan	°C	146	-
13.	Daya kerut ( ER )	%	10	-
14.	Penetrasi Indeks	-	-0,275	-
15.	Indek pelapukan	-	1,56	-

### Aspal Polimer.

Hasil pengujian mutu aspal + polimer oksidasi tanpa dan dengan BPO seperti tertera pada tabel 3.

**Tabel 3.**  
**HASIL PENGUJIAN MUTU ASPAL POLIMER DENGAN DAN TANPA BPO.**

No	Jenis pengujian.	Aspal pen 60	Aspal polimer	
			Tanpa B.P.O	Dengan B.P.O
1.	Penetrasi, 100g, 25°C, 0,1mm	64	48	54
2	Titik lembek, °C	50	51	56
3	Duktilitas.	>140	102	>140
4	Kelarutan	99+	98	99+
5	Titik nyala	325	330	332
6	Berat jenis	1,0362	1,0360	1,0332
7	Penurunan berat (RTFO), %	0,048	0,045	0,058
	Penetrasi residu	39 ( 60 % )	32 ( 67 % )	37 ( 69 % )
	Titik lembek	55	53,4	59
	Duktilitas	>140	100	>140
8	Temperatur campuran, °C	160	161	165
	Temperatur pemadatan	140	141	145
9	Daya kerut	10	30	50
10	Penetrasi Indeks	-0,75	+1,0	+1,75
11	Pen Ratio ( P/Po)	1,186	2,03	1,06

### Stabilitas penyimpanan.

Pengujian ini diperlukan untuk mengetahui apakah aspal polimer yang dihasilkan dapat disimpan atau pada pengangkutan stabil pada temperatur tinggi ( 160 °C ), yaitu dengan pengujian melalui contoh dimasukkan dalam tabung logam yang dilengkapi kran pada bagian atas dan bawah. Contoh disimpan pada temperatur 160 °C.

Pada hari kesatu, ketiga dan kelima dilakukan pengambilan contoh bagian atas dan bagian bawah yang selanjutnya dilakukan pengujian titik lembek, dan penetrasi. Aspal dikatakan stabil apabila perbedaan titik lembek bagian atas dan bagian bawah tidak melebihi 5°C.

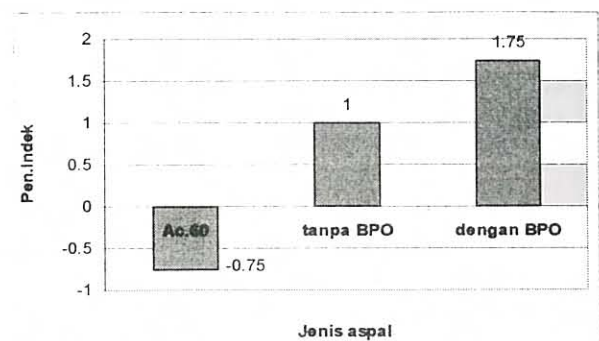
- 1) Stabilitas penyimpanan modifikasi poliethylen tanpa dan dengan BPO.

**Tabel 4.**  
**HASIL PENGUJIAN STABILITAS PENYIMPANAN ASPAL + MODIFIKASI POLIMER TANPA DAN DENGAN BPO.**

Hari ke	Penetrasi				Titik lembek, °C			
	Tanpa BPO		Dengan BPO		Tanpa BPO		Dengan BPO	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah
0	65		78		56,4		58,2	
1	63	65	76	78	56	57,2	58,3	58,0
3	59	61	82	83	56,7	57,4	58,4	58,2
5	59	60	82	84	56,8	58	58,4	58,2

### Pembahasan :

Pengaruh oksidasi Poliethylen dengan dan tanpa BPO terhadap Penetrasi Indeks

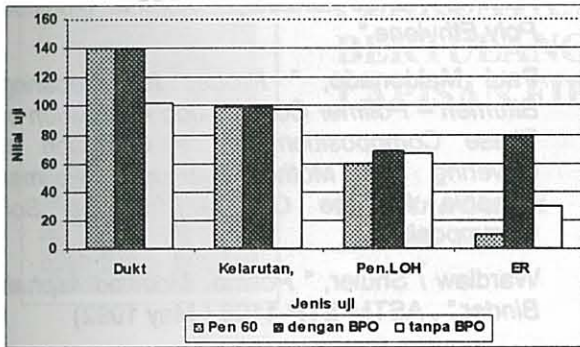


**Gambar 9.** Pengaruh oksidasi dengan dan tanpa BPO terhadap Penetrasi Indeks aspal polimer.

Oksidasi poliethylen dengan atau tanpa BPO akan menaikkan kepekaan aspal terhadap temperatur sehingga aspal tidak mudah terpengaruh perubahan temperatur yang pada akhirnya menaikkan ketahanan perkerasan jalan terhadap temperatur tinggi, perkerasan akan tahan terhadap deformasi

**Pengaruh modifikasi Poliethylen terhadap Duktilitas, Kelarutan dalam Tri Chlor Etylen, Penetrasi setelah penurunan berat (pen LOH), daya kerut ( ER ).**

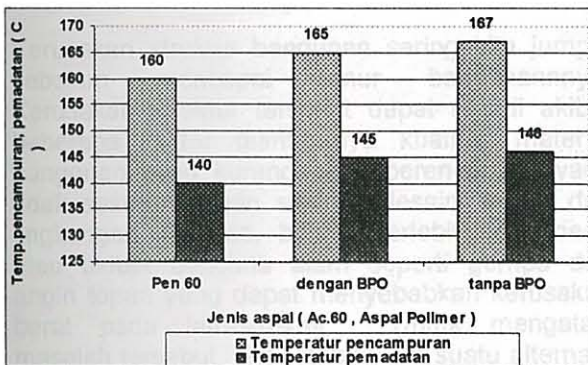




**Gambar 10. Pengaruh penambahan modifikasi poliethylen dengan dan tanpa BPO terhadap duktilitas, kelarutan aspal dlm.TCE, Penetrasi setelah LOH dan Daktilitas**

Oksidasi dengan dan tanpa BPO, menunjukkan perbaikan mutu terhadap aspal asli ( Ac.pen 60 ), antara lain penetrasi setelah pemanasan ( RTFO ) dengan BPO sama dengan 69 % per awal, tanpa BPO = 67 % per awal , sedangkan aspal pen 60 = 60 % per asli, Elastic recovery ( setelah beban tiada aspal kembali ke bentuk semula ) dengan BPO = 50 % , tanpa BPO = 30 % sedangkan aspal asli elastic recovery ( daya kerut ) = 10 % sehingga perkerasan akan tahan terhadap alur ( gelombang ), namun secara keseluruhan oksidasi dengan BPO memberikan hasil modifikasi poliethylen lebih baik daripada tanpa BPO.

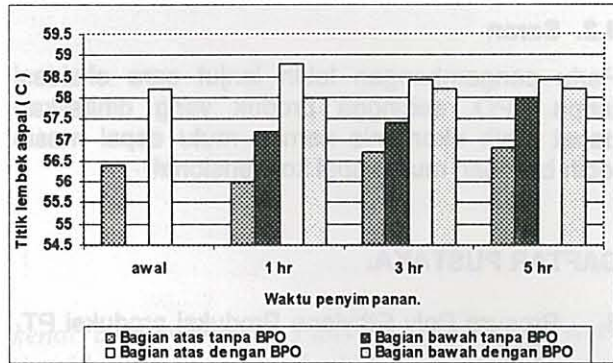
**Pengaruh terhadap temperatur pencampuran dan pematatan.**



**Gambar 11. Temperatur pencampuran dan Temperatur pematatan Aspal pen 60 dan aspal polimer modifikasi poliethylen dengan dan tanpa BPO.**

Oksidasi dengan atau tanpa BPO pada poliethylen tidak begitu mempengaruhi temperatur pencampuran dan temperatur pematatan, sehingga faktor temperatur tidak menjadi kendala di lapangan.

**Stabilitas penyimpanan dengan dan tanpa BPO.**



**Gambar 12. Stabilitas penyimpanan padat 160 °C, selama 1,3 dan 5 hari.**

Hasil pengujian titik lembek pada uji stabilitas penyimpanan dikatakan stabil apabila perbedaan temperatur tidak melebihi 2 °C. Dari hasil pada Gambar 12 diatas menunjukkan bahwa kedua cara oksidasi polyethylene dengan atau tanpa BPO , menghasilkan perbedaan temperatur bagian atas dan bawah tidak melebihi 2 °C, namun dengan BPO menghasilkan perbedaan titik lembek bagian atas dan bagian bawah kecil ( 0,2 °C ), sedangkan tanpa BPO 1,2 °C.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1. Kesimpulan

Oksidasi dengan BPO memberikan mutu lebih baik dari pada tanpa BPO. Hal ini diperkirakan pada oksidasi tanpa BPO terjadi proses cracking yang menghasilkan karbon bebas, hal ini terlihat dari turunnya nilai daya elastisitas ( duktilitas ) dari > 140 cm menjadi 102 cm, dibandingkan dengan oksidasi dengan BPO memberikan nilai elastisitas yang masih cukup elastis > 140 cm, sehingga diperkirakan tidak terjadi karbonisasi, demikian juga nilai daya kerut pada oksidasi dengan BPO lebih baik (50 %) dari pada oksidasi tanpa BPO (30 %). Namun penggunaan BPO berakibat bertambahnya harga produk aspal polimer.

Dengan keberhasilan modifikasi polimer dengan cara oksidasi dapat mengeliminir kendala terjadinya pemisahan (tidak kompatibel), waktu dan kesulitan pencampuran dapat teratasi. Sehingga dalam era globalisasi yang akan datang mudah-mudahan dapat bersaing dengan produk luar negeri serta dapat meningkatkan penggunaan bahan dalam



negeri dan swasembada bahan untuk menaikkan mutu aspal.

#### 4.2. Saran

Perlu pengembangan lebih lanjut cara oksidasi tanpa BPO, sehingga produk yang dihasilkan dapat lebih ekonomis namun mutu aspal masih lebih baik dari mutu aspal konvensional.

#### DAFTAR PUSTAKA.

1. Brosure Poly Ethylene Produksi produksi PT. PENI
2. Hose. G. " *The Latest Development of Bitumen and Road Surfacing Technology* " HPJI, Mobil Oil Jakarta. (August 1993)
3. JWH. Oliver, " *Proceeding , National Workshop on Polimer Modified Binder* " , ARR-183.

4. Kamho, Hundo Zanzote, " *Asphalt Modified Poly Ethylene* " .
5. Paul Maldonado, " *Proces for Preparing Bitumen – Polimer Composition Application of These Compposition of the Obtention of Covering and Mother Solution of Polimer Useable for the Obtention of the Soil Commposition* " .
6. Wardlaw / Shuler, " *Polimer Modified Asphalt Binder* " , ASTM-STP-1108 ( May 1992)
7. Walsh, D.J. Higgins, J.S, Macomache ; " *Polimer Blend and Mixture* " .

#### **Penulis :**

*Ir. Tjitjik W Suroso, Peneliti Madya, Pada Puslitbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Kimpraswil, Departemen Kimpraswil.*



# PERKUATAN STRUKTUR KOLOM BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN LAPISAN FIBER

*N. Retno Setiati  
Iswandi Imran*

## RINGKASAN

Beton komposit dengan menggunakan fiber atau dikenal dengan istilah *Fiber Reinforced Polymer Composite (FRPC)* telah ditemukan sebagai suatu metode efektif untuk memperbaiki kolom beton dibawah kekuatan struktur. Penelitian ini membahas masalah studi eksperimental dan teori analitis kolom beton terkekang secara eksternal dengan lapisan serat Aramid atau dikenal dengan istilah *Aramid Fiber Sheet (AFS)*. Benda uji beton terkekang dan tidak terkekang diberi gaya tekan uniaksial. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh suatu kesimpulan bahwa untuk beton normal terkekang yang dibebani tekan uniaksial secara signifikan dapat meningkatkan kekuatan, daktilitas, dan kapasitas energi absopsi (energi yang diserap)

## SUMMARY

*Composite fiber concrete is known as Fiber Reinforced Polymer Composites (FRPC) is found to be effective for repair jackets around deteriorating and understrength concrete columns. This research presents the results of experimental and analytical studies of the high performance of confined concrete columns using Aramid Fiber Sheet (AFS). The specimens of confined and unconfined concrete columns are tested under uniaxial compressive load. The results show that external confinement of plain concrete by Aramid fiber can significantly enhance the strength, ductility, and energy absorption capacity of concrete.*

## I. LATAR BELAKANG

Kerusakan struktur bangunan sering kita jumpai sebelum mencapai umur bangunannya. Kerusakan struktur tersebut dapat terjadi akibat beberapa faktor diantaranya kualitas material bangunan yang kurang baik, perencanaan yang tidak sesuai dengan standar desain, korosi dan lingkungan salinitas, beban berlebih (*overload*), atau akibat bencana alam seperti gempa dan angin topan yang dapat menyebabkan kerusakan berat pada infrastruktur. Untuk mengatasi masalah tersebut, telah ditemukan suatu alternatif metoda perbaikan dengan menggunakan lapisan fiber sehingga struktur bangunan tersebut berperilaku sebagai struktur komposit antara beton dengan lapisan fiber.

Fiber atau dikenal dengan *Fiber Reinforced Polymer Composites (FRPC)* yang diaplikasikan pada struktur kolom beton berfungsi sebagai kekangan pasif (*confinement*). Penggunaan FRPC sebagai perkuatan dari struktur beton telah populer digunakan di negara-negara rawan gempa seperti Eropa, Jepang, dan Amerika Utara. Dari

berbagai penelitian yang telah dilakukan, kekangan dengan menggunakan FRPC pada struktur kolom beton betulang dapat meningkatkan kuat tekan, daktilitas, dan durabilitas.

Suatu cara yang lebih efektif untuk mengekang beton adalah dengan menggunakan *fiber-wrapping*. Pengekangan beton dengan *fiber-wrapping* memberikan beberapa keuntungan diantaranya: daerah inti beton yang terkekang akan lebih besar sehingga kapasitas daya dukung komposit akan meningkat serta pengaruh merugikan dari *arching action* yang timbul pada pengekangan beton dengan spiral atau sengkang dapat dihindari. Penggunaan *fiber-wrapping* sebagai pengekan memberikan kemudahan pelaksanaan konstruksi di lapangan. Dengan semakin banyaknya jenis *fiber* yang terbuat dari berbagai jenis material maka *fiber-wrapping* sekaligus dapat berfungsi untuk memberikan perlindungan terhadap beton pada kondisi lingkungan yang agresif yaitu dengan cara memilih material *fiber-wrapping* yang sesuai dengan keadaan tertentu.



## II. HIPOTESA

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, metoda perbaikan struktur beton dengan menggunakan lapisan fiber dapat memberikan kekuatan yang melebihi kapasitas awal desain. Hipotesa ini akan dibuktikan dengan suatu analisis dan data hasil pengujian.

## III. TINJAUAN PUSTAKA

### 3.1. Karakteristik Beton Terkekang

Perilaku mekanik beton sangat tergantung pada kondisi batas yang dikenakan pada beton. Adanya kondisi batas tersebut menimbulkan batasan gerakan (*restraint*) terhadap kecenderungan material untuk berdeformasi akibat pembebanan yang dialaminya. Pola keruntuhan beton akibat beban tekan biasanya ditandai oleh adanya penambahan volume yang tidak terkontrol. Dengan adanya mekanisme kekangan yang bekerja pada beton, proses keruntuhan yang terjadi dapat diperlambat.

Kekangan pada beton dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu kekangan pasif, berupa tulangan lateral baik yang berbentuk spiral maupun persegi atau kekangan tabung baja dan *fiber-wrapping*. Sedangkan kekangan aktif dapat berupa tekanan fluida. Pada kekangan pasif, tekanan lateral yang diberikan tidak konstan seperti pada kekangan aktif, tetapi tergantung pada deformasi aksial dari inti beton dan karakteristik tegangan-regangan tulangan lateral. Selain itu kekangan yang diberikan oleh tulangan lateral akan menghasilkan gaya lateral yang tidak merata, yang bekerja pada inti beton, yang besarnya ditentukan oleh rasio tulangan lateral terhadap inti beton, tegangan leleh tulangan lateral, spasi dan konfigurasi tulangan lateral tersebut. Sedangkan pada kekangan aktif, kekangan yang diberikan oleh fluida akan menghasilkan gaya lateral yang merata pada seluruh permukaan beton.

Penggunaan kekangan pada inti beton dimaksudkan untuk meningkatkan kekuatan dan daktilitas kolom. Besarnya peningkatan tegangan tekan akibat efek kekangan yang ditimbulkan oleh tegangan lateral diperoleh dari penurunan kriteria leleh Mohr-Coulomb sebagai berikut :

$$|\tau| = c - \sigma \tan \phi \dots\dots\dots(3.1)$$

di mana:

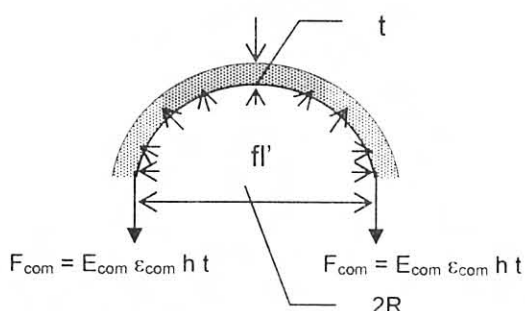
- $\tau$  : tegangan geser
- $\sigma$  : tegangan normal
- $c$  : nilai kohesi
- $\phi$  : sudut geser dalam

### 3.2. Mekanisme Kekangan

Pemberian pengekuat lateral pada beton dimaksudkan untuk meningkatkan kekuatan dan daktilitas dari suatu elemen struktur. Kapasitas daya dukung kolom yang dihasilkan dari pengekuatan dengan tulangan lateral tergantung pada kekuatan yang dimiliki oleh beton inti yang terkekang, selimut beton, dan daya dukung tulangan longitudinal. Besarnya tekanan pengekuat yang ditimbulkan oleh suatu susunan pengekuat lateral ditentukan oleh konfigurasi, dimensi, tegangan leleh, jarak tulangan lateral, jumlah dan susunan tulangan longitudinal, serta *dilatability* beton inti pada saat menerima beban tekan.

Pada kolom yang terbuat dari beton dengan kuat tekan normal, tulangan lateral pada umumnya mengalami leleh pada saat beban aksial maksimum tercapai. Hal ini disebabkan beton dengan kuat tekan normal memiliki kemampuan mengembang dalam arah lateral yang besar pada saat mencapai beban maksimum.

Pengekuatan dengan menggunakan tulangan lateral atau dengan memakai tabung pada beton merupakan pengekuatan pasif, dimana tekanan pengekuat akan timbul setelah beton inti mengalami pengembangan dalam arah lateral (efek *Poisson's ratio*) terutama pada saat setelah beban maksimum tercapai. Mekanisme kekangan tergantung pada kemampuan beton untuk mengembang dalam arah lateral dan kekakuan radial dari material pengekuat untuk dapat menahan pengembangan beton tersebut. Dalam hal ini ada dua kondisi yang harus diperhatikan, yaitu kompatibilitas geometri (regangan) antara beton inti dengan dinding tabung, dan keseimbangan gaya-gaya di dalam diagram *free body* sebagaimana dapat kita lihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.1. Keseimbangan Gaya yang Bekerja Pada Penampang Kolom Bulat Terkekang

Berdasarkan pada suatu analisis statik, keseimbangan gaya, dan keseimbangan deformasi, persamaan tegangan lateral ditentukan dengan rumus :

$$f_f = E_l \varepsilon_l \dots \dots \dots (3.2)$$

dimana:

- $E_l$  = modulus elastisitas lateral
- $\varepsilon_l$  = regangan lateral dari benda uji terkekang

$E_l$  adalah suatu parameter yang menyatakan kekakuan dari kekangan dan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E_l = \frac{E_f t}{R} \dots \dots \dots (3.3)$$

dimana:

- $E_f$  = modulus elastisitas fiber
- $t$  = ketebalan fiber
- $R$  = jari-jari kolom beton

### 3.3. Aksi Kekangan

Menurut Richart dkk, tegangan dan regangan longitudinal pada kondisi runtuh dari beton terkekang akibat tekanan hidrostatik memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$f_{cc}' = f_c' + k_1 f_l \dots \dots \dots (3.4)$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} \left\{ 1 + \frac{k_2 f_l}{f_c'} \right\} \dots \dots \dots (3.5)$$

dimana:

- $f_{cc}'$  = teg. maks. beton terkekang
- $\varepsilon_{cc}$  = reg. runtuh akibat tekanan lateral  $f_l$
- $f_c'$  = teg. runtuh beton tidak terkekang
- $\varepsilon_{co}$  = reg. runtuh beton tidak terkekang
- $k_1 = 4.1$
- $k_2 = 5k_1$

Berdasarkan kekuatan beton dan jarak tulangan spiral, Iyengar menggunakan nilai  $k_1$  diantara 2.8 dan 4.8, Balmer menggunakan nilai  $k_1 = 4.5$  dan 7.0 dengan nilai rata-rata 5.6. Persamaan (3.4) dan (3.5) berlaku untuk kondisi anisotropis dalam material komposit.

Batasan ini menyebabkan perbedaan antara hasil-hasil eksperimental dan prediksi yang semakin besar terutama hubungannya dengan respon regangan. Mander memformulasikan kekuatan tekan dengan rumus :

$$f_{cc}' = f_c' \left\{ -1.25 + 2.25 \sqrt{1 + \frac{7.94 f_l}{f_c'} - \frac{2 f_l}{f_c'}} \right\} \dots \dots \dots (3.6)$$

dan regangan longitudinal beton terkekang :

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} \left\{ 1 + \frac{5 f_{cc}'}{f_c'} - 5 \right\} \dots \dots \dots (3.7)$$

dimana :

$$\varepsilon_{co} \approx 0,002.$$

Menurut Chai, untuk beton terkekang dengan bahan-bahan komposit, tegangan kekangan efektif diperoleh dengan rumus:

$$f_l = \frac{2 f_{com} t}{d} \dots \dots \dots (3.8)$$

dimana:

- $f_{com}$  = kekuatan tarik komposit
- $f_c'$  = kuat tekan beton tidak terkekang.

Menurut Fardis dan Khalili, kekuatan beton terkekang dengan tabung glass memenuhi persamaan:

$$f_{cc}' = f_c' \left\{ 1 + 4,1 \left( \frac{f_{com} t}{d f_c'} \right) \right\} \dots \dots \dots (3.9)$$

$$\varepsilon_{cc} = 0,002 + 0,001 \frac{E_{com} t}{d f_c'} \dots \dots \dots (3.10)$$

dimana:

$$E_{com} = \text{mod. elastisitas komposit}$$

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nanni dan Bradford, mereka menggunakan kedua rumus Mander, Fardis dan Khalili untuk memprediksi perilaku benda uji kolom terkekang komposit aramid, lapisan filament glass, dan bentuk kulit glass-aramid. Kedua model tersebut menghasilkan prediksi kekuatan yang akurat, tetapi taksiran rendah untuk regangan beton yang dikekang dengan komposit FRP.

## IV. METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan dalam penulisan ini terdiri dari tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Studi pustaka, meliputi pengumpulan data-data hasil eksperimen yang telah dilakukan mengenai struktur beton komposit, mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan material pengekuat ataupun material penyusun beton;



2. Menentukan hipotesa awal sebagaimana dijelaskan dalam Bagian 1;
3. Pengujian laboratorium, berupa pembuatan model benda uji silinder beton, baik beton polos atau beton dengan kekangan lapisan fiber, pengujian kuat tarik material pengekang, pengujian lekatan (*bonding*) antara lapisan serat dengan beton, dan pengujian kuat tekan beton;
4. Analisis data hasil eksperimental yang telah dilakukan di laboratorium;
5. Perbandingan hasil eksperimental dengan teori-teori sebelumnya;
6. Kesimpulan dan Saran

## V. PEMBAHASAN HASIL EKSPERIMENTAL LABORATORIUM

### 5.1 Pembuatan Beton Normal

Pembuatan benda uji beton mengikuti standar ACI 211.4R-93. Tahapan-tahapan yang harus dilakukan sebelum pembuatan benda uji ini adalah mempersiapkan seluruh alat yang diperlukan, menimbang dengan teliti material pembentuk beton, mempersiapkan cetakan silinder, dan pengecoran.

Proses pengecoran dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk (molen). Ukuran benda uji berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Mutu beton yang direncanakan adalah beton normal dengan kuat tekan ( $f_c'$ ) 20 MPa dan 35 MPa. Jumlah benda uji terdiri dari :

1. Tiga buah silinder beton tanpa kekangan masing-masing dengan kuat tekan 20 MPa (NK-20-1, NK-20-2, NK-20-3) dan 35 MPa (NK-35-1, NK-35-2, NK-35-3);
2. Dua buah silinder beton dengan satu lapisan fiber yang diorientasikan sejajar dengan arah serat masing-masing dengan kuat tekan 20 MPa (P1-20-1, P1-20-2) dan 35 MPa (P1-35-1, P1-35-2);
3. Dua buah silinder beton dengan satu lapisan fiber yang diorientasikan  $30^\circ$  dengan arah serat masing-masing dengan kuat tekan 20 MPa (S1-20-1, S1-20-2) dan 35 MPa (S1-35-1, S1-35-2);
4. Dua buah silinder beton dengan dua lapisan fiber yang diorientasikan sejajar dengan arah serat masing-masing dengan kuat tekan 20 MPa (P2-20-1, P2-20-2) dan 35 MPa (P2-35-1, P2-35-2);
5. Dua buah silinder beton dengan dua lapisan fiber yang diorientasikan  $30^\circ$  dengan arah serat masing-masing dengan kuat tekan 20 MPa (S2-20-1, S2-20-2) dan 35 MPa (S2-35-1, S2-35-2);

Total jumlah benda uji adalah 22 buah.

## 5.2 Pengujian Kuat Tarik Material Pengekang

### Material Kekangan

Kekangan yang digunakan adalah berupa serat aramid yang memiliki kekuatan dan modulus elastis tinggi. Serat Aramid ini digunakan untuk meningkatkan *performance* terhadap pengaruh gempa, perbaikan struktur kolom, dan meningkatkan kekuatan geser serta deformasi balok.

Sifat-sifat fisik dari serat Aramid ini adalah:

- Kekuatan tarik : AK-40 adalah 40 t/m
- Kuantitas fiber : 280 g/m<sup>2</sup>
- Ketebalan : 0,193 mm
- Nilai desain:
  - Kekuatan tarik = 2100 N/mm<sup>2</sup>
  - Mod. elastis = 120000 N/mm<sup>2</sup>
  - Regangan maksimum = 1,8 %

Pengujian kuat tarik ini terdiri dari:

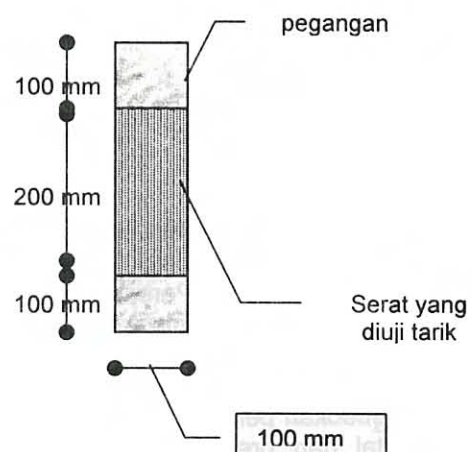
- Pengujian kuat tarik serat dengan menggunakan lem epoksi;
- Pengujian kuat tarik serat tanpa menggunakan lem epoksi.

### Hasil Pengujian Kuat Tarik Dari Material Pengekang

Untuk mengetahui pengaruh lem epoksi pada serat, dilakukan dua pengujian kuat tarik yaitu pengujian kuat tarik serat tanpa menggunakan lem epoksi dan pengujian kuat tarik serat dengan menggunakan lem epoksi. Identifikasi benda uji ini adalah sebagai berikut :

1. Empat buah lapisan fiber tanpa menggunakan epoksi (NE-1, NE-2, NE-3, NE-4);
2. Empat buah lapisan fiber dengan menggunakan epoksi (ES-1, ES-2, ES-3, ES-4);

Sketsa uji tarik material pengekang ini dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut :



Gambar 5.1. Sketsa Uji Tarik Hasil pengujian kuat tarik disajikan dalam tabel 5.2a dan tabel 5.2b.

Tabel 5.2a.  
HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK SERAT  
ARAMID TANPA EPOKSI

No	Benda Uji	Kapasitas Tarik		Stroke saat teg. maks. (mm)
		kN	Mpa	
1.	NE-1	28,61	1482,42	5,50
2.	NE-2	47,21	2446,01	7,81
3.	NE-3	48,01	2487,51	8,10
4.	NE-4	39,05	2129,92	7,83

Tabel 5.2b.  
HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK SERAT  
ARAMID DENGAN MENGGUNAKAN EPOKSI

No	Benda Uji	Kapasitas Tarik		Reg. Aks. (%)	Stroke saat teg. maks. (mm)	Modulus Elastis (Mpa)
		kN	Mpa			
1.	ES-1	41,66	2158,39	-	8,15	-
2.	ES-2	40,57	2102,07	1,57	5,93	135914
3.	ES-3	39,20	2030,93	1,48	6,83	139967
4.	ES-4	49,55	2567,57	1,80	7,26	141734

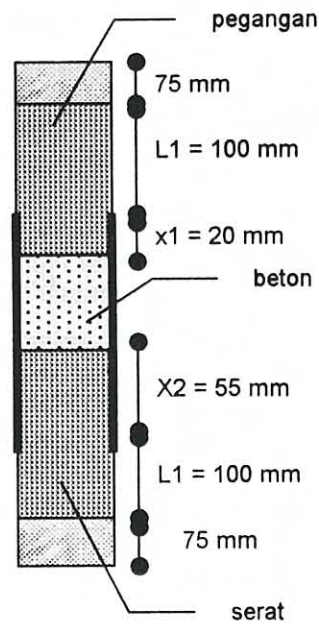
Catatan: Ukuran lebar *sample* = 100 mm

Dari data hasil eksperimental tersebut dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Lem epoksi yang digunakan sebagai perekat antara serat dan beton tidak mempengaruhi nilai kapasitas tarik secara signifikan, artinya kontribusi kekuatan yang disumbangkan epoksi tidak mempengaruhi kuat tarik serat.
2. Pengaruh epoksi terhadap serat hanya menyebabkan lembaran benang-benang serat pada saat terjadi keruntuhan terputus secara bersamaan, hal ini menyebabkan kurva tegangan regangan tarik bersifat linier.

### 5.3. Pengujian Lekatan (*Bonding*)

Pengujian lekatan (*bonding*) beton dan serat bertujuan untuk mengetahui panjang penyaluran efektif dari serat sehingga keruntuhan yang terjadi diharapkan berasal dari terputusnya serat akibat pembebanan dan bukan berasal dari keruntuhan geser atau slip antara beton dan serat. Sketsa pengujian lekatan ini disajikan dalam Gambar 5.2.



Gambar 5.2. Sketsa Uji Lekatan

Hasil pengujian lekatan (*bonding*) adalah sebagai berikut :

- Serat terlepas dari beton pada daerah  $x_1 = 20$  mm dengan beban yang dicapai sebesar 2,117 kN, sehingga tegangan geser yang didapat sebesar

$$f_{geser} = \frac{2,117 \times 10^3}{20 \times 50} = 2,117 \text{ MPa}$$

- Berdasarkan tegangan geser yang ada, panjang penyaluran yang diperlukan serat dengan lebar 100 mm ditentukan dengan rumus:

$$P_{lepas} \geq P_{putus}$$

$$F_{geser} \times 100 \times L \geq f_y \times 100 \times 0,193$$

$$L \geq \frac{f_y \times 100 \times 0,193}{f_{geser} \times 100} = \frac{2100 \times 0,193}{2,117}$$

$$L \geq 191,450 \text{ mm} \approx 20 \text{ cm}$$

- Panjang penyaluran untuk serat yang lebarnya 10 cm adalah 20 cm. Hal ini sesuai dengan peraturan yang mensyaratkan bahwa panjang penyaluran serat Aramid dengan lebar 10 cm adalah 25 cm.



#### 5.4. Pengujian Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton karakteristik yang digunakan dalam pengujian ini sebesar 20 MPa dan 35 MPa. Benda uji silinder ini memiliki ukuran diameter (  $D = 100 \text{ mm}$  ) dan tinggi (  $H = 200 \text{ mm}$  ). Pengukuran regangan dilakukan hanya dalam arah aksial saja, sehingga nilai *Poissons' ratio* ditetapkan sebesar 0,25. Nilai modulus elastisitas diambil dari bentuk persamaan:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(5.1)$$

Hasil pengujian kuat tekan beton disajikan dalam tabel 5.3a. dan tabel 5.3b.

Tabel 5.3a.  
HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON  
20 Mpa

No	Benda Uji	P maks (kN)	f <sub>cc</sub> ' (MPa)	ε <sub>cc</sub> ' (%)	f <sub>cc</sub> '/f <sub>c</sub>	ε <sub>cc</sub> '/ε <sub>c</sub> '
1.	NK-20-1	159,50	20,31	-	-	-
2.	NK-20-2	163,16	20,77	-	-	-
3.	NK-20-3	175,94	22,40	-	-	-
4.	P1-20-1	382,61	48,72	4,60	2,30	18,38
5.	P1-20-2	390,02	49,66	-	2,35	-
6.	P2-20-1	448,07	57,05	4,40	2,70	17,59
7.	P2-20-2	446,10	56,80	-	2,68	-
8.	S1-20-1	354,54	45,14	2,55	2,13	10,20
9.	S1-20-2	318,62	40,57	-	1,92	-
10.	S2-20-1	427,10	54,38	3,04	2,57	12,15
11.	S2-20-2	460,63	58,65		2,77	

Tabel 5.3b.  
HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON  
35 Mpa

No.	Benda Uji	P maks (kN)	f <sub>cc</sub> ' (MPa)	ε <sub>cc</sub> ' (%)	f <sub>cc</sub> '/f <sub>c</sub>	ε <sub>cc</sub> '/ε <sub>c</sub> '
1.	NK-35-1	242,50	30,88	-	-	-
2.	NK-35-2	276,65	35,22	-	-	-
3.	NK-35-3	290,30	36,96	-	-	-
4.	P1-35-1	500,65	63,74	1,74	1,86	6,94
5.	P1-35-2	452,51	57,62	-	1,68	-
6.	P2-35-1	629,47	80,15	2,42	2,33	9,68
7.	P2-35-2	619,21	78,84	-	2,30	-
8.	S1-35-1	381,32	48,55	1,42	1,41	5,66
9.	S1-35-2	399,86	50,91	-	1,48	-
10.	S2-35-1	549,25	69,93	3,06	2,04	12,23
11.	S2-35-2	551,58	70,23		2,04	

Dari hasil pengujian tersebut dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Peningkatan kuat tekan beton dipengaruhi oleh tebal lapisan dan arah orientasi lilitan serat. Semakin tebal lapisan serat peningkatan kuat tekan beton akan semakin besar pula. Hal ini disebabkan setelah beton mengalami kehancuran, maka daya pikul diambil alih oleh kekangan. Lapisan serat yang dipasang searah dengan arah kekuatan serat ( arah orientasi =  $0^0$  ) memberikan peningkatan kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan lapisan yang dipasang dengan arah orientasi  $\geq 0^0$ .
2. Peningkatan kuat tekan beton dipengaruhi pula oleh mutu beton. Berdasarkan hasil eksperimen, beton normal dengan kekuatan 20 MPa dan tebal lapisan serat  $t = 0,193 \text{ mm}$  yang dipasang sejajar mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata 2,33 kali lipat, sedangkan beton mutu 35 Mpa dengan kondisi kekangan yang sama mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 1,77 kali lipat. Ternyata untuk kasus ini semakin tinggi mutu beton, peningkatan kuat tekan akan semakin kecil.
3. Peningkatan nilai daktilitas juga dipengaruhi oleh tebal lapisan dan arah orientasi lilitan serat. Semakin tebal lapisan serat peningkatan daktilitas akan semakin besar pula. Nilai daktilitas ini dipengaruhi oleh sifat-sifat material pengekan (diantaranya nilai modulus elastisitas pengekan).
4. Lapisan serat yang dipasang searah dengan arah kekuatan serat ( arah orientasi =  $0^0$  ) memberikan peningkatan daktilitas yang lebih besar dibandingkan dengan lapisan yang dipasang dengan arah orientasi  $\geq 0^0$ .

#### 5.5. Perbandingan Hasil Evaluasi Pengujian Laboratorium dengan Teori Analisis

Berdasarkan persamaan yang telah dijelaskan sebelumnya, pada bagian ini akan ditunjukkan perbandingan kuat tekan  $f_{cc}'$  dan regangan aksial  $\epsilon_{cc}'$  hasil pengujian laboratorium dengan teori analisis. Hasil perbandingan analisis tersebut ditunjukkan dalam Tabel 5.4a. dan 5.4b. sebagai berikut :



**Tabel 5.4a.**  
**PERBANDINGAN KUAT TEKAN HASIL**  
**PENGUJIAN LABORATORIUM DENGAN**  
**BEBERAPA TEORI ANALISIS**

No.	Benda Uji	Hasil lab. (MPa)	Richard dkk		Mander dkk	
			fcc' (MPa)	Error (%)	fcc' (MPa)	Error (%)
1	P1-20-1	48.716	54.396	11.659	53.14	9.08
2	P1-20-2	49.659	54.396	9.539	53.14	7.01
3	P2-20-1	57.051	87.63	53.599	67.98	19.15
4	P2-20-2	56.799	87.63	54.281	67.98	19.68
5	P1-35-1	63.744	67.59	6.034	71.97	12.90
6	P1-35-2	57.615	67.59	17.313	71.97	24.91
7	P2-35-1	80.147	100.842	25.821	94.207	17.54
8	P2-35-2	78.84	100.824	27.884	94.207	19.49
9	S1-20-1	45.142	49.943	10.635	50.349	11.53
10	S1-20-2	40.568	49.943	23.109	50.349	24.11
11	S2-20-1	54.38	78.725	44.768	64.799	19.16
12	S2-20-2	58.649	78.725	34.231	64.799	10.48
13	S1-35-1	48.552	63.137	30.040	68.278	40.62
14	S1-35-2	50.912	63.137	24.012	68.278	34.11
15	S2-35-1	69.932	91.919	31.441	88.381	26.38
16	S2-35-2	70.229	91.919	30.885	88.381	25.84

**Tabel 5.4b.**  
**PERBANDINGAN REGANGAN AKSIAL HASIL**  
**PENGUJIAN LABORATORIUM DENGAN**  
**BEBERAPA TEORI ANALISIS**

No.	Benda Uji	Hasil lab. (%)	Richard dkk		Mander dkk	
			ecc' (%)	Error (%)	ecc' (%)	Error (%)
1	P1-20-1	4.596	2.656	42.211	2.253	50.979
2	P1-20-2					
3	P2-20-1	4.398	5.012	13.961	2.844	35.334
4	P2-20-2					
5	P1-35-1	2.55	1.751	31.333	1.583	37.922
6	P1-35-2					
7	P2-35-1	3.037	3.202	5.433	2.299	24.300
8	P2-35-2					
9	S1-20-1	1.735	2.34	34.870	2	15.274
10	S1-20-2					
11	S2-20-1	2.419	4.38	81.067	2.655	9.756
12	S2-20-2					
13	S1-35-1	1.416	1.56	10.169	0.92	35.028
14	S1-35-2					
15	S2-35-1	3.057	2.813	7.982	1.853	39.385
16	S2-35-2					

Untuk nilai kuat tekan dan regangan aksial, baik dari hasil uji laboratorium ataupun teori analisis yang dikembangkan oleh Richard dan Mander menghasilkan kuat tekan dan regangan aksial yang berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh dua besaran yaitu tegangan lateral yang diberikan oleh kekangan dan nilai kuat tekan kolom tidak terkekang. Persamaan yang memiliki hasil yang lebih mendekati hasil laboratorium adalah persamaan Mander dkk. Dari hasil perbandingan tersebut dapat ditarik suatu kesimpulan :

1. Semakin besar tegangan lateral yang diberikan, maka akan terjadi peningkatan kuat tekan dan regangan aksial;
2. Semakin tinggi mutu beton, peningkatan kuat tekan dan regangan aksial akan semakin kecil;
3. Kekangan fiber dalam arah sejajar serat akan menghasilkan nilai kuat tekan dan regangan aksial yang lebih besar.

### 5.6. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut :

- 1) Perekat antara serat sebagai pengekang dengan beton tidak mempengaruhi kuat tekan beton secara signifikan. Kontribusi lem epoksi menyebabkan serat mengalami keruntuhan secara bersamaan.
- 2) Peningkatan kuat tekan dan daktilitas dari beton terkekang dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya mutu beton, tebal lapisan pengekang, dan arah orientasi lilitan serat terhadap beton.
- 3) Semakin baik proses pengerjaan pembuatan beton dan teknik pemasangan kekangan akan menyebabkan keruntuhan beton dan material pengekang terjadi secara bersama-sama.
- 4) Pemberian kekangan pada beton dipengaruhi oleh *setting time* dari lem epoksi.
- 5) Semakin tinggi mutu beton yang dikekang akan memberikan peningkatan kuat tekan dan daktilitas yang semakin kecil, karena beton mutu tinggi memiliki sifat lebih getas dibandingkan dengan beton normal.
- 6) Untuk memberikan hasil pengujian yang lebih mendekati dengan teori analisis, perlu diperhatikan tahapan-tahapan pengerjaan mulai dari penyediaan material sampai tahap pengujian;
- 7) Sebelum dilakukan pengujian tekan hendaknya mesin uji dikalibrasi terlebih dahulu;
- 8) Untuk penelitian, sebaiknya digunakan lem epoksi dengan *setting time* yang cukup lama agar proses pemasangan serat aramid tidak dilakukan tergesa-gesa, karena hal ini dapat mempengaruhi kerapuhan proses pelilitan serat terhadap beton.



## DAFTAR PUSTAKA

- 1) ASTM Designation: C 33 – 92a, (1993), *Standard Specifications for Concrete Aggregates*, Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.02, Concrete and Aggregates, 10 – 16;
- 2) ASTM Designation: C 39 – 86, (1993), *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.02, Concrete and Aggregates, 20 – 24;
- 3) ASTM Designation: C 143 – 90a, (1993), *Standard Test Methods for Slump of Hydraulic Cement Concrete*, Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.02, Concrete and Aggregates, 88 – 90;
- 4) ASTM Designation: C 192 – 90a, (1993), *Standard Practice of Making and Curing Concrete Test Specimens in The Laboratory*, Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.02, Concrete and Aggregates, 117 – 123;
- 5) ASTM Designation: C 617 – 87, (1993), *Standard Practice of Capping Cylindrical Concrete Specimens*, Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.02, Concrete and Aggregates, 306 – 309;
- 6) Gergely, Ioan., Pantelides, Cris P., Nuismer, Ralph J., and Reaveley, Lawrence D., (1998), *Bridge Pier Retrofit Using Fiber-Reinforced Plastic Composites*, Journal Composites of Construction, Vol. 2, No. 4, November 1998, 165 – 174;
- 7) Grace, N. F., Soliman, A. K., Sayed, G. Abdel., and Saleh, K. R., (1998), *Behavior and Ductility of Simple and Continuous FRP Reinforced Beams*, Journal Composites of Construction, Vol. 2, No. 4, November 1998, 176 – 198;
- 8) Imran, Iswandi., and Pantazopoulou, S. J. (1996), *Plasticity Model for Concrete Under Triaxial Compression*, ASCE Journal of Material in Civil Engineering;
- 9) Kharbari, Vistasp M., Gao, Yanqiang, (1997), *Composite Jacketed Concrete Under Uniaxial Compression Verication of Simple Design Equations*, ASCE Journal of Material in Civil Engineering, Vol. 9, No. 4, Nopember 1997, 185 – 193;
- 10) Michel Samaan, Amir Mirmiran, and Mohsen Shahawy, *Model of concrete confined by fiber composites*, Journal of Structureal Engineering/September 1998.
- 11) Park, R. and Paulay, T., *Reinforce Concrete Structure*, John Wiley and Sons, 1975.
- 12) Sutarsana, Adi, (2001), Skripsi Studi Eksperimental Efek Kekangan Renderoc FR 10 AK – 40 Pada Kolom Pendek Dengan Pembebanan Aksial

### Penulis :

- **N. Retno Setiati, ST, MT.**, Staf Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan, Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Kimpraswil, Departemen Kimpraswil;
- **Dr. Ir. Iswandi Imran, MASc.**, Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung.



## KAJIAN KEBIJAKAN DALAM PENGELOLAAN LINGKUNGAN JALAN DI KAWASAN SENSITIF

*Sri Yeni Mulyani R.  
Lanalyawati*

### **RINGKASAN**

*Pengelolaan lingkungan dapat diartikan sebagai usaha untuk memelihara dan memperbaiki mutu lingkungan agar kebutuhan dasar kita terpenuhi, karena persepsi tentang kebutuhan dasar terutama untuk kelangsungan hidup yang manusiawi, tidak sama untuk semua golongan masyarakat dan berubah-ubah dari waktu ke waktu, pengelolaan lingkungan haruslah bersifat lentur. Dengan kelenturan itu kita berusaha untuk tidak menutup pilihan golongan masyarakat tertentu untuk mendapatkan kebutuhan dasarnya.*

*Untuk itu, maka pengelolaan lingkungan jalan harus dapat mewujudkan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan. Dimana pengelolaan lingkungan merupakan Tanggung Jawab Keikutsertaan Pemerintah Dan Peran Serta Masyarakat.*

### **SUMMARY**

*Environmental management defines as the effort to maintain and improve environmental quality in order to meet community needs. The perception of the basic needs mainly for sustainable life is not the same for all community and continuously changing, so environmental management should be flexible. The flexibility means all people can freely obtain to fulfill their basic needs.*

*Therefore, environmental management should offer ecologically sustainable development. Environmental management is the responsibility of government and people participation.*

### **I. PENDAHULUAN**

Pengelolaan lingkungan dapat diartikan sebagai usaha untuk memelihara dan memperbaiki mutu lingkungan agar kebutuhan dasar kita terpenuhi, karena persepsi tentang kebutuhan dasar terutama untuk kelangsungan hidup yang manusiawi, tidak sama untuk semua golongan masyarakat dan berubah-ubah dari waktu ke waktu, pengelolaan lingkungan haruslah bersifat lentur. Dengan kelenturan itu kita berusaha untuk tidak menutup pilihan golongan masyarakat tertentu untuk mendapatkan kebutuhan dasarnya.

Manusia mempunyai daya adaptasi yang besar, baik secara hayati maupun kultural. Misalnya manusia dapat menyesuaikan diri pada penggunaan air yang tercemar. Ia membentuk

daya tahan terhadap penyakit dalam tubuhnya dan karena kebiasaan kebiasaan menekan rasa jijiknya terhadap air yang kotor, air bersih tidak lagi dirasakan sebagai kebutuhan dasar oleh kelompok manusia. Adaptasi demikian itu, walaupun mempunyai nilai dalam mempertahankan kelangsungan hidup, haruslah dianggap sebagai maladaptasi atau penyusuaian diri yang tidak sehat. Maladaptasi tidak dapat diterima dalam pengelolaan lingkungan. Sebab hidup dengan air tercemar itu haruslah dianggap tidak manusiawi

### **II. MAKSUD KAJIAN KEGIATAN**

Pembangunan Jalan di Kawasan sensitif perlu dilakukan dengan memperhatikan pengelolaan lingkungan jalan.



### III. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Oto Soemarwoto (1983) Pengelolaan lingkungan mempunyai ruang yang cukup luas dengan cara yang beraneka ragam, yaitu pengelolaan lingkungan secara rutin, perencanaan dini pengelolaan lingkungan suatu daerah yang menjadi dasar serta tuntutan bagi perencanaan lingkungan, perkiraan dampak dan memperbaiki lingkungan yang mengalami kerusakan.

Di dalam kota terdapat pula pengelolaan lingkungan secara rutin misalnya pemeliharaan saluran riol, taman dan jalur hijau. Walaupun pengelolaan lingkungan sebenarnya telah dilakukan secara rutin, namun kegiatan ini sering tidak disebut pengelolaan lingkungan.

Perencanaan pengelolaan lingkungan secara dini perlu dilakukan untuk dapat memberikan petunjuk pembangunan apa yang sesuai di suatu daerah, tempat pembangunan ini dilakukan dan bagaimana pembangunan itu dilaksanakan. Karena sifat dininya, konflik antara lingkungan dengan pembangunan dapat dihindari atau dikurangi dengan mencari pemecahan secara dini. Bahkan pembangunan itu dapat direncanakan untuk mengambil manfaat lingkungan dengan sebaik-baiknya. Dengan demikian akan menjadi jelas pengelolaan lingkungan bukanlah penghambat pembangunan, melainkan pendukung pembangunan.

Pengelolaan lingkungan yang akhir-akhir ini banyak mendapat perhatian ialah rencana proyek pembangunan dan untuk memperbaiki lingkungan yang mengalami kerusakan. Oleh karena itu pengelolaan lingkungan lebih bersifat reaktif, yaitu bereaksi terhadap suatu perencanaan atau keadaan tertentu. Hal ini menimbulkan citra yang kurang baik terhadap pengelolaan lingkungan, terutama karena reaksi itu sering terhadap hal-hal yang negatif misalnya pencemaran dan banjir. Karena hal-hal negatif itu sering dikaitkan pengelolaan lingkungan menghambat pembangunan.

### III. TINJAUAN KEBIJAKAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN

#### 3.1 Pengertian dan Tujuan Pengelolaan Lingkungan

Sebagaimana dicantumkan pasal 1 UUPL 23, pengelolaan lingkungan didefinisikan sebagai upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan pemanfaatan, penataan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan dan pengendalian lingkungan hidup. Definisi ini menegaskan bahwa pengertian pengelolaan

lingkungan di Indonesia mencakup yang luas, upaya pelestarian lingkungan dan mencegah proses degradasi lingkungan jalan, khususnya melalui proses penataan lingkungan jalan.

Adapun tujuan pengelolaan lingkungan jalan itu sendiri sebagaimana dicantumkan dalam pasal 3 UUPL 23 adalah mewujudkan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan. Pembangunan berkelanjutan diartikan sebagai upaya sadar dan terencana, yang memadukan lingkungan termasuk sumber daya kedalam proses pembangunan untuk menjamin kemampuan, kesejahteraan dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan.

#### 3.2 Tanggung Jawab Keikutsertaan Pemerintah dan Peran Serta Masyarakat

Kewenangan dan mekanisme pengelolaan lingkungan merupakan aspek penting yang tercantum dalam UUPL 23. Disebutkan mulai pasal 8 sampai dengan pasal 13, tentang kewenangan, kewajiban dan tugas pemerintah dalam pengelolaan lingkungan.

Butir pertama memberikan penegasan bahwa negara mempunyai kewenangan dalam pengelolaan lingkungan (pasal 8). Pasal ini tentunya dilandasi oleh pasal 33 UUD 45 yang menegaskan bahwa sumber daya alam dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya bagi kemakmuran rakyat, penting dicatat disini bahwa meskipun negara mempunyai kewenangan penuh dalam pengelolaan lingkungan, kewenangan ini ditujukan tidak lain untuk kemakmuran rakyat.

Butir kedua menegaskan bahwa pemerintah mempunyai tugas untuk menetapkan kebijaksanaan nasional tentang pengelolaan lingkungan bahwa kebijaksanaan ini harus dilakukan secara terpadu oleh instansi pemerintah (pasal 9). Disebutkan dalam ayat dua pasal 9 UUPL 23 bahwa pengelolaan lingkungan dilaksanakan secara terpadu oleh instansi pemerintah sesuai dengan bidang dan tugas masing-masing. Dengan kata lain, meskipun terdapat instansi khusus yang diberi kewenangan untuk merumuskan kebijaksanaan pengelolaan lingkungan dan operasionalnya tidak berarti bahwa instansi pemerintah ini lalu lepas tangan.

Selain itu, hal yang penting dalam konteks kewenangan pengelolaan lingkungan ini berkaitan dengan desentralisasi pengelolaan lingkungan dalam arti penyerahan beberapa kewenangan dan urusan pengelolaan lingkungan dari pemerintah pusat kepada pemerintah daerah (pasal 12 dan 13). Butir ini memberikan peluang sekaligus tantangan bagi pemerintah daerah untuk dapat



secara langsung mengembangkan berbagai mekanisme pengelolaan lingkungan yang disesuaikan dengan kondisi daerahnya masing-masing.

UUPL 23 juga menegaskan secara eksplisit tentang hak masyarakat untuk berperan secara aktif dalam berbagai upaya pengelolaan lingkungan (pasal 5, 6 dan 7). Ini sejalan, dengan semangat reformasi yang menuntut dikembalikannya kedaulatan rakyat dalam pengelolaan sumber daya termasuk kawasan sensitif. Mekanisme lebih lanjut tentang peran serta rakyat dalam pengelolaan lingkungan perlu dirumuskan lebih detail dalam peraturan lain. Perlu dicatat bahwa kesadaran dari aparat pemerintah bahwa kedaulatan rakyat merupakan prinsip yang penting dalam pengelolaan lingkungan.

### 3.3 Mekanisme pengelolaan lingkungan

UUPL 23 merumuskan pula berbagai kemungkinan mekanisme pengelolaan lingkungan, baik melalui perijinan, mekanisme ekonomi, pengawasan juga pemberian sanksi.

Aspek pertama menyangkut rumusan bahwa perijinan bagian pada kawasan sensitif harus memperhatikan pendapat masyarakat (pasal 19). Aspek ini penting karena mawadahi semangat peran serta rakyat sebagaimana ditegaskan dalam pasal 5,6 dan 7 tentang hak, kewajiban dan peran masyarakat.

Aspek kedua yang perlu diperhatikan menyangkut tugas pengawasan yang diberikan oleh pemerintah (pasal 22, 23 dan 24). Selama ini oleh karena keterbatasan tenaga dan sumber daya yang ada, tugas pengawasan yang dilakukan oleh pemerintah belum maksimal dilakukan. Dimasa depan, pelaksanaan tugas pengawasan ini semakin meningkat dan kompleks yang dengan sendirinya memerlukan pengelolaan tenaga dan sumber daya secara akurat. Upaya-upaya pengelolaan lingkungan dimasa depan harus diawali dengan peningkatan sumber daya manusia, agar pemerintah dapat melakukan proses-proses pengawasan secara lebih baik.

Aspek ketiga dalam mekanisme pengelolaan lingkungan jalan ini menyangkut dirumuskannya pedoman-pedoman tentang pengelolaan lingkungan jalan dikawasan sensitif, yang mencakup kebijakan. Pedoman ini menjadi relevan, oleh karena konflik lingkungan yang akan semakin membesar dan kompleks dimasa depan. Kemungkinan ini perlu dikaji lebih lanjut, tidak saja karena mekanisme ini cocok dengan kultur masyarakat Indonesia, akan tetapi mekanisme ini lebih menjamin tercapainya win-win solution

Aspek keempat pengelolaan lingkungan jalan menyangkut hak masyarakat melakukan gugatan. Sebagaimana dirumuskan dalam pasal 37 dan 38, Masyarakat dan organisasi lingkungan berhak melakukan gugatan mengenai masalah lingkungan jalan yang merugikan perikehidupan masyarakat. Butir ini menjadi relevan sekali, oleh karena selama ini hak-hak cenderung diabaikan. Masyarakat cenderung tidak mempunyai kekuatan untuk mengajukan gugatan tentang persoalan lingkungan jalan yang mereka hadapi. Dimasa depan, proses-proses pengajuan gugatan oleh masyarakat diperkirakan akan semakin marak, sehingga mekanisme jelas transparan dan adil harus dikembangkan.

### 3.4 Prinsip Keharusan (Mandatory) dan Sukarela (Voluntary) dalam pengelolaan lingkungan

Karena setiap orang mempunyai hak atas lingkungan jalan yang baik dan sehat, maka setiap orang bertanggung jawab untuk memelihara lingkungan dari kemungkinan timbulnya kerusakan dan pencemaran. Tanggung jawab untuk memelihara atau mengelola lingkungan jalan tersebut dibedakan dalam bentuk keharusan (Mandatory) yang ditetapkan melalui perundangan dan kegiatan sukarela (Voluntary) melalui konsep pengelolaan lingkungan jalan yang disetujui bersama.

Contoh perangkat lingkungan yang bersifat keharusan yang ditetapkan di Indonesia adalah AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan) dan UKL-UPL (Upaya Pemantauan Lingkungan). AMDAL adalah hasil studi mengenai dampak dari suatu kegiatan yang direncanakan terhadap lingkungan yang diperlukan bagi proses pengambilan keputusan (PP 51/93). Penelaahan dampak kegiatan pembangunan jalan merupakan hal pokok yang mendominasi pada kegiatan studi. Dampak didefinisikan sebagai perubahan keadaan dan fungsi lingkungan yang disebabkan oleh suatu kegiatan. UKL-UPL diselenggarakan jika ditentukan bahwa kegiatan yang direncanakan tidak menimbulkan dampak penting. Penentuan ada atau tidaknya dampak penting dilakukan dengan mengacu kepada Kepmen 39 tahun1996. AMDAL dan UKL-UPL diharuskan dilaksanakan melalui UU No23 tahun 1997, PP 51 tahun1993 dan Kepmen 39 tahun1996.

Contoh perangkat pengelolaan lingkungan yang bersifat sukarela adalah sistem pengelolaan lingkungan dan audit lingkungan. Meskipun sifatnya sukarela, ada semacam desakan atau tekanan untuk melaksanakannya. Sebagai contoh kalau produsen tidak mempunyai ISO 14000 maka negara-negara tertentu biasanya



negara dengan ekonomi kuat, akan menolak untuk produk yang dijual. Dengan demikian kesempatan untuk menjual produk ke negara maju tertutup.

Penyelenggaraan pengelolaan lingkungan jalan dengan memanfaatkan perangkat sukarela dianggap sebagai gambaran kepedulian yang lebih tinggi dalam upaya pengelolaan lingkungan. Hal ini disebabkan karena tanpa harus diatur oleh undang-undang, Orang sudah berusaha untuk melakukan pengelolaan lingkungan. Sebagai contoh masyarakat di sekitar hutan lindung jika tidak menjaganya akan mengakibatkan longsor/banjir pada musim hujan, maka itu mereka berusaha untuk menjaga kelestariaanya.

### **3.5 Tantangan Pengelolaan lingkungan di Masa Depan**

Sebagaimana dicemaskan oleh banyak kalangan, persoalan lingkungan di Indonesia akan menjadi semakin berat oleh karena krisis ekonomi yang berkepanjangan. Karena penurunan kegiatan industri yang menggunakan banyak bahan baku import, orientasi kegiatan industri dan perekonomian Indonesia akan diarahkan pada eksploitasi sumber daya alam. Lebih lanjut, dikhawatirkan bahwa proses-poses eksploitasi sumber daya alam di Indonesia akan semakin tak terkendali dan disyahkan dengan dalih pemulihan ekonomi nasional yang terpukul. Dengan kata lain tantangan dan hambatan yang dihadapi oleh para pengelola lingkungan di Indonesia semakin berat, terutama karena desakan ekonomi dan pemenuhan kebutuhan dasar yang perlu segera ditangani. Isu-isu lingkungan menjadi tidak atau kurang berarti oleh karena orientasi pemerintah dan juga masyarakat yang lebih pada persoalan kehidupan sehari-hari.

Meskipun demikian harapan sebenarnya ada, terutama berkaitan dengan proses perubahan politik dan struktur kekuasaan. Dalam konteks ini paling tidak tiga hal penting yang berkaitan dengan pengelolaan lingkungan di Indonesia. Pertama adalah kecenderungan akan meningkatnya kedaulatan rakyat atau kurangnya pemusatan kekuasaan oleh pemerintah. Proses ini sangat berarti bagi pengembangan pengelolaan lingkungan jalan di Indonesia oleh karena memungkinkan dikembangkannya model-model pengelolaan lingkungan jalan bersama serta direalisasinya hak-hak masyarakat. Sebagaimana selama ini banyak dikritik, pemusatan kekuasaan pada pemerintah tidak mungkin dilakukan kontrol terhadap penyimpangan-penyimpangan pembangunan yang mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan. Melalui peningkatan kedaulatan rakyat, poses kontrol ini menguat sehingga penyimpangan pembangunan yang mempunyai dampak negatif pada lingkungan dapat dicegah.

Kedua, proses demokratisasi yang terjadi juga diharapkan akan mempunyai implikasi yang positif bagi upaya-upaya pengelolaan lingkungan yang lebih baik. Proses demokrasi yang berarti memungkinkan proses negosiasi konflik secara adil dan terbuka diharapkan memberi peluang bagi yang peduli terhadap lingkungan untuk menyuarakan pendapat, aspirasi serta kepentingannya. Selama ini terdapat kecenderungan bahwa proses-poses penyelesaian konflik lingkungan dilakukan melalui kekuasaan. Hak-hak masyarakat yang lemah, minoritas dan cenderung dikalahkan. Proses demokratis yang terjadi diharapkan memungkinkan penyelesaian konflik lingkungan secara adil dan terbuka.

Ketiga, proses perubahan politik yang menekankan pada diberlakukannya 'Rule of Law' atau penegakkan hukum diharapkan mempunyai dampak positif bagi upaya-upaya pengelolaan lingkungan jalan. Sebagaimana selama ini dikritik berbagai produk lingkungan perundangan dan peraturan yang lemah, terutama karena begitu kuatnya praktek KKN. Hukum dan peraturan dibidang lingkungan telah disusun secara baik, tetapi tidak mempunyai implikasi positif terhadap praktek KKN.

Para pengelola lingkungan harus merasa optimis dan justru melihat perubahan politik di Indonesia pada saat ini sebagai peluang bagi upaya menyelamatkan lingkungan jalan. Pengelola lingkungan harus melihat proses perubahan politik sebagaimana momentum yang penting bagi upaya-upaya penyelamatan lingkungan jalan di Indonesia.

## **IV. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **4.1 Kesimpulan**

1. Pengelolaan lingkungan jalan di kawasan sensitif harus dapat mewujudkan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan.
2. Pengelolaan lingkungan merupakan Tanggung Jawab Keikutsertaan Pemerintah Dan Peran Serta Masyarakat.
3. Tugas pengawasan Pengelolaan Lingkungan Jalan di Kawasan Sensitif yang dilakukan oleh pemerintah belum maksimal dilakukan.

### **4.2 Saran**

Dimasa depan, pelaksanaan tugas pengawasan ini semakin meningkat dan kompleks yang dengan sendirinya memerlukan pengelolaan tenaga dan sumber daya secara akurat. Upaya-upaya pengelolaan lingkungan dimasa depan harus diawali dengan peningkatan sumber daya

manusia, agar pemerintah dapat melakukan proses-proses pengawasan secara lebih baik.

3) Otto Soemarwoto., 1994, Ekologi Lingkungan Hidup dan pembangunan, Penerbit Djambatan, Jakarta

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- 1) ADB (1988). **Environment Guidelines for Selected Infrastructure Projects.** Asian Development Bank, Manila, Philippines.
- 2) ESCAP (1990). **Road Development and The Environment.** United Nations, New York

#### **Penulis :**

- *Sri Yeni Mulyani R, STP, Staf Balai Teknik Lalu Lintas dan Lingkungan Jalan Pada Puslitbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Kimpraswil, Departemen Kimpraswil.*
- *Lanalyawati ST, Ajun Peneliti Muda, Pada Puslitbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Kimpraswil, Departemen Kimpraswil.*





# PENGARUH GEOMEMBRAN TERHADAP PERILAKU KADAR AIR TANAH

*M. Suherman*

## **RINGKASAN**

*Permasalahan pengembangan tanah adalah terutama disebabkan oleh perilaku fluktuasi kadar airnya. Ketidak merataan pengangkatan tanah akan dihasilkan oleh salah satu antara ketidak seragaman perubahan kadar air dan ketidak seragaman kondisi tanah atau kedua-duanya. Apabila fluktuasi kadar air sewaktu-waktu dapat diupayakan untuk menjadi kondisi seragam, maka sebagian masalah tersebut dapat dikurangi.*

*Prinsip dasar penghalang kadar air adalah bertindak sebagai pemindah jarak tepi dari pondasi atau perkerasan jalan serta mengurangi fluktuasi kadar air musiman pada tanah di bawah struktur. Waktu untuk terjadi perubahan kadar air akan lebih lama karena penghalang dapat memperpanjang jarak tempuh perpindahan air yang ada di bawah struktur. Hal ini menjadikan distribusi kadar air lebih seragam disebabkan adanya kapiler pada bawah tanah sehingga pengangkatan tanah akan lebih lambat dan lebih seragam.*

*Geomembran telah digunakan dalam upaya penjagaan tanah ekspansif. Karena sifatnya yang kedap air, maka geomembran dapat memberikan solusi dalam menangani tanah ekspansif. Geomembran dapat pula mereduksi perubahan kadar air dan dapat meminimasi perubahan volume pada tanah ekspansif.*

## **SUMMARY**

*Soil expansion problems are primarily the result of fluctuations in water content. Non uniform heave will result from either non uniform water content change, non uniform soil conditions or both. If fluctuations in water content over time can be made uniform a major part of the problem can be mitigated.*

*The basic principle on which moisture barriers act is to move edge effect away from the foundation or pavement and minimize seasonal fluctuations of water content directly below the structure. The time during which moisture changes occur is longer because the barrier increases the path length for water migration under the structure. This allows for water content to be more uniformly distributed due to capillary action in the subsoil, so that the heave will occur more slowly and in a more uniform fashion.*

*Geomembrane have been used in efforts to control expansive soils. Because of its impermeability, a geomembrane offers many solutions to the challenge of expansive soils. Geomembranes reduce moisture change and therefore minimize volumetric changes in expansive soils.*

## **I. PENDAHULUAN**

Salah satu metode penanganan tanah ekspansif yang dapat mengakibatkan kerusakan konstruksi perkerasan jalan adalah memasang geomembran, baik secara horisontal maupun secara vertikal atau kombinasi keduanya. Fungsi dari geomembran adalah untuk menahan lajunya migrasi air yaitu sebagai penghalang terhadap penguapan dan peresapan air dalam tanah, sehingga tidak terjadi perubahan kadar air yang terlalu besar. Untuk mengetahui keefektifan penggunaan geomembran

terhadap pengaruh fluktuasi kadar air tanah, maka telah dilakukan percobaan di lapangan dengan mengambil lokasi di pinggir ruas jalan antara Semarang - Purwodadi Km Smg 27<sup>+500</sup> propinsi Jawa Tengah.

Geomembran dipasang di atas permukaan tanah ekspansif secara horisontal dan vertikal, sehingga tanah di bawah geomembran menjadi terkurung di dalamnya. Geomembran yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai sifat kedap air dari tipe HDPE yang terdiri dari komposisi polymer 97,25%



dan karbon hitam 2,5% dengan tebal 0,75 mm. Pengamatan lapangan telah dilakukan meliputi pemantauan muka air tanah dalam pisometer, pengambilan sampel untuk pemeriksaan kadar air dan pengambilan data curah hujan di sekitar lokasi. Pemeriksaan kadar air dilakukan pada setiap kedalaman tanah baik yang tertutup geomembran maupun yang tidak tertutup geomembran. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan perubahan kadar air dalam tanah, baik yang tertutup geomembran maupun yang tidak tertutup. Hasil analisis data kadar air menunjukkan bahwa geomembran mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap fluktuasi kadar air dalam periode satu musim. Penelitian dilakukan pada tahun 1998 sampai tahun 1999.

## II. PRINSIP DASAR

Prinsip dasar penggunaan geomembran sebagai penghalang air tanah adalah bahwa geomembran bekerja untuk memindahkan efek tepi (*side effect*) sejauh mungkin dari perkerasan jalan serta meminimasi fluktuasi kadar air musiman yang berada di bawah struktur perkerasan. Geomembran ini berfungsi pula sebagai memperpanjang lintasan migrasi air di bawah struktur (Nelson dan Miller, 1992). Hal ini akan memungkinkan terjadinya keseragaman distribusi kadar air sebagai akibat kapiler pada tanah bawah.

### 2.1 Jarak Tepi

Pada pelaksanaan lapangan terdapat dua tipe penerapan, yaitu tipe pemasangan geomembran horisontal dan tipe geomembran vertikal. Untuk geomembran horisontal, lebar membran yang dibutuhkan adalah selebar "jarak tepi". Menurut Wray (1980), jarak tepi ini didefinisikan sebagai jarak yang diukur dari tepi slab di mana variasi kadar air cukup besar untuk dapat menimbulkan pergerakan tanah. Pendekatan teoritis mengenai besarnya jarak tepi ini relatif sulit, tetapi Wray berdasarkan pada hasil-hasil pengukuran, berpendapat bahwa jarak tepi ini umumnya berkisar antara 0,6 meter sampai dengan 1,5 meter. Menurut Mc Keen dan Johnson (1990) berpendapat bahwa jarak tepi ini besarnya mendekati besarnya kedalaman zona aktif.

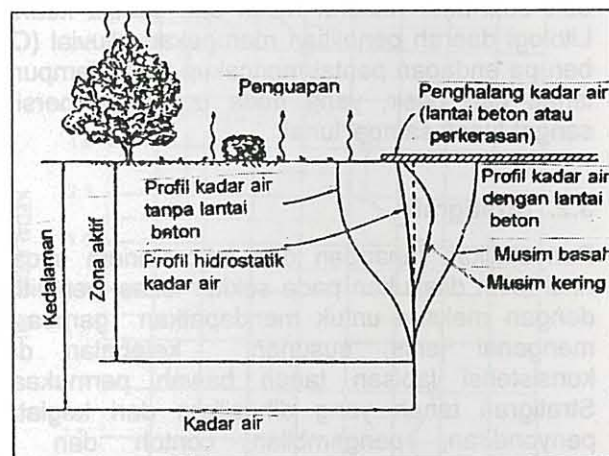
Untuk geomembran vertikal, kedalaman geomembran yang ideal adalah mencapai kedalaman zona aktif, tetapi Nelson dan Miller (1992) berpendapat bahwa secara praktis kedalaman geomembran dapat diambil setengah sampai dua pertiga dari kedalaman zona aktif dan hal ini relatif masih dapat diterima. Sedangkan menurut Suetken (1992) menganjurkan bahwa kedalaman geomembran tidak kurang dari 1,0 meter.

### 2.2 Zona Aktif

Problema tanah ekspansif pada umumnya berkaitan dengan fluktuasi kadar air di daerah permukaan tanah akibat pengaruh lingkungan. Daerah yang terpengaruh ini disebut "zona aktif" dan kedalaman yang paling banyak terpengaruh adalah daerah yang berada di atas permukaan air tanah. Penentuan kedalaman zona aktif dapat dilakukan dengan mengukur kadar air pada berbagai musim yaitu ditentukan berdasarkan kedalaman kadar air yang konstan.

Pada tanah yang relatif homogen, maka zona aktif ini dapat ditentukan dengan menggambarkan hubungan antara nilai kadar air ( $w$ ) dengan kedalamannya ( $D$ ), sedangkan untuk tanah yang berlapis dapat diperoleh dengan menggambarkan hubungan antara nilai  $(w/PI)$  atau  $(LL-w)/PI$  dengan kedalamannya ( $D$ )

Menurut Nelson dan Miller (1992), kedalaman zona aktif dan perilaku kadar air dapat digambarkan seperti di bawah ini (Gambar 1)



Gambar 1 : Zona Aktif

### 2.3 Fungsi Geomembran

Penggunaan geomembran kedap air berfungsi untuk melindungi tanah bawah dari penguapan atau peresapan air yang berlebihan. Dengan terlindungnya tanah dasar oleh geomembran, maka tidak atau kurang terjadi retakan atau bergelombang pada permukaan tanah yang disebabkan oleh perilaku penyusutan dan pengembangan. Kembang-susut tanah ekspansif merupakan kejadian akibat terciptanya penambahan atau pengurangan kadar air yang berlebihan sehingga menyebabkan rongga pori dalam tanah menjadi renggang atau rapat sesuai dengan persentase kadar air yang terkandungnya.. Bertitik tolak dari hal tersebut, maka dalam mempertahankan agar tidak terjadi fluktuasi kadar air yang tinggi pada tanah bawah permukaan, penggunaan geomembran merupakan salah satu alternatif cara penanganan kerusakan jalan yang diakibatkan perilaku tanah ekspansif.



### III KONDISI TANAH

#### 3.1. Kondisi Morfologi dan Geologi

Lokasi penelitian berada pada daerah dataran rendah dimana pada bagian selatan terdapat perbukitan rendah dengan tata guna lahan merupakan pesawahan dan permukiman penduduk. Morfologi daerah penelitian berupa dataran rendah pantai yang berada pada sekitar elevasi 1,0 meter di atas permukaan laut dengan kemiringan rata-rata 0 ° sampai 2 ° . Lembah sungai membentuk sejajar dengan pola drainase yang berupa endapan quarter muda yang menempati dataran dan terbentuk sebuah alluvial yang telah termampatkan. Geologi lokal daerah penelitian merupakan alluvial dataran pantai, endapan sungai dan danau. Endapan dataran pantai sebagian besar terdiri dari lempung dan pasir. Batuan sedimen yang berada di bawah permukaan merupakan formasi damar yang berupa batu pasir tufaan, konglomerat, breksi vulkanik dan tufa. Batu pasir terdiri dari felspar dan butir-butir mineral mafik dan sedikit kuarsa. Litologi daerah penelitian merupakan alluvial (Qa) berupa endapan pantai mencakup tanah lempung, lanau dan pasir, yang pada umumnya bersifat sangat lunak sampai lunak.

#### 3.2. Stratigrafi

Penyelidikan lapangan dan laboratorium secara rinci telah dilakukan pada sekitar lokasi penelitian dengan maksud untuk mendapatkan gambaran mengenai jenis, susunan, ketebalan dan konsistensi lapisan tanah bawah permukaan. Stratigrafi tanah yang dihasilkan dari kegiatan penyondiran, pengambilan contoh dan uji laboratorium dapat digambarkan pada Tabel 1.

#### 3.3. Klasifikasi tanah

Klasifikasi tanah dengan cara USCS (*Unified soil classification system*) yang didasarkan pada analisis dengan menggunakan nilai indeks plastisitas (PI) dan batas cair (LL). Berdasarkan hasil uji laboratorium diperoleh nilai PI = 53,82% sampai dengan 65,06% dan nilai LL = 89,5% sampai dengan 101,5 % , bila diplotkan pada grafik Casagrande akan berada di atas garis "A line". Dengan demikian tanah ini termasuk tanah lempungan plastis tinggi (CH) terlihat pada Gambar 2.

#### 3.4. Potensi mengembang

Identifikasi potensi pengembangan tanah ekspansif dilakukan dengan cara tidak langsung yaitu menggunakan data hasil pengujian laboratorium. Cara ini adalah mengkorelasikan antara data uji laboratorium dengan tingkatan pengembangan.

##### a. Cara Van der Merwe

Dengan menggunakan cara Van der Merwe (1964) yang didasarkan pada nilai indeks plastisitas PI dan persentase fraksi lempung (CF) yang diplotkan pada grafik " Identifikasi tanah lempung ". Dalam grafik ini tanah ekspansif dibagi ke dalam pengembangan kelas rendah (Low), sedang (Medium) dan tinggi (High). Dengan nilai PI = 53,82% - 65,06% dan CF = 21 -27,5% , maka tanah ini tergolong kelas pengembangan tinggi.

##### b. Cara Chen

Cara ini menggunakan metode Chen (1988) yang didasarkan pada nilai indeks tunggal yaitu dimana nilai indeks plastisitas PI = 20 – 55 % termasuk tanah berpotensi pengembangan tinggi, sedangkan nilai PI > 55 % termasuk berpotensi sangat tinggi. Berdasarkan hasil laboratorium

**Tabel 1.**  
**PROFIL TANAH**

Kedalaman (m)	Jenis tanah	Hasil laboratorium
0,0 – 3,5	Lanau lempungan, sifat lunak, warna abu-abu coklat.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berat isi <math>\gamma = 1,70 - 1,82 \text{ t/m}^3</math></li> <li>• Angka pori <math>e = 0,99 - 1,43</math></li> <li>• Lolos No.200 = 93,8-96,2%</li> <li>• Indeks plastisitas PI = 53,82 -65,06%</li> <li>• Kadar air <math>w = 30,0 - 59,3\%</math></li> <li>• Kadar lempung 21,0 – 27,5%</li> <li>• Batas cair LL = 89,5-101,5%</li> </ul>
3,5 – 9,5	Lanau lempungan, sifat lunak, warna abu-abu.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berat isi <math>\gamma = 1,58 - 1,80 \text{ t/m}^3</math></li> <li>• Angka pori <math>e = 0,89 - 1,41</math></li> <li>• Lolos No.200 = 92,6-988%</li> <li>• Indeks plastisitas PI = 47,38 -68,6%</li> <li>• Kadar air <math>w = 62,0 - 71,71\%</math></li> <li>• Kadar lempung 25,0 – 35,0%</li> <li>• Batas cair LL = 88,0-135,5%</li> </ul>



tanah pada lokasi penelitian mempunyai nilai indeks plastisitas  $PI = 53,82\%$  sampai dengan  $65,06\%$ , maka menurut Chen tanah ini tergolong tingkat pengembangan sangat tinggi.

c. Cara Seed et all

Menurut Seed et all (1962) besarnya nilai aktivitas tanah dapat dinyatakan dengan  $A_c = PI/CF-10$ . Untuk tanah dengan nilai  $PI = 65,05$  dan  $CF = 27,5$  didapat nilai  $A_c = 3,71$ , maka tanah ini termasuk pengembangan tinggi.

### 3.5. Kedalaman zona Aktif

Penentuan kedalaman zona aktif dapat dilakukan dengan pengukuran kadar air pada setiap kedalaman tanah. Berdasarkan grafik profil kadar air ini dapat ditentukan kedalaman zona aktif yaitu dengan memperhatikan ketebalan tanah dimana fluktuasi nilai kadar air relatif besar. Hubungan besarnya nilai kadar air ( $w$ ) dengan kedalaman ( $D$ ) pada titik A1 diperoleh bahwa fluktuasi kadar air yang relatif besar berada mulai dari permukaan tanah sampai dengan kedalaman 2,5 meter, sedangkan mulai kedalaman -2,5 meter sampai dengan kedalaman -10,0 meter nilai kadar air relatif homogen. Dengan demikian maka zona aktif dapat ditentukan sedalam 2,5 meter (Gambar 3)

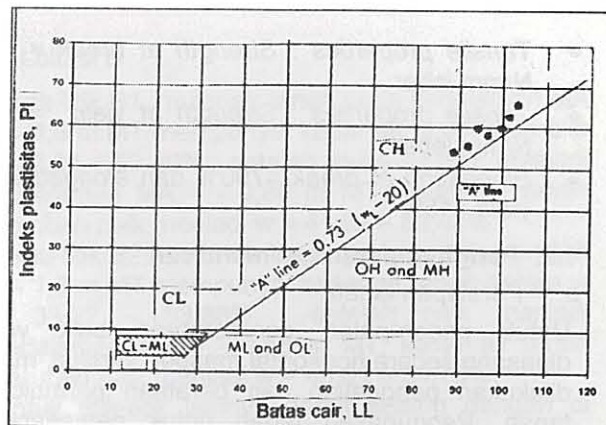
### 3.6. Kimia dan Mineral Tanah

Pemeriksaan kimia tanah telah dilakukan untuk mengetahui kandungan besarnya persentase senyawa kimia untuk tanah lempungan. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa kimia tanah yang dominan adalah silikon dioksida ( $SiO_2$ ) mencapai  $44,90\%$ , disusul aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) besarnya  $16,34\%$ . Senyawa kimia selengkapnya dapat disajikan seperti tabel di bawah ini.

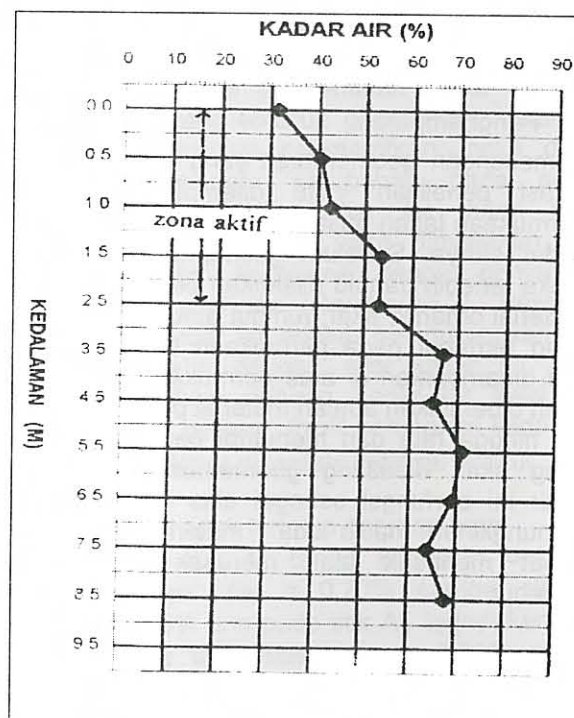
Tabel 2  
KIMIA TANAH

Kimia Tanah	Persentase (%)	Kimia Tanah	Persentase (%)
Silikon Dioksida ( $SiO_2$ )	44,90	Natrium Oksida ( $Na_2O$ )	0,16
Aluminium Oksida ( $Al_2O_3$ )	16,34	Kalium Oksida ( $K_2O$ )	0,85
Ferri Oksida ( $Fe_2O_3$ )	6,98	Hidroksida ( $H_2O$ )	8,87
Magnesium Oksida ( $MgO$ )	1,90		

Mineral lempung yang diidentifikasi dari hasil pemeriksaan X Ray Diffraction terdiri dari : halloysite =  $20,12\%$ , montmorillonite =  $15,8\%$  dan alpha quartz =  $31,14\%$ .



Gambar 2 : Grafik plastisitas



Gambar 3 : Kedalaman zona aktif

## IV. PEMASANGAN GEOMEMBRAN

### 4.1. Bahan membran

Geomembran yang digunakan berupa lembaran bersifat kedap air dari jenis HDPE dengan komposisi terdiri dari : polymer =  $97,5\%$  dan karbon hitam =  $2,5\%$ .

Karakteristik membran meliputi :

- Tebal membran  $0,75$  mm dan lebar  $6,86$  meter.
- $Density = 0,946$   $gr/cm^3$



- *Tensile properties : Strength at break* = 26 N/mm lebar
- *Tensile properties : Strength at yield* = 12 N/mm lebar
- *Elongation at break* = 700% dan *elongation at yield* = 15%

#### 4.2. Penghamparan geomembran

##### a. Persiapan lahan

Untuk penempatan geomembran baik yang dipasang secara horisontal maupun vertikal, maka dilakukan penggalian dan perataan permukaan tanah. Pengupasan tanah untuk pemasangan geomembran horisontal dilakukan mencapai kedalaman terdapatnya tanah lempungan yang ekspansif, sedangkan untuk pemasangan membran vertikal dilakukan penggalian mencapai kedalaman 1,0 sampai 1,5 meter dari muka tanah setempat.

##### b. Penghamparan

Pemasangan geomembran yang dilakukan pada lokasi penelitian yaitu ditempatkan di atas permukaan tanah dasar yang akan diteliti perilaku kadar airnya. Sebelum geomembran dihampar, maka terlebih dahulu dilakukan pembersihan dari material organik, akar, rumput atau material tajam yang terdapat pada permukaan tanah. Pertama kali dihamparkan di atas permukaan tanah yang telah dibersihkan adalah material pasir setebal 3,0 cm hingga rata dan menutupi permukaan tanah yang akan dipasang geomembran. Hamparan pasir ini berfungsi sebagai alas untuk menjaga kemungkinan masih ada material tajam yang dapat menusuk atau merusak geomembran tersebut.

##### c. Pengurugan

Setelah geomembran terpasang dengan rapih baik membran horisontal maupun membran vertikal, maka dilakukan pengurugan dengan hamparan pasir setebal 3,0 cm dan selanjutnya diratakan. Setelah geomembran tertutup pasir, selanjutnya pengurugan material timbunan yang berupa material tanah sirtu setebal 20,0 cm dilaksanakan.

#### 4.4 Pisometer

Pemasangan pisometer dilakukan dengan maksud untuk mendapatkan data mengenai fluktuasi muka air tanah yang berada di bawah permukaan pada musim hujan atau kemarau. Pisometer yang digunakan berupa pisometer biasa yang terdiri dari tip pisometer dari bahan keramik yang berlubang dan pipa PVC untuk memperpanjang sampai di atas permukaan tanah. Di samping itu telah dikumpulkan pula data curah hujan pada daerah setempat yang diperoleh dari Dinas Pengairan setempat.

## V HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

### 5,1 Hasil Penelitian

#### 5.1.1 Pemantauan kadar air

Dalam memantau kadar air tanah baik sebelum maupun sesudah dipasang geomembran diperlukan pengambilan contoh tanah pada interval kedalaman tertentu. Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan menggunakan pemboran mencapai kedalaman 2,5 meter di bawah muka tanah setempat. Sampel tanah yang diambil untuk keperluan pemeriksaan laboratorium dilaksanakan mulai dari permukaan sampai dengan kedalaman 0,25 m dengan interval 5,0 cm, sedangkan selanjutnya yaitu mulai kedalaman 0,25 m sampai dengan kedalaman 2,5 meter dilakukan interval 25 cm. Semua contoh yang diambil dari lapangan dilakukan pemeriksaan kadar airnya secara langsung pada setiap kali pemantauan.

Pemantauan kadar air ini dilakukan terhadap tanah, baik tanah yang berada di bawah geomembran (tertutup geomembran) maupun tanah yang berada di luar geomembran (tidak tertutup geomembran). Titik-titik lokasi pengukuran meliputi : titik A1, A5 dan B1, B5 terletak pada daerah di luar membran, sedangkan titik A2, A3, A4 dan B2, B3, B4 terletak pada daerah di dalam membran (tertutup membran). Agar lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 6.

#### 5.1.2 Pengukuran muka air tanah dan data curah hujan

Data muka air tanah pada lokasi penelitian dan data curah hujan yang diukur oleh Dinas pengairan setempat yang dilakukan dari bulan September 1998 sampai dengan bulan Februari 1999 dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

**Tabel 2 :  
MUKA AIR TANAH DAN CURAH HUJAN**

NO	Waktu Pengamatan	Muka air tanah (m MT)	Curah hujan total (mm)
1.	September 1998	- 1,55	128
2.	Oktober 1998	- 1,50	262
3.	November 1998	- 1,20	276
4.	Desember 1998	- 1,00	284
5.	Januari 1999	tidak diukur	355
6.	Februari 1999	- 0,80	belum diamati

Berdasarkan dari data curah hujan yang didapat dari bulan September 1998 sampai dengan bulan Februari 1999 menunjukkan adanya kenaikan, sehingga waktu pengamatan penelitian ini pergerakan musim ke arah musim hujan dan terlihat juga dari ketinggian muka air yang diukur dalam pipa pisometer semakin meninggi.

### 5.1.3 Perubahan kadar air

Perubahan nilai kadar air tanah antara sebelum dipasang geomembran dengan sesudah dipasang geomembran pada setiap pengamatan selanjutnya diolah dan dibuat dalam bentuk grafik. Hubungan antara perubahan kadar air dengan kedalaman lapisan tanah seperti tampak pada Gambar 4, sedangkan hubungan antara perubahan kadar air dengan arah melintang seperti tampak pada Gambar 5.

## 5.2 Analisis Data

Dari data hasil keseluruhan kegiatan beserta pemantauan kadar air, selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan perilaku tanah meliputi kenaikan atau pengurangan kadar air terhadap tanah yang tertutup maupun yang tidak tertutup geomembran.

### 5.2.1 Pengaruh curah hujan terhadap kenaikan muka air tanah.

Fluktuasi kedalaman muka air tanah selama penelitian berlangsung (Tabel 2) menunjukkan kenaikan yang cukup berarti, sehingga dapat berpengaruh terhadap perilaku tanah ekspansif. Muka air tanah pada bulan Oktober 1998 berada pada kedalaman -1,5 meter MT (muka tanah), sedangkan muka air tanah pada bulan Februari 1999 berada pada kedalaman 0,8 meter MT, atau terjadi kenaikan muka air tanah sebesar 0,7 meter. Begitu pula data curah hujan (Tabel 2) yaitu pada bulan Oktober 1998 sebesar 128 mm, sedangkan pada bulan Februari 1999 sebesar 355 mm atau terjadi kenaikan sebesar 227 mm. Dengan demikian maka kegiatan penelitian ini dilakukan menuju arah musim penghujan.

### 5.2.2 Pengaruh muka air terhadap perubahan kadar air tanah

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan muka air (MA) terhadap besarnya perubahan kadar air tanah ( $w$ ) dapat dievaluasi dari fluktuasi air tanah pada Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7. Kedalaman kadar air ( $w$ ) yang dievaluasi mulai dari permukaan tanah sampai dengan kedalaman -2,50 meter di bawah muka tanah setempat (MT)

#### a. Lokasi A

Pada titik A1, muka air tanah pada kedalaman MA = - 1,5 m MT mempunyai kadar air tanah antara  $w = 31,07 - 53,34\%$ , setelah muka air naik menjadi kedalaman MA = - 0,80 m MT, kadar air tanah berubah naik menjadi  $w = 40,32 - 55,13\%$ .

Pada titik A2, muka air tanah pada kedalaman MA = - 1,5 m MT mempunyai kadar air tanah antara  $w = 33,65 - 52,18\%$ , setelah muka air naik menjadi kedalaman MA = - 0,80 m MT, kadar air tanah berubah naik menjadi  $w = 42,32 - 52,73\%$ .

Untuk titik-titik lainnya dapat analog dengan di atas.

#### b. Lokasi B

Pada titik B1, muka air tanah pada kedalaman MA = - 1,5 m MT mempunyai kadar air tanah antara  $w = 32,24 - 52,48\%$ , setelah muka air naik menjadi kedalaman MA = - 0,80 m MT, kadar air tanah berubah naik menjadi  $w = 41,62 - 53,41\%$ .

Pada titik B2, muka air tanah pada kedalaman MA = - 1,5 m MT mempunyai kadar air tanah antara  $w = 33,22 - 53,88\%$ , setelah naik menjadi kedalaman MA = - 0,80 m MT, kadar air tanah berubah naik menjadi  $w = 40,61 - 54,73\%$ .

Untuk titik-titik lainnya dapat analog dengan di atas.

Dengan demikian maka fluktuasi kedalaman muka air tanah mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap perubahan kadar air.

### 5.2.3. Pengaruh geomembran terhadap perilaku kadar air tanah

Berdasarkan hasil pengamatan kadar air baik pada tanah yang tertutup geomembran maupun yang tidak tertutup geomembran maka dapat diketahui besarnya perubahan pada setiap kedalaman. Perubahan kadar air tanah pada setiap titik pengamatan yang dinyatakan oleh hubungan antara kedalaman dengan persentase perubahan kadar air (Gambar 5.2). Besarnya perubahan kadar air adalah mengurangkan nilai kadar air akhir dengan nilai kadar air awal, kemudian dibagi dengan kadar air awal dan dikalikan 100 persen. Profil perubahan kadar air ( $\Delta$  dalam %) dapat dianalisis sebagai berikut :

#### a. Lokasi A

- Tanah tidak tertutup geomembran

Pada titik A1 terjadi kenaikan kadar air sebesar  $\Delta w = 0,70\%$  sampai dengan 10,10% dan pada titik A5 terjadi kenaikan kadar air sebesar  $\Delta w = 0,70\%$  sampai dengan 18,93%.

- Tanah tertutup geomembran

Pada titik A2 terjadi kenaikan kadar air sebesar  $\Delta w = 0,40\%$  sampai dengan 8,48%, pada titik A3 terjadi kenaikan kadar air sebesar  $\Delta w = 1,09\%$  sampai dengan 7,41% dan pada titik A4 sebesar  $\Delta w = 0,71\%$  sampai dengan 9,24%.

#### b. Lokasi B

- Tanah tidak tertutup geomembran

Pada titik B1 terjadi kenaikan kadar air sebesar  $\Delta w = 0,49\%$  sampai dengan 9,38% dan pada titik B5 terjadi kenaikan kadar air sebesar  $\Delta w = 0,21\%$  sampai dengan 10,88%.

- Tanah tertutup geomembran

Pada titik B2 terjadi kenaikan kadar air sebesar  $\Delta w = 0,85\%$  sampai dengan 7,39%, pada titik B3 terjadi kenaikan kadar air sebesar  $\Delta w = 0,17\%$  sampai dengan 4,52% dan pada titik B4 sebesar  $\Delta w = 0,52\%$  sampai dengan 6,64%.



Dari ulasan di atas ternyata bahwa pada tanah yang tidak tertutup geomembran mempunyai fluktuasi kadar air yang lebih besar dibandingkan dengan tanah yang tertutup geomembran. Dengan demikian geomembran dapat mengurangi fluktuasi kadar air musiman dikarenakan dapat menghalangi penguapan dan perembesan air.

5.2.4. Pengaruh geomembran terhadap jarak tepi  
Fungsi geomembran dapat juga memindahkan jarak pengaruh fluktuasi kadar air tanah, seperti terlihat pada Gambar 5.3 dapat dinyatakan bahwa adanya perbedaan besarnya fluktuasi kadar air antara tanah yang tidak tertutup (di luar ) geomembran, di bagian tepi yang tertutup geomembran dan di bagian tengah-tengah tertutup geomembran

a. Daerah di luar geomembran.

Pada daerah di luar geomembran yaitu titik A1 berfluktuasi sebesar 0,70 % sampai dengan 10,10%, pada titik A5 berfluktuasi sebesar 0,70% sampai dengan 18,93%, sedangkan pada titik B1 berfluktuasi sebesar 0,49% sampai dengan 9,38%, dan pada titik B5 berfluktuasi sebesar 0,21% sampai dengan 10,88%.

b. Daerah tepi di dalam geomembran.

Pada daerah tepi di dalam geomembran dengan jarak 1,0 meter dari tepi geomembran, yaitu titik A2 berfluktuasi sebesar 0,40 % sampai dengan 8,48%, pada titik A4 berfluktuasi sebesar 0,71% sampai dengan 9,24%, sedangkan pada titik B2 berfluktuasi sebesar 0,85% sampai dengan 7,39%, dan pada titik B4 berfluktuasi sebesar 0,52% sampai dengan 6,64%.

c. Daerah tengah-tengah geomembran

Pada daerah di tengah-tengah geomembran dengan jarak 2,25 meter dari tepi geomembran yaitu titik A3 berfluktuasi sebesar 1,09 % sampai dengan 7,41%, pada titik B3 berfluktuasi sebesar 0,17% sampai dengan 4,52%.

Jarak tepi (e) yang diukur dari tepi geomembran ke arah tengah, yaitu mengenai terjadinya perbedaan fluktuasi kadar air. Hasil pemantauan diperoleh bahwa perubahan kadar air di tengah-tengah geomembran mempunyai nilai yang terkecil, sedangkan pada tepi geomembran (titik antara tepi dan tengah-tengah) menunjukkan nilai perubahan kadar air yang relatif lebih besar dibandingkan dengan titik yang berada di tengah-tengah. Menurut Walsh (1978 dan Swinburne (Holland et al,1980) jarak tepi ini membentuk garis parabolik yang dimulai dari titik tertentu di bawah slab sampai ke tepi.

5.2.5 Pengaruh Geomembran arah vertikal

Geomembran yang dipasang secara vertikal mempunyai fungsi sebagai penahan rembesan dan penguapan air pada arah bagian samping jalan Geomembran vertikal dapat berpengaruh terhadap fluktuasi kadar air tanah, seperti terlihat pada Gambar 5. Hal ini dapat dinyatakan bahwa adanya perbedaan besarnya fluktuasi kadar air antara tanah yang tertutup geomembran dengan tanah yang tidak tertutup geomembran yang berada pada pinggir lereng sawah.

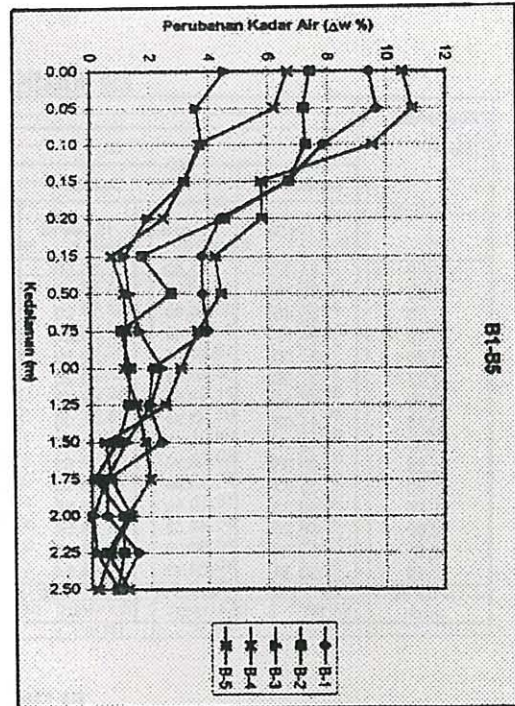
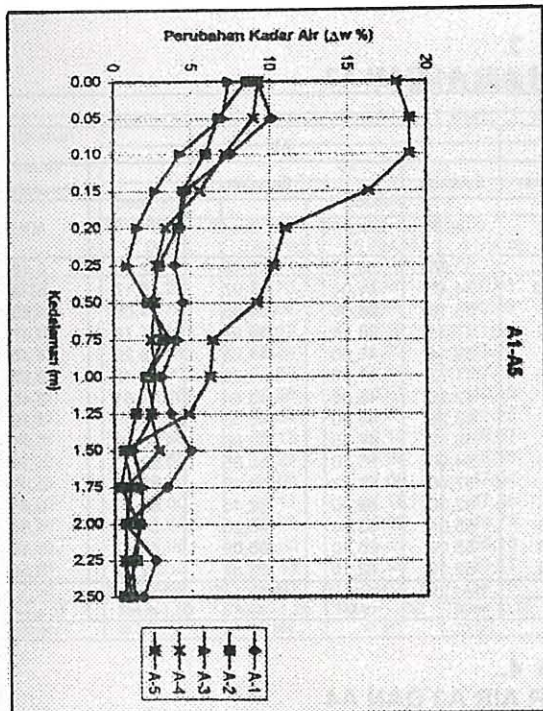
a. Lokasi A.

Pada daerah yang tertutup geomembran yaitu pada titik A4, kadar air berfluktuasi sebesar 0,71% sampai dengan 9,24%, sedangkan pada daerah yang tidak tertutup geomembran, yaitu pada titik A5 kadar air berfluktuasi sebesar 0,70% sampai dengan 18,93%.

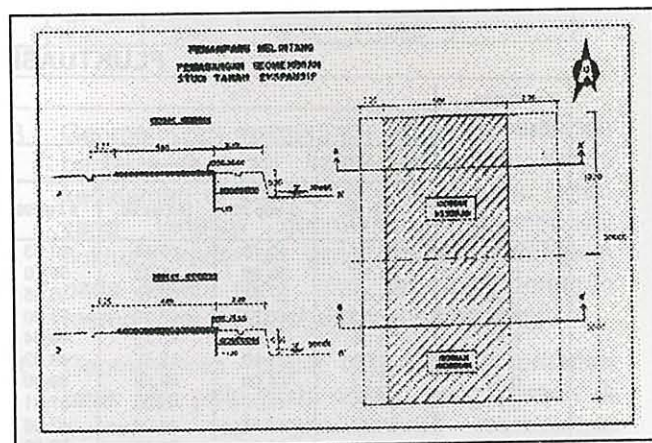
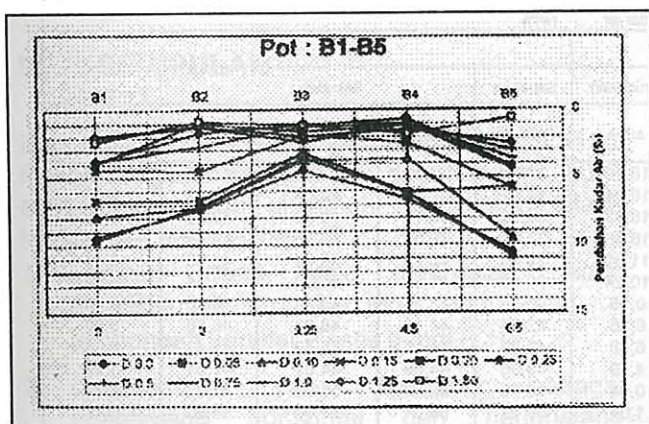
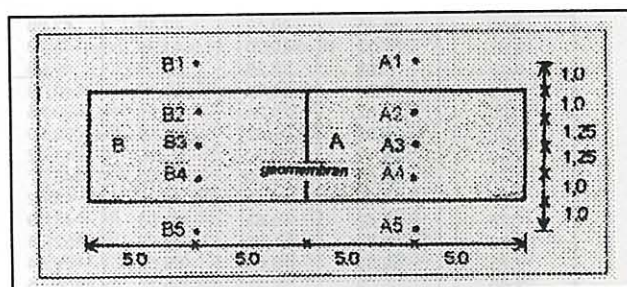
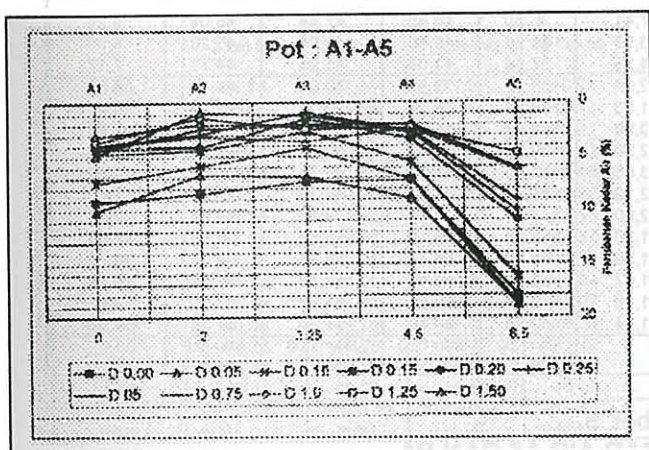
b. Lokasi B.

Pada daerah yang tertutup geomembran yaitu pada titik B4, kadar air berfluktuasi sebesar 0,52% sampai dengan 6,64%., sedangkan pada daerah yang tidak tertutup geomembran, yaitu pada titik B5 berfluktuasi sebesar 0,21% sampai dengan 10,88%.





Gambar 4. Grafik perubahan kadar air per kedalaman



Gambar 5 : Grafik perubahan kadar air per lebar penampang

Gambar 6 : Titik – titik Pengukuran (dalam meter)



**Tabel 3.**  
**FLUKTUASI KADAR AIR A1 DAN A2**

Kedalaman (meter)	Kadar air (w)%									
	A1					A2				
	Sebelum	Sesudah			Perubahan	Sebelum	Sesudah			Perubahan
	6 Okt 98	2 Nop 98	15 Des 98	8 Feb 99	Δ(%)	6 Okt 98	2 Nop 98	15 Des 98	8 Feb 99	Δ(%)
0,00	31,07	33,80	35,50	40,32	9,25	33,65	39,14	40,49	42,13	8,48
0,05	31,85	34,88	37,47	41,95	10,10	34,45	41,04	41,07	41,17	6,72
0,10	33,45	35,00	37,90	40,93	7,48	35,16	38,08	39,65	41,05	5,89
0,15	36,77	37,42	39,27	41,46	4,69	37,31	38,16	39,94	41,78	4,47
0,20	37,00	37,85	39,59	41,32	4,32	39,14	41,00	41,28	43,29	4,15
0,25	37,06	40,08	40,26	41,01	3,95	41,72	41,90	42,30	44,65	2,93
0,50	40,55	41,57	44,83	45,02	4,47	42,16	43,08	43,44	44,61	2,45
0,75	41,03	42,34	43,00	45,06	4,03	43,28	44,90	45,30	46,44	3,16
1,00	42,75	43,12	44,59	45,82	3,07	46,19	47,35	47,80	48,20	2,01
1,25	44,35	46,50	47,53	47,98	3,63	54,90	55,70	55,65	56,29	1,39
1,50	53,63	55,46	56,16	58,54	4,91	57,46	58,23	58,19	58,31	0,85
1,75	59,30	61,98	62,50	62,70	3,40	62,30	62,60	62,45	62,70	0,40
2,00	58,20	59,02	58,54	58,90	0,70	55,04	55,10	55,20	56,57	1,53
2,25	53,26	53,08	53,33	55,89	2,63	55,09	55,10	55,09	56,47	1,38
2,50	53,34	53,93	54,64	55,13	1,79	52,18	52,15	52,57	52,73	0,55
Muka air tanah	MA = -1,50 m MT	MA = -1,20 m MT	MA = -1,00 m MT	MA = -0,80 m MT		MA = 1,50 m MT	MA = 1,20 m MT	MA = -1,00 m MT	MA = -0,8 m MT	

**Tabel 4.**  
**FLUKTUASI KADAR AIR A3 DAN A4**

Kedalaman (meter)	Kadar air (w)%									
	A3					A4				
	Sebelum	Sesudah			Perubahan	Sebelum	Sesudah			Perubahan
	6 Okt 98	2 Nop 98	15 Des 98	8 Feb 99	Δ(%)	6 Okt 98	2 Nop 98	15 Des 98	8 Feb 99	Δ(%)
0,00	35,45	40,12	40,49	42,86	7,41	36,80	40,45	47,44	46,04	9,24
0,05	36,23	41,20	41,90	43,19	6,96	36,24	40,80	41,68	45,20	8,96
0,10	36,68	39,28	39,33	40,96	4,28	37,54	41,08	41,26	44,71	7,17
0,15	37,34	39,68	40,00	40,03	2,69	38,62	39,84	40,01	44,19	5,57
0,20	38,32	39,24	39,57	39,85	1,53	38,86	39,90	40,21	42,26	3,40
0,25	38,60	39,32	39,54	39,50	0,90	38,92	39,01	39,14	41,66	2,74
0,50	39,12	40,34	40,90	41,32	2,20	39,05	40,44	40,55	41,68	2,63
0,75	40,02	40,40	40,93	43,67	3,65	43,40	45,72	45,77	45,82	2,42
1,00	41,30	43,40	43,45	43,42	2,12	45,56	48,12	48,10	48,22	2,66
1,25	44,69	45,85	46,54	47,19	2,50	47,28	49,00	49,23	49,65	2,37
1,50	51,54	51,98	52,06	52,74	1,20	55,16	55,18	55,55	58,02	2,86
1,75	58,08	58,60	59,50	59,84	1,76	58,72	58,77	58,86	59,47	0,75
2,00	55,09	55,21	55,17	56,76	1,67	52,04	52,13	52,16	52,82	0,78
2,25	55,22	55,42	55,86	56,31	1,09	53,14	50,84	51,75	53,85	0,71
2,50	49,03	48,72	48,70	50,27	1,24	50,28	50,40	51,30	51,36	1,08
Muka air tanah	MA = -1,50 m MT	MA = -1,20 m MT	MA = -1,00 m MT	MA = -0,80 m MT		MA = 1,50 m MT	MA = 1,20 m MT	MA = -1,00 m MT	MA = -0,8 m MT	

**Tabel 5.**  
**FLUKTUASI KADAR AIR A5 DAN B1**

Kedalaman (meter)	Kadar air (w)%									
	A5					B1				
	Sebelum	Sesudah			Perubahan	Sebelum	Sesudah			Perubahan
	7 Okt 98	3 Nop 98	16 Des 98	9 Feb 99	Δ(%)	7 Okt 98	3 Nop 98	16 Des 98	9 Feb 99	Δ(%)
0,00	35,23	40,16	45,44	53,33	18,10	32,24	36,34	39,65	41,62	9,38
0,05	36,16	36,86	41,23	55,10	18,94	32,62	37,20	40,54	42,27	9,65
0,10	36,42	37,35	40,12	55,35	18,93	34,56	38,16	40,83	42,42	7,86
0,15	37,54	40,24	42,30	53,90	16,36	37,00	39,59	41,45	43,69	6,69
0,20	38,34	41,66	43,33	49,34	11,00	39,45	40,70	43,00	43,86	4,41
0,25	38,68	41,90	42,47	48,92	10,24	39,60	41,57	45,32	43,38	3,78
0,50	40,72	44,09	48,28	49,90	0,18	42,48	43,24	45,28	46,26	3,78
0,75	41,45	44,17	45,03	47,81	6,36	42,64	44,16	46,93	46,60	3,96
1,00	41,68	43,44	44,28	47,86	6,18	43,33	44,13	45,83	45,41	2,08
1,25	45,50	50,00	50,13	50,29	4,79	43,06	44,08	44,01	45,01	1,95
1,50	53,64	54,05	54,33	54,28	0,64	50,70	52,00	53,05	53,08	2,38
1,75	49,21	49,75	50,15	50,28	1,07	55,11	55,54	55,68	55,60	0,49
2,00	50,04	50,24	50,26	50,76	0,72	59,04	59,19	59,02	59,56	0,52
2,25	46,00	46,36	46,27	46,67	0,67	52,68	52,80	53,47	54,24	1,56
2,50	46,74	46,80	46,98	47,44	0,70	52,48	53,43	53,33	53,41	0,93
Muka air tanah	MA = -1,50 m MT	MA = -1,20 m MT	MA = -1,00 m MT	MA = -0,80 m MT		MA = 1,50 m MT	MA = 1,20 m MT	MA = -1,00 m MT	MA = -0,8 m MT	



**Tabel 6.**  
**FLUKTUASI KADAR AIR B2 DAN B3**

Kedalaman (meter)	Kadar air (w)%									
	B2					B3				
	Sebelum	Sesudah			Perubahan	Sebelum	Sesudah			Perubahan
	7 Okt 98	3 Nop 98	16 Des 98	9 Feb 99	Δ(%)	7 Okt 98	3 Nop 98	16 Des 98	9 Feb 99	Δ(%)
0,00	33,22	36,38	37,86	40,61	7,39	34,58	37,44	38,27	39,10	4,52
0,05	33,75	37,66	38,58	40,93	7,18	34,80	37,12	38,86	38,38	3,58
0,10	34,18	39,42	40,48	41,44	7,26	35,40	38,21	39,01	39,15	3,75
0,15	36,44	40,24	41,72	43,15	6,71	36,58	38,75	39,67	39,77	3,19
0,20	37,82	42,02	42,19	42,35	4,53	38,24	39,46	39,80	40,17	1,93
0,25	38,46	40,86	40,52	40,18	1,72	39,22	40,04	40,11	40,35	1,13
0,50	44,24	44,34	46,86	46,95	2,71	40,68	40,69	40,70	41,94	1,26
0,75	45,66	46,13	46,14	46,67	1,01	40,04	40,33	40,99	41,68	1,64
1,00	45,68	46,24	46,96	46,98	1,30	43,44	44,90	45,98	45,85	2,41
1,25	46,70	47,00	47,08	47,94	1,24	44,70	45,45	45,75	46,72	2,02
1,50	47,00	47,11	47,18	47,86	0,86	46,34	46,82	47,67	47,50	1,16
1,75	49,64	49,75	49,09	49,73	0,09	52,44	52,32	52,54	52,93	0,49
2,00	49,08	49,50	49,59	50,13	1,05	54,40	54,45	54,48	54,45	0,05
2,25	52,13	52,33	52,90	53,17	1,04	54,43	54,50	54,94	54,60	0,17
2,50	53,88	54,01	54,34	54,73	0,85	55,13	56,20	56,25	56,00	0,87
Muka air tanah	MA = -1,50 m MT	MA = -1,20 m MT	MA = -1,00 m MT	MA = -0,80 m MT		MA = 1,50 m MT	MA = 1,20 m MT	MA = -1,00 m MT	MA = -0,8 m MT	

**Tabel 7.**  
**FLUKTUASI KADAR AIR B4 DAN B5**

Kedalaman (meter)	Kadar air (w)%									
	B4					B5				
	Sebelum	Sesudah			Perubahan	Sebelum	Sesudah			Perubahan
	7 Okt 98	3 Nop 98	16 Des 98	9 Feb 99	Δ(%)	7 Okt 98	3 Nop 98	16 Des 98	9 Feb 99	Δ(%)
0,00	34,13	37,45	38,92	40,77	6,64	34,08	36,77	38,44	44,61	10,53
0,05	35,55	40,64	41,57	41,78	6,21	35,06	36,20	40,23	45,94	10,88
0,10	36,56	40,40	40,05	40,21	3,65	36,42	37,55	42,16	45,95	9,53
0,15	37,44	39,33	40,13	40,62	3,18	37,14	41,24	42,85	42,91	5,77
0,20	38,50	40,12	40,33	40,98	2,48	38,03	38,23	41,01	43,85	5,82
0,25	39,21	39,43	39,87	39,92	0,71	42,33	42,32	42,51	46,57	4,24
0,50	40,33	41,02	41,08	41,43	1,10	44,16	45,09	45,63	48,57	4,41
0,75	41,68	42,48	42,98	42,87	1,19	46,06	46,40	48,95	49,69	3,63
1,00	41,22	42,03	42,06	42,33	1,11	47,33	48,12	48,37	50,38	3,05
1,25	44,32	44,55	45,00	45,84	1,52	49,96	51,05	51,71	52,49	2,53
1,50	46,45	47,42	49,08	48,27	1,82	47,12	47,18	47,24	47,59	0,47
1,75	46,56	46,75	47,61	48,54	1,98	47,19	47,03	47,50	47,82	0,63
2,00	46,23	47,23	47,43	47,42	1,19	47,26	47,42	47,97	48,57	1,31
2,25	46,44	46,76	46,79	46,96	0,52	48,05	48,24	48,52	48,66	0,61
2,50	45,34	46,33	46,53	46,56	1,22	49,12	49,30	49,34	49,33	0,21
Muka air tanah	MA = -1,50 m MT	MA = -1,20 m MT	MA = -1,00 m MT	MA = -0,80 m MT		MA = 1,50 m MT	MA = 1,20 m MT	MA = -1,00 m MT	MA = -0,8 m MT	

## VI. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang telah diuraikan di muka mengenai penggunaan geomembran untuk pengendalian kadar air tanah, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Lapisan tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis tanah lanau lempungan bersifat plastis tinggi (CH).
- Geomembran yang digunakan sebagai penghalang horisontal dan penghalang vertikal adalah bersifat kedap air tipe HDPE yang terdiri dari komposisi polymer 97,25% dan karbon hitam 2,5% dengan tebal 0,75 mm.
- Geomembran mempunyai pengaruh terhadap perilaku fluktuasi kadar air pada setiap kedalaman di atas zona aktif, dimana tanah yang tertutup geomembran mempunyai fluktuasi kadar air yang rendah, sedangkan pada tanah yang tidak tertutup membran mempunyai fluktuasi kadar air yang tinggi.
- Geomembran dapat berpengaruh terhadap jarak tepi yaitu pada tanah yang berada di daerah tepi geomembran mempunyai fluktuasi lebih besar dibandingkan dengan daerah di tengah-tengah geomembran. Sedangkan tanah yang tidak tertutup geomembran mempunyai fluktuasi kadar air yang cukup besar. Maka dari itu geomembran sebagai penghalang migrasi kadar air dapat



berfungsi memindahkan pengaruh jarak tepi dari bagian tengah ke arah bagian tepi.

5. Geomembran yang dipasang secara vertikal dapat menghalangi lajunya rembesan air dari arah samping, sehingga perubahan fluktuasi kadar air tanah yang terlindung geomembran tidak banyak dipengaruhi oleh fluktuasi muka air tanah yang berada di sampingnya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Fredlund DG dan Rahardjo H, Soil mechanics for unsaturated soils, John Wiley & Sons, Inc, 1993
2. John D Nelson and Debora J Miller, Expansive soils Problems and practice in foundation and pavement engineering, John Wiley & Sons, Inc, 1992

3. Joseph E Bowles, Foundation analysis and design, Mc Graw-Hill Kogakusha, Ltd, 1972.
4. Malcolm Steinberg, Geomembrans and the control of expansive soils in construction, Mc Graw-Hill, 1998.
5. M. Suherman, Laporan pengembangan teknologi penanggulangan tanah ekspansif dengan horizontal barrier, Pusat penelitian dan pengembangan jalan, 1999.

### *Penulis :*

*Drs. M. Suherman, Peneliti Madya Bidang Geoteknik, Puslitbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Kimpraswil, Departemen Kimpraswil.*

