



KORELASI ANTARA MODULUS LAPANGAN DENGAN MODULUS LABORATORIUM UNTUK TANAH DASAR

Nyoman Suaryana
I. Ketut Darsana

RINGKASAN

Pada saat ini telah terjadi perubahan besar dalam metoda perencanaan tebal perkerasan jalan raya, yaitu dari metoda empiris ke metoda mekanistik yang moderen. Parameter yang berpengaruh dalam perencanaan tebal perkerasan secara mekanistik dapat dikelompokkan menjadi empat yaitu : lalu-lintas, karakteristik material, kriteria keruntuhan dan kondisi lingkungan. Karakteristik material dinyatakan dengan besaran modulus elastitas. Ada beberapa metoda untuk menentukan parameter modulus elastisitas tersebut, yang pertama adalah dengan perhitungan balik (back calculation) terhadap hasil pengujian lendutan di lapangan dan yang kedua adalah pengujian di laboratorium dengan alat beban berulang triaxial. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari korelasi antara modulus lapangan dengan modulus laboratorium. Korelasi tersebut sangat bermanfaat bagi para Perencana dalam menentukan parameter modulus tanah dasar yang tepat untuk digunakan dalam menghitung tebal perkerasan. Meskipun dengan data terbatas, secara umum diperoleh bahwa modulus lapangan nilainya lebih besar dari Modulus laboratorium, kira-kira 1,1 kalinya.

SUMMARY

In the present, there has been a dramatic change in the design methods for road pavement, from the empirical method to the modern mechanistic method. Design factors of the mechanistic method can be divided into four broad categories: traffic, materials, failure criteria and environment. Material characterization is represented by a parameter of elastic modulus. There are some methods to determine elastic modulus, firstly by back calculation from the deflection measure at field, and secondly by laboratory testing with the triaxial repeated loading apparatus. The objectives of this research is to develop the correlation between field modulus and laboratory modulus for road subgrade. The correlation is useful for the Designers in determine the subgrade elastic modulus properly, which can be used in calculate pavement thickness. Although with limited data, in general the research results found that field modulus is greater than laboratory modulus approximately 1,1 times.

I. PENDAHULUAN

Perencanaan tebal perkerasan jalan raya telah mengalami perubahan besar, yaitu dari metoda empiris menjadi metoda mekanistik atau analitis. Metoda empiris merupakan metoda yang dikembangkan berdasarkan pengalaman di suatu tempat, sehingga hanya berlaku pada kondisi pembebanan (lalu-lintas), material dan lingkungan yang serupa. Sementara metoda mekanistik didasarkan pada mekanistik material, dimana input berupa beban lalu-lintas dan output berupa tegangan dan regangan. Dengan metoda mekanistik ini perencanaan tebal perkerasan dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien.

Parameter yang berpengaruh dalam perencanaan tebal perkerasan secara mekanistik dapat dikelompokkan menjadi empat yaitu : lalu-lintas, karakteristik material, kriteria keruntuhan dan kondisi lingkungan. Karakteristik material dinyatakan dengan besaran modulus elastitas.

Ada beberapa metoda untuk menentukan parameter modulus elastisitas tersebut, yang pertama adalah dengan perhitungan balik (back calculation) terhadap hasil pengujian lendutan di lapangan dengan menggunakan alat FWD (Falling Weight Deflectometer) dan yang kedua adalah pengujian di laboratorium dengan alat beban berulang triaxial (Umatta).

Permasalahan yang timbul adalah modulus elastisitas yang diperoleh dari analisa lendutan di lapangan tidak persis sama dengan modulus hasil pengujian di laboratorium yang diakibatkan oleh perbedaan pendekatan dan teknologi yang digunakan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui perbedaan modulus lapangan dan modulus laboratorium. Hasilnya diharapkan dapat digunakan sebagai masukan bagi para Perencana untuk menentukan nilai modulus elastisitas yang

digunakan sebagai input dalam perencanaan tebal perkerasan.

II. STUDI PUSTAKA

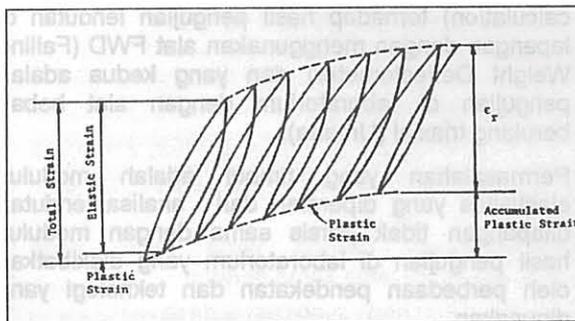
Karakteristik material lepas pada umumnya dinyatakan dalam suatu parameter yang merupakan perbandingan antara regangan dan tegangan. Parameter tersebut antara lain adalah Modulus Elastisitas, Modulus Resilien, dan CBR. Masing-masing parameter tersebut diperoleh dengan metoda pengujian, asumsi pendekatan dan teknologi yang berbeda sehingga hasil yang diperoleh besarnya akan berbeda pula.

a. Modulus elastisitas (E)

Jika sebuah kubus dibebani dengan tegangan vertikal yang merata, maka akan terjadi perubahan panjang pada arah vertikal dan horisontal. Perubahan panjang relatif terhadap panjang semula, disebut regangan. Jika material tersebut bersifat linear elastik, maka ratio antara tegangan vertikal (σ_z) dengan regangan vertikal (ϵ_z) akan konstan. Ratio tersebut disebut Modulus Elastisitas atau Young Modulus (E). Sedangkan ratio antara regangan horisontal dengan regangan vertikal disebut Poisson's ratio (ν). Hal tersebut biasa dikenal dengan hukum Hooke (Ullidtz, 1998).

b. Modulus resilien (Mr)

Modulus elastisitas yang didasarkan pada regangan balik akibat beban berulang disebut modulus resilien (Yuang, 1993). Gambar 1. berikut ini menggambarkan regangan yang terjadi akibat dari repetisi beban, dimana pada jumlah repetisi beban kurang dari 100-200 kali material mengalami regangan elatis dan sebagian kecil plastis.



Gambar 1. Regangan Akibat Repetisi Beban

Setelah repetisi beban 100-200 kali, regangan yang terjadi telah sepenuhnya bersifat elastis, dan regangan yang elastis tersebut disebut regangan resilien. Modulus resilien merupakan ratio antara tegangan vertikal dengan regangan resilien, dan dihitung dengan rumus yang pertamakali

diperkenalkan Seed et al. (1962), dengan asumsi material elastis dan isotropis, sebagai berikut :

$$M_r = \frac{\sigma_d}{\epsilon_{ar}}$$

dimana :

- σ_d : Tegangan deviator ($\sigma_1 - \sigma_3$)
- σ_1 : Tegangan utama major (axial/vertikal)
- σ_3 : Tegangan utama minor (radial/confining)
- ϵ_{ar} : Regangan resilien

Ullidtz, 1998 menyatakan sifat tidak linear dari material lepas terdiri dari dua tipe, yaitu untuk granular material (lapis pondasi), modulus resilien akan bertambah sebagai fungsi dari bertambahnya nilai tegangan. Tipe yang kedua adalah untuk material yang bersifat kohesif (tanah dasar) dimana akan terjadi hal sebaliknya, yaitu nilai modulus resilien akan berkurang jika tegangan bertambah, seperti ditunjukkan dalam persamaan di bawah ini.

Dimana :

$$M_r = k_1 \sigma_d^{k_2}$$

- σ_d : Tegangan deviator ($\sigma_1 - \sigma_3$)
- $K_{1,2}$: Parameter (K_2 negatif)

Dengan sifat material lepas yang tidak linier tersebut, maka untuk material lepas, modulus elastisitas yang digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan adalah modulus resilien (Yuang, 1993)

c. Pengaruh metoda pengujian

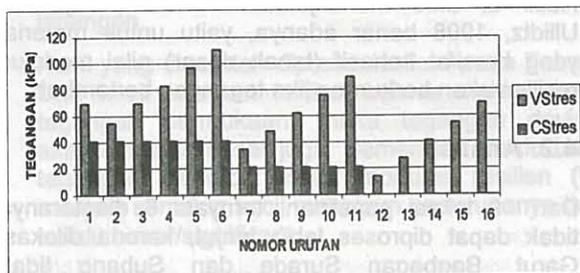
Metoda pengujian yang digunakan akan berpengaruh terhadap hasil yang diperoleh, antara lain adalah sebagai berikut :

- Elliot & Thornton, 1998; perbedaan metoda pemadatan, yaitu menggunakan pemadat statis dan pemadat dinamis tidak akan berpengaruh banyak pada perbedaan nilai Mr.
- Seed et al, 1962; waktu penyimpanan contoh uji (thixotropy) akan hilang setelah repetisi beban 1000 pulsa, sementara di bawah jumlah repetisi tersebut, makin lama penyimpanan contoh uji akan diperoleh Mr yang lebih besar.
- Dar Hao Chen, 1992; metoda pemberian tegangan (seperti Gambar 2) mempengaruhi besarnya nilai Modulus. Prosedur AASHTO T292-911 akan memberikan nilai Mr yang lebih kecil dibanding prosedur AASHTO T249-921.
- Zamhari 1995, Shackel 1974; pengaruh frekwensi dan durasi pembebanan akan terlihat jelas hanya pada tanah dengan indeks plastisitas dan derajat kejenuhan yang tinggi.

III. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti tahap-tahap sebagai berikut :

- Persiapan pelaksanaan dan survei pendahuluan untuk menentukan lokasi-lokasi pengujian.
- Pengujian lendutan pada suatu titik di ruas jalan yang dipilih dengan alat FWD (Falling Weight Deflectometer). Beban divariasikan untuk mensimulasikan beban gandar (axle load) kendaraan seberat 8 ton, 10 ton, 12 ton dan 14 ton.
- Pada titik yang telah diuji tersebut, selanjutnya dibuat lubang uji (test pit), sampai kedalaman tanah dasar.
- Contoh tanah dasar diambil dengan tabung (undisturb) yang ukurannya telah sesuai dengan ukuran contoh uji untuk pengujian Umatta (beban berulang triaxial) dan CBR.
- Pengambilan contoh tanah terganggu (disturb) juga dilakukan untuk pengujian sifat-sifat fisik tanah.
- Contoh tanah dasar undisturb tersebut selanjutnya diuji di laboratorium untuk mengetahui modulus laboratorium (M_r) dan CBR. Metoda pengujian modulus resilien berdasarkan AASHTO T294-92, 1992. Metoda pembebanannya diperlihatkan pada Gambar 2, dan pengkondisian dibuat minimum 1000 pulsa dan dihentikan setelah perbedaan dari 5 nilai modulus yang berurutan kurang dari 5 %. Sedangkan pengujian dibuat minimum 100 pulsa dan dihentikan setelah perbedaan dari 5 nilai modulus yang berurutan kurang dari 5 %.



Gambar 2. Metoda pembebanan untuk tanah dasar

- Hasil pengujian lendutan dengan alat FWD selanjutnya dianalisa dengan program ELMOD (Evaluation of Layer Moduli and Overlay Design) untuk mencari nilai modulus lapangan (Modulus Elastisitas, E).
- Hasil yang diperoleh berupa modulus tanah dasar di lapangan, modulus di laboratorium dan CBR. Selanjutnya hasil tersebut dianalisa.

IV. HASIL PENELITIAN

4.1. Data pengujian dan pemrosesan

4.1.1. Pengujian sifat-sifat fisik tanah

Sifat-sifat fisik tanah dasar yang dijadikan objek penelitian diperlihatkan pada Tabel 1. Hasil pada Tabel 1 menunjukkan tanah yang akan dievaluasi adalah tanah kelompok A-7-5 dan A-7-6, dengan nilai CBR memenuhi persyaratan sebagai tanah dasar, yaitu minimum 4 % sehingga valid untuk dievaluasi lebih lanjut. (catatan : beberapa Spesifikasi mencantumkan nilai minimum 6 %)

Tabel 1.
Sifat-sifat fisik tanah dasar

Lokasi	PI (%)	LL (%)	Lolos # 40 (%)	Lolos # 200 (%)	CBR Soak (%)	Klasifikasi AASHTO USC	Deskripsi
Garut (lokasi ke-2)	21	44	63.2	46.2	3.5	A-7-6 (6) CL	Lempung coklat kehitaman
Ujung Berung Bandung	29	57	93.7	82.7	4.9	A-7-6(26) CH	Lempung coklat coklat totol kuning
Ranca Ekek Bandung	24	56	93.2	82.0	5.0	A-7-5(23) MH	Lempung kelanauan coklat kemerahan
Cianjur Terminal	33	69	96.2	91.5	5.5	A-7-5(37) MH	Lempung merah muda campur batu
Cianjur - Suk (Sta. 1+015)	42	75	96.6	93.4	4.7	A-7-5(47) CH	Lempung merah tua
Bagbagan - Surade	34	63	94.5	78.4	6.0	A-7-5(29) CH	Lempung kuning kecoklatan + batu
By Pass Cikampek	46	77	98.2	96.6	4.0	A-7-5(53) CH	Lempung merah
Subang - Cikamurang	33	64	95.7	89.3	3.8	A-7-5(34) CH	Lempung coklat
Sultan Agung Cirebon	35	65	92.4	85.7	4.7	A-7-5(34) CH	Lempung coklat campur kuning

4.1.2. Pengujian modulus lapangan

Pengujian lendutan dilaksanakan dengan 4 variasi pembebanan, yaitu 580 kPa, 707 kPa, 855 kPa, 980 kPa atau setara dengan beban gandar 8 ton, 10 ton, 12 ton dan 14 ton. Hasil pengujian lendutan dengan alat FWD kemudian diolah dengan program ELMOD (Evaluation of Layer Moduli and Overlay Design) untuk menghitung modulus lapangan tanah dasar.

Beberapa persyaratan dalam program ELMOD yang dipakai untuk menganalisis perkerasan lentur, agar didapat hasil yang tepat/teliti adalah sebagai berikut :

- Struktur perkerasan setidaknya mempunyai satu lapisan kaku (stiff layer = E_1) dengan : $E_1/E_s > 5$; (E_s adalah modulus tanah dasar)
- Modulus lapisan makin kebawah semakin kecil, yaitu : $E_i / E_{i+1} > 2$

- c. Tebal lapisan kaku atau stiff layer (H1) adalah $H1 > r/2$ (r adalah jar-jari pelat alas pembebanan = 15 cm).
- d. Untuk sistem tiga lapis, maka $H1 < 2r$ dan lebih kecil dari tebal lapis berikutnya ($H1 < H2$).
- e. Jika pengujian dilakukan dekat "joint" atau "large crack" atau "gravel road", maka struktur perkerasan harus dianggap sebagai sistem 2 lapis (two layer system).

Hasil yang diperoleh dari pemrosesan data lendutan (FWD) dengan program komputer ELMOD adalah seperti diperlihatkan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2. tersebut dapat dilihat bahwa modulus elastisitas lapis pondasi dan tanah dasar relatif sama untuk berbagai variasi tegangan permukaan. Jika mengacu pada persyaratan dalam pemanfaatan program ELMOD untuk menghitung modulus lapangan dari hasil pengujian lendutan di lapangan dengan alat FWD, terlihat beberapa hasil pemrosesan diragukan akurasi.

Tabel 2.
Hasil pengujian modulus lapangan

No	Lokasi	Tebal			Tegangan permukaan (kPa)	Modulus Elastisitas			
		h1 (mm)	h2 (mm)	h3 (mm)		E1 (mPa)	E2 (mPa)	E3 (mPa)	E4 (mPa)
1	Garut (lokasi ke2)	400	-	-	580	495	-	-	92
					707	524	-	-	100
					855	692	-	-	71
					980	694	-	-	67
2	Ujung Berung Bandung	130	150	200	580	752	202	115	80
					707	776	186	107	81
					855	906	185	106	80
					980	860	184	105	81
3	Ranca Ekek Bandung	200	400	-	580	3639	39	-	181
					707	4398	28	-	194
					855	5074	20	-	215
					980	5563	6	-	243
4	Cianjur (Terminal)	100	300	130	580	815	157	75	102
					707	861	179	85	96
					855	971	190	90	94
					980	1215	191	91	95
5	Cianjur-Suk (Km 1+015)	100	330	-	580	4062	116	-	107
					707	4223	125	-	103
					855	4770	133	-	111
					980	4822	122	-	105
6	Bagbagan-Surade	80	150	200	580	537	521	298	288
					707	688	612	351	261
					855	874	650	372	268
					980	1278	673	385	266
7	By Pass Cikampek	150	520	-	580	3013	287	-	217
					707	3067	297	-	215
					855	3606	289	-	216
					980	4900	259	-	217
8	Subang - Cikamurang	100	400	-	580	2127	221	-	140
					707	2355	208	-	146
					855	2495	217	-	139
					980	2664	207	-	145
9	Sultan Agung Cirebon	80	350	-	580	485	312	-	55
					707	570	302	-	56
					855	625	312	-	54
					980	817	292	-	53

Pengujian di Ranca Ekek, Cianjur, dan Cikampek jelas tidak dapat dipakai karena tidak sesuai dengan batasan ketelitian dalam program ELMOD, yaitu ratio modulus dua lapis perkerasan yang berurutan harus lebih dari 2.

Dengan alasan-alasan tersebut maka data-data output program ELMOD pada lokasi di Ranca

Ekek, Cianjur, Bagbagan Surade dan Cikampek tidak dipakai dalam evaluasi lebih lanjut.

4.1.3. Modulus laboratorium

Pengujian terhadap contoh tanah dasar undisturb dilakukan di laboratorium Puslitbang Jalan Bandung. Metoda pengujian berdasarkan prosedur AASHTO T294-92, 1992. Dalam prosedur tersebut dilakukan beberapa variasi tegangan vertikal / axial (σ_1) dan tegangan samping / confining (σ_3). Dari masing-masing variasi tegangan tersebut akan diperoleh suatu nilai modulus resilien (M_r).

Korelasi antara variasi tegangan dengan nilai M_r , ditampilkan dalam bentuk persamaan seperti diperlihatkan pada Tabel 3 berikut ini. Dimana tegangan deviator (σ_d) = $\sigma_1 - \sigma_3$ dan tegangan bulk (σ_b) = $\sigma_1 + 2\sigma_3$.

Tabel 3.
Hasil pengujian modulus laboratorium (contoh tanah undisturb)

Lokasi	Berat Isi (t/m ³)	Kadar Air (%)	$M_r = A \times (\text{Teg. Dev})^B$			$M_r = A \times (\text{Teg. Bulk})^B$		
			A	B	R ²	A	B	R ²
Ujung Berung	1.44	28.0	224.80	-0.3450	0.856	191.19	-0.2428	0.541
Ranca Ekek	1.38	32.9	348.79	-0.5563	0.821	282.57	-0.3954	0.537
Cianjur Terminal	1.22	43.6	291.81	-0.5220	0.993	111.47	-0.1503	0.297
Cianjur (1+015)	1.29	40.9	963.50	-0.5365	0.845	545.95	-0.3282	0.506
Cikampek	1.29	38.6	353.59	-0.2794	0.779	505.35	-0.3406	0.798
Cirebon	1.27	39.5	298.87	-0.4988	0.971	141.56	-0.2320	0.258

Pada lokasi Garut, Bagbagan-Surade dan Subang tidak dilakukan pengujian laboratorium karena kesulitan/kegagalan mengambil contoh tanah undisturb.

Hasil di atas menunjukkan bahwa pernyataan Ullidtz, 1998 benar adanya, yaitu untuk material yang bersifat kohesif (tanah dasar) nilai modulus resilien akan berkurang jika tegangan bertambah.

4.2. Analisa

Dari 9 lokasi penelitian, ternyata 6 diantaranya tidak dapat diproses lebih lanjut, karena dilokasi Garut, Bagbagan Surade dan Subang tidak diperoleh contoh tanah undisturb, sementara dilokasi Ranca Ekek, Cianjur, Bagbagan-Surade dan Cikampek hasilnya tidak teliti (dapat dilihat dari persyaratan penggunaan program ELMOD seperti dibahas pada seksi 4.1.2, dimana $E_i / E_{i+1} > 2$)

4.2.1. Penyamaan besarnya tegangan

Untuk membandingkan antara nilai modulus lapangan dengan modulus laboratorium, maka tegangan yang diterima tanah dasar pada kedua kondisi tersebut harus dibuat sama.

Untuk menyamakan kondisi tersebut, maka tegangan (σ_1 dan σ_3) yang diterima tanah dasar pada saat pengujian di laboratorium dibuat mengikuti tegangan yang terjadi di lapangan. Dengan tegangan yang sama maka dihitung M_r sesuai dengan persamaan pada Tabel 3.

Untuk menghitung tegangan deviator pada tanah dasar di lapangan maka digunakan alat bantu program ELSYM. Hasil yang diperoleh adalah seperti diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4.

Simulasi tegangan yang terjadi di lapangan

Lokasi	Tegangan Permukaan (kPa)	E Tanah (MPa)	Tepi Atas Tanah			
			T _{xx} (kPa)	T _{zz} (kPa)	E _{zz} x10 ⁻³	Teg.Dev (kPa)
Ujung Berung Bandung	580	80	1.3	48.0	0.614	46.7
	707	81	1.3	59.7	0.751	58.4
	855	80	1.5	69.4	0.882	67.9
	980	81	1.7	82.3	1.030	80.6
Cianjur - Suk (Sta. 1+015)	580	107	2.1	53.3	0.483	51.2
	707	103	2.0	63.0	0.597	61.1
	855	111	2.5	74.8	0.666	72.3
	980	105	3.3	85.9	0.793	82.6
Sultan Agung Cirebon	580	55	0.0	43.4	0.789	43.4
	707	56	0.3	53.2	0.954	52.9
	855	54	0.3	61	0.113	60.7
	980	53	1.0	70	0.134	69.0

Dengan memasukkan Tegangan Deviator yang diperoleh pada Tabel 4 (kolom 7) ke masing-masing persamaan pada Tabel 3 ($M_r = A \times (\text{Teg. Dev})^B$) untuk lokasi pengujian yang sesuai, maka akan diperoleh nilai M_r (modulus laboratorium) pada tegangan deviator yang sama dengan kondisi lapangan.

Hasil yang diperoleh dipresentasikan pada Tabel 5. Dari hasil tersebut terlihat bahwa makin besar tegangan permukaan, maka tegangan deviator akan semakin besar juga. Sementara makin besar tegangan deviator, maka modulus resilien (M_r) menjadi semakin kecil meskipun penurunannya tidak terlalu besar/significant.

4.2.2. Korelasi modulus lapangan dengan laboratorium

Dari hasil pembahasan sebelumnya maka nilai modulus lapangan dan laboratorium adalah seperti diperlihatkan pada Tabel 5. Sebagai tambahan dicantumkan juga nilai CBR untuk contoh undisturb. Untuk memperjelas hasil yang diperoleh dicantumkan juga grafik hubungan antara modulus lapangan dengan laboratorium dan hubungan antara CBR undisturb dengan modulus laboratorium seperti diperlihatkan pada Gambar 3.

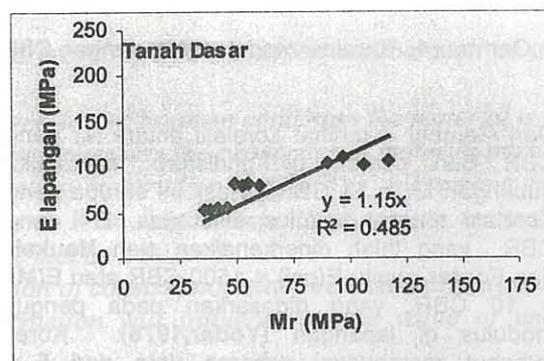
dan 4. Data-data yang ditampilkan sesuai dengan jumlah data yang tersedia dan akurat sesuai dengan persyaratan dalam ELMOD.

Tabel 5.

Perbandingan modulus lapangan dan lab.

Lokasi	Tegangan Permukaan (kPa)	Modulus (MPa)		CBR (%) Undisturb
		Lap. ELMOD	Lab. Umatta	
Ujung Berung Bandung	580	80	59.7	7.60
	707	81	55.3	
	855	80	52.5	
	980	81	49.4	
Cianjur - Suk (Sta. 1+015)	580	107	116.6	8.70
	707	103	106.1	
	855	111	96.9	
	980	105	90.3	
Sultan Agung Cirebon	580	55	45.6	4.00
	707	56	41.3	
	855	54	38.6	
	980	53	36.2	

Dilihat dari jumlah data yang dapat dievaluasi, yaitu sebanyak 9 data pada 3 lokasi, maka dapat dikatakan hasil yang diperoleh tersebut masih kurang optimal untuk dapat mewakili korelasi antara modulus lapangan dengan modulus laboratorium.



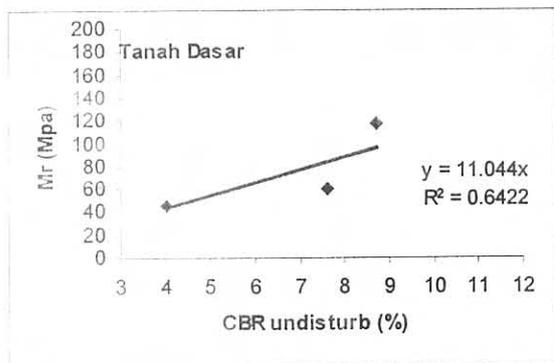
Gambar 3. Korelasi modulus lapangan dengan laboratorium

Dari Gambar 3, dapat dilihat korelasi antara modulus lapangan dengan laboratorium. Dari gambar tersebut terlihat kecenderungan nilai modulus lapangan lebih besar dari nilai modulus laboratorium.

Korelasi yang diperoleh adalah Modulus lapangan = 1,15 Modulus laboratorium. Namun korelasi tersebut belum begitu baik mengingat nilai R^2 hanya berkisar 0,5. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena modulus lapangan nilainya relatif sama untuk beberapa variasi tegangan, atau berperilaku linear-elastik. Sedangkan pada

pengujian modulus laboratorium, tanah dasar yang diuji berperilaku non-linear (nilai modulus turun jika tegangan naik).

Mengingat sifat tanah dasar yang berperilaku non-linear, maka untuk memudahkan perencanaan dapat diambil suatu nilai tegangan deviator yang maksimum sehingga memberikan nilai Mr yang minimum (aman dari sisi perencanaan). **AASHTO T274-82** memberikan rentang tegangan deviator kurang dari 69 kPa dan **The Asphalt Institute 1978** kurang dari 62 kPa. Dari hasil simulasi dengan program ELSYM untuk struktur perkerasan beraspal di Indonesia, nilai tegangan 69 kPa tidak pernah terlampaui. Untuk itu dapat disarankan penggunaan tegangan deviator maksimum 69 kPa untuk tanah dasar



Gambar 4. Korelasi modulus (Mr) dengan CBR

Dari Gambar 4 terlihat korelasi antara Mr dengan CBR dari contoh uji undisturb menunjukkan hubungan $Mr = 11 \text{ CBR}$. Hasil ini serupa dengan Korelasi antara modulus elastisitas, E dengan CBR yang telah diperkenalkan oleh **Heukelom dan Foster**, yaitu $E(\text{psi}) = 1500 \text{ CBR}$ atau $E(\text{MPa}) = 10 \text{ CBR}$, yang didasarkan pada pengujian modulus di lapangan (**Yoder, 1975**). Korelasi tersebut mempunyai sebaran data dari 5 kali sampai 20 kali CBR (**AASHTO, 1986**).

V. KESIMPULAN

Sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian ini yaitu untuk mencari korelasi antara modulus lapangan dengan laboratorium untuk tanah dasar, maka di bawah ini disampaikan sbb:

1. Meskipun jumlah data sangat terbatas, namun telah diperoleh hasil bahwa modulus lapangan umumnya lebih besar dari modulus laboratorium, perbedaannya adalah sekitar 1,1 kali.

Modulus lapangan (E) = 1,15 Modulus laboratorium (Mr); $R^2 = 0,5$

2. Korelasi antara CBR dari contoh uji tak terganggu (undisturb) dengan modulus resilien (modulus laboratorium) dari contoh uji tak terganggu (undisturb) adalah :

$Mr (\text{Mpa}) = 11 \text{ CBR} (\%); R^2 = 0,6$

3. Dari banyaknya keterbatasan pemanfaatan program ELMOD untuk menghitung modulus lapangan, maka disarankan untuk mencari alternatif metoda perhitungan balik (back calculation) lainnya, misalnya dengan AASHTO.
4. Dari hasil pengujian laboratorium terlihat tanah dasar berperilaku non-linear, semakin besar tegangan deviator maka Modulus Resilien (Mr) akan semakin kecil. Mengingat tegangan deviator pada tanah dasar tidak akan lebih dari 69 kPa seperti dibahas sebelumnya, maka untuk memudahkan perencanaan nilai tersebut dapat digunakan. (Tegangan maksimum maka Mr minimum).

DAFTAR PUSTAKA

- Suaryana N., 2000, " *Penelitian Agregat (Lapis Pondasi Atas, Bawah dan Tanah Dasar)*", Puslitbang Jalan, Bandung.
- Seed et al., 1963, " *Resilience Characteristics of Subgrade Soils and Their Relation to Fatigue Failures in Asphalt Pavements*", ASCE
- Ullidtz, 1998, " *Modelling Flexible Pavement response and Performance*". Polyteknik Forlag, Denmark.
- Yang H. Huang, 1993 " *Pavement Analysis and Design*", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Penulis :

- **Ir. Nyoman Suaryana, MSc., Ajun Peneliti Madya**, pada Pusat Litbang Prasarana Transportasi Badan Litbang Departemen Kimpraswil
- **Ir. Ketut Darsana MSc. Ajun Peneliti Madya**, pada Pusat Litbang Prasarana Transportasi Badan Litbang Departemen Kimpraswil.