

Sensitivitas Desain Tebal Perkerasan Lentur Terhadap Perubahan Koefisien Kekuatan Relatif Pada Lapisan Base dan Subbase

GUNTARA FAJAR EKA¹, ELKHASNET², WIDIANTO BARKAH WAHYU³

¹Mahasiswa (Institut Teknologi Nasional Bandung), Kota Bandung, Indonesia

^{2 3}Dosen (Institut Teknologi Nasional Bandung), Kota Bandung, Indonesia

Email: fegunn.tara@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengetahui sensitivitas desain tebal perkerasan lentur terhadap perubahan koefisien kekuatan relatif pada lapisan base dan subbase menggunakan metode AASHTO 1993. Pada penelitian ini didapatkan ESAL sebesar 12.438.602 lss/ur/lr untuk beban normal dan 24.270.894 lss/ur/lr untuk beban aktual. Untuk mengetahui sensitivitas desain tebal lapis perkerasan dilakukan dua skenario dengan variasi penurunan dan penambahan kondisi 1% sampai 5% dari kepadatan yang diisyaratkan. Skenario pertama menetapkan tebal surface coarse dan subbase coarse sehingga didapat variasi tebal base coarse. Skenario 2 menetapkan tebal surface coarse dan base coarse sehingga didapat variasi tebal subbase coarse. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien kekuatan relatif mempengaruhi tebal lapis perkerasan dimana pertambahan dan pengurangan tebalnya mendekati linear. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa lapisan base coarse merupakan lapisan yang paling sensitif tapi tidak signifikan dengan selisih diantara ketebalan lapisan sebesar 52% untuk beban normal dan 57% untuk beban aktual.

Kata Kunci: Sensitivitas Desain, Koefisien Kekuatan Relatif, Kepadatan

1. PENDAHULUAN

Salah satu perkerasan yang umum digunakan adalah perkerasan lentur yang memiliki beberapa komponen yaitu tanah dasar, lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas, dan lapis permukaan. Dalam perancangan perkerasan lentur salah satunya dipengaruhi oleh koefisien kekuatan relatif. Pada penelitian ini dilakukan analisis menggunakan metode AASHTO 1993 terkait sensitivitas desain tebal perkerasan lentur terhadap perubahan koefisien kekuatan relatif akibat penurunan dan penambahan kondisi kepadatan dari yang diisyaratkan.

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini:

1. Apakah perubahan koefisien kekuatan relatif mempengaruhi desain tebal perkerasan jalan?
2. Manakah desain tebal lapis perkerasan yang paling sensitif?
3. Bagaimanakah mendesain tebal perkerasan lentur menggunakan metode AASTHO 1993?

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini:

1. Jenis perkerasan yang ditinjau adalah perkerasan lentur.
2. Data lokasi penelitian menggunakan ruas jalan Lingkar Timur Jatigede Kabupaten Sumedang, Jawa Barat STA 1+300 sampai STA 18+400.

3. Data yang digunakan adalah data sekunder dari Satker Pelaksanaan Jalan Nasional Metropolitan Bandung.
4. Menggunakan metode *American Association of State Highway and Transport Officials 1993* dimana metode ini jelas menguraikan tentang koefisien kekuatan relatif serta cocok sebagai bahan analisis pembelajaran karena banyak metode dan peraturan perkerasan jalan di Indonesia bersumber dari AASHTO.
5. Perubahan koefisien kekuatan relatif hanya ditinjau pada lapisan *Base Coarse* dan *Subbase Coarse*.
6. Variasi penurunan dan penambahan kondisi 1% sampai 5% dari kepadatan yang diisyaratkan.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Perkerasan Jalan

Menurut Oetomo (2013) menyatakan bahwa lapisan konstruksi perkerasan jalan mempunyai fungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti terhadap konstruksi jalan, sehingga akan memberikan kenyamanan kepada pengguna jalan selama pelayanan jalan.

2.2 Jenis Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (2010) menyatakan bahwa berdasarkan bahan pengikat untuk membentuk lapisan permukaan, perkerasan dibedakan menjadi tiga yaitu:

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

2.3 Struktur Perkerasan Lentur

Struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis yang makin ke bawah memiliki daya dukung yang semakin jelek dan mempunyai peranan masing-masing.

1. Lapis permukaan (*Surface Course*).
2. Lapis Fondasi (*Base Course*).
3. Lapis Fondasi bawah (*Subbase Course*).
4. Lapis tanah dasar (*Subgrade*).

2.4 Beban Lalulintas

Menurut Sukirman (2010) menyatakan bahwa beban lalu lintas adalah beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak antara ban dan muka jalan. Beban lalu lintas merupakan beban dinamis yang terjadi secara berulang selama masa pelayanan jalan. Besarnya beban lalu lintas dipengaruhi oleh berbagai faktor kendaraan seperti:

- a. Konfigurasi sumbu dan roda kendaraan.
Berdasarkan konfigurasi sumbu dan jumlah roda yang dimiliki diujung-ujung sumbu, maka sumbu kendaraan dibedakan atas:
 1. sumbu tunggal roda tunggal
 2. sumbu tunggal roda ganda
 3. sumbu ganda atau sumbu tandem roda tunggal
 4. sumbu ganda atau sumbu tandem roda ganda
 5. sumbu tripel roda ganda

b. Beban sumbu dan roda kendaraan.

Beban sumbu adalah jumlah tekanan roda dari satu sumbu terhadap jalan. Beban tersebut selanjutnya didistribusikan ke fondasi jalan, bila daya dukung jalan tidak mampu menahan muatan sumbu, maka jalan akan rusak. Oleh karena itu ditetapkan beban sumbu terberat yang bisa melalui suatu kelas jalan tertentu. Pada penelitian ini mengacu pada Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat 2008.

c. Volume lalulintas.

Volume lalulintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu (hari, jam, atau menit). Lalulintas harian rata-rata adalah volume lalulintas rata-rata dalam satu hari. Dari lama waktu pengamatan untuk mendapatkan nilai lalulintas harian rata-rata, dikenal 2 jenis lalulintas harian rata-rata yaitu:

1. Lalulintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT), yaitu volume lalulintas harian yang diperoleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama satu tahun penuh

$$LHRT = \frac{(\text{Jumlah kendaraan dalam 1 tahun})}{365} \dots\dots\dots (1)$$

LHRT dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 arah tanpa median atau kendaraan/hari/arah untuk jalan 2 jalur dengan median.

2. Lalulintas Harian Rata-Rata (LHR), yaitu volume lalulintas harian yang diperoleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama beberapa hari pengamatan.

$$LHRT = \frac{(\text{Jml.kendaraan selama pengamatan})}{(\text{jml. hari pengamatan})} \dots\dots\dots (2)$$

LHR dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan 2 arah tanpa median atau kendaraan/hari/arah untuk jalan 2 jalur dengan median.

d. Beban Lalulintas Pada Lajur Rencana

Salah satu lajur pada jalan 2 lajur 2 arah, atau lajur paling kiri dari salah satu arah lalulintas pada jalan 4 lajur 2 arah menerima repetisi beban yang lebih berat dibandingkan dengan lajur yang lain. Rumus untuk menentukan beban lalu lintas sesuai AASHTO 1993 dinyatakan dalam repetisi lintasan umbu standar selama umur rencana (W18). Rumus 3 atau Rumus 4 digunakan untuk menghitung besarnya repetisi beban lalu lintas selama umur rencana.

$$W18 = \sum LHR_i \times E_i \times DA \times DL \times 365 \times N \dots\dots\dots (3)$$

$$W18 = \sum LHRT_i \times E_i \times DA \times DL \times 365 \times N \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

W18	=	repetisi beban lalu lintas selama umur rencana, lss/lajur/umur rencana
LHR	=	Lalu lintas Harian Rata-rata, kendaraan/hari/2 arah
LHRT	=	Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan, kendaraan/hari/2 arah
E _i	=	angka ekivalen jenis kendaraan i
DA	=	faktor distribusi arah, digunakan untuk menunjukkan distribusi kendaraan ke masing-masing arah. Jika data lalu lintas yang digunakan adalah data untuk satu arah, maka DA = 1
DL	=	faktor distribusi lajur, digunakan untuk menunjukkan distribusi kendaraan ke lajur rencana.
365	=	jumlah hari dalam satu tahun
N	=	faktor umur rencana

2.5 Fungsi Jalan

Aspal Menurut pasal 8 Undang-Undang No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan, dikelompokkan sebagai Jalan Arteri, Jalan Kolektor, Jalan Lokal, Jalan Lingkungan.

2.6 Modulus Resilien

Modulus resilient adalah perbandingan antara nilai deviator stress, yang menggambarkan repetisi beban roda dan recoverable strain. MR untuk tanah dasar dapat pula diperoleh melalui korelasi dengan nilai CBR seperti pada Rumus 5^[Heukelom & Klomp seperti AASHTO 1993] dan Rumus 6^[Olidis] (Silvia Sukirman, 2010).

$$MR = 1500 (\text{CBR}), \text{ MR dalam psi} \dots\dots\dots (5)$$

$$MR = 2555 (\text{CBR})^{0.64}, \text{ MR dalam psi} \dots\dots\dots (6)$$

2.7 Metode AASHTO 1993

Metode AASHTO 1993 pada dasarnya adalah metoda yang didasarkan pada metode empiris. Rumus dasar AASHTO 1993 mengalami perubahan sesuai hasil penelitian sejak 1972. Rumus dasar metode AASHTO 1993 sama dengan rumus pada AASHTO 1986 yaitu seperti pada Rumus 7.

$$\log (W18) = ZR \times S0 + 9,36 \times \log (SN + 1) - 0,20$$

$$+ \frac{\log \frac{(\Delta PSI)}{(4.2-1.5)}}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log (MR) - 8.07 \dots\dots\dots (7)$$

dengan:

W18 = ESAL yang diperkirakan

ZR = simpangan baku normal, sesuai Tabel 2.12

S0 = deviasi standar keseluruhan, bernilai antara 0,4 -0,5

SN = Structural Number, angka struktural relatif perkerasan, inci

ΔPSI = Perbedaan serviceability index di awal dan akhir umur rencana

MR = modulus resilien tanah dasar (psi)

2.8 Lalulintas Pada Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalulintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalulintas kendaraan paling besar. Beban lalulintas pada lajur rencana ditentukan dengan menggunakan faktor distribusi arah (DA) dan faktor distribusi lajur (DL). Pada peneltian ini untuk nilai DA dan DL merujuk pada AASHTO 1993 halaman II-9.

2.9 Faktor Umur Rencana (N)

Menurut Sukirman (2010) menyatakan bahwa Faktor Umur Rencana adalah angka yang dipergunakan untuk menghitung repetisi lalu lintas selama umur rencana dari awal umur rencana. Rumus 8 dengan (i) merujuk pada Faktor Laju Pertumbuhan Lalilintas MDP 2017 halaman 4-2.

$$N = \frac{(1 + i)^{UR} - 1}{i} \dots\dots\dots (8)$$

dengan:

N = Faktor umur rencana;

i = Pertumbuhan lalulintas tahunan (%/tahun);

UR = Umur rencana (tahun).

2.10 Indeks Permukaan (*Serviceability*)

Indeks Permukaan terdiri dari Kemampuan Pelayanan Awal dan Akhir sebagai berikut:

1. Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (P_0)
Kemampuan Pelayanan Awal (P_0) bergantung pada tingkat kehalusan atau kerataan perkerasan awal. Untuk nilai P_0 AASHTO 1993 menyarankan sebagai berikut :
 - a. Untuk perkerasan beton atau perkerasan kaku, $P_0 = 4,5$.
 - b. Untuk perkerasan aspal atau perkerasan lentur, $P_0 = 4,2$.
2. Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (P_t)
Kemampuan Pelayanan Akhir (P_t) bergantung pada kekasaran atau tidak rataanya jalan yang masih memungkinkan untuk dilalui kendaraan sebelum dilakukan rehabilitasi. Pemilihan indeks pelayanan akhir AASHTO 1993 menyarankan nilai-nilai kemampuan pelayanan akhir (P_t) sebagai berikut:
 - a. Jalan raya utama, $P_t = 2,5$ sampai $3,0$.
 - b. Jalan raya dengan volume lalu lintas rendah, $P_t = 2,0$.
 - c. Jalan raya relatif kecil dimana faktor ekonomi berpengaruh, $P_t = 1,5$.
3. Kehilangan Kemampuan Pelayanan (ΔPSI)
Kehilangan kemampuan pelayanan total (*total loss of serviceability*) dapat dihitung dengan Rumus 9 berikut ini.

$$\Delta PSI = P_0 - P_t \dots\dots\dots (9)$$

2.11 Reliabilitas dan Standar Deviasi

Reliabilitas (R) adalah tingkat kepastian atau probabilitas bahwa struktur perkerasan mampu melayani arus lalu lintas selama umur rencana sesuai dengan proses penurunan kinerja struktur perkerasan yang dinyatakan dengan serviceability yang direncanakan. AASHTO 1993 halaman II-9 menyarankan nilai R sesuai fungsi jalan. Nilai Standar Deviasi Normal (ZR) dapat dilihat pada Sukirman 2010 halaman 123 dan untuk nilai Standar Deviasi Keseluruhan (S_o) antara 0,4 - 0,5 untuk perkerasan lentur. Disarankan dalam AASHTO 1993 untuk nilai S_o perkerasan lentur (aspal) = 0,45.

2.12 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien kekuatan relative lapisan (a_1) menyatakan hubungan empiris antara SN untuk suatu struktur perkerasan dengan tebal lapisan, yang menyatakan kemampuan relatif dari suatu material agar berfungsi sebagai satu komponen struktural dari perkerasannya (Yoder dan Witczack, 1975. dalam Hardiyatmo, 2015). Pada penelitian ini Hubungan Stabilitas Marshall dengan Modulus Elastisitas merujuk pada grafik AASHTO 1993 halaman II-24 dan untuk mendapatkan nilai koefisien kekuatan relatif lapis permukaan (a_1) merujuk pada grafik AASHTO 1993 halaman II-18. Untuk mendapatkan nilai Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Atas (a_2) merujuk pada grafik AASHTO 1993 halaman II-19 atau menggunakan Rumus 10. Untuk mendapatkan nilai koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah (a_3) merujuk pada grafik AASHTO 1993 halaman II-21 atau menggunakan Rumus 11.

$$a_2 = (0,249 \times (\log_{10} E_{BS})) - 0,977 \dots\dots\dots (10)$$

$$a_3 = (0,227 \times (\log_{10} E_{SB})) - 0,839 \dots\dots\dots (11)$$

2.13 Drainase

Menurut Sukirman (2010), menyatakan bahwa kemampuan struktur perkerasan jalan mengalirkan air merupakan hal penting dalam perencanaan tebal perkerasan jalan. Pada penelitian ini koefisien drainase merujuk pada ketentuan AASHTO 1993 halaman II-25.

2.14 Angka Struktural (*Structure Number*)

Besaran SN menyatakan nilai abstrak kekuatan struktur perkerasan yang terbentuk dari kekuatan gabungan antara dukungan tanah (MR), jumlah total beban gandar tunggal, kemampuan pelayanan akhir, dan kondisi lingkungan (AASHTO, 1993). Angka Struktural (SN) dapat digunakan untuk mencari nilai D_1 , D_2 , dan D_3 dengan Rumus 12.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots \dots \dots (12)$$

dengan :

D_1	= tebal lapis permukaan (in)
D_2	= tebal lapis fondasi (in)
D_3	= tebal lapis fondasi bawah (in)
m_2	= koefisien Drainasi untuk lapis fondasi atas
m_3	= koefisien Drainasi untuk lapis fondasi bawah
a_1, a_2, a_3	= berturut-turut koefisien untuk I_p , I_{fa} , dan I_{fb}

2.15 Tebal Lapisan Perkerasan

Berikut ini cara mendapatkan tebal lapis perkerasan menggunakan AASHTO 1993:

a. Lapis Permukaan

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1} \dots \dots \dots (13)$$

$$SN_1^* = a_1 \times D_1^* \geq SN_1 \dots \dots \dots (14)$$

dengan SN_1 = angka struktural lapis permukaan

b. Lapis Pondasi Atas

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \times m_2} \dots \dots \dots (15)$$

$$SN_2^* = a_2 \times m_2 \times D_2^* \dots \dots \dots (16)$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2 \dots \dots \dots (17)$$

dengan SN_2 = angka struktural lapis pondasi atas

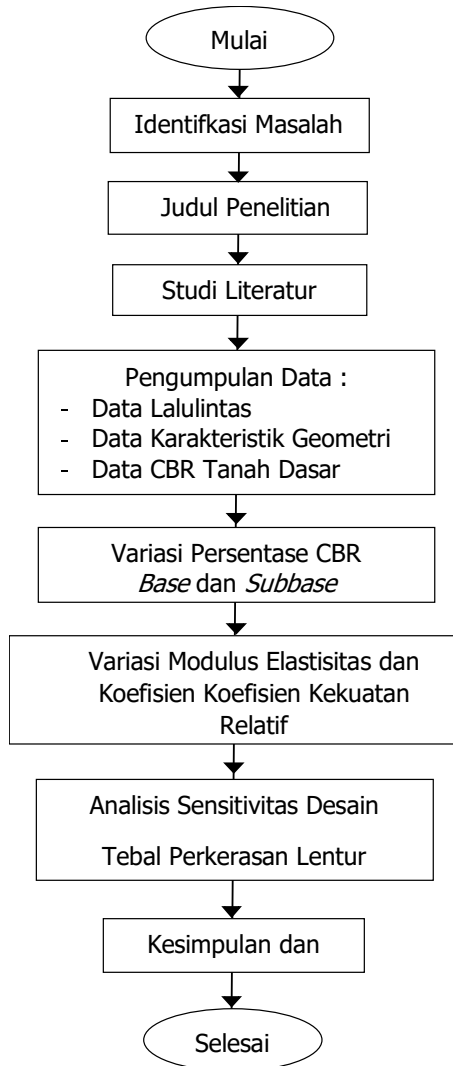
c. Lapis Pondasi Bawah

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 \times m_3} \dots \dots \dots (18)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini tersusun atas tahapan-tahapan seperti pada **Gambar 1** sebagai berikut.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Teknis Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional Metropolitan Bandung berupa data teknis dan data geometri seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Data Teknis Penelitian

No	Uraian	Keterangan
1	Umur rencana	20 Tahun
2	Pertumbuhan Lalulintas	3,50%
3	Panjang Jalan	17,10 km
4	Fungsi Jalan	Kolektor
5	Jumlah Lajur	4/2 UD
6	Lebar Lajur	3,5 m
	CBR Tanah Dasar	6%

Sumber : Satker PJN Metro Bandung

4.2 Analisis Data Menggunakan Metode ASSTHO 1993

Analisis penelitian ini menggunakan metode AASHTO 1993 yang diuraikan sebagai berikut.

4.3 Menghitung Beban Lalulintas Selama Umur Rencana

Berikut hasil perhitungan beban lalulintas selama umur rencana (W_{18}) atau *ESAL (Equivalent Single Axle Load)* selama umur rencana 20 tahun dengan prediksi faktor pertumbuhan lalulintas tahun 2020 menggunakan beban normal dan beban aktual.

Tabel 2 ESAL Untuk Beban Normal

Gol	Jenis Kendaraan	Konf. Sumbu	E	LHR 2020 kend/hari /2 arah	i (%)	N	W_{18} Iss/UR/LR
2	Sedan, jeep, dll. (2t)	1.1	0,0006	5.885	3,5	28,28	15.249
3	Angkutan Penumpang Sedang (4t)	1.1	0,0068	2.347	3,5	28,28	73.601
4	Pickup, mobil hantaran, dll. (8t)	1.1	0,1081	1.497	3,5	28,28	751.138
5a	Bus Kecil (10t)	1.1	0,2677	100	3,5	28,28	123.885
5b	Bus Besar (12t)	1.2	0,5618	363	3,5	28,28	947.580
6a	Truk Ringan 2 Sumbu (14t)	1.2	1,1991	334	3,5	28,28	1.861.499
6b	Truk Sedang 2 Sumbu (16t)	1.2	2,6512	328	3,5	28,28	4.036.627
7a	Truk 3 Sumbu (24t)	1.22	2,3562	120	3,5	28,28	1.313.072
7c1	Truk Trailer 4 sumbu (34t)	1.2-22	4,7265	60	3,5	28,28	1.316.999
7c2	Truk Trailer 5 sumbu (46t)	1.22-22	6,8017	39	3,5	28,28	1.218.378
7c3	Truk Trailer 6 sumbu (56t)	1.22-222	7,4702	22	3,5	28,28	780.575
ESAL (Equivalent Single Axle Load)						$W_{18} =$	12.438.602

Tabel 3 ESAL Untuk Beban Aktual

Gol	Jenis Kendaraan	Konf. Sumbu	E kendaraan	LHR ₂₀₂₀ kend/hari /2 arah	N	W_{18} Iss/UR/LR
2	Sedan, jeep, dll. (2t)	1.1	0,0006	5.885	28,28	15.249
3	Angkutan Penumpang Sedang (4t)	1.1	0,0068	2.347	28,28	73.601
4	Pickup, mobil hantaran, dll. (8t)	1.1	0,1081	1.497	28,28	751.138
5a	Bus Kecil (10t)	1.1	0,2677	100	28,28	123.885
5b	Bus Besar (12t)	1.2	1,0000	363	28,28	1.686.787
6a	Truk Ringan 2 Sumbu (14t)	1.2	0,5500	334	28,28	853.843
6b	Truk Sedang 2 Sumbu (16t)	1.2	5,3000	328	28,28	8.069.709
7a	Truk 3 Sumbu (24t)	1.22	8,2000	120	28,28	4.569.750
7c1	Truk Trailer 4 sumbu (34t)	1.2-22	11,0000	60	28,28	3.065.076
7c2	Truk Trailer 5 sumbu (46t)	1.22-22	17,7000	39	28,28	3.170.563
7c3	Truk Trailer 6 sumbu (56t)	1.22-222	18,1000	22	28,28	1.891.291
ESAL (Equivalent Single Axle Load)					$W_{18} =$	24.270.894

4.4 Menghitung Angka Struktural

Untuk menghitung angka structural (SN) menggunakan data pada **Tabel 3** dengan menggunakan Rumus 5. Perhitungan dilakukan dengan aplikasi Excel *What-If Analysis > Goal Seek* untuk mencari nilai SN dengan menyamakan nilai Ruas Kiri = nilai Ruas Kanan.

Tabel 4 Rekapitulasi Parameter

Parameter			
ESAL Beban Normal	W_{18}	12.438.602	Lss/Ur/Lr
ESAL Beban Aktual	W_{18}	24.270.894	Lss/Ur/Lr
Indeks Permukaan Awal	Po	4,2	
Indeks Permukaan Akhir	Pt	2,0	
Kehilangan Pelayanan	ΔPSI	2,2	
Reliabilitas	R	85	%

Parameter			
Standar Normal Deviasi	Z _R	-1,037	
Standar Deviasi Keseluruhan	S ₀	0,45	
Modulus Resilien <i>Subgrade</i>	M _R	9.000	psi

Dari data **Tabel 3** dan **Tabel 4** dapat diperoleh nilai SN₁, SN₂, dan SN₃ sebagai berikut.

Tabel 5 Perhitungan SN Untuk Beban Normal

		SN1						
12.438.602	7,09	2,88	-0,467	5,314	-0,089	1,358	2,308	7,09
	7,09	2,88	-0,467	5,316	-0,089	1,356	2,306	7,09
	7,09	2,89	-0,467	5,317	-0,089	1,354	2,304	7,09
	7,09	2,89	-0,467	5,320	-0,089	1,351	2,302	7,09
	7,09	2,89	-0,467	5,322	-0,089	1,348	2,300	7,09
	7,09	2,89	-0,467	5,325	-0,089	1,345	2,298	7,09
	7,09	2,89	-0,467	5,326	-0,089	1,344	2,296	7,09
	7,09	2,90	-0,467	5,328	-0,089	1,341	2,295	7,09
	7,09	2,90	-0,467	5,330	-0,089	1,339	2,293	7,09
	7,09	2,90	-0,467	5,332	-0,089	1,336	2,291	7,09
	7,09	2,90	-0,467	5,334	-0,089	1,334	2,289	7,09
		SN2						
12.438.602	7,09	3,46	-0,467	5,874	-0,089	0,869	1,785	7,09
	7,09	3,46	-0,467	5,876	-0,089	0,868	1,783	7,09
	7,09	3,46	-0,467	5,878	-0,089	0,867	1,781	7,09
	7,09	3,46	-0,467	5,880	-0,089	0,865	1,779	7,09
	7,09	3,46	-0,467	5,882	-0,089	0,864	1,777	7,09
	7,09	3,47	-0,467	5,884	-0,089	0,863	1,775	7,09
	7,09	3,47	-0,467	5,886	-0,089	0,862	1,774	7,09
	7,09	3,47	-0,467	5,888	-0,089	0,860	1,772	7,09
	7,09	3,47	-0,467	5,891	-0,089	0,859	1,770	7,09
	7,09	3,48	-0,467	5,893	-0,089	0,858	1,768	7,09
	7,09	3,48	-0,467	5,895	-0,089	0,857	1,766	7,09
		SN3						
12.438.602	7,09	4,33	-0,467	6,604	-0,089	0,585	1,104	7,09

Tabel 6 Perhitungan SN Untuk Beban Normal

		SN1						
24.270.894	7,39	3,20	-0,467	5,634	-0,089	1,037	2,308	7,39
	7,39	3,20	-0,467	5,636	-0,089	1,035	2,306	7,39
	7,39	3,20	-0,467	5,638	-0,089	1,034	2,304	7,39
	7,39	3,21	-0,467	5,640	-0,089	1,032	2,302	7,39
	7,39	3,21	-0,467	5,642	-0,089	1,030	2,300	7,39
	7,39	3,21	-0,467	5,644	-0,089	1,029	2,298	7,39
	7,39	3,21	-0,467	5,646	-0,089	1,027	2,296	7,39
	7,39	3,22	-0,467	5,648	-0,089	1,025	2,295	7,39
	7,39	3,22	-0,467	5,650	-0,089	1,024	2,293	7,39
	7,39	3,22	-0,467	5,652	-0,089	1,022	2,291	7,39
	7,39	3,22	-0,467	5,654	-0,089	1,021	2,289	7,39
		SN2						
24.270.894	7,39	3,82	-0,467	6,196	-0,089	0,711	1,785	7,39
	7,39	3,83	-0,467	6,198	-0,089	0,710	1,783	7,39
	7,39	3,83	-0,467	6,200	-0,089	0,709	1,781	7,39
	7,39	3,83	-0,467	6,202	-0,089	0,708	1,779	7,39
	7,39	3,83	-0,467	6,205	-0,089	0,707	1,777	7,39
	7,39	3,84	-0,467	6,207	-0,089	0,707	1,775	7,39
	7,39	3,84	-0,467	6,209	-0,089	0,706	1,774	7,39
	7,39	3,84	-0,467	6,211	-0,089	0,705	1,772	7,39
	7,39	3,84	-0,467	6,213	-0,089	0,704	1,770	7,39
	7,39	3,85	-0,467	6,215	-0,089	0,703	1,768	7,39
	7,39	3,85	-0,467	6,217	-0,089	0,702	1,766	7,39
		SN3						
24.270.894	7,39	4,77	-0,467	6,923	-0,089	0,523	1,104	7,39

Tabel 7 Koefisien Kekuatan Relatif dan Koefisien Drainase

Parameter		
Lapisan Permukaan (<i>Surface</i>)	a1	E_{AC} (psi)
	0,40	380.000
Lapisan Fondasi Atas (<i>Base</i>)	a2	EBS (psi)
	0,1374	29.726,1905
	0,1371	29.671,4286
	0,1369	29.616,6667
	0,1367	29.561,9048
	0,1364	29.507,1429
	0,1362	29.452,3810
	0,1360	29.397,6190
	0,1357	29.342,8571
	0,1355	29.288,0952
	0,1353	29.233,3333
	0,1351	29.178,5714
Lapisan Fondasi Bawah (<i>Subbase</i>)	a3	ESB (psi)
	0,128	17.700
	0,128	17.665,7143
	0,128	17.631,4286
	0,128	17.597,1429
	0,127	17.562,8571
	0,127	17.528,5714
	0,127	17.494,2857
	0,127	17.460
	0,126	17.425,7143
	0,126	17.391,4286
	0,126	17.357,1429
Koefisien Drainase	m	1,00

Dari **Tabel 5**, **Tabel 6**, dan **Tabel 7** diatas dapat digunakan untuk mengetahui tebal lapis perkerasan (D_1 , D_2 , D_3) sebagai berikut pada **Tabel 8**.

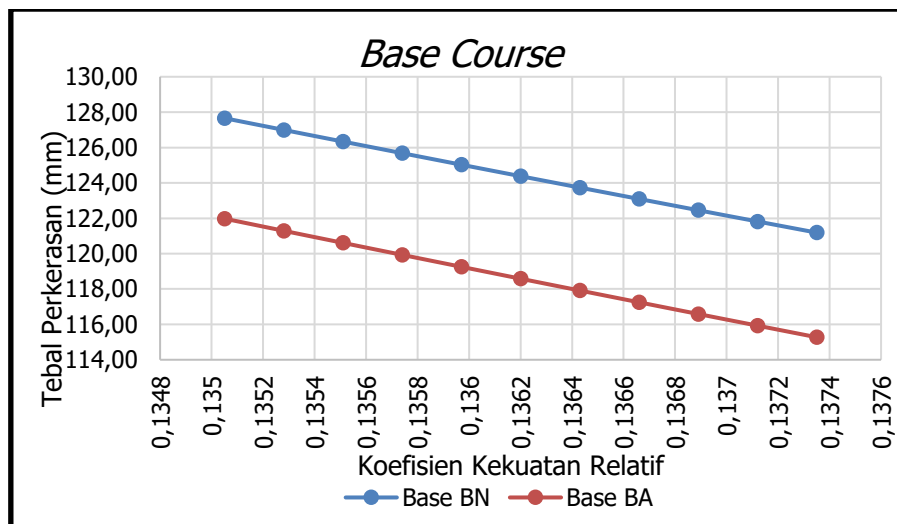
4.4.1 Menghitung Tebal Lapis Perkerasan

Berikut adalah hasil analisis tebal lapis perkerasan menggunakan Rumus 13 sampai 18 seperti pada **Tabel 8**.

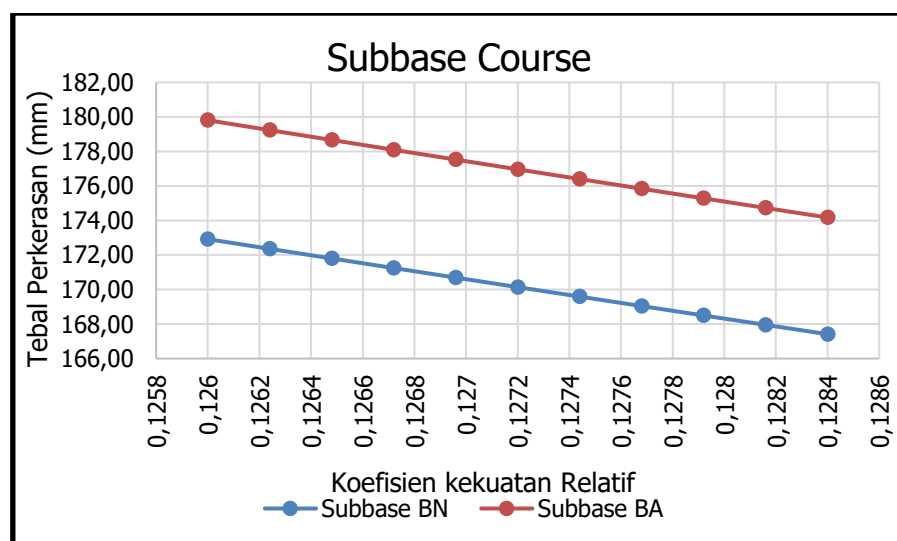
Tabel 8 Desain Tebal Lapis Perkerasan

Kondisi	Skenario 1				Skenario 2			
	Tebal Surface (mm)	Koefisien Relatif (a2)	Tebal Base (mm)	Tebal Subbase (mm)	Tebal Surface (mm)	Tebal Base (mm)	Koefisien Relatif (a3)	Tebal Subbase (mm)
Beban Normal								
1	100	0,1374	121,19	150	100	150	0,1284	167,41
2	100	0,1371	121,82	150	100	150	0,1282	167,95
3	100	0,1369	122,45	150	100	150	0,1279	168,49
4	100	0,1367	123,09	150	100	150	0,1277	169,04
5	100	0,1364	123,73	150	100	150	0,1274	169,59
6	100	0,1362	124,38	150	100	150	0,1272	170,14
7	100	0,1360	125,03	150	100	150	0,1270	170,69
8	100	0,1357	125,68	150	100	150	0,1267	171,24
9	100	0,1355	126,34	150	100	150	0,1265	171,80
10	100	0,1353	127,00	150	100	150	0,1262	172,36
11	100	0,1351	127,66	150	100	150	0,1260	172,92

Kondisi	Skenario 1				Skenario 2			
	Tebal Surface (mm)	Koefisien Relatif (a2)	Tebal Base (mm)	Tebal Subbase (mm)	Tebal Surface (mm)	Tebal Base (mm)	Koefisien Relatif (a3)	Tebal Subbase (mm)
Beban Aktual								
1	100	0,1374	115,27	150	100	150	0,1284	174,17
2	100	0,1371	115,93	150	100	150	0,12816	174,73
3	100	0,1369	116,59	150	100	150	0,12792	175,28
4	100	0,1367	117,25	150	100	150	0,12768	175,84
5	100	0,1364	117,91	150	100	150	0,12744	176,40
6	100	0,1362	118,58	150	100	150	0,1272	176,96
7	100	0,1360	119,25	150	100	150	0,12696	177,53
8	100	0,1357	119,93	150	100	150	0,12672	178,09
9	100	0,1355	120,61	150	100	150	0,12648	178,66
10	100	0,1353	121,29	150	100	150	0,12624	179,23
11	100	0,1351	121,98	150	100	150	0,126	179,81



Gambar 2 Hubungan Koefisien Kekuatan Relatif *Base* dengan Desain Tebal Perkerasan



Gambar 3 Hubungan Koefisien Kekuatan Relatif Subbase dengan Desain Tebal Perkerasan

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis Sensitivitas Desain Tebal Perkerasan Lentur Terhadap Perubahan Koefisien Kekuatan Relatif pada Lapisan *Base* dan *Subbase* ruas jalan Lingkar Timur Jatigede dapat diperoleh kesimpulan bahwa nilai koefisien kekuatan relatif mempengaruhi tebal perkerasan lentur, dimana semakin besar nilai koefisien kekuatan relatif maka semakin berkurang tebal lapis perkerasan. Berdasarkan grafik hubungan koefisien kekuatan relatif dengan desain tebal perkerasan menunjukkan bertambahnya ketebalan yang linier dan berdasarkan hasil perhitungan dari dua skenario menggunakan dua *ESAL* menunjukkan bahwa tebal lapis perkerasan yang paling sensitif tapi tidak signifikan terhadap perubahan koefisien kekuatan relatif yaitu pada lapisan *Base Course*, dimana selisih diantara ketebalan lapisan sebesar 52% untuk Beban Normal dan 57% untuk Beban Aktual.

DAFTAR RUJUKAN

- AASHTO, (1993). *AASHTO Guiden for Design of Pavement Structures*. Washington, DC: American Association of State Higway and Transportation Officials.
- Asphalt Institute. (1983). *Principles Of Cunstruction Of Hot Mix Asphalt Pavement*. Washington, D.C.
- Cahyandaru, Bayu Aji. 2017. Analisa Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen SKBI 1987 dan Metode AASHTO. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2015. *Perancangan Pekerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Mantiri, C. C. 2019. Analisa Tebal Perkerasan Lentur Jalan Baru Dengan Metode Bina Marga 2017 Dibandingkan Metode Aashto 1993. e-journal Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Pradoto, N. N. 2017. Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Analisa Komponen SKBI 1987 Dan Metode AASHTO 1993. e-Journal Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Ramadhan, A. W. 2020. Desain Tebal Perkerasan Lentur Untuk Berbagai Daya Dukung Fondasi Jalan. e-Journal Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Rifwan, F., dkk. 2017. Tinjauan Kualitas Pemadatan Tanah Pada Prasarana Transportasi. Universitas Negri Padang.
- Septiansyah, R. 2021. Sensitivitas Daya Dukung Subgrade Dan Beban Lalu-Lintas Terhadap Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Kaku. e-Journal Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Sukirman, S. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: NOVA.
- Ulya, K. S. 2017. Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 Dan Aashto 1993 (Studi Kasus Ruas Jalan Baron - Tepus (Planjan-tepus). e-Journal Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Washington State Department of Transportation. 1995. *WSDOT Pavement Guide, Volume 2, Pavement Notes, For Design, Evaluation and Rehabilitation*. Washington, D.C.

