

# Analisis Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode AASHTO 1993

(Studi Kasus Pada Pembangunan Jalan Lingkungan Baru Dalam  
Kawasan Kampus Universitas Borneo Tarakan)

Muhammad Djaya Bakri

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan,  
Jalan Amal Lama No. 01 Tarakan 77123 Indonesia  
E-mail: jayabakri@gmail.com

Received 25 April 2020; Reviewed 29 Mei 2020; Accepted 12 Juni 2020  
Journal Homepage: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>  
DOI: <https://doi.org/10.35334/be.v4i1.1387>

## Abstract

Every year there is an increase in the number of students at the Universitas Borneo Tarakan, which naturally requires the addition of campus buildings, including the construction of road infrastructure to support the development of the campus area. This study aims to analyze the needs of the thickness of the new flexible road pavement construction in the campus area by using the AASHTO 1993 method. This method requires a Structural Number (SN) value that can be calculated by nomogram method and trial and error method. The results of the nomogram method get the value of  $SN_{total} = 2.09$  inches,  $SN_2 = 1.59$  inches, and  $SN_1 = 1.39$  inches, and the trial and error method gets the value of  $SN_{Total} = 2.05$  inches,  $SN_2 = 1.56$  inches, and  $SN_1 = 1.36$  inches. To avoid the risk factor of estimating the error of repetition of traffic loads during the life of the plan ( $W_{18}$ ), in the calculation of the SN value the trial and error method needs to include the value of FR (reliability factor) in the calculation of  $w_{18}$ , where the value obtained  $FR = 2.39$  and  $W_{18} = 0,11 \times 10^6$  ESAL. Analysis of the thickness of the flexible pavement construction layer using SN values calculated by the nomogram and trial and error method, resulting in a 39 cm thick flexible pavement, with a surface course = 9 cm, sub base course = 15 cm, and a base course = 15 cm.

**Keywords:** Campus Local Road, New Road, Flexible Pavement, The Method of AASHTO 1993

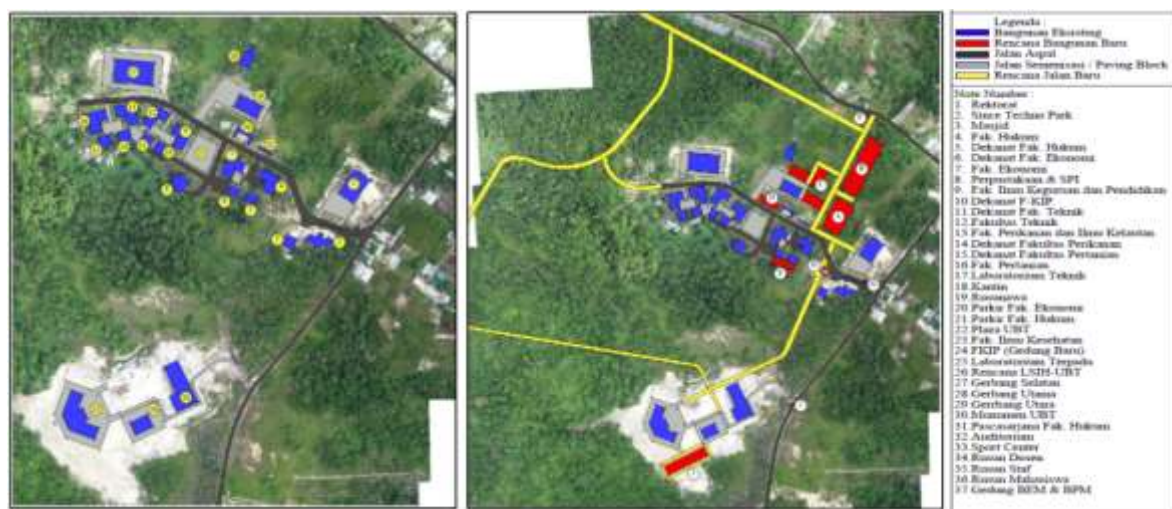
## Abstrak

Setiap tahun terjadi peningkatan jumlah mahasiswa di Universitas Borneo Tarakan, sehingga dengan sendirinya membutuhkan penambahan gedung perkuliahan, termasuk pembangunan infrastruktur jalan untuk mendukung pengembangan kawasannya. Penelitian ini bertujuan menganalisis kebutuhan ketebalan konstruksi perkerasan lentur jalan baru di kawasan kampus dengan menggunakan metode AASHTO 1993. Metode ini memerlukan nilai Structural Number (SN) yang dapat dihitung dengan cara nomogram dan cara trial and error. Hasil perhitungan cara nomogram mendapatkan nilai  $SN_{total} = 2,09$  inchi,  $SN_2 = 1,59$  inchi, dan  $SN_1 = 1,39$  inchi, dan cara trial and error mendapatkan nilai  $SN_{Total} = 2,05$  inchi,  $SN_2 = 1,56$  inchi, dan  $SN_1 = 1,36$  inchi. Untuk menghindari faktor resiko kesalahan memperkirakan repitisi beban lalu lintas selama umur rencana ( $W_{18}$ ), dalam perhitungan nilai SN cara trial and error perlu memasukkan nilai FR (faktor reliabilitas) dalam perhitungan  $w_{18}$ , dimana diperoleh nilai  $FR = 2,39$  dan  $W_{18} = 0,11 \times 10^6$  ESAL. Analisis tebal lapisan konstruksi perkerasan lentur menggunakan nilai SN hasil perhitungan cara nomogram dan trial and error, menghasilkan perkerasan jalan lentur setebal 39 cm, dengan tebal lapis permukaan = 9 cm, lapis pondasi bawah = 15 cm, dan lapis pondasi bawah = 15 cm.

**Kata kunci:** Jalan Lingkungan Kampus, Jalan Baru, Perkerasan Lentur, Metode AASHTO 1993

## 1. Pendahuluan

Universitas Borneo Tarakan berkedudukan di Kota Tarakan provinsi Kalimantan Utara, merupakan salah satu garda terdepan Negara Kesatuan Republik Indonesia, pada wilayah perbatasan Indonesia dengan Malaysia-Sabah yang secara geo-politik dan geo-ekonomi memiliki peranan penting. Dari tahun ke tahun terjadi peningkatan penerimaan mahasiswa baru di Universitas Borneo Tarakan, sehingga dengan sendiri menambah jumlah populasi mahasiswa yang menempuh pendidikan, dan oleh karenanya membutuhkan penambahan gedung perkuliahan untuk mendukung kegiatan operasionalnya. Pada tahun 2019 telah terbangun gedung-gedung baru yang diproyeksikan untuk pengembangan kawasan kampus sesuai dengan Masterplan Pembangunan Universitas Borneo Tarakan Tahun 2011-2020. Hanya saja kawasan tersebut belum terhubung dengan jalan lingkungan sebagai satu kawasan dalam kampus. Akses menuju kawasan pengembangan masih memanfaatkan jalan poros Kota Tarakan yang berada bersisian dengan lahan kampus, sehingga tidak cukup menjamin keamanan dan kenyamanan berlalu lintas civitas akademika jika akan menuju ke kawasan tersebut, karena harus terlebih dahulu keluar dari kawasan utama kampus dengan menggunakan jalan poros tersebut kemudian baru bisa masuk ke kawasan pengembangan. Kondisi tersebut juga, menyulitkan kontrol keamanan kawasan kampus karena adanya pemisahan lahan. Mempertimbangkan faktor aksesibilitas kawasan dalam kampus, maka sangat diperlukan pembangunan jalan lingkungan baru yang menghubungkan seluruh kawasan dalam kampus dalam satu kesatuan jaringan jalan lingkungan seperti ditampilkan pada Gambar 1.



(a). Kondisi Eksisting Kawasan

(b). Rencana Jalan Baru Kawasan

**Gambar 1. Rencana Jalan Lingkungan Baru Dalam Kawasan Kampus UBT**

Umumnya dikenal tiga jenis konstruksi perkerasan jalan dalam desain jalan, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan perkerasan komposit (*composite pavement*). Sukirman (2010) menyebutkan bahwa dalam merencanakan tebal perkerasan lentur jalan raya yang umum digunakan di Indonesia adalah metode yang merujuk kepada pendekatan empirik yang dikembangkan pertama kali oleh *American Association of State Highway Officials (AASHTO)*. AASHTO berdiri November 1914 dan karena perkembangan yang terjadi dalam dunia transportasi, maka pada tahun 1973 AASHTO berubah menjadi *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*. Metode AASHTO 1972 ini diadopsi di Indonesia menjadi pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Analisa Komponen SNI 1732-1989-F, sedangkan Metode AASHTO 1993 di sesuaikan dengan kondisi Indonesia menjadi Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Nomor: Pt T-01-2002-B. Kemudian beberapa metode Bina Marga lainnya, seperti metode Bina Marga 2010 (Desain

Perkerasan Jalan Lentur Nomor: 001/BT/2010), metode Bina Marga 2013 (Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor: 02/M/BM/2013), dan metode Bina Marga 2017 (Manual Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017) Nomor: 04/SE/Db/2017). Pada penelitian ini dianalisis perencanaan perkerasan lentur jalan lingkungan baru di kawasan kampus Universitas Borneo Tarakan dengan menggunakan metode AASHTO 1993. Dalam penelitian ini digunakan data sekunder hasil Perencanaan Jalan Lingkungan Dalam Kawasan Kampus Universitas Borneo Tarakan Tahun 2019.

## 2. Metode dan Studi Literatur

### 2.1 Jenis dan Fungsi Perkerasan Lentur

Nawir dan Mansur (2017) menyebutkan bahwa konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Adapun susunan dan fungsi setiap lapisan perkerasan lentur adalah sebagai berikut:

a. Lapis Permukaan (*surface course*)

Lapisan yang terletak paling atas, secara struktural berfungsi mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser) ke lapisan-lapisan dibawahnya. Secara non struktural, berfungsi sebagai lapis kedap air, menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup, membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (*skid resistance*) yang cukup untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas.

b. Lapis Pondasi Atas (*base course*)

Lapisan ini terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan, berfungsi untuk mendukung lapisan diatasnya dan menyebarkan beban roda ke lapisan dibawahnya. Lapisan ini banyak menerima pembebanan yang berat, oleh karena itu material yang digunakan harus berkualitas sangat tinggi dan pelaksanaan konstruksi harus dilaksanakan dengan cermat.

c. Lapis Pondasi Bawah (*subbase course*)

Lapisan ini terletak di antara lapis pondasi atas dan tanah dasar (*subgrade*), berfungsi menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai CBR > 20% dan Indeks Plastisitas > 10%. Fungsi lainnya sebagai lapisan peresapan diperlukan pemadatan optimum dalam pelaksanaannya sehingga dapat berfungsi dengan baik mencegah air tanah naik ke lapisan diatasnya.

d. Tanah Dasar (*subgrade*)

Lapisan ini merupakan permukaan dasar untuk perletakan konstruksi lapisan perkerasan. Lapisan ini bisa dibentuk dari permukaan tanah asli, permukaan tanah galian ataupun tanah timbunan yang dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik.

### 2.2 Parameter Desain Tebal Lapis Perkerasan Lentur

Lapisan perkerasan berfungsi untuk menopang beban lalu lintas selama masa pelayanan tanpa kerusakan yang berarti. Sukirman (2010) mengemukakan bahwa dalam proses perencanaan tebal perkerasan lentur terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dan ikut mempengaruhi hasil perencanaan, yaitu: beban lalu lintas, sifat tanah dasar, fungsi jalan, kondisi lingkungan, kinerja struktur perkerasan, umur rencana atau masa pelayanan, sifat dan jumlah bahan baku yang tersedia, bentuk geometrik jalan, dan kondisi perkerasan saat ini (khusus untuk peningkatan jalan lama).

### 2.3 Metode AASHTO 1993

Merujuk pada Siegfried dan Rosyidi (2007), Sukirman (2010), Wesli dan Akbar (2014), Bantam (2019), Mantiri *et al* (2019), dalam perhitungan perencanaan tebal perkerasan lentur dengan metode AASHTO 1993 ada parameter perencanaan seperti: lalu lintas, tanah dasar, reliabilitas, faktor drainase, *Serviceability* dan *Structural Number (SN)*.

### 2.3.1 Beban Lalu Lintas

Prosedur perencanaan untuk parameter lalu lintas menurut Siegfried dan Rosyidi (2007) didasarkan pada kumulatif beban gandar standar ekivalen (*Equivalent Standard Axle Load, ESAL*). Perhitungan untuk *ESAL* ini didasarkan pada konversi lalu lintas yang lewat terhadap beban gandar standar 8,16 kN dan mempertimbangkan umur rencana, volume lalu lintas, faktor distribusi lajur, serta faktor bangkitan lalu lintas (*growth factor*). Mantiri *et al* (2019) menyebutkan bahwa dalam AASHTO 1993 telah disediakan nilai Faktor Ekivalen Beban Sumbu (*Axle Load Equivalency Factors*), yang terdiri dari *Axle Load*, *pt* (2,0 - 3,0), dan *SN*.

Konfigurasi beban sumbu berdasarkan jenis kendaraan seperti Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B) seperti ditampilkan pada Gambar 2.

Golongan	Kelompok jenis kendaraan	Jenis kendaraan	Konfigurasi sumbu	Kode
1	Sepeda motor, kendaraan roda-3			
2	Sedan, jeep, station wagon			1.1
3	Angkutan penumpang sedang			1.1
4	Pick up, micro truk dan mobil hantaran			1.1
5a	Bus kecil			1.1
5b	Bus besar			1.2
6a	Truk ringan 2 sumbu			1.1
6b	Truk sedang 2 sumbu			1.2
7a	Truk 3 sumbu			1.2.2
7b	Truk gandengan			1.2.2-2.2
7c	Truk semitrailer			1.2.2.2.2
8	Kendaraan tidak bermotor			

Gambar 2. Golongan dan Kelompok Jenis Kendaraan (Sumber: Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B))

### 2.3.2 Tanah Dasar

Data tanah yang menjadi parameter perhitungan tabel perkerasan lentur adalah *resilient modulus* ( $M_R$ ). *Resilient modulus* adalah salah satu uji kekakuan material tanah dasar. Mantiri *et al* (2019) menyebutkan apabila tidak memiliki alat uji resilient modulus (*triaxial*), terdapat formula pendekatan nilai resilient modulus yang menunjukkan hubungan CBR dengan  $M_R$ , yaitu:

$$M_R = 1.500 \times CBR \quad (\text{psi}) \quad (1)$$

Mantiri *et al* (2019) menyebutkan rumus diatas tidak berlaku bagi agregat halus yang memiliki CBR kurang dari 10, oleh karena itu *AASHTO Guide* mengusulkan rumusan sebagai berikut:

$$M_R = 2.555 \times CBR^{0,64} \quad (\text{psi}) \quad (2)$$

### 2.3.3 Reliabilitas (*Reliability*)

Sukirman (2010) mengemukakan bahwa reliabilitas 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. Pada Tabel 1 ditampilkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan. Tingkat reliabilitas yang tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu-lintas yang tinggi, sedangkan tingkat yang paling rendah, 50 % menunjukkan jalan lokal.

**Tabel 1. Nilai Reliability Menurut Fungsi dan Kelas Jalan**

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Jalan Nasional dan Bebas Hambatan	85 - 99,9	80 - 99,9
Arteri Primer (Nasional dan Provinsi)	80 - 99	75 - 95
Kolektor (Nasional dan Provinsi)	80 - 95	75 - 95
Lokal (Kabupaten/Kota)	50 - 80	50 - 80

Sumber: AASHTO (1993)

Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Nomor: Pt T-01-2002-B, menyebutkan bahwa reliabilitas kinerja perencanaan dikontrol dengan faktor reliabilitas (FR) yang dikalikan dengan perkiraan lalu-lintas ( $w_{18}$ ) selama umur rencana untuk memperoleh prediksi kinerja ( $W_{18}$ ). Untuk tingkat reliabilitas (R) yang diberikan, *reliability factor* merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (*overall standard deviation*,  $S_o$ ) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu-lintas dan perkiraan kinerja untuk  $W_{18}$  yang diberikan. Deviasi standar ( $S_o$ ) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat, dengan rentang nilai antara 0,40–0,50. Dalam persamaan desain perkerasan lentur, *level of reliability* (R) diakomodasi dengan parameter penyimpangan normal standar (*standard normal deviate*, ZR). Pada Tabel 2 ditampilkan nilai ZR untuk *level of serviceability* tertentu.

**Tabel 2. Nilai Standar Deviasi Normal Untuk Tingkat Reliability (R) Tertentu**

Reliabilitas, R (%)	Standar Normal Deviate, Zr	Reliabilitas, R (%)	Standar Normal Deviate, Zr	Reliabilitas, R (%)	Standar Normal Deviate, Zr
50	0,000	90	-1,282	96	-1,751
60	-0,253	91	-1,340	97	-1,881
70	-0,524	92	-1,405	98	-2,054
75	-0,674	93	-1,476	99	-2,327
80	-0,841	94	-1,555	99,9	-3,090
85	-1,037	95	-1,645	99,99	-3,750

Sumber: AASHTO (1993)

Sukirman (2010), menjelaskan bahwa Reliabilitas yang digunakan pada metode AASHTO 1993 adalah untuk mengalikan repetisi beban lalu lintas yang diperkirakan selama umur rencana dengan faktor reliabilitas (FR)  $\geq 1$ , sehingga perkiraan kinerja ( $W_{18}$ ) yang digunakan untuk menentukan tebal lapis perkerasan, dihitung dengan persamaan berikut:

$$W_{18} = (w_{18})(FR) \quad (3)$$

Dimana:

- $W_{18}$  = ESAL perkiraan berdasarkan kinerja struktur perkerasan mencapai nilai pelayanan akhir perkerasan lentur (pt) yang digunakan untuk menentukan tebal lapis perkerasan.  
 $w_{18}$  = ESAL perkiraan selama umur rencana  
 FR = faktor reliabilitas

Menurut Sukirman (2010), efek adanya faktor reliabilitas dalam perencanaan adalah meningkatkan ESAL yang digunakan untuk merencanakan tebal perkerasan jalan. FR ditentukan sebagai berikut:

$$FR = 10^{-Z_R(S_o)} \quad (4)$$

Dimana:

- FR = faktor reliabilitas  
 ZR = simpangan baku normal (*standard normal deviate*)  
 So = deviasi standar keseluruhan dari distribusi normal sehubungan dengan kesalahan yang terjadi pada perkiraan lalu lintas dan kinerja perkerasan, bernilai antara 0,4 -0,5.

### 2.3.4 Faktor Drainase

Menurut Sukirman (1991) dalam Wesli dan Akbar (2014), bahwa sistem drainase dari jalan sangat mempengaruhi kinerja jalan tersebut. Tingkat kecepatan pengeringan air pada konstruksi jalan bersama-sama dengan beban lalu lintas dan kondisi permukaan jalan sangat mempengaruhi umur pelayanan jalan. Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perencanaan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi, yaitu dengan menyertakan koefisien drainase ( $m$ ) ke dalam persamaan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) bersama-sama dengan ketebalan ( $D$ ). Pengaruh kualitas drainase dalam proses perencanaan tebal lapisan perkerasan dinyatakan dengan menggunakan koefisien drainase ( $m$ ) seperti ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Koefisien Drainase ( $m$ ) Untuk Memodifikasi Koefisien Kekuatan Relatif Material *Untreated Base dan Subbase* Pada Perkerasan Lentur**

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Baik Sekali	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Baik	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Sedang	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Jelek	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Jelek Sekali	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Sumber: AASHTO (1993)

### 2.3.5 Indeks Permukaan (*Serviceability*)

Mantiri *et al* (2019) menyebutkan untuk nilai pelayanan awal yang biasanya disebut sebagai  $p_o$ , dimana nilai  $IP_o = 4,2$  untuk perkerasan lentur dan nilai pelayanan akhir yang biasanya disebut  $p_t$ , dimana nilai  $IP_t = 2,5$  atau  $3,0$  untuk jalan raya utama,  $p_t = 2,0$  untuk jalan raya yang kelasnya dibawah jalan raya utama (lalu lintas rendah-sedang).

### 2.3.6 Structural Number (SN)

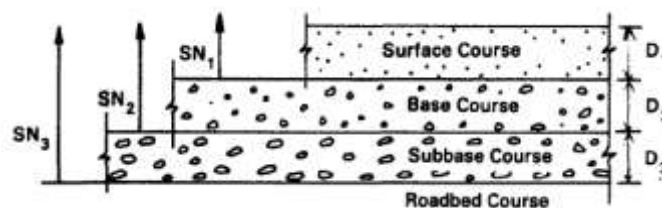
Menurut Sukirman (2010), *Structural Number (SN)* adalah angka yang menunjukkan jumlah tebal lapis perkerasan yang telah disetarakan kemampuannya sebagai bagian perwujudan kinerja perkerasan jalan. *Structural Number (SN)* sebagai fungsi dari koefisien relatif lapisan, ketebalan lapisan, dan koefisien dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (3)$$

Dimana:

- SN = nilai *structural number*
- $a_1, a_2, a_3$  = koefisien lapisan dari *surface, base, dan sub-base*
- $D_1, D_2, D_3$  = tebal lapisan perkerasan dari *surface, base, dan sub-base*
- $m_2, m_3$  = koefisien drainase untuk lapisan *base, dan sub-base*

AASHTO (1993) memberikan pedoman penentuan tebal minimal setiap lapisan perkerasan secara grafis seperti ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan tebal minimum lapisan perkerasan berdasarkan beban lalu lintas *ESAL (Equivalent Single Axle Load)* seperti pada Tabel 4.



**Gambar 3. Prosedure Menentukan Tebal Lapisan Perkerasan Minimum (ASSHTO, 1993)**

Dengan persamaan diuraikan sebagai berikut:

$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad (4)$$

$$SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1 \quad (5)$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 \cdot SN^*_1}{a_2 m_2} \quad (6)$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2 \quad (7)$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 \cdot (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3} \quad (8)$$

Sukirman (2010) menjelaskan bahwa  $D^*_1$ ,  $D^*_2$ , dan  $D^*_3$  adalah tebal lapisan permukaan, pondasi, dan lapis pondasi bawah, kemudian tebal perkerasan yang digunakan harus sama atau lebih besar dari minimum yang dibutuhkan.

**Tabel 4. Tebal Minimum Lapisan Permukaan dan Lapis Pondasi**

Lalu Lintas, ESAL	Tebal Minimum (Inchi)		Lalu Lintas, ESAL	Tebal Minimum (Inchi)	
	Lapis beraspal (a1)	Pondasi Agregat (a2)		Lapis beraspal (a1)	Pondasi Agregat (a2)
Kurang dari 50.000	1,0	4,0	500.001 - 2.000.000	3,0	6,0
50.001 - 150.000	2,0	4,0	2.000.001 - 7.000.000	3,5	6,0
150.001 - 500.000	2,5	4,0	Lebih dari 7.000.000	4,0	6,0

Sumber: Sukirman (2010)

### 2.3.7 Penentuan Tebal Lapisan Perkerasan

AASHTO (1993) memberikan rumus untuk menentukan tebal perkerasan lentur sebagai berikut:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \cdot S_o + 9,36 \cdot \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,4 + \frac{1,094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10}(M_R) - 8,07 \quad (9)$$

Dimana:

$W_{18}$  = kumulatif beban gandar standar selama umur rencana (ESAL)

$Z_R$  = simpangan baku normal, sesuai Tabel 2

$S_o$  = deviasi standar keseluruhan, bernilai antara 0,4 - 0,5

$SN$  = *Structural Number*, angka struktural relatif perkerasan, inci

$\Delta PSI$  = Perbedaan *serviceability index* di awal dan akhir umur rencana

$MR$  = modulus resilient tanah dasar (psi)

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Presensi Data

Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah akan dilakukan perhitungan desain tebal perkerasan lentur jalan baru pada jalan dalam kota 2 lajur 2 arah seperti disajikan pada Tabel 5.





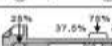

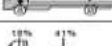

**Tabel 5. Data Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur**

No.	Uraian Data	
1	Umur Rencana	20 Tahun
2	Faktor penyebaran arah kendaraan ( $D_D$ )	50%
3	Faktor penyebaran lajur (2 lajur 2 arah) ( $D_L$ )	100%
4.	Data Lalu Lintas:	
a.	Mobil Penumpang	2.442 kendaraan
b.	Minibus	284 kendaraan
c.	Micro truck, pick-up, mobil hantaran	545 kendaraan
d.	Truck 2 sumbu 4 roda	174 kendaraan
5.	Pertumbuhan Lalu Lintas/Tahun	5,5%
6.	CBR	6%

Sumber: Laporan Akhir DED Jalan Lingkungan Dalam Kawasan Kampus UBT (2019)

### 3.2 Perhitungan Beban Sumbu Kendaraan

Berdasarkan data LHR pada Tabel 5, dihitung beban sumbu berdasarkan jenis kendaraan seperti disajikan pada Gambar 4. Hasil pembagian beban sumbu kendaraan berdasarkan data jenis kendaraan di tampilkan pada Tabel 6.

Konfigurasi Sumbu & Tipe	Berat Kosong (ton)	Beban Muatan Maksimum (ton)	Berat Total Maksimum (ton)	
1.1 Mobil Penumpang	1,5	0,5	2,0	
1.2 Bus	3	6	9	
1.2L Truk	2,3	6	8,3	
1.2H Truk	4,2	14	18,2	
1.22 Truk	5	20	25	
1.2 + 2.2 Trailer	6,4	25	31,4	
1.2 + 2 Trailer	6,2	20	26,2	
1.2 + 2.2 Trailer	10	32	42	

**Gambar 4. Beban Sumbu Kendaraan (Sumber: Sukirman (2010))**

**Tabel 6. Perhitungan Nilai ESAL berdasarkan Jenis Kendaraan**

Jenis Kendaraan	Volume	Konfigurasi Sumbu	Berat Beban Sumbu (Ton)	
			Sb-1	Sb-2
Mobil Penumpang	2.442	1.1	1,000	1,000
Minibus	284	1.1	1,000	1,000
Micro truck, pick-up, mobil hantaran	545	1.1	1,000	1,000
Truck 2 sumbu 4 roda	174	1.2L	2,822	5,478

Sumber: Hasil Analisis (2020)

Perhitungan nilai ESAL berdasarkan Faktor Ekuivalen Beban Sumbu (lampiran D pada AASHTO 1993), yang terdiri dari *Axle Load*, nilai pelayanan akhir perkerasan jalan ( $p_t$ ), dan *Structural Number (SN)*. Dalam analisis ini dipergunakan nilai  $p_t = 2,0$  sesuai tipe jalan yang kelasnya dibawah jalan raya utama (lalu lintas rendah-sedang), dan nilai SN (angka yang menunjukkan nilai struktur perkerasan jalan, dengan *grade* 1 - 6) dipakai SN = 3. Perhitungan angka ekuivalen secara interpolasi disajikan pada Tabel 7, dan perhitungan ESAL seperti disajikan pada Tabel 8.



**Tabel 7. Contoh Perhitungan Axle Load Equivalency Factors**

Parameter	Uraian	Keterangan
Jenis Kendaraan	Mobil Penumpang	Data dari Tabel 6
Konfigurasi Sumbu	1.1	Data dari Tabel 6
Nilai SN	3	Angka yang menunjukkan nilai struktur perkerasan jalan
Nilai (pt)	2,0	Nilai pelayanan akhir perkerasan jalan
Nilai E beban sumbu 0,9 Ton (E0,9)	0,0002	Nilai dari Tabel D Appendix D AASHTO 1993
Nilai E beban sumbu 1,9 Ton (E1,8)	0,002	
Nilai E beban sumbu 1,0 Ton (E1,0)	$= 0,0002 - \frac{((1,0-0,9)/(1,8-0,9)) \times (0,0002 - 0,002)}{0,0002 - 0,002} = 0,0004$	Perhitungan interpolasi Nilai Faktor Ekuivalen untuk beban sumbu 1 Ton

Sumber: Hasil Analisis (2020)

**Tabel 8. Perhitungan Nilai ESAL berdasarkan Axle Load Equivalency Factors**

Jenis Kendaraan	Volume	Faktor Ekuivalen		Total Faktor Ekuivalen	ESAL
		Sb-1	Sb-2		
Mobil Penumpang	2.442	0,0004	0,0004	0,0008	1,9536
Minibus	284	0,0004	0,0004	0,0008	0,2272
Micro truck, pick-up, mobil hantaran	545	0,0004	0,0004	0,0008	0,4360
Truck 2 sumbu 4 roda	174	0,0144	0,0170	0,0314	5,4641
Total ESAL dihitung untuk ruas jalan 2 lajur 2 arah					8,0809

Sumber: Hasil Analisis (2020)

Selanjutnya lalu lintas pada lajur rencana ( $W_{18}$ ) dihitung sebagai berikut:

$$w_{18} \text{ perhari pada lajur rencana} = D_D \times D_L \times \text{Total ESAL} = 0,5 \times 100\% \times 8,0809 = 4,0405 \text{ ESAL}$$

$$w_{18} \text{ pertahun} = 365 \times 4,0405 = 1.474,765 \text{ ESAL}$$

$$W_t = w_{18} \text{ pertahun} \times \text{faktor pertumbuhan} = w_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g}$$

$$= 1.474,765 \times \frac{(1+0,055)^{20} - 1}{0,055} = 0,05 \times 10^6 \text{ ESAL}$$

### 3.3 Perhitungan Desain Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode AASHTO 1993

Untuk perhitungan ini digunakan parameter-parameter seperti ditampilkan pada Tabel 9.

**Tabel 9. Parameter Perencanaan**

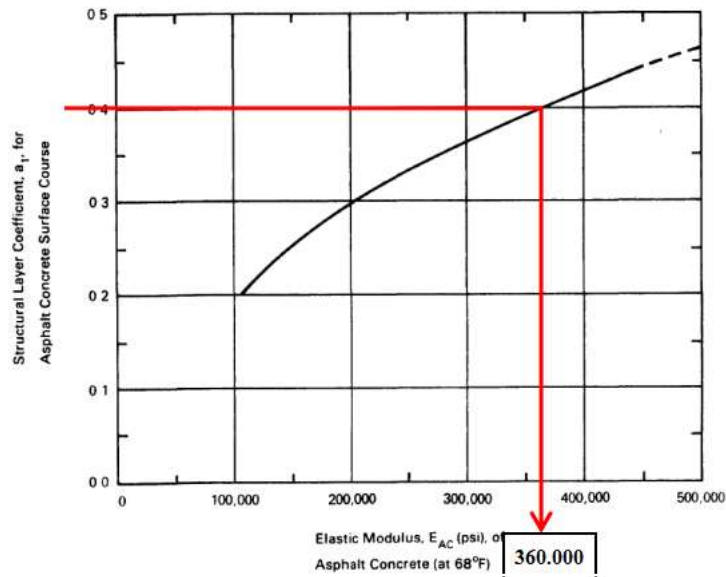
Parameter	Uraian	Keterangan
Beban Lalu Lintas	$0,05 \times 10^6$	Hasil perhitungan Subbab 3.2
Modulus Resilient tanah dasar ( $M_R$ )	$MR = 1.500 \text{ CBR (psi)}$ $= 1.500 \times 6 = 9.000 \text{ (psi)}$	Nilai CBR dari Tabel 6
Serviceability (Indeks Permukaan)	Indeks kemampuan pelayanan awal (IPo) = 4,2 Indeks kemampuan pelayanan akhir (IPt) = 2,0 $\Delta \text{PSI} = \text{IPo} - \text{IPt} = 4,2 - 2,0 = 2,2$	Nilai dari Subbab 2.3.5
Reliabilitas (R)	80%	Nilai dari Tabel 1
Standar deviasi normal ( $Z_R$ )	-0,841	Nilai dari Tabel 2
Standar deviasi keseluruhan ( $S_o$ )	0,45	Nilai tengah dari 0,40 - 0,50
Koefisien drainase (m)	1,00	Kualitas drainase diasumsikan baik
Koefisien lapisan (a)	Lapis permukaan menggunakan beton aspal $a_1 = 0,40$ Lapisan pondasi menggunakan bahan granular $a_2 = 0,14$ Lapis pondasi bawah menggunakan bahan granular $a_3 = 0,13$	Nilai dari Tabel 5.9 Sukirman (2010)

Sumber: Hasil Analisis (2020)

### 3.3.1 Penentuan Nilai Modulus Elastisitas Tiap Lapisan

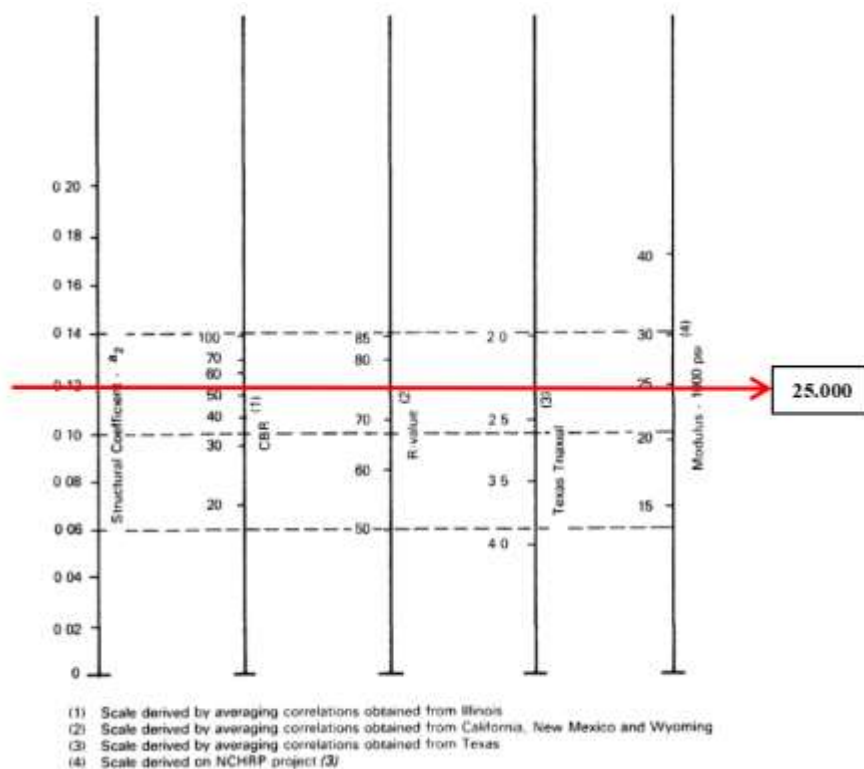
Modulus elastisitas tiap lapisan dapat ditentukan menggunakan nomogram dari AASHTO 1993 dengan mengkorelasikan masing-masing nilai koefisien lapisan (a) sebagai berikut:

a. Lapisan permukaan aspal beton dengan  $a_1 = 0,40$  diperoleh nilai  $E_{AC} = 360.000$  psi



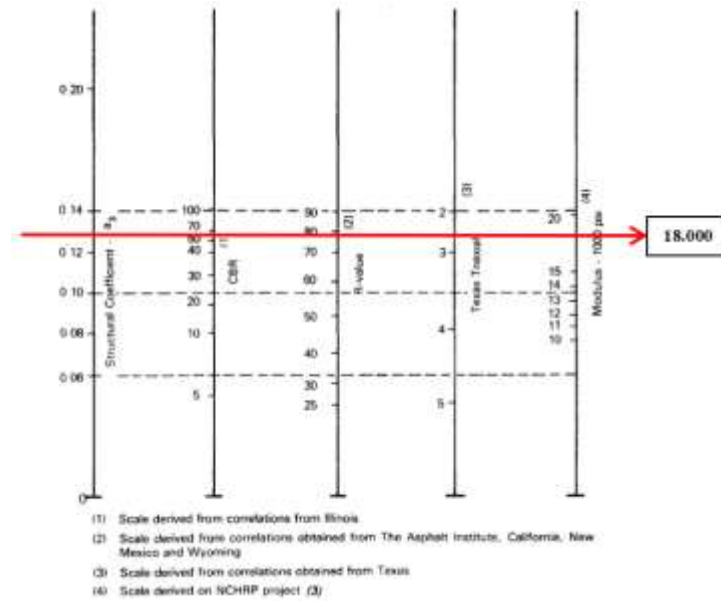
Gambar 5 Grafik Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Permukaan Beton Aspal ( $a_1$ )

b. Lapisan pondasi bahan granular  $a_2 = 0,12$  diperoleh nilai  $E_{BS} = 25.000$  psi



Gambar 6 Grafik Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Granular ( $a_2$ )

c. Lapisan pondasi bawah bahan granular  $a_3 = 0,13$  diperoleh nilai  $E_{SB} = 18.000$  psi



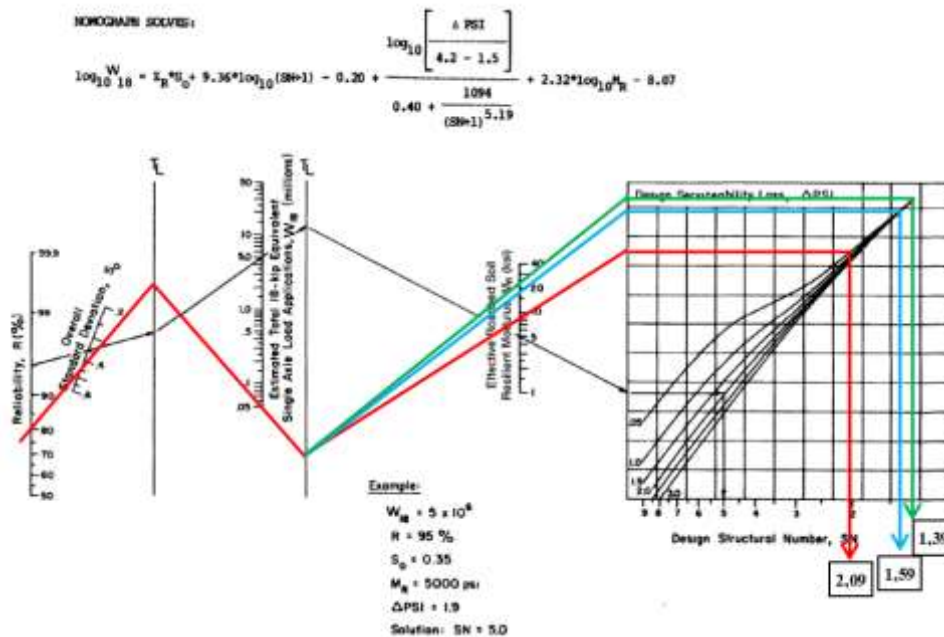
Gambar 7 Grafik Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Bawah Granular ( $a_3$ )

3.3.2 Perhitungan Nilai *Structural Number* (SN)

Perhitungan SN dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menggunakan nomogram AASHTO 1993 dan cara coba-coba (*trial and error*) dengan menggunakan Persamaan 9.

a. Cara menggunakan Nomogram

Dengan menggunakan hasil perhitungannya sebelumnya, seperti:  $R = 80\%$ ,  $S_o = 0,45$ ,  $W18 = 0,05 \times 10^6$  ESAL,  $\Delta PSI = 2,2$ ,  $E_{BS} = 25.000$  psi,  $E_{SB} = 18.000$  psi, dan  $M_R = 9.000$  psi, digambarkan ke nomogram. Hasil penggambaran tersebut diperoleh nilai  $SN_{total} = 2,09$ ,  $SN_2 = 1,59$ , dan  $SN_1 = 1,39$  seperti disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8 Penentuan Nilai *Structural Number* (SN) Menggunakan Nomogram

b. Cara Coba-coba (*Trial and Error*)

Dengan menggunakan data yang sama pada cara nomogram, dilakukan perhitungan dengan Persamaan 9 dengan cara *trial and error* dimasukkan nilai SN pada ruas kanan persamaan. Mantiri *et al* (2019) menyebutkan apabila hasil ruas kanan sudah mendekati (dengan selisih  $\leq 1,0\%$ ) atau sama dengan ruas kiri, maka perhitungan dihentikan, dan nilai SN tersebut yang digunakan. Kemudian untuk lapisan lainnya menggunakan nilai  $M_R$  sesuai dengan lapisannya. Menurut Sukirman (2010), untuk menghindari faktor resiko kesalahan memperkirakan repitisi beban lalu lintas selama umur rencana ( $W_{18}$ ), maka nilai  $w_{18}$  perlu dikalikan dengan faktor reliabilitas (FR). Pada studi ini diperoleh nilai FR dan  $W_{18}$  sebagai berikut:

$$FR = 10^{-Z_x(S_o)} = 10^{-(-0,841 \times 0,45)} = 2,39 \quad \text{dan} \quad W_{18} = (w_{18})(FR) = (0,05 \times 10^6)(2,39) = 0,11 \times 10^6 \text{ ESAL}$$

dengan mensubstitusikan kedalam Persamaan untuk nilai-nilai  $W_{18} = 0,11 \times 10^6$  ESAL,  $Z_R = -0,841$ ,  $S_o = 0,45$ ,  $\Delta PSI = 2,2$ , dan  $M_R = 9.000$  psi, dilakukan perhitungan *trial and error* untuk mendapatkan nilai  $SN_{total}$  sebagai berikut:

$$\log_{10}(0,11 \times 10^6) = -0,841 \times 0,45 + 9,36 \times \log_{10}(SN+1) - 0,20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{2,2}{4,2-1,5}\right]}{0,4 + \frac{1,094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10}(9.000) - 8,07$$

diperoleh nilai  $SN_{total} = 2,05$ , dengan selisih ruas kiri dan ruas kanan sebesar  $0,66\% < 1,0\%$ , sehingga perhitungan nilai SN dapat digunakan. Dengan cara yang sama menentukan nilai  $SN_2$  dan  $SN_1$ , dimana masing-masing digunakan nilai  $M_R = 25.000$  psi (sama dengan nilai  $E_{BS}$ ) untuk menghitung nilai  $SN_1$  dan nilai  $M_R = 18.000$  psi (sama dengan nilai  $E_{SB}$ ) untuk menghitung nilai  $SN_2$ . Dari hasil perhitungan *trial and error*, diperoleh nilai  $SN_2 = 1,56$  (selisih sebesar  $0,67\% < 1,0\%$ ), dan  $SN_1 = 1,36$  (selisih sebesar  $0,30\% < 1,0\%$ ).

### 3.3.3 Perhitungan Tebal Lapisan

Perhitungan tebal perkerasan dengan menggunakan nilai masing-masing SN dari hasil perhitungan dengan cara nomogram dan cara *trial and error*.

## a. Menggunakan Nilai SN Hasil Perhitungan Dengan Nomogram

Perhitungan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan nilai SN yang dihasilkan dari perhitungan dengan cara nomogram, diuraikan sebagai berikut:

## (i). Lapis Permukaan

Telah diperoleh nilai-nilai:  $SN_1 = 1,39$  inchi (3,531 cm), dan  $a_1 = 0,40$ , selanjutnya dilaksanakan perhitungan perencanaan tebal perkerasan lapis permukaan sebagai berikut:

$$D_1 = SN_1/a_1 = 3,531/0,40 = 8,8275 \text{ cm}$$

$$D^*_1 = 9,00 \text{ cm (tebal nilai } D_1 \text{ setelah dipadatkan)}$$

Nilai  $D_1$  yang dihitung telah memenuhi syarat minimum tebal lapisan beton aspal untuk perkerasan lentur dengan lalu lintas pada rentang 50.001 - 150.000 ESAL sesuai Tabel 4, yaitu dengan tebal minimum 5,0 cm. Kemudian kontrol nilai SN sebagai berikut:

$$SN^*_1 = a_1 \times D^*_1 \geq SN_1 = (0,40 \times 9,00) \geq 3,531 = 3,60 \geq 3,531 \text{ (telah memenuhi syarat)}$$

## (ii). Lapis Pondasi Atas

Telah diperoleh nilai-nilai:  $SN_2 = 1,59$  inchi (4,039 cm),  $a_2 = 0,12$ , dan  $m_2 = 1,00$ , selanjutnya dilaksanakan perhitungan perencanaan tebal perkerasan lapis pondasi atas sebagai berikut:

$$D_2 = SN_2 - SN^*_1 / a_2 m_2 = (4,039 - 3,600) / (0,12 \times 1,00) = 3,658 \text{ cm}$$

Nilai  $D_2$  yang dihitung tidak memenuhi syarat minimum tebal lapisan pondasi agregat, maka digunakan tebal minimum yang disyaratkan untuk lapis pondasi agregat perkerasan lentur dengan lalu lintas pada rentang 50.001 - 150.000 ESAL, yaitu dengan tebal minimum 10,0 cm, dalam studi ini nilai  $D_2$  ditetapkan dengan tebal 15,00 cm. Kemudian kontrol nilai SN sebagai berikut:

$$SN^*_2 = a_2 \times D^*_2 \times m_2 = 0,12 \times 15,00 \times 1,00 = 1,80$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2; (3,60 + 1,80) \geq 4,039; 5,40 \geq 4,039 \text{ (telah memenuhi syarat)}$$

(iii). Lapis Pondasi Bawah

Dengan nilai-nilai:  $SN_{Total} = 2,09$  inchi (5,309 cm),  $a_3 = 0,14$ , dan  $m_3 = 1,00$ , selanjutnya dilaksanakan perhitungan perencanaan tebal perkerasan lapis pondasi sebagai berikut:

$$D_3 = \{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)\} / a_3 m_3 = \{5,309 - (3,60 + 1,80)\} / (0,14 \times 1,00) = -0,65 \text{ cm}$$

Nilai  $D_3$  yang dihitung tidak memenuhi syarat minimum tebal lapisan pondasi agregat, maka digunakan tebal minimum yang disyaratkan untuk lapis pondasi agregat perkerasan lentur, yaitu dengan tebal minimum 10,0 cm, dalam studi ini nilai  $D_3$  ditetapkan dengan tebal 15,00 cm. Kemudian kontrol nilai SN sebagai berikut:

$$SN^*_3 = a_3 \times D^*_3 \times m_3 = 0,14 \times 15,00 \times 1,00 = 2,10$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 + SN^*_3 \geq SN_3;$$

$$(3,60 + 1,80 + 2,10) \geq 5,309$$

$$7,50 \geq 5,309 \text{ (telah memenuhi syarat)}$$

Dari hasil perhitungan tebal perkerasan dengan menggunakan data SN hasil perhitungan dengan cara nomogram diperoleh sebagai berikut:

$$(D^*_1 + D^*_2 + D^*_3) = 9,00 \text{ cm} + 15,00 \text{ cm} + 15,00 \text{ cm} = 39,00 \text{ cm.}$$

b. Menggunakan Nilai SN Hasil Perhitungan Dengan Cara *Trial and Error*

Perhitungan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan nilai SN yang dihasilkan dari perhitungan dengan cara *trial and error*, diuraikan sebagai berikut:

(i). Lapis Permukaan

Mempergunakan nilai-nilai:  $SN_1 = 1,36$  inchi (3,454 cm), dan  $a_1 = 0,40$ , selanjutnya dilaksanakan perhitungan perencanaan tebal perkerasan lapis permukaan sebagai berikut:

$$D_1 = SN_1 / a_1 = 3,454 / 0,40 = 8,635 \text{ cm}$$

$$D^*_1 = 9,00 \text{ cm (tebal nilai D1 setelah dipadatkan)}$$

Nilai  $D_1$  yang dihitung telah memenuhi syarat minimum tebal lapisan beton aspal untuk perkerasan lentur. Kemudian kontrol nilai SN sebagai berikut:

$$SN^*_1 = a_1 \times D^*_1 \geq SN_1 = (0,40 \times 9,00) \geq 3,454 = 3,60 \geq 3,454 \text{ (telah memenuhi syarat)}$$

(ii). Lapis Pondasi Atas

Dengan nilai-nilai:  $SN_2 = 1,56$  inchi (3,962 cm),  $a_2 = 0,12$ , dan  $m_2 = 1,00$ , selanjutnya dilaksanakan perhitungan perencanaan tebal perkerasan lapis pondasi atas sebagai berikut:

$$D_2 = SN_2 - SN^*_1 / a_2 m_2 = (3,962 - 3,600) / (0,12 \times 1,00) = 3,017 \text{ cm}$$

Nilai  $D_2$  yang dihitung tidak memenuhi syarat minimum tebal lapisan pondasi agregat, maka digunakan tebal minimum yang disyaratkan untuk lapis pondasi agregat perkerasan lentur, dalam studi ini nilai  $D_2$  ditetapkan dengan tebal 15,00 cm. Kemudian kontrol nilai SN sebagai berikut:

$$SN^*_2 = a_2 \times D^*_2 \times m_2 = 0,12 \times 15,00 \times 1,00 = 1,80$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2; (3,60 + 1,80) \geq 3,962; 5,40 \geq 3,962 \text{ (telah memenuhi syarat)}$$

(iii). Lapis Pondasi Bawah

Dengan nilai-nilai:  $SN_{Total} = 2,05$  inchi (5,207 cm),  $a_3 = 0,14$ , dan  $m_3 = 1,00$ , selanjutnya dilaksanakan perhitungan perencanaan tebal perkerasan lapis pondasi sebagai berikut:

$$D_3 = \{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)\} / a_3 m_3 = \{5,207 - (3,60 + 1,80)\} / (0,14 \times 1,00) = -1,38 \text{ cm}$$

Nilai  $D_3$  yang dihitung tidak memenuhi syarat minimum tebal lapisan pondasi agregat, maka digunakan tebal minimum yang disyaratkan untuk lapis pondasi agregat perkerasan lentur, yaitu dengan tebal minimum 10,0 cm, dalam studi ini nilai  $D_3$  ditetapkan dengan tebal 15,00 cm. Kemudian kontrol nilai SN sebagai berikut:

$$SN^*_3 = a_3 \times D^*_3 \times m_3 = 0,14 \times 15,00 \times 1,00 = 2,10$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 + SN^*_3 \geq SN_3$$

$$(3,60 + 1,80 + 2,10) \geq 5,207$$

$$7,50 \geq 5,207 \text{ (telah memenuhi syarat)}$$

Dari hasil perhitungan tebal perkerasan dengan menggunakan data SN hasil perhitungan dengan cara nomogram diperoleh sebagai berikut:

$$(D^*_1 + D^*_2 + D^*_3) = 9,00 \text{ cm} + 15,00 \text{ cm} + 15,00 \text{ cm} = 39,00 \text{ cm:}$$

### 3.3.4 Pembahasan Hasil Perencanaan Tebal Lapisan Perkerasan

Perhitungan tebal perkerasan dengan menggunakan metode AASHTO 1993, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam analisisnya. Dalam hal penentuan angka ekivalensi masing-masing kendaraan sangat dipengaruhi dengan parameter awal yang ditetapkan dalam perencanaan seperti nilai pelayanan akhir yang biasanya disebut  $p_t$ , penetapan nilai SN awal. Karena kekurangtepatan penetapan angka ekivalen tersebut akan mempengaruhi hasil perhitungan lalu lintas rencana ( $w_{18}$ ). Dalam penentuan nilai SN dengan menggunakan Persamaan 9, perlu memasukkan nilai FR (faktor reliabilitas) dalam perhitungan  $w_{18}$  untuk menghindari faktor resiko kesalahan memperkirakan repitisi beban lalu lintas selama umur rencana ( $W_{18}$ ). Hasil perhitungan tebal perkerasan lapis pondasi agregat menghasilkan nilai ketebalan yang relatif rendah dibandingkan persyaratan tebal minimum untuk tebal lapisan pondasi konstruksi perkerasan lentur, hal ini karena nilai lalu lintas rencana ( $w_{18}$ ) relatif rendah berada pada rentang mendekati kurang dari 50.000 ESAL.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai *Structural Number* (SN) yang diperoleh dengan perhitungan menggunakan cara nomogram dan cara *trial and error*, menunjukkan hasil yang relatif sama dengan selisih angka sekitar 3-4%. Dengan cara menggunakan nomogram mendapatkan nilai  $SN_{total} = 2,09$  inchi (5,309 cm),  $SN_2 = 1,59$  inchi (4,039 cm), dan  $SN_1 = 1,39$  inchi (3,531 cm), sedangkan dengan cara *trial and error* mendapatkan nilai  $SN_{Total} = 2,05$  inchi (5,207 cm),  $SN_2 = 1,56$  inchi (3,962 cm), dan  $SN_1 = 1,36$  inchi (3,454 cm).
2. Dalam perhitungan nilai SN menggunakan cara *trial and error* perlu memasukkan nilai FR (faktor reliabilitas) dalam perhitungan  $w_{18}$  untuk menghindari faktor resiko kesalahan memperkirakan repitisi beban lalu lintas selama umur rencana ( $W_{18}$ ). Dalam perhitungan diperoleh ini nilai FR sebesar 2,39 dan  $W_{18} = 0,11 \times 10^6$  ESAL.
3. Perhitungan tebal lapisan konstruksi perkerasan lentur menggunakan nilai SN hasil perhitungan menggunakan cara nomogram dan cara *trial and error*, menghasilkan dimensi

ketebalan tiap lapisan perkerasan relatif sama, dengan total ketebalan lapisan konstruksi perkerasan sebesar 39 cm, dengan masing-masing ketebalan lapisan, yaitu: lapis permukaan ( $D_1$ ) = 9 cm, lapis pondasi bawah ( $D_2$ ) = 15 cm, dan lapis pondasi bawah ( $D_3$ ) = 15 cm.

## Ucapan Terima Kasih

Dalam studi ini, kami ucapkan terima kasih kepada Bagian Perencanaan BPK2U Universitas Borneo Tarakan, atas bantuan data yang diberikan seperti dokumen Masterplan Masterplan Universitas Borneo Tarakan 2011-2020 dan Laporan Hasil Perencanaan Jalan Lingkungan Dalam Kawasan Kampus Universitas Borneo Tarakan Tahun 2019 .

## Daftar Pustaka

- AASHTO, 1993, *Guide for Design of Pavement Structure, The American Association of State Highway and Transportation Officials*, Washington D.C. ISBN: 1-56051-055-2.
- Anonim, 2011, Masterplan Universitas Borneo Tarakan 2011-2020, Tarakan.
- Anonim, 2019, Laporan Hasil Perencanaan Jalan Lingkungan Dalam Kawasan Kampus Universitas Borneo Tarakan Tahun 2019, Tarakan
- Bantam, R.M., 2019, Analisis Tebal Perkerasan Lentur Jalan Laha-Negeri Lima Dengan Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan 2017 Dan Metode AASHTO 1993, Skripsi Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia, <https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/1251/>, diunduh tanggal 20 Pebruari 2020.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Republik Indonesia, 2002, Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Nomor: Pt T-01-2002-B, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Republik Indonesia, 2004, Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan Cara Manual Nomor: Pd T-19-2004-B, Jakarta.
- Mantiri, C.C., Sendow, T.K., Manoppo, M.R.E., 2019, Analisa Tebal Perkerasan Lentur Jalan Baru Dengan Metode Bina Marga 2017 Dibandingkan Metode AASHTO 1993, Jurnal Sipil Statik Vol. 7 No. 10 Oktober 2019, hal. 1.303-1.316, ISSN: 2337-6732.
- Nawir, D., dan Mansur, A. Z., 2017, Rancangan Perkerasan Jalan, Penerbit Rinra Publishing, Makassar, ISBN: 978-602-18440-5-2.
- Sukirman, S., 2010, Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit NOVA, Bandung, ISBN: 978-602-96141-0-7.
- Siegfried dan Rosyidi, S.A.P., 2007, Deskripsi Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Menggunakan Metode AASHTO 1993, <https://labtransportumy.files.wordpress.com/2007/11/web-publish-narasi-aashto93.pdf>, diunduh tanggal 20 Pebruari 2020.
- Wesli., dan Akbar, S.J., 2014, Komparasi Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993 Dengan Metode Bina Marga, Teras Jurnal, Vol. 4 No. 2 Tahun September 2014, hal. 68-77, ISSN: 2088-0561.