

PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE AASHTO 1993 (Studi kasus : Jalan Bayat-Wedi, Kabupaten Klaten)

Muhammad Yunus Ali Muchsin
Teknik Sipil UTP Surakarta
yunuz533@gmail.com

Abstrak

Perkerasan jalan yaitu struktur lapis yang terletak diatas tanah dasar terdapat lapisan pondasi atas serta pondasi bawah yang setiap lapisan terdiri dari agregat-agregat yang dipadatkan yang memiliki fungsi untuk menyalurkan tegangan akibat beban roda. Terdapat 3 perkerasan jalan, perkerasan aspal atau lentur (*flexible pavement*), perkerasan beton atau kaku (*rigid pavement*), serta perkerasan komposit (*composit pavement*). Dalam menentukan tebal perkerasan lentur terdapat beberapa metode, termasuk pada penelitian ini menggunakan metode AASHTO 1993. Lokasi penelitian ini terletak pada ruas jalan Bayat-Wedi Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Penelitian ini berfokus pada perhitungan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan metode AASHTO 1993. Dari hasil perhitungan yang dilakukan menggunakan umur rencana selama 20 tahun menghasilkan tebal perkerasan sebesar 63 cm dengan tebal masing-masing tebal lapisan atas 18 cm, tebal pondasi atas 15 cm, dan pondasi bawah 30 cm. Hasil rencana anggaran biaya (RAB) dari penelitian ini didapat sebesar Rp. 3,972,820,000 (*Tiga Milyar Sembilan Ratus Tujuh Puluh Dua Juta Delapan Ratus Dua Puluh Ribu Rupiah*).

Kata Kunci – Perkerasan Jalan ; Perkerasan Lentur ; Tebal Perkerasan

PENDAHULUAN

Kabupaten Klaten secara geografis terletak di antara 110°30'-110°45' Bujur Timur dan 7°30'-7°45' Lintang Selatan. Luas wilayah Kabupaten Klaten mencapai 655,56km². Di sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Sukoharjo. Di sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Gunungkidul (Daerah Istimewa Yogyakarta). Di sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Sleman (Daerah Istimewa Yogyakarta) serta Kabupaten Magelang dan di sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Boyolali. Di Kecamatan Bayat, Klaten tepatnya di Kelurahan Paseban, Bayat terdapat tempat wisata Religi Makam Sunan Pandanaran dan menjadi tempat pusat kerajinan gerabah dan kerajinan tangan lainnya.

Ruas jalan Bayat-Wedi menjadi jalur utama wisatawan maupun di sector perekonomian. Pada ruas jalan ini tergolong dalam kelas jalan IIIc yang memiliki

lebar 5 meter dan panjang 3,0 kilometer dimulai dari Dusun III, Sukorejo, Kec. Wedi, Kabupaten Klaten, (7°46'00.1"S 110°36'08.9"E) dan diakhiri di Masjid Besar Nurul Jami' Wedi, Dusun I, Gadungan, Kec. Wedi, Kabupaten Klaten dilalui berbagai kendaraan seperti : kendaraan ringan bermotor, kendaraan roda 4, truk pengangkut bahan makanan, truk pengangkut material, dan bus pariwisata. Seiring berkembangnya volume kendaraan yang melintas dan factor umur perkerasan, pada ruas jalan Bayat-Wedi, Kabupaten Klaten ini mengalami kerusakan seperti aspal terkelupas, berlubang, aspal bergelombang. Oleh karena itu perlu dilakukan adanya perencanaan perkerasan jalan pada ruas jalan Bayat-Wedi yang baik untuk memenuhi syarat teknis menurut fungsi jalan serta memperhitungkan volume maupun sifat lalu lintasnya. Sehingga pembangunan perkerasan jalan tersebut dapat bermanfaat semaksimal mungkin untuk mendukung

perkembangan perekonomian kedua Kabupaten tersebut serta kawasan industri, pariwisata dan daerah yang berada di skitar jalan tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan Jalan

perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dan roda kendaraan, yang berfungsi untuk memberikan pelayanan kepada sarana transportasi. Fungsi perkerasan adalah untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman, serta sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan yang berarti. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis.

Tabel 1. Perbedaan perkerasan kaku dan perkerasan lentur

No	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Komponen perkerasan terdiri dari lapis permukaan, pondasi atas dan pondasi bawah	Komponen perkerasan terdiri dari plat beton yang terletak pada tanah atau lapisan material granuler pondasi bawah
2	Digunakan untuk semua kelas jalan dan tingkat volume lalu lintas	Kebanyakan digunakan untuk jalan kelas tinggi
3	Pengontrolan kualitas campuran lebih rumit	Pencampuran adukan beton mudah dikontrol
4	Umur rencana lebih pendek yaitu sekitar 10-20 tahun	Umur rencana dapat mencapai 20-40 tahun
5	Kurang tahan terhadap drainasi yang buruk	Lebih tahan terhadap drainasi yang buruk
6	Biaya awal pembangunan lebih rendah	Biaya awal pembangunan lebih tinggi

Sumber : Christady (2015).

Klasifikasi Jalan

Jalan raya dapat digolongkan dalam klasifikasi berdasarkan fungsinya yang mana mencakup dua golongan meliputi :

- Jalan arteri; Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
- Jalan kolektor; Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan

pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

- Jalan lokal; Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- Jalan lingkungan; Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

Daya Dukung Tanah

CBR atau *California Bearing Ratio* merupakan sebuah perbandingan antara beban penetrasi dari suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar yang dilakukan dengan kedalaman serta kecepatan penetrasi yang juga sama. Pelaksanaan pengujian CBR lapangan ini diatur secara langsung di dalam SNI 1738-2011. Metode CBR ini adalah kombinasi dari percobaan pembebanan penetrasi, baik yang ada di lapangan maupun di laboratorium.

Umur Rencana

Umur rencana untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil 20 tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai (tambahan tebal perkerasan menyebabkan biaya awal yang cukup tinggi).

Volume Lalu-lintas

Untuk menentukan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) agar mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). LHRT yang dihitung adalah untuk semua jenis kendaraan kecuali sepeda motor, ditambah 30% jumlah sepeda motor.

Dari lama waktu pengamatan untuk mendapatkan nilai lalu-lintas harian rata-rata, dikenal 2 jenis lalu-lintas harian rata-rata yaitu :

1. Lalu-lintas Harian Rata-rata Tahunan (LRHT), yaitu volume lalu-lintas harian yang diperoleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama satu tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{jumlah kendaraan dalam 1 tahun}}{365}$$

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

$$LHR = \frac{\text{jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{jumlah hari pengamatan}}$$

Faktor distribusi lajur (D_L)

Nilai faktor distribusi lajur (D_L) dapat ditentukan menggunakan tabel

dengan jumlah lajur tiap arah 1 dan jumlah lalu lintas pada lajur rencana 100%

Tabel 2. Faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah lajur tiap arah	Jumlah lalu lintas pada lajur rencana (%)
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Sumber : AASHTO 1993

Faktor distribusi arah (D_D)

Tabel 3. Faktor distribusi arah (DD)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 lajur	1.00	1.00	1.00	1.000
2 lajur	0.60	0.50	0.70	0.500

3 lajur	0.40	0.40	0.50	0.475
4 lajur	-	0.30	-	0.450
5 lajur	-	0.25	-	0.425
6 lajur	-	0.20	-	0.400

*) Berat total < 5 ton, misalnya, mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

**) Berat total > 5 ton, Misalnya, bus, truck, traktor, semi trailer, trailer.

Sumber : (AASHTO, 1993)

Reliability (R) dan standar Deviasi Normal (Z_R)

Menurut Siegfried (2007) reliability merupakan kemungkinan bahwa tingkat pelayanan dapat tercapai pada tingkatan tertentu dari sisi pengguna jalan selama umur rencana.

Tabel 4. Nilai Reliabilitas (R)

Tipe jalan	Nilai (R) dalam %	
	Perkotaan (urban)	Pedesaan (rural)
Jalan bebas hambatan (freeway)	90-99,5	85-99,5
Utama	85-99	80-95
Arteri	80-99	75-95
Kolektor	80-95	75-95
lokal	50-80	50-80

Sumber : AASHTO, 1993

Tabel 5. Nilai Standar Deviasi Normal untuk Tingkatan Reliability

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

Sumber : AASHTO, 1993

Deviasi Standar Keseluruhan (So)

Nilai deviasi standar keseluruhan (So) dapat menggunakan Tabel 2.7

Tabel 6. Tabel nilai So

Jenis perkerasan	Nilai So
Perkerasan lentur	0,40-0,50
Perkerasan kaku	0,30-0,40

Sumber : AASHTO, 1993

Penentuan Koefisien Drainase

Penentuan kualitas drainase tergantung dari berapa lamanya air hujan hilang, dan penilaian kualitas drainase didasarkan pada Tabel 7. Selanjutnya penentuan koefisien drainase dapat ditentukan menggunakan Tabel 8

Tabel 7. Kualitas drainase

Kualitas drainase	Air tersingkir dalam waktu
Sempurna	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Buruk	1 bulan
Sangat buruk	Air tidak mengalir

Sumber : AASHTO, 1993

Tabel 8. Koefisien drainase

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga tingkat kelembabannya mendekati jenuh air (P)			
	<1%	1-5%	5-25%	>15%
Sempurna	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
Buruk	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Sangat buruk	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Sumber : AASHTO, 1993

Angka ekivalen beban sumbu

Beban masing-masing sumbu dipengaruhi oleh letak titik berat kendaraan, dan bervariasi sesuai dengan muatan dari kendaraan tersebut. Angka ekivalen dapat dihitung dengan persamaan berikut :

Angka ekivalen sumbu tunggal = $\frac{\text{beban sumbu}}{(kg)^4 / 8160} \dots\dots\dots(2.5)$

Angka ekivalen sumbu ganda = $\frac{\text{beban sumbu}}{(kg)^4 / 8160} \times 0.086 \dots\dots\dots(2.6)$

Tabel 9. Distribusi pembebanan pada roda kendaraan

KONFIGURASI SUMBU & TIRAI	BEKAS KENDARAAN (TON)								
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0002				
1,2 BUS	3	0	0	0,0007	0,0006				
1,3 TRAILER	2,3	0	0,3	0,0013	0,2174				
1,34 TRAILER	4,2	14	18,2	0,2343	0,0204				
2,2 TRAILER	0	20	20	0,0044	2,1910				
1,2+2 TRAILER	0,4	20	31,4	0,0040	3,0043				
1,2,2 TRAILER	0,2	20	20,2	0,0040	0,1170				
1,2+2 TRAILER	10	30	40	0,0007	10,503				

Menghitung lalu lintas pada lajur rencana (W18)

$W18 = \sum LHR \times AE \times DD \times DL \times N \times 365$

Dimana :

- LHR = Lalu lintas harian rata-rata
- AE = Angka Ekivalen kendaraan
- N = Faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana
- DD = Faktor distribusi Arah
- DL = Faktor Distribusi Lajur

W18 = Beban gandar standar kumulatif untuk dua arah

Perhitungan Modulus Resilient (MR) Tanah Dasar

$MR = 1500 \times CBR \text{ (psi)}$

Dimana :

$CBR = \text{Nilai CBR (\%)}$

$MR = \text{Modulus resilien}$

Menentukan Serviceability

1. Indeks kemampuan pelayanan awal (P_o), untuk perkerasan kaku menggunakan nilai P_o 4,5 dan untuk perkerasan lentur menggunakan nilai 4,2 (AASHTO, 1993).
2. Indeks kemampuan pelayanan akhir (P_t) dapat menggunakan Tabel 10

Tabel 10. Indeks kemampuan pelayanan akhir

Pt	Persen orang berpendapat tidak setuju
3,0	12%
2,5	55%
2,0	85%

Sumber : AASHTO 1993

3. Kehilangan kemampuan pelayanan (ΔPSI)
 $\Delta PSI = P_o - P_t$

(2.8)

Pada perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan tingkat lalu lintas tinggi.

$\Delta PSI = P_o - P_t = 4,2 - 2,5$

dan untuk tingkat lalu lintas rendah

$\Delta PSI = P_o - P_t = 4,2 - 2,0 = 2,2$

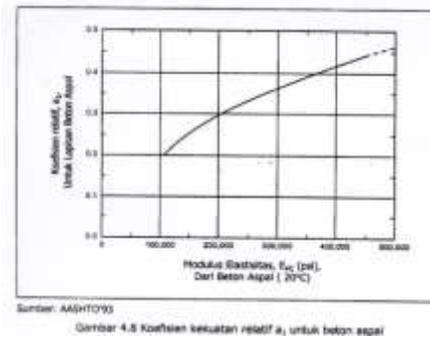
Menentukan Bahan dan Koefisien Kekuatan Relatif

Lapisan (a)

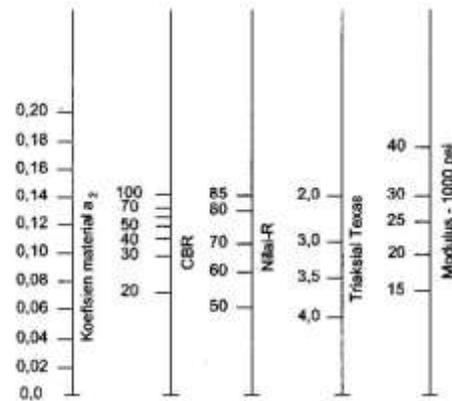
Koefisien kekuatan relative (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapisan permukaan, pondasi atas, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai dengan nilai *Marshall Test*, kuat tekan, atau

CBR. Bahan dan koefisien kekuatan relative ditentukan menurut Tabel 11.

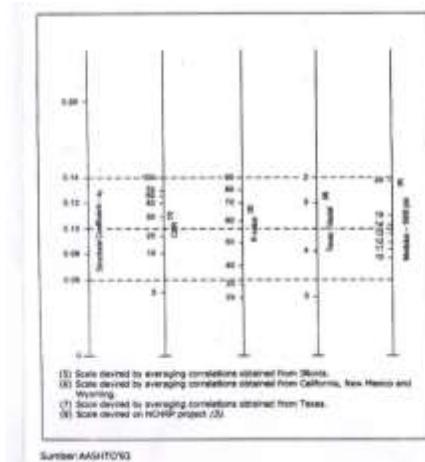
Tabel 11. Koefisien kekuatan relatif



Gambar 1. Grafik perkiraan koefisien kekuatan relative lapis permukaan beton aspal a1 (AASHTO, 1993)



Gambar 2. Nomogram variasi koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas a2 (AASHTO, 1993)



Gambar 3. Nomogram variasi koefisien kekuatan relative lapis pondasi bawah a3 (AASHTO, 1993)

Menentukan Nilai Structural Number (SN)

Dasar perencanaan dari metode AASHTO baik AASHTO 1972, AASHTO 1986, maupun metode terbaru saat ini yaitu AASHTO 1993 adalah persamaan seperti yang diberikan dibawah ini:

$$\log 10 W_t = Z_R S_o + 9,36 \log 10 (SN + 1) - 0,20$$

$$+ \frac{\log 10 \left[\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{[SN+1]^{5,19}}}$$

$$+ 2,23 \log 10 (MR) - 8,07$$

Dimana :

W18 = Kumulatif beban gandar standar selama umur rencana

(CESA) ZR = Standar normal deviasi

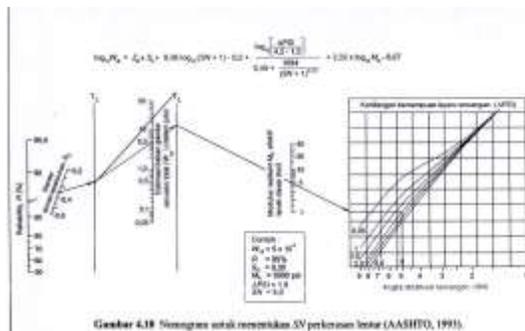
So = Combined standard error dari prediksi lalu lintas dan kinerja

SN = Structural number

ΔPSI = Kehilangan kemampuan pelayanan

Mr = Modulus resilien (psi)

Hitungan tebal lapis perkerasan lentur dilakukan dengan lebih dahulu menentukan angka struktural (SN) dengan Persamaan atau menggunakan grafik pada Gambar 4.



Gambar 4. Nomogram untuk mencari nilai SN (Structural Number)

Menentukan Tebal Perkerasan

$$D1 = \frac{SN1}{a1} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$D2 = \frac{SN2 - a1. D1'}{2a. m2} \dots \dots \dots (2.14)$$

$$D3 = \frac{SN3 - (a1. D1' + a2. D2')}{a3m3} \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana:

SN : Nilai Structural Number.

a1, a2, a3 : Layer Coefficient

D1, D2, D3 :Tebal masing-masing lapis perkerasaan (inchi)

m2, m3 : Koefisien drainase lapisan base dan subbase

Tebal Minimum Lapis Perkerasan

Tabel 1. Tebal Minimum Campuran Beraspal dan Lapis Pondasi

Lalu lintas rencana	Lalu lintas rencana	Lalu lintas rencana
<50.000	1	4
50.001-150.000	2	4
150.001-500.000	2,5	4
500.001-2.000.000	3	6
2.000.001-7.000.000	3,5	6
>7.000.000	4	6

Sumber : AASHTO, 1991

Sumber : AASHTO, 1993

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dalam merencanakan sebuah konstruksi tentu memerlukan perkiraan biaya untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan untuk membangun sesuatu proyek konstruksi. Tanpa adanya rencana anggaran biaya (RAB) sangat mungkin terjadinya pembengkakan biaya karena pembelian bahan yang tidak sesuai dengan volume yang ada dilapangan, upah pekerja yang tidak terkontrol dengan baik, pengadaan alat yang boros, dan berbagai dampak lainnya. Sehingga peran rencana anggaran biaya (RAB) sangat penting dalam sebuah proyek.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi perencanaan ini diambil dalam studi perencanaan tebal perkerasan lentur berlokasi pada Proyek Pembangunan pada ruas Jalan Bayat-Wedi, Kabupaten Klaten, Jawa tengah.



Gambar 5. Lokasi penelitian Jalan Raya Bayat-Wedi (sumber : google.maps)

Waktu Penelitian

Dalam penelitian ini akan melaksanakan survei selama 2 hari diambil waktu pagi dan sore selama 2 jam untuk mencari data lalu-lintas harian rata-rata (LHR) dan 1 hari untuk survei daya dukung tanah (CBR).

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder.

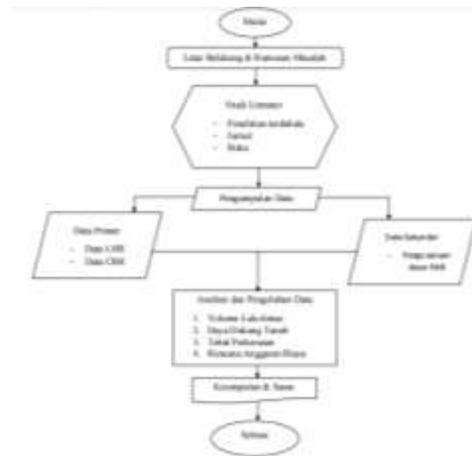
1. Data primer

Data primer merupakan data yang diambil dengan cara survei langsung ke tempat lokasi penelitian. Dari survei yang dilakukan diperoleh data yang ada di lapangan dan kondisi nyata dari wilayah studi berupa data Lalu-lintas Harian Rata-rata (LHR) dan data daya dukung tanah (CBR).

2. Data sekunder

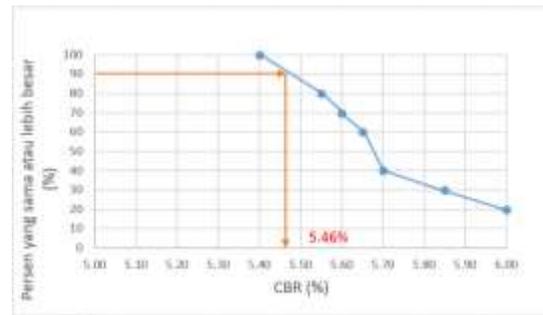
Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait seperti denah/peta lokasi, harga satuan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

Bagan Alir Proses Penelitian



ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Daya Dukung Tanah (CBR)



Gambar 6 Grafik CBR desain

Dari hasil pengujian DCP pada tiap titik selanjutnya dibuat grafik menggunakan software Microsoft Excel dengan memasukkan nilai 90%. Dari perhitungan menggunakan software Microsoft Excel diperoleh nilai CBR rencana dengan cara grafis didapat nilai CBR Rencana 5.46% atau dibulatkan menjadi 5.5%

Tabel 12. Umur Rencana perkerasan jalan baru

Tipe Perkerasan	Umur Rencana (tahun)	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan Beton	10	10
Perkerasan Aspal	10	10

Dari tabel 11 diatas maka diambil untuk umur rencana perkerasan lentur dengan elemen lapisan aspal selama 20 tahun.

Volume Lalu lintas

Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR)

Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) didapat dari mengkonversi jumlah kendaraan harian rata-rata selama 4 jam ke 16 jam menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\text{JML. Kend. Rata rata 4 jam}}{4} \times 16$$

Tabel 13. Lalu lintas Harian Rata-rata kendaraan selama 16 jam

No	Jenis Kendaraan	Jml	Distribusi Mula (04-16 jam)	DHR (16 jam)
1	JML. Kend. Harian Rata-rata (LHR)	1	118	616
2	JML. Kend. Harian Rata-rata (LHR)	2	118	616
3	Traktor	5	80	310
4	Bus	10	10	100
5	Bus Kecil	10	10	100
6	Traktor	10	10	100
7	Traktor	10	10	100
8	Traktor	10	10	100
9	Traktor	10	10	100
10	Traktor	10	10	100
11	Traktor	10	10	100
12	Traktor	10	10	100

Menentukan Nilai W18 (ESAL)

Tabel 14. Perhitungan nilai ESAL

No	Jenis Kendaraan	Jml	Distribusi Mula (04-16 jam)	DHR (16 jam)	D _D	D _L	N	W18 (ESAL)
1	JML. Kend. Harian Rata-rata (LHR)	1	118	616	0.5	1.0	28.28	9613087.785
2	JML. Kend. Harian Rata-rata (LHR)	2	118	616	0.5	1.0	28.28	9613087.785
3	Traktor	5	80	310	0.5	1.0	28.28	3100000.000
4	Bus	10	10	100	0.5	1.0	28.28	1000000.000
5	Bus Kecil	10	10	100	0.5	1.0	28.28	1000000.000
6	Traktor	10	10	100	0.5	1.0	28.28	1000000.000
7	Traktor	10	10	100	0.5	1.0	28.28	1000000.000
8	Traktor	10	10	100	0.5	1.0	28.28	1000000.000
9	Traktor	10	10	100	0.5	1.0	28.28	1000000.000
10	Traktor	10	10	100	0.5	1.0	28.28	1000000.000
11	Traktor	10	10	100	0.5	1.0	28.28	1000000.000
12	Traktor	10	10	100	0.5	1.0	28.28	1000000.000

W18(ESAL) = ΣLHRxAExD_Dx D_Lx365xN

Dimana :

- LHR = Lalu lintas harian rata-rata
- AE = Angka ekuivalen kendaraan
- D_D = Faktor distribusi arah
- D_L = Faktor distribusi lajur
- N = Faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana

Tabel 14 adalah hasil perhitungan W18 (ESAL) dengan menggunakan software MS. Excel dengan faktor distribusi arah sebesar 0.5, faktor distribusi lajur sebesar 1.0 (berdasarkan tabel 1.15), dan faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana 20 tahun sebesar 28.28 maka didapat hasil W18 (ESAL) sebesar 9613087.785 = 9.6 x 10⁶

Faktor distribusi lajur (DL)

Nilai faktor distribusi lajur (D_L) dapat ditentukan menggunakan tabel 4.15 dengan jumlah lajur tiap arah 1 dan jumlah lalu lintas pada lajur rencana 100%

Tabel 1. Faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah lajur tiap arah	Jumlah lalu lintas pada lajur rencana (%)
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Sumber : AASHTO 1993

Faktor distribusi arah (D_D)

Tabel 2. Faktor distribusi arah (DD)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 lajur	1.00	1.00	1.00	1.000
2 lajur	0.60	0.50	0.70	0.500
3 lajur	0.40	0.40	0.50	0.475
4 lajur	-	0.30	-	0.450
5 lajur	-	0.25	-	0.425
6 lajur	-	0.20	-	0.400

*) Berat total < 5 ton, misalnya, mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

**) Berat total > 5 ton, Misalnya, bus, truck, traktor, semi trailer, trailer

Sumber : (AASHTO, 1993)

Reliability (R) dan standar Deviasi Normal (Z_R)

Tabel 17. Nilai Reliability

Tipe jalan	Nilai (R) dalam %	
	Perkotaan (urban)	Pedesaan (rural)
Jalan bebas hambatan (freeway)	90-99.5	85-99.5
Utama	85-99	80-95
Artim	80-99	75-95
Kolektor	80-95	75-95
lokal	50-80	50-80

Sumber : AASHTO 1993

Berdasarkan tabel 17 dapat diambil nilai Reliability pada ruas jalan Bayat-Wedi, Kab. Klaten tipe jalan kolektor di perkotaan dengan Nilai (R) 80-95 diasumsikan dengan nilai (R) 90%.

Tabel 3. Nilai Standar Deviasi Normal untuk Tingkatan Reliability

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

Sumber: AASHTO, 1993

Perhitungan Modulus Resilient (MR) Tanah Dasar

MR = 1500 x CBR (psi)

MR = 1500 x 5.46

= 8,190 psi

Dimana :

CBR = Nilai CBR (%)

MR = Modulus resilient

Menentukan Serviceability

1. Indeks kemampuan pelayanan awal (Po), untuk perkerasan kaku menggunakan nilai Po 4,5 dan untuk perkerasan lentur menggunakan nilai 4,2 (AASHTO, 1993).
2. Indeks kemampuan pelayanan akhir (Pt) dapat menggunakan Tabel 4.13

Tabel 4. Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir

Pt	Persen orang berpendapat tidak setuju
3,0	12%
2,5	55%
2,0	85%

Sumber: AASHTO, 1993

Berdasarkan tabel 19 sesuai dengan kondisi lalu lintas rendah maka dapat diambil nilai Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt) 2,0 = 85%.

Nilai Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (Po) diambil nilai 4,2 karena merencanakan perkerasan lentur.

Kehilangan kemampuan pelayanan (ΔPSI)

ΔPSI = Po – Pt

ΔPSI = 4,2 – 2,0

= 2,2

Deviasi Standar Keseluruhan (So)

Tabel 20. Tabel nilai So

Jenis perkerasan	Nilai So
Perkerasan lentur	0,40-0,50
Perkerasan kaku	0,30-0,40

Sumber : ASHTO 1993

Nilai Deviasi Standar Keseluruhan (So) pada perkerasan lentur adalah antara 0,40-0,50. Pada penelitian ini penulis mengasumsikan nilai Deviasi Standar Keseluruhan (So) sebesar 0,45.

Penentuan Koefisien Drainase

Tabel 5. Kualitas Drainase

Kualitas drainase	Air tersingkir dalam waktu
Sangat Baik	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Buruk	1 bulan
Sangat buruk	Air tidak mengalir

Sumber : AASHTO 1993

Tabel 6. Koefisien C

komponen Lahan	Koefisien C
Jalan :	
aspal	70-95
beton	80-95
bata paving	70-85
Atap	75-95
Lahan Berumput :	
Tanah Berpasir	
*Landai (2%)	5-10
*Curam (7%)	15-20
tanah Berat	
*Landai (2%)	13-17
*Curam (7%)	25-35

Sumber : AASHTO 1993

Tabel 7. Data curah hujan Kab. Klaten tahun 200

Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan
january	519.5	15
february	783	20
march	655	14
april	437	11
may	159	4
june	7	1
july	0	0
august	62	2
september	292	6
october	281	8
november	279	10
december	502	16
total		107

Sumber : bpsdataru-bs.jatengprov.go.id

Untuk menentukan Koefisien Drainase dengan cara menganalisis data curah hujan setempat terlebih dahulu selanjutnya dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{Thari}{365} \times WL \times 100$$

$$= \frac{3}{24} \times \frac{107}{365} \times 20\% \times 100$$

$$= 0.732876712 < 1\%$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai Pheff sebesar 0.732876712 lebih kecil dari 1% maka didapat nilai pada Tabel 4.23 antara 1,35-1,25 dengan kualitas drainase baik maka didapat nilai koefisien drainase sebesar 1.25.

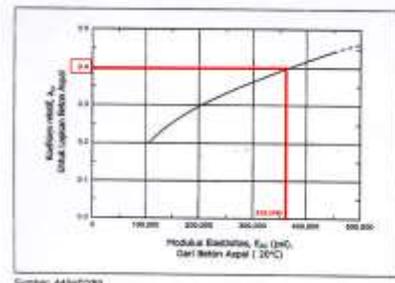
Tabel 8. Koefisien Drainase

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan terkena air hingga naikat ketembanannya mendekati jenuh air (P)			
	<1%	1-5%	5-25%	>15%
Sangat Baik	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
Baruk	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Sangat buruk	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Sumber : AASHTO 1993

Hitungan Koefisien a1

Nilai koefisien lapisan (a1) pada bahan Laston adalah 0,40 sehingga dapat diketahui nilai Elastic Modulus (EAC) dengan grafik pada Gambar 4.2 berikut sebesar 365.000 Psi



Sumber: AASHTO

Gambar 7. Grafik perkiraan koefisien kekuatan relative lapis permukaan beton aspal a1 (AASHTO, 1993)

Hitungan Koefisien a2

Nilai koefisien lapisan (a2) pada bahan Batu Pecah Kelas A adalah 0,14 karena bahan ini termasuk jenis granular maka perhitungan nilai Modulus Resilient (MR) seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 a2 &= (0,249 \times (\log_{10} EBS)) - 0,977 \\
 0,14 &= (0,249 \times (\log_{10} EBS)) - 0,977 \\
 0,14 + 0,977 &= (0,249 \times (\log_{10} EBS)) \\
 1,117 &= (0,249 \times (\log_{10} EBS)) \\
 1,117 / 0,249 &= \log_{10} EBS \\
 4,486 &= \log_{10} EBS \\
 EBS &= 30.619,63 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

Hitungan Koefisien a3

Nilai koefisien lapisan (a3) pada bahan Batu Pecah Kelas B adalah 0,12 karena bahan ini termasuk jenis granular maka perhitungan nilai Modulus Resilient (MR) seperti berikut.

$$a3 = (0,227 \times (\log_{10} ESB)) - 0,839$$

$$\begin{aligned}
 0,12 &= (0,227 \times (\log_{10} ESB)) - 0,839 \\
 0,12 + 0,839 &= (0,227 \times (\log_{10} ESB)) \\
 0,959 &= (0,227 \times (\log_{10} ESB)) \\
 0,959 / 0,227 &= \log_{10} ESB \\
 4,225 &= \log_{10} ESB \\
 ESB &= 16.788,04 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

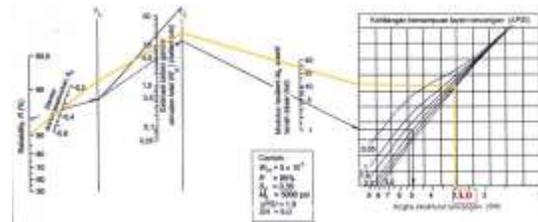
Menentukan Nilai Structural Number (SN)

Penentuan nilai Structural Number (SN) dapat dicari dengan menggunakan grafik.

1. Menentukan SN1 (lapisan atas)

Dimana :

$$\begin{aligned}
 ESAL &= 9.6 \times 10^6 \\
 R &= 90\% \\
 So &= 0.45 \\
 MR &= 365.000 \text{ psi} \\
 \Delta PSI &= 2.2
 \end{aligned}$$



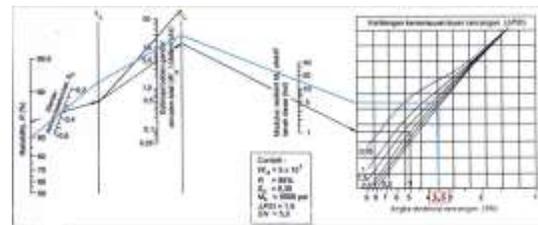
Gambar 8. Nomogram nilai SN1

menentukan nilai SN1 dengan menggunakan grafik Nomogram seperti pada gambar 8. maka didapat hasil dari nilai SN1 sebesar 3.0

2. Menentukan SN2 (lapisan pondasi atas)

Dimana :

$$\begin{aligned}
 ESAL &= 9.6 \times 10^6 \\
 R &= 90\% \\
 So &= 0.45 \\
 MR &= 17.000 \text{ psi} \\
 \Delta PSI &= 2.2
 \end{aligned}$$



Gambar 9. Nomogram nilai SN2 menentukan nilai SN1 dengan menggunakan grafik Nomogram seperti pada gambar 8. maka didapat hasil dari nilai SN1 sebesar 3.5

3. Menentukan SN3 (lapisan pondasi bawah)

Dimana :

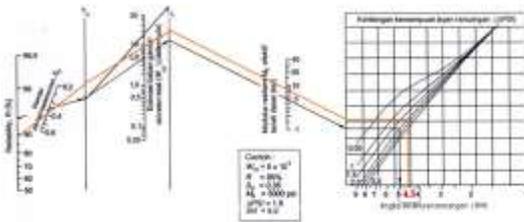
$$ESAL = 9.6 \times 10^6$$

$$R = 90\%$$

$$So = 0.45$$

$$MR = 8250 \text{ psi}$$

$$\Delta PSI = 2.2$$



Gambar 10. Nomogram nilai SN3

Menentukan Tebal Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

1. Menentukan tebal lapisan semen aspal D1

$$D1 = \frac{SN1}{a1} = \frac{3.0}{0.4} = 7.5 \text{ inch} = 19.05 \text{ cm}$$

$$D18 = 7 \text{ inch} = 17.78 \text{ cm}$$

$$SN1^* = a1.D1^* = 0.4 \times 7 = 2.8$$

Syarat tebal lapisan beton aspal minimal 4 inch.

2. Menentukan lapis pondasi atas (D2)

$$D2 = \frac{SN2 - SN1^*}{a2.m2} = \frac{3.5 - (2.8)}{0.14 \times 1.2} = 6 \text{ inch} = 15.24 \text{ cm}$$

$$D2^* = 6 \text{ inc} = 15.24 \text{ cm}$$

$$SN2^* = a2.D2^*.m2 = 0.14 \times 6 \times 1.2 = 1.01$$

Syarat tebal lapisan pondasi atas adalah 6 inch

3. Menentukan lapis pondasi bawah (D3)

$$D3 = \frac{SN3 - (SN1^* + SN2^*)}{a3.m3} = \frac{4.5 - (2.8 + 1.01)}{(0.12) \cdot (1.2)} = 11.8 \Rightarrow 12 \text{ inch} = 30.48 \text{ cm}$$

Tabel 9. Tebal Minimum Campuran Beraspal dan Lapis Pondasi

Lalu Lintas Rancangan	Lalu Lintas Rancangan	Lalu Lintas Rancangan
<50.000	1	4
50.001-150.000	2	4
150.001-500.000	2.5	4
500.001-2.000.000	3	6
2.000.001-7.000.000	3.5	6
>7.000.000	4	6

Sumber : AASHTO, 1993

Sumber : AASHTO, 1993

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

Tabel 26. Rekapitulasi

REKAPITULASI PERKIRAAN HARGA PEKERJAAN		
PEKERJAAN	: REHABILITASI JALAN	
KEGATAN	: PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR	
LOKASI	: JALAN BAYAT - WEDI	
KAB./PROP.	: KLATEN, JAWA TENGAH	
TAHUN ANGGARAN	: 2022	
NO	URAIAN	JUMLAH (Rupiah)
I.	PEKERJAAN UMUM	25.850,450
II.	DRAINASE	0
III.	PEKERJAAN TANAH	524.610,439
IV.	LAPIS PERKERASAN BERBUTIR	962.440,512
V.	LAPIS PERKERASAN ASPAL	146.870,564
VI.	STRUKTUR	0
VII.	REHABILITASI JEMBATAN	1
VIII.	PEKERJAAN HARIAN DAN LAIN LAIN	2
IX.	PEMELIHARAAN	3
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)	1.659.771,970
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)	162.574,917
(C)	Jumlah Total Harga Pekerjaan = (A) + (B)	1.842.346,887
(D)	Pembulatan = (A) + (B)	1.842.347,000
Terbilang : Satu Milyar Delapan Ratus Empat Puluh Dua Juta Tiga Ratus Empat Puluh Tujuh Ribu Rupiah		

diperoleh nilai total Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar Rp. 1,842,347,000 (*Satu Milyar Delapan Ratus Empat Puluh Dua Juta Tiga Ratus Empat Puluh Tujuh Ribu Rupiah*).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisa dan pembahasan perencanaan tebal perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan menggunakan metode AASHTO 1993 pada ruas jalan Bayat-Wedi kabupaten Klaten, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Besarnya volume lalu lintas pada ruas jalan Bayat-Wedi Kabupaten Klaten yang didapat melalui survey dan dianalisa maka didapat hasil rata-rata 2.218 kendaraan yang melintas selama 1 hari.
2. Perhitungan tebal perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan menggunakan metode

AASHTO 1993 tidak dilakukan menyeluruh kesemua badan jalan hanya dilakukan pelebaran badan jalan dengan panjang pelebaran 1 meter kanan dan 1 meter kiri. Didapat tebal pada lapisan permukaan adalah 18 cm, tebal pada lapisan pondasi atas adalah 15 cm, tebal pondasi bawah adalah 30 cm. sehingga tebal keseluruhan perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah 63 cm.

3. Biaya Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan tebal perkerasan lentur (*flexible pavement*) pada ruas Jalan Bayat-Wedi, Kabupaten Klaten sepanjang 3 kilometer dengan lebar penambahan badan jalan sepanjang 2 meter dengan ketebalan perkerasan total 63 centimeter diperoleh nilai total Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar Rp. 1,842,347,000 (*Satu Milyar Delapan Ratus Empat Puluh Dua Juta Tiga Ratus Empat Puluh Tujuh Ribu Rupiah*).

SARAN

1. Sehubungan dengan penelitian yang dilakukan, maka untuk pengambilan data selanjutnya disarankan untuk menggunakan data yang diambil secara langsung di lapangan seperti data CBR dan LHR secara lebih lengkap agar penelitian dapat berjalan dengan optimal.
2. Penelitian ini diharapkan menjadi referensi Tugas Akhir berikutnya oleh mahasiswa/mahasiswi Teknik Sipil untuk merencanakan tebal perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan menggunakan metode AASHTO 1993.

DAFTAR PUSTAKA

- Muhammad Djaya Bakri (2020). “*Analisis Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode AASHTO 1993 (Studi Kasus Pada Pembangunan Jalan Lingkungan Baru Dalam Kawasan Kampus Universitas Borneo Tarakan)*”
- Cynthia Claudia Mantiri (2019). “*Analisa Tebal Perkerasan Lentur Jalan Baru Dengan Metode BINA MARGA 2017 Dibandigkan Metode AASHTO 1993*”
- Ghaffar Noer Hakim & Ida Farida (2021). “*Ketebalan Perkerasan Lentur Dengan Metode AASHTO 1993 Dan Manual Perkerasan Jalan 2017*”
- Richa Dwi Yuliani, Udi Subagyo & Burhamtoro (2020). “*Analisis Tebal Perkerasan Metode AASHTO (1993) dan Metode Bina Marga (2003) Study Kasus Jalan Tol Semarang – Solo Sta 41+200 – 46+600*”
- Silvia Sukirman. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*
- Silvia Sukirman. 2014. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*