

STUDI PENINGKATAN JALAN (OVERLAY) PADA RUAS JALAN LENDEWACU – WAIBAKUL DI, KABUPATEN SUMBA TENGAH PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR (STA 52+000 - STA 62+200)

Saiful Anas¹, Azizah Rokhmawati², Anita Rahmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Malang,
e-mail: anas222631@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
e-mail: azizah.rachmawati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
e-mail: anitarahmawati@unisma.ac.id

ABSTRAK

Semakin bertambahnya volume kendaraan yang melintas di ruas jalan Lendewacu – Waibakul mengakibatkan lapisan permukaan aspal mengalami penurunan hingga menjadi rusak, hal ini sangat mempengaruhi kenyamanan dalam berkendara hingga mengakibatkan turunnya tingkat pelayanan jalan. Untuk meningkatkan kenyamanan pengguna jalan yang seiring waktu semakin bertambah maka perlu dilakukan perbaikan jalan seperti peningkatan lapis tambahan (*overlay*). Digunakan data Lalu lintas kendaraan serta data lendutan (*falling weight deflectometer (FWD)*) untuk merencanakan peningkatan lapis tambahan, lalu digunakan metode Pd T-05-2005-B sebagai acuan perhitungannya. Ruas jalan Lendewacu – Waibakul membentang sepanjang 10,2 km. Dengan lebar jalan 7 m, pertumbuhan kendaraan 4,75%, umur rencana 10 tahun dan nilai lendutan yang bervariasi diperoleh tebal lapis tambah perkerasan bernilai minimum 4 cm dan maksimumnya 9 cm. untuk pengaplikasian dilapangan digunakan nilai maksimumnya yaitu 9 cm sebagai lapis tambahan di setiap segmennya. Untuk menjaga kondisi permukaan jalan mencapai umur rencana karena faktor erosi dari aliran air hujan maka di rencanakan juga saluran drainase yang dihitung menggunakan data hujan 10 tahun terakhir, untuk perencanaan saluran drainase digunakan saluran berbentuk persegi empat. Dari perhitungan didapatkan dimensi saluran drainase pada ruas jalan Lendewacu – Waibakul yaitu lebar dasar saluran $b = 0,70$ m, dan kedalaman saluran $H = 0,95$ m. Perencanaan drainase ini diharapkan mampu mengalirkan dan menampung air limpasan kawasan Lendewacu – Waibakul.

Kata kunci : Lapisan Tambah, FWD, Lataston, Jalan Lendewacu - Waibakul, Lendutan

ABSTRACT

The increasing volume of vehicles that pass on the Lendewacu - Waibakul road section causes the asphalt surface layer to decrease to become damaged. This greatly affects driving comfort and results in a decrease in the level of road service. To increase the comfort of road users, which over time is increasing, it is necessary to make road improvements such as increasing the additional layer (overlay). Vehicle traffic data and falling weight deflectometer (FWD) data are used to plan the additional layer increase, and then the Pd T-05-2005-B method is used as a reference for calculations. The Lendewacu - Waibakul road section stretches for 10.2 km. With a width of 7 m road, 4.75% vehicle growth, 10 years of design life and variable deflection values obtained by the thickness of the pavement layer with a minimum value of 4 cm and a maximum of 9 cm. For field applications, the maximum value is 9 cm as an additional layer in each segment. To maintain the condition of the road surface reaching the design age due to erosion factors from rainwater flow in the Lendewacu - Waibakul area, a drainage channel is also planned, which is calculated using rain data for the last 10 years for drainage channel planning a rectangular channel is used. From the calculation, the dimensions of the drainage channel are obtained. On the Lendewacu – Waibakul road section, the width of the channel base $b = 0.70$ m, and channel depth $H = 0.95$ m. This drainage plan is expected to be able to drain and accommodate runoff water from the Lendewacu – Waibakul area.

Keywords: Overlay, FWD, Lataston, Lendewacu – Waibakul road, deflection

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Meningkatnya pertumbuhan ekonomi daerah dan perkembangan wilayah permukiman di Kabupaten Sumba Tengah mengakibatkan meningkatnya mobilitas pengguna jalan Lendewacu – Waibakul, terlebih pembangunan daerah yang mengharuskan kendaraan besar melewati ruas jalan Lendewacu – Waibakul untuk mendistribusikan barang dan material pembangunan. Kejadian ini mengakibatkan perkerasan jalan rusak dan pelayanan jalan kurang maksimal sehingga harus dilakukan peningkatan perkerasan jalan. Proyek jalan Lendewacu – Waibakul memiliki panjang jalan 10,2 km yang dimulai dari Sta 52+000 dan berakhir pada Sta 62+200.

Rumusan Masalah

1. Berapa beban lalu lintas kendaraan pada ruas Jalan Lendewacu – Waibakul dengan umur rencana 10 tahun?
2. Berapa nilai lendutan yang diperoleh pada ruas Jalan Lendewacu – Waibakul?
3. Berapa tebal lapis tambahan (*overlay*) dengan umur rencana 10 tahun yang diperlukan pada ruas Jalan Lendewacu – Waibakul?
4. Berapa dimensi saluran drainase yang sesuai pada ruas jalan tersebut?

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui volume lalu lintas kendaraan yang melewati jalan Lendewacu – Waibakul.
2. Mengetahui nilai lendutan wakil pada ruas jalan Lendewacu – Waibakul.
3. Mengetahui tebal lapis tambahan (*overlay*) yang dibutuhkan pada ruas jalan Lendewacu – Waibakul.
4. Mengetahui ukuran saluran drainase yang sesuai pada ruas Jalan Lendewacu – Waibakul.

Manfaat Penelitian

1. Memberikan pengetahuan dan gagasan dalam menentukan tebal lapis tambahan dengan menghitung nilai lendutan balik terkhususnya pada perencanaan tebal lapis tambahan (*overlay*) pada perkerasan lentur
2. Dapat menjadi tolak ukur dalam perencanaan peningkatan jalan dengan situasi daerah setempat.
3. Mengetahui dimensi saluran drainase yang tepat pada ruas Jalan Lendewacu – Waibakul.

TINJAUAN PUSTAKA

Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan

Dalam menentukan tebal perkerasan jalan hal yang dapat kita lakukan yaitu :

1. Menentukan Koefisien Distribusi Lalu Lintas Pada Jalan (C)

Tabel 1. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*		Kendaraan Berat**	
	Satu Arah	Dua Arah	Satu Arah	Dua Arah
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,60	0,50	0,70	0,50
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,45
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,40

(Sumber : Nono dan Dadang A.S, 2005)

2. Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan (E)

Angka ekuivalen untuk beban masing-masing golongan kendaraan

$$E_{STRT} = \left[\frac{\text{Beban Sumbu (ton)}}{5,40} \right]^4 \dots\dots\dots (1)$$

$$E_{STRG} = \left[\frac{\text{Beban Sumbu (ton)}}{8,16} \right]^4 \dots\dots\dots (2)$$

$$E_{SDRG} = \left[\frac{\text{Beban Sumbu (ton)}}{13,76} \right]^4 \dots\dots\dots (3)$$

$$E_{STrRG} = \left[\frac{\text{Beban Sumbu (ton)}}{18,45} \right]^4 \dots\dots\dots (4)$$

Faktor Umur Rencana dan Pertumbuhan Lalu Lintas (N), digunakan Rumus

$$N = \frac{1}{2} \times \left[1 + (1+r)^n + 2(1+r) \frac{(1+r)^{n-1}-1}{r} \right] \dots\dots\dots (5)$$

3. Akumulasi ekivalen beban sumbu standar (CESA)

(CESA) selama umur rencana ditentukan dengan rumus :

$$CESA = \sum_{Trailer}^{MP} m \times 265 \times E \times C \times N \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

CESA = Akumulasi ekivalen beban sumbu standar

m = Jumlah tiap jenis kendaraan

365 = Jumlah hari dalam setahun

E = Ekifalen beban sumbu

C = Koefisien distribusi kendaraan

N = Faktor umur rencana dan perkembangan lalu lintas

4. Lendutan

Besarnya lendutan langsung adalah sesuai rumus berikut :

$$d_L = d_{f1} \times F_t \times C_a \times F_{KB-FWD} \dots\dots\dots (7)$$

dengan pengertian :

dL = lendutan langsung (mm)

df = Lendutan langsung pusat beban

Ft = Faktor penyesuaian lendutan

Tl = Temperatur lapis beraspal

Ca = Faktor pengaruh muka air tanah

FKB-FWD = Faktor koreksi beban uji FWD

5. Lendutan yang mewakili

Untuk menentukan besarnya lendutan yang mewakili suatu sub ruas/ seksi jalan dengan rumus :

$$D_{wakil} = d_r + 2s \text{ (jalan arteri)} \dots\dots\dots (8)$$

6. Faktor koreksi tebal lapis tambah

Faktor koreksi tebal lapis tambah (Fo) dapat diperoleh dengan rumus :

$$F_o = 0,5023 \times EXP^{(0,0194 \times T_{PRT})} \dots\dots\dots (9)$$

7. Jenis lapis tambah

Jika campuran aspal memiliki sifat yang beda maka digunakan faktor koreksi tebal lapis tambah dengan penyesuaian (FKtbl) :

$$FKtbl = 12,51 \times Mr^{-0,333} \dots\dots\dots (10)$$

8. Prosedur Perhitungan

Tahapan perhitungannya yaitu :

- Hitung repetisi beban lalu lintas rencana
- Hitung lendutan hasil pengujian
- Tentukan panjang seksi
- Hitung lendutan seksi

- e. Hitung lendutan rencana atau ijin (Drencana) dengan rumus :

$$Drencana = 17,004 \times CESA^{(-0,2307)} \dots\dots\dots(11)$$
- f. Hitung tebal lapis tambah (Ho) menggunakan rumus

$$Ho = \frac{[Ln(1,0364) + Ln(D_{Wakil}) - Ln(Rencana)]}{0,0597}$$
- g. Hitung tebal lapisan tambahan terkoreksi (Ht) dengan mengalikan Ho dengan faktor koreksi (fo), apabila campuran beraspal bukan laston maka tebal lapis tambah penyesuaian dari (FKTBL).

Perencanaan Dimensi Saluran Drainase

Dimensi saluran drainase direncanakan berdasarkan kapasitas yang dibutuhkan, yakni harus bisa menampung bear debit limpasan aliran rencana akibat hujan pada daerah kawasan. Untuk menghitung dapat dilakukan dengan cara menentukan:

Debit Aliran

$$Q = \frac{C.I.A}{3,60} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan :

- Q = Debit Limpasan (m³/dt)
 C = koefisien pengaliran
 I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
 A = Luas daerah tangkapan hujan (km²)

Saluran (Channels)

1. Waktu kosentrasi

Rumus untuk menghitung waktu kosentrasi yaitu:

$$Tc = t1 + t2 ; keterangan \dots\dots\dots(13)$$

$$t1 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{nd^{0,167}}{\sqrt{k}} \right] \text{ \& } t2 = \frac{Ls}{60v} \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan :

- L = panjang lintasan aliran di permukaan (m)
 nd = koefisien hambatan
 k = kemiringan lahan
 Ls = Panjang lintasan aliran dalam saluran (m)
 V = Kecepatan aliran (m/dt)

2. Intensitas Curah Hujan

Perhitungan intensitas curah hujan dapat dihitung menggunakan rumus Mononobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan :

- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
 R₂₄ = jumlah curah hujan maksimum dalam satu hari (mm)

3. Luas Daerah Pengaliran (A)

Luas daerah yang dilimpasi debit air menuju saluran :

$$A = L (L_1 + L_2 + L_3) \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan :

- A = Luas daerah pengaliran (km²)
 L = panjang saluran (m)
 Ln = Lebar daerah sesuai kondisi lapangan (m)

4. Koefisien pengaliran (C_w)
Dapat dihitung menggunakan rumus :

$$C_w = \frac{C1.A1+C2.A2+C3.A3}{A1+A2+A3} \dots\dots\dots(17)$$
5. Menghitung Kecepatan Aliran (V)
Dengan rumus manning :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(18)$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran
 n = Koefisien kekasaran manning
 S = Kemiringan dasar saluran
 R = Jari-jari hidrolis (m)
6. Rencana Dimensi Saluran yang ditentukan dengan uji V dan Q
 - a. Luas Penampang Basah (A)

$$A = (b+mh).h \dots\dots\dots(19)$$
 - b. Keliling Basah (P)

$$P = b+2h\sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots(20)$$
 - c. Jari-jari Hidrolik (R)

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(21)$$
 - d. Kapasitas Saluran (Q_1)

$$Q_s = A \times V \dots\dots\dots(22)$$
 - e. Tinggi Jagaan (W)

$$W = 1/3 \times h \dots\dots\dots(23)$$

METODE PERENCANAAN

Deskripsi Lokasi Studi

Pada tugas akhir ini direncanakan peningkatan tebal lapis tambah (*overlay*) pada ruas jalan Lendewacu - Waibakul Sumba Tengah yang memiliki panjang 10,2 km, dari (Sta 52+000 s/d Sta 65+200), ruas jalan ini merupakan jalur utama penghubung antara Kota Waingapu Sumba Timur ke Kota Waikabubak Sumba Barat.

Data Yang Dibutuhkan

Berdasarkan rumusan masalah penulis membutuhkan data untuk melakukan perencanaan peningkatan lapis tambahan. Data yang dibutuhkan :

- Peta lokasi untuk mengetahui lokasi studi
- Volume lalu lintas kendaraan (LHR) untuk merencanakan beban lalu lintas pada tahun rencana
- Data lendutan untuk merencanakan tebal lapis tambahan
- Data curah hujan dan kontur tanah untuk merencanakan dimensi saluran drainase

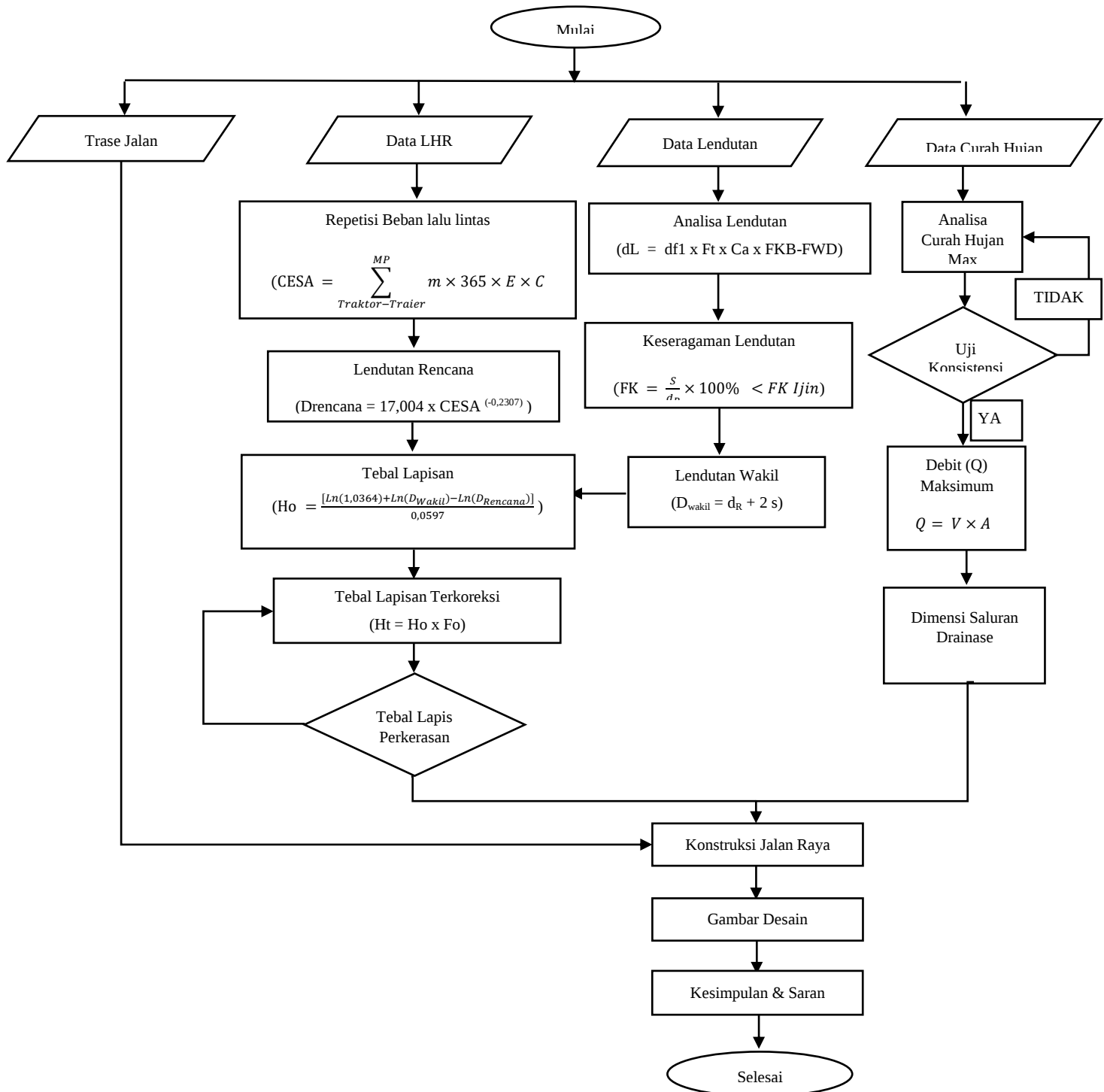
Langkah Studi

Adapun langkah studi dalam pengerjaan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data lokasi, data LHR, data lendutan, data curah hujan
2. Analisa LHR & Hitung repetisi beban lalu-lintas rencana
3. Hitung lendutan Rencana
4. Analisa lendutan hasil pengujian & tentukan Keseragaman lendutan
5. Hitung lendutan Wakil
6. Hitung tebal lapis tambah dan tebal lapis tambah terkoreksi (H_t) = $H_o \times F_o$
7. Merencanakan Drainase.

Lebih jelasnya lihat bagan alir dibawah :

Bagan Alir Perencanaan Peningkatan Jalan



Gambar 1. Bagan alir
(Sumber : Penulis, 2022)

PEMBAHASAN

Dalam bab ini pembahasan yang akan disajikan meliputi perhitungan akumulasi beban sumbu lalu lintas Jalan Lendewacu - Waibakul Kabupaten Sumba Tengah, perhitungan tebal perkerasan jalan, perhitungan lendutan Falling Weight deflectometer (FWD), tebal lapis tambah perkerasan (overlay) dan perencanaan saluran drainase.

Tabel 2. Data Lalu Lintas

Jenis Kendaraan	Tahun 2021	
	Arah Lendewacu	Arah Waibakul
Sepeda motor, Sekuter, Roda Tiga	5484	6590
Sedan, Jeep, Station Wagon	882	1164
Bus Kecil	133	233
Bus Besar	3	9
Truk 2 Sumbu Kecil	61	132
Truk 2 Sumbu Sedang	25	35
Truk 2 Sumbu Berat	10	21
Kend. Tak Bermotor	9	17
Jumlah	6607	8199
	14806	

(Sumber : DISHUB, 2021)

Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan

Jalan Lendewacu - Waibakul merupakan jalan Arteri, memiliki lebar badan jalan sebesar 7 meter dengan 2 lajur 2 arah, didapat nilai Koefisien Distribusi Kendaraan Kendaraan ringan (C) = 0,5 & Kendaraan berat (C) = 0,5.

Tabel 3. Ekvivalen beban sumbu kendaraan (E)

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Beban Maksimum	Distribusi Beban Pada Sumbu		Ekivalen Sumbu Kendaraan
Mobil Penumpang	1.1	2 T	50%	50%	0.002352
Bus	1.2	9 T	34%	66%	0.383904
Truk 2 Sumbu Kecil	1.2	8,3 T	34%	66%	0.277693
Truk 2 Sumbu Sedang	1.2	18, 2 T	34%	66%	6.420056
Truk 2 Sumbu Berat	1.22	25 T	25%	75%	5.242221

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2022)

Faktor Umur Rencana (UR) dan Perkembangan Lalu Lintas (N)

Umur rencana yang digunakan pada ruas jalan Lendewacu – Waibakul adalah (n) 10 Tahun untuk merencanakan peningkatan jalan dan pertumbuhan lalu lintas (r) sebesar 4,75%, didapatkan tabel pertumbuhan rata – rata kendaraan di Indonesia

Akumulasi ekivalen beban sumbu standar

Perhitungan angka ekivalen beban sumbu standar diperoleh dari pengolahan data lalu lintas koefisien distribusi kendaraan, ekivalen beban sumbu, dan faktor perkembangan lalu lintas selama umur yang direncanakan. Diperoleh nilai ESA = 1743386

Lendutan

Lendutan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah lendutan hasil pengujian dengan menggunakan alat Falling Weight Deflectometer (FWD). dicari dengan rumus :

$$\Sigma d_L = \Sigma (d_{f1} \times F_t \times C_a \times F_{K_{B-FWD}})$$

Lendutan Rencana

Perhitungan Lendutan Rencana :

$$D_{\text{Rencana}} = 17,004 \times \text{CESA}^{(-0,2307)}$$

$$D_{\text{Rencana}} = 17,004 \times 1743386,73 \text{ }^{57(-0,2307)}$$

$$D_{\text{Rencana}} = 0.618 \text{ mm}$$

Tebal Lapis Tambah (Ho)

Tebal lapis tambah diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

$$H_o = \frac{[Ln(1,0364) + Ln(D_{Wakil}) - Ln(D_{Rencana})]}{0,0597}$$

Tabel 4. Tebal Lapis Tambah

No. Segmen	D _{Rencana} (mm)	D _{Wakil} (mm)	H _o (cm)
1	0,618	0,854	6,028
2	0,618	0,808	5,098
3	0,618	0,810	5,148
4	0,618	0,976	8,258
5	0,618	0,806	5,069
6	0,618	0,827	5,489
7	0,618	0,720	3,173
8	0,618	0,723	3,234
9	0,618	0,921	7,295
10	0,618	0,912	8,582

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2022)

Faktor Koreksi tebal lapis tambah

Lokasi pada ruas jalan Lendewacu – Waibakul diperoleh temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) = 35,6 °C., maka Faktor Koreksi

$$F_o = 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times \text{TPRT})}$$

$$F_o = 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times 35,6)}$$

$$F_o = 1,043595984 \approx 1,006$$

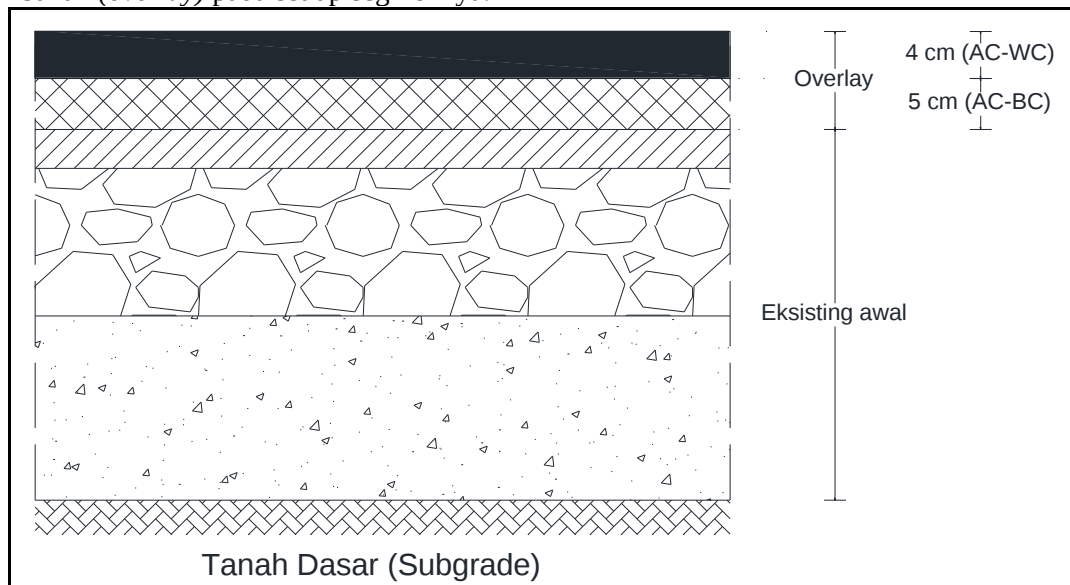
$$H_t = H_o \times F_o$$

Tabel 5. Tebal Lapis Tambah Terkoreksi (Ht)

Segmen	h _o	f _o	h _t	Yang Digunakan
1	6,028	1,006	6,063	7 cm
2	5,098	1,006	5,128	6 cm
3	5,148	1,006	5,178	6 cm
4	8,258	1,006	8,306	9 cm
5	5,069	1,006	5,099	6 cm
6	5,489	1,006	5,521	6 cm
7	3,173	1,006	3,192	4 cm
8	3,234	1,006	3,253	4 cm
9	7,295	1,006	7,338	8 cm
10	8,582	1,006	8,632	9 cm

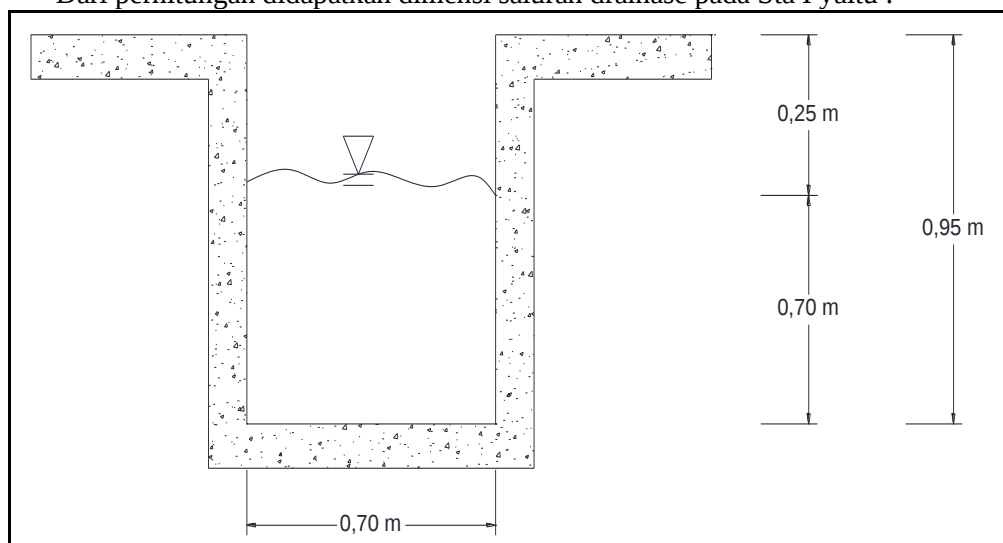
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2022)

Dari perhitungan diatas diperoleh tebal lapis tambah segmen 1 sampai 10 bernilai minimum 4 cm dan maksimumnya 9 cm, kemudian digunakan nilai terbesarnya yaitu 9 cm sebagai lapisan tambahan (*overlay*) pada setiap segmennya.



Gambar 2. Lapisan Perkerasan Jalan Setelah di Overlay

Dari perhitungan didapatkan dimensi saluran drainase pada Sta I yaitu :



Gambar 3. Perencanaan Penampang Saluran

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6. Parameter Perencanaan Saluran Drainase

STA	A Total	Cw	I	Q	Panjang Saluran	Kontur Awal	Kontur Akhir
	km ²	m ³ /dt	mm/jam	mm ³ /dt	m	m	m
STA 52+000 s/d 55+600	0,3906	0,749	73,106	0,749	3600	465	450
STA 55+600 s/d 56+850	0,13563	0,340	73,106	0,260	1250	455	450
STA 58+700 s/d 61+200	0,27125	0,340	73,106	0,520	2500	460	455

(Sumber : Pengolahan Data, 2022)

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Perencanaan Saluran Drainase

STA	Debit Aliran (Q)	Kemiringan (S)	Koefisien (n)	Kedalaman Air (h)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Jagaan (W)	Kedalaman Saluran (H)
STA 52+000 s/d 55+600	0,749	0,0042	0,02	0,70	0,70	0,25	0,95
STA 55+600 s/d 56+850	0,260	0,0040	0,02	0,50	0,50	0,20	0,70
STA 58+700 s/d 61+200	0,520	0,0020	0,02	0,70	0,70	0,25	0,95

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2022)

PENUTUP

Kesimpulan

1. Beban lalu lintas kendaraan yang didapatkan dari perhitungan (CESA) selama umur rencana 10 tahun yaitu 1743386,73 ESA
2. Nilai Lendutan yang didapatkan bernilai minimal 0,720 mm dan maksimumnya 0,976 mm
3. Tebal lapis tambahan (*overlay*) yang diperoleh bernilai minimum 4 cm dan maksimum 9 cm, kemudian untuk pengaplikasian lapis tambahan digunakan 9 cm di setiap segmennya.
4. Dengan bentuk persegi empat saluran drainase yang sesuai berdimensi : lebar saluran (b) : 0,70 m, tinggi jagaan (W) : 0,25 m, dan tinggi saluran (H) : 0,95m

Saran

1. Dalam merencanakan suatu konstruksi jalan, kita memerlukan data eksisting perkerasan jalan lama guna mendapatkan analisa komparatif serta kajian evaluasi untuk mendapatkan hasil yang lebih optimum.
2. Untuk merencanakan desain dan dimensi saluran drainase kita harus meninjau lokasi penelitian agar sesuai dengan kondisi lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A.A, Edisi Revisi (2006), *Rekayasa Jalan Raya*, Penerbit Universitas Muhamadiyah Malang
- Andini, E. M. A., Suprpto, B., & Rokhmawati, A. (2021). *Studi Analisa Dampak Beban Kendaraan Terhadap Sisa Umur Rencana Pada Jalan Nasional Mojokerto Kabupaten Mojokerto*. Fakultas Teknik Universitas Islam Malang.
- Hendarsin, S.L, Cetakan Pertama (2000), *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Penerbit Politeknik Negeri Nono dan Dadang A.S, (2005), *Pd T-05-2005-B Perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan metoda lendutan*, Departemen Pekerjaan Umum
- Soewarno, (1995), *Hidrologi Jilid 2 Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Penerbit Nova, Bandung
- Sukirman, S, (1999), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung
- Suripin, (2003), *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Penerbit Andi, Yogyakarta.