

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

4.1.1 Data Jalan

Pada Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur tepatnya Unit Pelaksana Teknis Pengelolaan Jalan dan Jembatan Surabaya memiliki 4 wilayah kerja yakni ; Surabaya, Gresik, Sidoarjo dan Lamongan dalam wilayah itu terdapat 17 ruas seperti pada tabel :

Tabel 4. 1. Ruas Jalan Provinsi Wilayah Surabaya

NO	WIL	LINK	RUAS	KM	AWAL	AKHIR	P.TOT
1		148	Babat - Bts. Kab. Jombang	KM. Bbt	50	30830	30.780
2		149	Bts. Kota Lamongan - Bts. Kab. Mojokerto	KM. Lmg	4590	26290	21.700
3	Lamongan	149.11K	Jln. Lamong Rejo (Lamongan)	KM. Lmg	580	1640	1.060
4		149.12K	Jln. Acmad Dahlan (Lamongan)	KM. Lmg	1640	1730	90
5		149.13K	Jln. Sunan Drajad (Lamongan)	KM. Lmg	1730	2420	690
6		149.14K	Jln. Raya Mantup (Lamongan)	KM. Lmg	2420	4590	2.170
7		150	Bts. Kota Surabaya - Driyorejo - Legundi	KM. Sby	17880	29260	11.380
8	Surabaya	150.11K	Jln. Mastrip (Surabaya)	KM. Sby	10020	17880	7.860
9		150.12K	Jln. Gunungsari (Surabaya)	KM. Sby	6630	10020	3.390
10		150.13K	Jln. Joyoboyo (Surabaya)	KM. Sby	6530	7450	920
11		151	Legundi - Bts. Kab. Mojokerto	KM. Sby	29260	38910	9.650
12		152	Krian By Pass (Simpang Empat) - Krian (Simpang Lima)	KM. Lgd	1770	3110	1.340
13		153	Krian - Bts. Kab. Mojokerto	KM. Sby	30150	37700	7.550
14	Sidoarjo	154	Bts. Kota Sidoarjo - Krian	KM. Sda	4210	18980	14.770
15		154.11K	Jln. Pahlawan (Sidoarjo)	KM. Sda	840	4240	3.400
16		155	Sepanjang - Taman	KM. Sda	14740	16190	1.450
17		156	Mlirip - Bts. Kab. Mojokerto	KM. Sda	46210	46830	620
TOTAL			17 Ruas				118.820

Dari tabel diatas yang digunakan sebagai sampling jalan yakni ruas Jalan Mastrip (Link 150 11K) Km. Sby 10+020 – 17+880 dengan lebar jalan 11,00 m dan panjang jalan 7.860 m.

4.1.2 Data Tanah

Dengan ini disampaikan informasi berupa data mengenai kondisi tanah yang diperoleh dari Bidang Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur pada tahun 2017. Data ini mencakup berbagai aspek terkait dengan karakteristik tanah, namun tidak terbatas pada jenis tanah, kelas kesuburan, dan potensi penggunaan lahan. Keberhasilan pengumpulan data ini tidak hanya mencerminkan dedikasi dan ketelitian tim yang terlibat, tetapi juga memberikan dasar yang kokoh untuk pengembangan strategi bina teknik yang lebih efektif dan berkelanjutan di wilayah tersebut.

Tabel 4. 2. Data California Bearing Ratio (CBR)

Nama Ruas Jalan	No. Sampel	Titik	CBR Soaked		CBR Yang digunakan
			0,1"	0,2"	
Jl. Gunungsari (SBY 8+000-11+420)	1	2+775	7,407	10,581	6,666
	2	3+140	1,058	2,116	0,952
	3	3+367	1,513	2,288	1,362
Jl. Mastrip (SBY 13+300-18+200)	4	0+250	6,349	5,643	5,714
	5	1+550	2,116	2,822	1,905
	6	3+050	2,116	2,822	1,905
	7	4+950	8,465	11,992	7,618
Jl. Driyorejo (SBY 25+500-29+400)	8	0+000	3,174	5,643	2,857
	9	1+950	1,058	1,411	0,952
	10	2+250	6,349	7,054	5,714
	11	3+400	11,639	12,697	10,475
	12	3+800	7,407	18,340	6,666

Dari data di atas didapat nilai CBR dengan 4 sampel yakni 5.714, 1.905, 1.905, 7.618 dan CBR agar aman dan kuat saya mengambil nilai CBR yang terkecil. Yakni 1,905 atau 1,9% nilai CBR nya.

4.1.3 Data Lalu Lintas

Data yang mencakup informasi mengenai jumlah rata-rata lalu lintas harian, yang sering disingkat sebagai LHR, diperoleh dengan metode pengumpulan data primer yang dilakukan oleh Bidang Pengaturan dan Pengendalian Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur selama tahun 2023 Bulan Oktober. Dalam konteks ini, data tersebut memberikan gambaran statistik yang menggambarkan tingkat kepadatan lalu lintas sehari-hari di wilayah kerja UPT Pengelolaan Jalan dan Jembatan Surabaya tersebut, dan informasi ini menjadi sangat berharga untuk analisis dan perencanaan.



REKAP LALU LINTAS HARIAN RATA - RATA (LHR)

GOL	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	8
	Sepeda Motor, Sepeda Motor, Sepeda Motor dan Roda 2	Sedan, Jeep, Station dan Taxi (Pribadi)	Opel/Pick-up, Suburban, Kombi, Minibus (MPU dan Angkut)	Pick-up, Micro Truk Mobil Hantaran dan Truk Ban Belakang 1	Bus Kecil	Bus Besar	Truk/Box, Truk Tangki 2 Sumbu 3/4	Truk/Box, Truk Tangki 2 Sumbu	Truk/Box, Truk Tangki 3 Sumbu	Truk/Box, Truk Tangki Gandeng	Truk Semi Trailer dan Truk Trailer	Kendaraan Tidak Bermotor dan Gerbak
Kelompok Jenis	SM	MP	MP	MP	KS	RB	KS	KS	TR	TR	TR	KB
Keterangan												
LHR Awal 1	97.915	11.648	2.020	1.455	71	28	608	304	558	18	748	98
LHR Awal 2	178.485	2.367	9.398	1.198	48	11	1.038	835	658	158	0	208
Jml. Kendaraan/4 Jam	287.950	14.015	9.333	2.641	117	37	1.642	1.138	1.212	174	68	302
Angka Normal	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
LHR (berdasarkan)	147.388	7.708	4.983	1.453	64	20	903	620	607	98	38	158

Gambar 4. 1. Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Setelah mendapatkan nilai dari rekapitulasi LHR arah 1 dan arah 2 selanjutnya penulis menyusun kembali agar mendapatkan LHR 2 arah, lalu di hitung LHR 2 tahun dan 20 tahun.

Tabel 4. 3. LHR 2 Tahun dan 20 Tahun

GOLONGAN / JENIS KENDARAAN	LINTAS HARIAN RATA-RATA (2 ARAH)	LHR 2025(2THN)	LHR 2044 (20 THN)
I	II	$III=II \times 1+(0.035)2)$	$III((1+0.035)^{20})$
1	267980	287,066.9	571,202.5
2	14015	15,013.2	29,873.1
3	8333	8,926.5	17,761.9
4	2641	2,829.1	5,629.3
5A	117	125.3	249.4
5B	37	39.6	78.9
6A	1642	1,759.0	3,499.9
6B	1139	1,220.1	2,427.8
7A	1212	1,298.3	2,583.4
7B	174	186.4	370.9
7C	812	869.8	1,730.8
8	302	323.5	643.7

Berdasarkan buku Manual Desain Perkerasan (MDP,2017) VDF pulau jawa seperti sebagai berikut.

Tabel 4. 4. VDF Pulau Jawa (MDP,2017)

JENIS KENDARAAN	JAWA			
	BEBAN AKTUAL		NORMAL	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1.00	1.00	1.00	1.00
6A	0.55	0.50	0.55	0.50
6B	5.30	9.20	4.00	5.10
7A1	8.20	14.40	4.70	6.40
7A2	10.20	19.00	4.30	5.60
7B1	11.80	18.20	9.40	13.00
7B2	13.70	21.80	12.60	17.80
7C1	11.00	19.80	7.40	9.70
7C2A	17.70	33.00	7.60	10.20
7C2B	13.40	24.20	6.50	8.50
7C3	18.10	34.40	6.10	7.70

Setelah mendapatkan nilai dari Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) yang didapat dari rekapitulasi survey arah 1 dan arah 2 kita bisa mengetahui LHR 2

tahun dan 20 tahun kedepan lalu dengan data VDF Pulau Jawa bisa menghitung nilai ESA 4 dan ESA 5.

GOLONGAN / JENIS KENDARAAN	LINTAS HARIAN RATA-RATA (2 ARAH)	LHR 2023(2THN)	LHR 2044 (20 THN)	VDF 4 FAKTUAL	VDF 4 NORMAL	VDF 5 FAKTUAL	VDF 5 NORMAL	Faktor Pengali R (2024-2025)	Faktor Pengali R (2024-2044)	ESA 4 (2023-2025)	ESA 4 (2023 - 2044)	ESA 5 (2023-2025)	ESA 5 (2023 - 2044)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	3 X 5 X 9 X 0,5 X 365 X 1	4 X 6 X 10 X 0,5 X 365 X 1	3 X 7 X 9 X 0,5 X 365 X 1	4 X 8 X 10 X 0,5 X 365 X 1
MOBIL PENUMPANG DAN KENDARAAN RINGAN LAINNYA	292.969.00	313.835.7	624.466.8	0	0	0	0	2,04	28,28	0,00	0,00	0,00	0,00
5A	117	125.3	249.4	0	0	0	0	2,04	28,28	0,00	0,00	0,00	0,00
5B	37	39.6	78.9	1,00	1,00	1,00	1,00	2,04	28,28	14,720.06	407,030.36	14,720.06	407,030.36
6A	1642	1.759.0	3.499.9	0.55	0.55	0.50	0.50	2,04	28,28	359,288.92	9,934,841.10	326,626.29	9,031,673.73
6B	1139	1.220.1	2.427.8	5.30	4.00	9.20	5.10	2,04	28,28	2,401,638.16	50,119,738.73	4,168,881.34	63,902,666.88
7A	1212	1.298.3	2.583.4	10.20	4.30	19.00	5.60	2,04	28,28	4,918,251.96	57,331,876.72	9,161,449.73	74,664,769.69
7B	174	186.4	370.9	13.70	12.60	21.80	17.80	2,04	28,28	948,369.98	24,118,199.12	1,509,085.07	34,071,741.61
7C	812	869.8	1.739.8	18.10	6.10	34.40	7.70	2,04	28,28	5,847,127.80	54,489,264.68	11,112,773.27	68,781,530.82
			635,407.84							14,474,676.81	195,993,920.34	26,278,815.70	250,452,382.72
										210,468,597.16	276,731,198.42		
										CESA 4	CESA 5		

Gambar 4. 2. Perhitungan Esa 4 dan Esa 5

ESA 4 (2023-2025)	ESA 4 (2023 - 2044)	ESA 5 (2023-2025)	ESA 5 (2023 - 2044)
3 X 5 X 9 X 0,5 X 365 X 1	4 X 6 X 10 X 0,5 X 365 X 1	3 X 7 X 9 X 0,5 X 365 X 1	4 X 8 X 10 X 0,5 X 365 X 1
0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00
14,720.06	407,030.36	14,720.06	407,030.36
359,288.92	9,934,841.10	326,626.29	9,031,673.73
2,401,638.16	50,119,738.73	4,168,881.34	63,902,666.88
4,918,251.96	57,331,876.72	9,161,449.73	74,664,769.69
948,369.98	24,118,199.12	1,509,085.07	34,071,741.61
5,847,127.80	54,489,264.68	11,112,773.27	68,781,530.82
14,474,676.81	195,993,920.34	26,278,815.70	250,452,382.72
210,468,597.16		276,731,198.42	
CESA 4		CESA 5	

Gambar 4. 3. Perbesar Perhitungan Esa 4 dan Esa 5

Dari data Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) tahun 2023 Perhitungan LHR didapatkan data Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA) 4 sebesar 210,468,597.16 dan Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA) 5 sebesar 276,731,198.42.

4.2 Analisis dan Pembahasan

4.2.1 Pembahasan Lalulintas Harian Rata-rata 20 Tahun

Persamaan untuk menentukan factor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

$$R = \frac{(1 + 0,01 i)^{UR} - 1}{0,01 i}$$

Dengan ; R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

Maka ;

$$R = \frac{(1 + 0,01(3,5))^{20} - 1}{0,01 (3,5)}$$

$$R = \frac{(1,035)^{20} - 1}{0,035}$$

$$R = \frac{0,98978886}{0,035} = 28,28$$

4.2.2 Pembahasan Perbaikan Fondasi Jalan

Pentingnya pondasi jalan yang tepat tidak hanya memastikan keamanan dan stabilitas tanah, tetapi juga menekankan perlunya mempertimbangkan karakteristik tanah dasar serta menerapkan teknik perbaikan yang sesuai guna meningkatkan kinerja dan masa pakai jalan secara keseluruhan. Sesuai dengan nilai CBR tanah di wilayah jalan mastrip dengan nilai CBR 1,9% dengan lalu lintas lebih dari 4 juta esa maka perbaikan tanah dasar yang sesuai dengan Bagan desain fondasi jalan minimum adalah menggunakan SG1 dengan lapis penopang dengan ketebalan 1200 mm atau 120 cm baik untuk perkerasan Lentur atau perkerasan kaku, berikut gambar :

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
			Tidak diperlukan perbaikan			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	-	-	100	150 mm stabilisasi di atas 150 mm material timbunan pilihan.
5	SG5		100	150	200	
4	SG4		150	200	300	
3	SG3		175	250	350	
2,5	SG2.5		400	500	600	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)			1000	1100	1200	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ -atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)			1000	1250	1500	

Gambar 4. 4. Desain Fondasi Jalan (MDP,2017)

4.2.3 Pembahasan Spesifikasi Jalan Aspal

Perkerasan lentur pada jalan raya memainkan peran krusial dalam menanggung beban dinamis kendaraan serta memberikan ketahanan terhadap perubahan iklim dan kondisi lingkungan, sehingga merancang dan menerapkan perkerasan lentur dengan tepat merupakan aspek kunci dalam konstruksi infrastruktur jalan yang berkelanjutan, sesuai dengan spesifikasi pada Manual Desai Perkerasan (MDP) berikut susunan spesifikasi desain perkerasan lentur

dengan Cement-Treated Base (CTB) sesuai perhitungan Lalu lintas Harian Rata-rata 20 selama umur rencana 20 tahun, dengan nilai LHR yakni 276,731,198.42 Esa, seperti tampak pada Gambar 10 masuk dalam kolom F5.

Bagan Desain - 3 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB¹⁾

	F1 ²⁾	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat Bagan Desain - 3A, 3B dan 3C				
	Lihat Bagan Desain - 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³⁾				
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA5)	> 10 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200	> 200 - 500
Jenis permukaan berpegikat	AC	AC			
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴⁾	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ⁵⁾	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Gambar 4. 5. Desain Perkerasan Lentur (MDP,2017)

Dari gambar 10 dapat terlihat susunan ketebalan masing-masing material untuk perkerasan lentur, dan untuk spesifikasi susunan material ACWC, ACBC, AC Base, CTB, LFA Kelas B sudah ditentukan dalam Buku Manual Desain Perkerasan (MDP).



Gambar 4. 6. Spesifikasi Perkerasan Lentur (MDP,2017)

4.2.4 Pembahasan Spesifikasi Jalan Beton

Perkerasan kaku, sebagai bagian integral dari sistem jalan raya, dirancang untuk memberikan stabilitas dan ketahanan terhadap beban berat serta memberikan kenyamanan perjalanan dengan mengoptimalkan kekuatan dan daya tahan beton pada permukaan jalan, sesuai dengan Manual Desain Perkerasan Jalan

(MDP) berikut susunan desain perkerasan kaku sesuai lalu lintas selama umur rencana 20 tahun yakni 276,731,198.42 Esa, sehingga dalam gambar 12

Bagan Desain – 4 Perkerasan Kaku Untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

(Persyaratan desain perkerasan kaku dengan sambungan dan ruji (*dowel*) serta bahu beton (*tied shoulder*), dengan atau tanpa tulangan distribusi retak)

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (<i>overloaded</i>) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

Gambar 4. 7. Desain Perkerasan Kaku (MDP,2017)

Dari gambar 12 dapat terlihat susunan ketebalan masing-masing material untuk perkerasan lentur, dan untuk spesifikasi susunan material Beton, Fondasi/LMC,Lapis Drainase sudah ditentukan dalam Buku Manual Desain Perkerasan (MDP). Sehingga spesifikasinya menjadi seperti berikut ;



Gambar 4. 8. Spesifikasi Perkerasan Kaku (MDP,2017)

4.2.5 Dowel dan Tie Bar

Ketentuan penggunaan dowel sebagai penyambung / pengikat pada sambungan pelat beton , dapat dilihat pada table.

Tabel 4. 5. Spesifikasi Dowel (Yonder & Witzak 1975)

Tebal Pelat Perkerasan		Dowel					
		Diameter		Panjang		Jarak	
Inci	Mm	Inci	Mm	inci	Mm	inci	Mm
6	150	0,75	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1,25	32	18	450	12	300
10	250	1,25	32	18	450	12	300
11	275	1,25	32	18	450	12	300
12	300	1,5	38	18	450	12	300
13	325	1,5	38	18	450	12	300
14	350	1,5	38	18	450	12	300

Berdasarkan gambar 12. Desain Perkerasan Kaku, di dapat tebal plat 305 mm jika data tersebut dimasukkan kedalam gambar 15. Spesifikasi Dowel maka diperoleh ukuran ruji berdiameter 38 mm, Panjang 450 mm, Jarak 300 mm dan batang pengikat yang digunakan baja ulir berdiameter 16 mm, Panjang 69 cm jarak 75 cm, sambungan susut dari beton dengan jarak 5 m. Sementara untuk kebutuhan ruji dowel adalah 59.736 biji dan batang pengikat adalah 11.004 biji.

4.2.6 Rincian Anggaran Biaya (RAB)

Pada gambar Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pembangunan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur dibawah, terdiri dari perbaikan struktur tanah sehingga dilakukan penggantian tanah dasar karena nilai CBR terlalu rendah, perbaikan tanah menggunakan urugan pilihan hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai CBR dengan nilai lebih dari 5% , setelah perbaikan tanah dasar selesai selanjutnya lapis perkerasan lentur mengikuti desain dari Manual Desain Perkerasan (MDP) tahun 2017 sehingga diperkirakan pembangunan perkerasan lentur menghabiskan biaya Rp. 152.193.165.703 dan biaya pembangunan perkerasan kaku senilai Rp. 144.355.547.403 , selisih antara pembangunan perkerasan kaku dan perkerasan lentur adalah Rp. 7.837.618.300, hal ini di karenakan pada Jalan Raya Mastrip – Driyorejo kategori lalu lintas berat sehingga mempengaruhi desain ketebalan perkerasan lentur pada Manual Desain Perkerasan (MDP,2017)

**PERKIRAAN
HARGA SATUAN PEKERJAAN
PEMBANGUNAN JALAN RAYA MASTRIP RUAS 150 11K**

NO	URAIAN	SATUAN	KUANTITAS	HARGA SATUAN 2024 (Rp)	HARGA PEKERJAAN (Rp)
1	2	3	4	5	6
Perkerasan Lentur					
1	ACWC	TON	9,108.92	1,675,401.00	Rp15,261,092,336.60
2	ACBC	TON	10,930.70	1,582,561.00	Rp17,298,504,333.69
3	AC Base	TON	40,079.24	1,457,630.00	Rp58,420,709,131.38
4	CTB	M ³	11,985.42	750,727.00	Rp8,997,778,400.34
5	Aggregat Klas B	M ³	11,985.42	767,158.00	Rp9,194,710,836.36
				Jumlah :	109,172,795,038.37
1	Fondasi Perkerasan Lentur Urugan Pilihan	M ³	95,883.36	448,674.00	Rp43,020,370,664.64
				Jumlah :	43,020,370,664.64
total				Jumlah :	152,193,165,703.01
Perkerasan Kaku					
1	Beton bertulang f'c'28,8 MPa (K325)	M ³	24,370.35	2,609,244.00	Rp63,588,199,952.38
2	LMC	M ³	7,990.28	1,588,077.00	Rp12,689,179,891.56
3	Aggregat Klas A	M ³	11,985.42	946,678.00	Rp11,346,333,434.76
4	Dowel Dan Tie bar	Buah	70,740.00	193,829.00	Rp13,711,463,460.00
				Jumlah :	Rp101,335,176,738.70
1	Fondasi Perkerasan Kaku Urugan Pilihan	M ³	95,883.36	448,674.00	Rp43,020,370,664.64
				Jumlah :	Rp43,020,370,664.64
				Jumlah :	144,355,547,403.34