

Perencanaan Jalan dan Jembatan Frontage Road Waru-Buduran Sidoarjo (Sta 0+000 – 2+150 dan 7+175 – 9+400)

Wira Andini, Rachmad Basuki dan Machsus

Departement Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: wiraandini.19101@mhs.its.ac.id

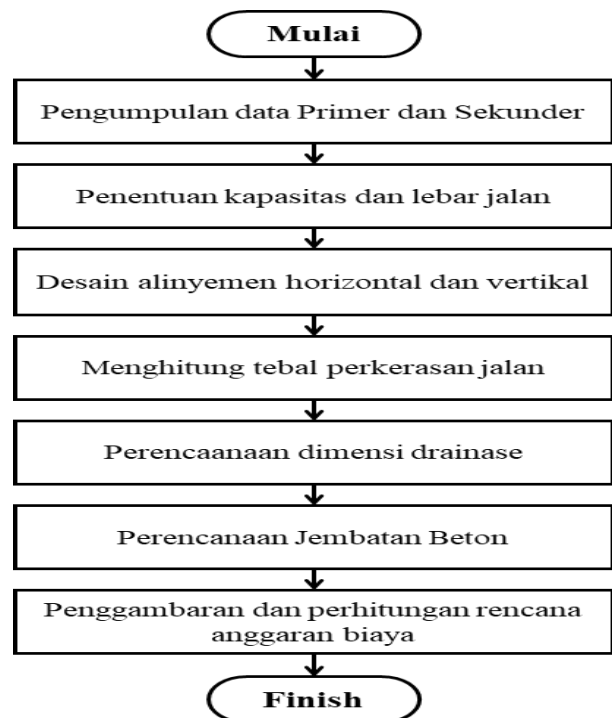
Abstrak—Frontage Road Waru-Buduran Sidoarjo adalah proyek yang dimulai dari tahun 2021 dengan rencana akhir panjang jalan 9,4 km yang nantinya akan menghubungkan dari Jalan Waru hingga Jalan Buduran (Sholahuddin, 2022) dan sudah dikerjakan sepanjang + 5 Km. Berangkat dari latar belakang tersebut, penulis ingin merencanakan Frontage Road Waru-Buduran pada ruas jalan yang belum dibangun, yaitu pada Sta 0+000 – 2+150 dan 7+175 – 9+400. Perencanaan yang dilakukan adalah perencanaan alinyemen horizontal dan vertikal jalan yang mengacu pada Pedoman Desain Geometrik Jalan No 13/P/BM/2021, desain tebal perkerasan lentur menggunakan acuan dari Manual Desain Perkerasan Jalan (Revisi 2017) Nomor 02/M/BM/2017, perencanaan drainase mengacu pada PD. T-02-2006-B, dan desain jembatan beton yang mengacu pada RSNI T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan dan SNI 1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan. Didapatkan hasil berupa perencanaan jalan 2 lajur 4m satu arah, 12 lengkung horizontal dengan sudut tikungan yang kecil, 18 lengkung vertikal, tebal perkerasan berupa AC WC 4 cm, AC BC 6 cm, AC Base 7,5 cm, pondasi CTB 15 cm, LPA kelas A 15 cm, tinggi pondasi timbunan perbaikan tanah yaitu 0,35 m, dimensi drainase terbuka beton bertulang dengan lebar 0,6 m, perencanaan bangunan atas dan bangunan bawah jembatan, dan total anggaran biaya sebesar Rp48.319.282.213.

Kata Kunci—Alinyemen Horizontal, Alinyemen Vertikal, Drainase, Perkerasan Lentur, Jembatan.

I. PENDAHULUAN

KEMACETAN lalu lintas adalah situasi dimana arus lalu lintas melebihi kapasitas sehingga mengakibatkan kecepatan bebas jalan tersebut mendekati berhenti dan menyebabkan antrian kendaraan [1]. Jl. Surabaya-Malang yang terletak di Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu ruas jalan utama yang tiap harinya dilalui banyak kendaraan. Bahkan, pada titik-titik dan jam tertentu sering dijumpai kemacetan akibat *over* kapasitas jalan. Tidak hanya dilewati kendaraan kecil hingga sedang saja, kendaraan berat seperti truk hingga trailer pun sering melintas pada ruas jalan ini. Peningkatan jalan diperlukan untuk mengatasi masalah kemacetan yang kerap terjadi, misalnya adalah pelebaran badan jalan hingga pembuatan ruas jalan baru. Dalam kasus ini, pembangunan frontage dinilai dapat mengurangi kemacetan pada jalan utama Jl. Surabaya-Malang.

Frontage adalah konsep pengembangan jalan dengan dasar jalur cepat dan lambat yang akan dipisah dengan pemisah jalan [2]. Oleh karena itu, Pemerintah Kabupaten Sidoarjo melalui Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Sumber Daya Air memulai proyek pembangunan Frontage Road Waru-Buduran ini sebagai solusi pada permasalahan kemacetan.



Gambar 1. Bagan air penelitian.

Proyek ini dimulai dari tahun 2021 dengan rencana akhir panjang jalan $\pm 9,4$ km yang nantinya akan menghubungkan dari Jalan Waru hingga Jalan Buduran [3]. Panjang ruas jalan yang telah dikerjakan pada tahun 2021 adalah sepanjang $\pm 1,2$ km, terbentang dari Sta 2+650 hingga Sta 3+850. Lalu pada tahun 2022, proyek ini kembali digarap melalui Proyek Pembangunan Jalan dan Jembatan Frontage Road Waru-Buduran (Ljt.) dengan panjang jalan yang dikerjakan yaitu ± 5 km dan diselesaikan akhir tahun 2022. Melihat panjang jalan yang belum tercapai target pembangunannya, proyek akan dilanjutkan kembali sehingga tersambung dari ruas Jalan Waru hingga Buduran, Sidoarjo.

Berangkat dari latar belakang tersebut, penulis ingin merencanakan Frontage Road Waru-Buduran pada ruas jalan yang belum dibangun, yaitu pada Sta 0+000 – 2+150 dan 7+175 – 9+400 untuk menyempurnakan perencanaan Frontage Road Waru-Buduran sebagai salah satu solusi kemacetan yang ada. Perencanaan yang dilakukan mulai dari analisa kapasitas jalan, perencanaan geometrik, perencanaan perkerasan lentur dengan pertimbangan biaya pekerjaan yang lebih murah dari perkerasan kaku, saluran, hingga perencanaan jembatan girder beton pada Frontage Road Waru-Buduran Sta 0+000 – 2+150 dan 7+175 – 9+400. Tujuan dari penelitian ini adalah:

Tabel 2.
Data Volume Kendaraan Jl. Raya Waru Sidoarjo

Kendaraan	2022	2021	2020	i
Sepeda Motor	135266	130058	129629	2,14%
Mobil	19431	19039	18272	3,06%
MPU	229	260	181	10,76%
Bus Kecil	64	65	59	4,50%
Bus Besar	41	46	32	11,15%
Pick Up	806	884	665	9,27%
Truk Kecil	632	768	450	14,82%
Truk Besar	168	175	149	5,96%
Sepeda	54	55	49	4,87%

Tabel 3.
Volume Jam Puncak Rencana Jalan Baru

Jenis Kendaraan	Jam puncak (smp/jam)	Presentase (%)	Q _{DJ} (smp/jam)
Sepeda Motor	2013		765
Mobil Pribadi	1476		561
MPU	64		24
Pickup	100		38
Bus Kecil	4,8		1,8
Bus Besar	8,4		3,2
Truk Kecil 2 Sumbu	25,2	38%	9,6
Truk Besar 2 Sumbu	3,6		1,4
Truk Besar 3 sumbu	3,6		1,4
Truk Gandeng	1,2		0,5
Truk Treiler	1,2		0,5

Tabel 4.
Kapasitas Lapangan untuk Masing-Masing Lebar Lajur Kendaraan

Lebar	C	FC _{Lj}	FC _{HS}	FC _{UK}	C
3		0,92			3005,64
3,25		0,96			3136,32
3,5	1650	1	0,99	1	3267
3,75		1,04			3397,68
4		1,08			3528,36

- Menghitung kapasitas jalan yang sesuai dengan jumlah arus kendaraan rencana pada Frontage Road Waru-Buduran STA 0+000 – 2+150 dan 7+175 – 9+400
- Merencanakan alinyemen horizontal Frontage Road Waru-Buduran STA 0+000 – 2+150 dan 7+175 – 9+400
- Merencanakan alinyemen vertikal Frontage Road Waru-Buduran STA 0+000 – 2+150 dan 7+175 – 9+400
- Merencanakan tebal perkerasan lentur Frontage Road Waru-Buduran STA 0+000 – 2+150 dan 7+175 – 9+400
- Merencanakan dimensi saluran Frontage Road Waru-Buduran STA 0+000 – 2+150 dan 7+175 – 9+400
- Membuat desain rencana jembatan girder beton yang melewati Frontage Road Waru-Buduran STA 0+000 – 2+150 dan 7+175 – 9+400
- Menghitung besar rencana anggaran biaya (RAB) perencanaan Frontage Road Waru-Buduran

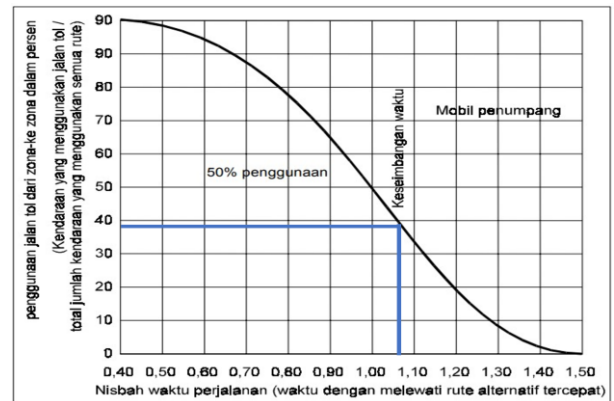
II. METODOLOGI

A. Pengumpulan Data

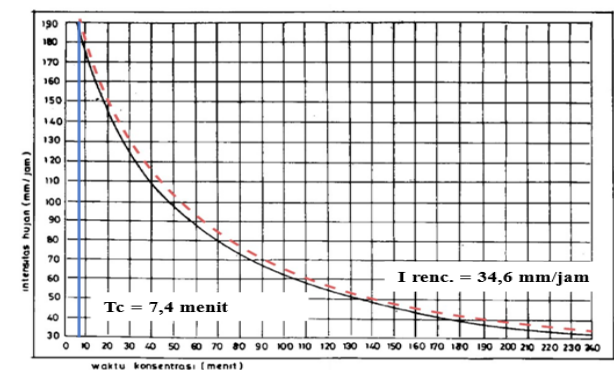
Pengumpulan data dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yakni:

Tabel 1.
Perhitungan CESA5

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	LHRT	VDF5	ESA5 (23°-63°)
Bus Kecil	1.2	23	0,20	53731
Bus Besar	1.2	40	1,00	476313
Truk Kecil 2 Sumbu	1.2	120	0,80	1151425
Truk Besar 2 Sumbu	1.2	17	11,20	2263128
Truk 3 sumbu	1.22	17	64,40	13012988
Truk Gandeng	1.2-2.2	6	90,40	6088893
Truk Treiler	1.2-222	6	69,70	4694644



Gambar 2. Kurva diversifikasi nisbah waktu tempuh.



Gambar 3. Kurva basis perbandingan I rencana dan T_c SNI 03-3424-1994.

1) Data Primer

Data primer meliputi: (1) Survey lalu lintas dilakukan untuk mengetahui jam puncak arus lalu lintas. (2) Survey elevasi eksisting jalan dilakukan untuk mengkoreksi data yang didapatkan dari data sekunder.

2) Data Sekunder

Data sekunder meliputi: (1) Peta kontur Sidoarjo didapatkan dari *opensource* Google Earth Pro. (2) Data CBR tanah dasar yang didapatkan dari PT Mitra Cipta Engineering. (3) Data volume lalu lintas 3 tahun ke belakang didapatkan dari Dinas Perhubungan Kabupaten Sidoarjo. (4) Data curah hujan 10 terakhir dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Sumber Daya Air Sidoarjo. (5) Data tanah digunakan untuk perencanaan pondasi jembatan girder beton dan didapatkan dari PT Mitra Cipta Engineering. (6) Data jumlah penduduk Kab. Sidoarjo tahun 2023 didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS). (7) Data HSPK propinsi Jawa Timur

Tabel 5.
Perhitungan Parameter Alinemen Horizontal

PI	X	Y	Jarak	Defleksi	R pakai	LS ₁	LS ₂	LS ₃	LS	Ls Pakai	p	Tipe	Lc	Tc	Ec	
0+000	690915,61	9187386,35	260,0													
PI1	690912,56	9187126,37	90,0	13,344	150	5,6	26,83	7,61	26,83	26,83	0,2	FC	34,936	17,547	1,023	
PI2	690932,3	9187038,59	251,0	12,780	150	5,6	26,83	7,61	26,83	26,83	0,2	FC	33,459	16,799	0,938	
PI3	690931,83	9186787,59	90,0	13,124	150	5,6	26,83	7,61	26,83	26,83	0,2	FC	34,358	17,255	0,989	
PI4	690911,24	9186700,02	136,9	12,185	150	5,6	26,83	7,61	26,83	26,83	0,2	FC	31,901	16,011	0,852	
PI5	690908,74	9186563,11	90,1	4,953	120	5,6	24,00	9,51	24,00	24,00	0,2	FC	10,373	5,190	0,112	
PI6	690914,88	9186473,2	222,4	5,896	120	5,6	24,00	9,51	24,00	24,00	0,2	FC	12,348	6,179	0,159	
PI7	690907,16	9186250,9	450,0	2,493	200	5,6	30,98	5,71	30,98	30,98	0,2	FC	8,703	4,352	0,047	
PI8	690911,12	9185800,96	559,4	2,262	200	5,6	30,98	5,71	30,98	30,98	0,2	FC	7,896	3,949	0,039	
2+150	690893,96	9185241,84														
7+175	690501,26	9180257,09	454,8													
PI9	690410,36	9179811,44	740,0	0,932	700	5,6	57,97	1,63	57,96	33,33	0,1	FC	11,385	5,693	0,023	
PI10	690250,7	9179088,88	448,5	3,633	300	5,6	37,95	3,80	37,94	33,33	0,2	FC	19,021	9,513	0,151	
PI11	690181,87	9178645,67	361,1	5,430	200	5,6	30,98	5,71	30,98	30,98	0,2	FC	18,953	9,484	0,225	
PI12	690092,94	9178295,69	220,0	2,573	500	5,6	48,99	2,28	48,99	33,33	0,1	FC	22,456	11,230	0,126	
9+400	690029,24	9178085,12														

Tabel 6.
Perhitungan Parameter Alinemen Vertikal

Keterangan	PVI-1			PVI-2			PVI-3			PVI-4			PVI-5
	PLV	PVI	PTV	PLV	PVI	PTV	PLV	PVI	PTV	PLV	PVI	PTV	PVI
Jenis													
Lengkung		Cekung			Cekung			Cembung			Cembung		Cekung
L (m)		24,00			28,14			28,14			24,00		24,00
Ev (m)		0,012			0,013			-0,013			-0,011		0,011
STA (m)	0+288	0+300	0+312	0+336	0+650	0+664	0+736	0+750	0+764	0+808	0+820	0+832	0+920
Elevasi (m)	6,22	6,18	6,17	5,17	6,18	6,22	6,50	6,54	6,55	6,55	6,54	6,50	6,18
Ket.		PVI-6			PVI-7			PVI-8			PVI-9		PVI-10
Jenis	PLV	PVI	PTV	PLV	PVI	PTV	PLV	PVI	PTV	PLV	PVI	PTV	PVI
Lengkung		Cekung			Cembung			Cembung			Cekung		Cekung
L (m)		39,58			39,58			24,80			24,80		28,52
Ev (m)		0,038			-0,038			-0,013			0,012		0,002
STA (m)	1+080	1+100	1+120	1+130	1+150	1+170	1+208	1+220	1+232	1+308	1+320	1+332	7+800
Elevasi (m)	6,17	6,21	6,32	5,40	6,51	6,55	6,55	6,54	6,50	6,17	6,13	6,12	5,25
Ket.		PVI-11			PVI-12			PVI-13			PVI-14		PVI-15
Jenis	PLV	PVI	PTV	PLV	PVI	PTV	PLV	PVI	PTV	PLV	PVI	PTV	PVI
Lengkung		Cekung			Cembung			Cembung			Cekung		Cekung
L (m)		42,83			43,51			38,10			38,32		36,04
Ev (m)		0,051			-0,055			-0,0365			0,0372		0,0281
STA (m)	8+229	8+250	8+271	8+278	8+300	8+322	8+309	8+328	8+347	8+381	8+400	8+419	8+830
Elevasi (m)	5,47	5,53	5,69	5,76	5,92	5,98	5,98	5,94	5,83	5,57	5,46	5,43	5,50
Ket.		PVI-16			PVI-17			PVI-18					
Jenis	PLV	PVI	PTV	PLV	PVI	PTV	PLV	PVI	PTV				
Lengkung		Cembung			Cembung			Cekung					
L (m)		36,37			34,78			34,02					
Ev (m)		-0,029			-0,028			0,027					
STA (m)	8+892	8+910	8+928	8+959	8+976	8+993	9+039	9+056	9+073				
Elevasi (m)	5,86	5,95	5,98	5,98	5,95	5,87	5,57	5,48	5,45				

B. Analisa Kapasitas Jalan

Analisa kapasitas jalan pada penelitian ini meliputi (Gambar 1):

- Menghitung pertumbuhan lalu lintas dengan metode statistik regresi linear.
- Mengumpulkan data arus kendaraan dengan survey lalu lintas pada ruas jalan utama.
- Menghitung jumlah arus kendaraan rencana yang akan lewat pada jalan baru dari jalan utama dengan metode kurva diversifikasi nisbah waktu tempuh.
- Menghitung kapasitas jalan terhadap derajat kejenuhan rencana selama umur rencana
- Menghitung kapasitas lapangan jalan rencana

C. Perhitungan Alinyemen Horizontal dan Vertikal

Perhitungan alinyemen horizontal dan vertikal meliputi

(1) Alinyemen Horizontal atau tikungan menurut PDGJ 2021, pertama ditentukan panjang bagian lurus. Di setiap *Intersection* (PI) ditetapkan radius desain (R_c), panjang lengkung ikuungan (L_c), dan panjang lengkung peralihan (L_s). Apabila nilai $p \geq 0,25$ m, maka lengkung berbentuk SCS < 0,25 maka bentuk lengkung horizontal adalah FC. (2) Alinyemen Vertikal didesain setelah menentukan alinyemen horizontal definitif. Menentukan PVI, dan apabila perbedaan grade (A) bernilai positif, maka bentuk lengkung vertikal berupa Lengkung Vertikal Cekung (SAG) dan sebaliknya.

D. Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur

Perhitungan tebal perkerasan lentur meliputi:

- Mengumpulkan data LHR melalui data survey lalu lintas dan data pertumbuhan lalu lintas
- Menghitung LHR untuk jalan baru melalui model kurva

Tabel 7.
Rekapitulasi Perhitungan Drainase

Keterangan	Segmen										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
L (m)	300	471	214	139	577	385	714	503	265	362	432
A (km ²)	0,003	0,005	0,002	0,001	0,006	0,004	0,007	0,005	0,003	0,004	0,004
C gabungan	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
i (%)	0,023%	-0,095%	0,106%	-0,086%	0,036%	-0,078%	0,058%	-0,054%	0,197%	-0,088%	0,031%
V (m/detik)	0,331	0,668	0,707	0,636	0,411	0,608	0,525	0,504	0,963	0,643	0,384
Q (m ³ /detik)	0,110	0,173	0,079	0,051	0,212	0,141	0,262	0,185	0,097	0,133	0,159
Fd (m ²)	0,0735	0,1154	0,0524	0,0341	0,1414	0,0943	0,1749	0,1232	0,0649	0,0887	0,1058
i _{ijin} (%)	0,4771%	0,4771%	0,4771%	0,4771%	0,4771%	0,4771%	0,4771%	0,4771%	0,4771%	0,4771%	0,4771%
Qs (m ³ /detik)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

- diversi
- c. Analisa Umur perkerasan, faktor pertumbuhan lalu lintas (R), distribusi lajur, dan distribusi arah
- d. Menghitung ESA5
- e. Membagi segmen seragam dan menghitung CBR tanah dasar
- f. Menentukan fondasi perkerasan
- g. Menentukan tipe dan tebal lapis perkerasan

E. *Perencanaan Saluran Drainase*

Perencanaan saluran drainase meliputi:

- a. Mengumpulkan data sekunder berupa curah hujan
- b. Menghitung intensitas curah hujan rencana
- c. Menentukan debit rencana
- d. Merencanakan sistem drainase
- e. Menghitung kapasitas saluran drainase
- f. Menentukan dimensi saluran
- g. Menghitung tinggi jagaan

F. *Perencanaan Desain Jembatan Girder Beton*

Perencanaan desain jembatan girder beton pada penelitian ini meliputi:

- a. Survey lapangan, bertujuan untuk mengetahui data teknis jembatan.
- b. *Preliminary design* atau desain dimensi awal jembatan mengacu pada peraturan yang ada.
- c. Analisa pembebanan jembatan yang mengacu pada SNI 1725-2016 dan SNI 2833-2008 untuk beban gempa jembatan
- d. Penulangan struktur atas jembatan
- e. Penulangan struktur abutment jembatan
- f. Perhitungan pondasi tiang pancang jembatan
- g. Penggambaran hasil perhitungan jembatan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Analisa Kapasitas*

Angka pertumbuhan lalu lintas tiap kendaraan dihitung menggunakan metode penyelidikan data dan statistik yaitu regresi linear. Panjang jalan utama yang direncanakan akan berpindah ke jalan baru adalah 4,028 km. Dilakukan juga survey untuk mengetahui kecepatan lapangan pada jalan utama (Tabel 1).

Didapatkan hasil bahwa pada pengamatan sejauh 750 m, ditempuh dalam 64 detik, sehingga kecepatan pada jalan utama adalah 42 km/jam. Maka nisbah waktu tempuh:

$$\text{Nisbah waktu tempuh} = \frac{14,10}{14,03} = 1,077$$

Pada Gambar 2 didapatkan nilai 38% kendaraan untuk berpindah dari ruas jalan utama nasional. Analisa kapasitas dihitung untuk merencanakan lebar jalan yang memenuhi volume jalan pada umur rencana yaitu 20 tahun (Tabel 2).

Derajat kejenuhan yang baik menurut PKJI adalah kurang dari 0,8. Maka digunakan 0,8 sebagai derajat kejenuhan rencana.

$$D_j = \frac{Q}{C}$$

$$C = \frac{Q}{D_j} = \frac{2800}{0,8} = 3500 \text{ smp/jam}$$

Contoh perhitungan kapasitas lapangan untuk lebar 4m ditunjukkan pada Tabel 3.

$$C = C_0 \times FC_{Lj} \times FV_{B,HS} \times FC_{UK}$$

$$C = 3528 \text{ skr/jam}$$

B. *Alinyemen Horizontal*

Untuk menghitung jarak dibutuhkan data koordinat tiap titik *Point of Interest*. Contoh perhitungan jarak pada PI-3 sebagai berikut:

$$L = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

$$L = \sqrt{(X_{PI3} - X_{PI2})^2 + (Y_{PI3} - Y_{PI2})^2}$$

$$L = 300,00 \text{ m}$$

Perhitungan sudut azimuth pada PI-3 adalah sebagai berikut:

$$\alpha_{PI-3} = \text{arc tan} \left(\frac{X_{PI3} - X_{SPI2}}{Y_{PI3} - Y_{PI2}} \right)$$

$$\alpha_{PI-3} = 0,1074^\circ$$

Maka sudut tikungan PI-3 dapat dihitung sebagai berikut:

$$\Delta_{PI-3} = \alpha_{PI-3} - \alpha_{PI-4}$$

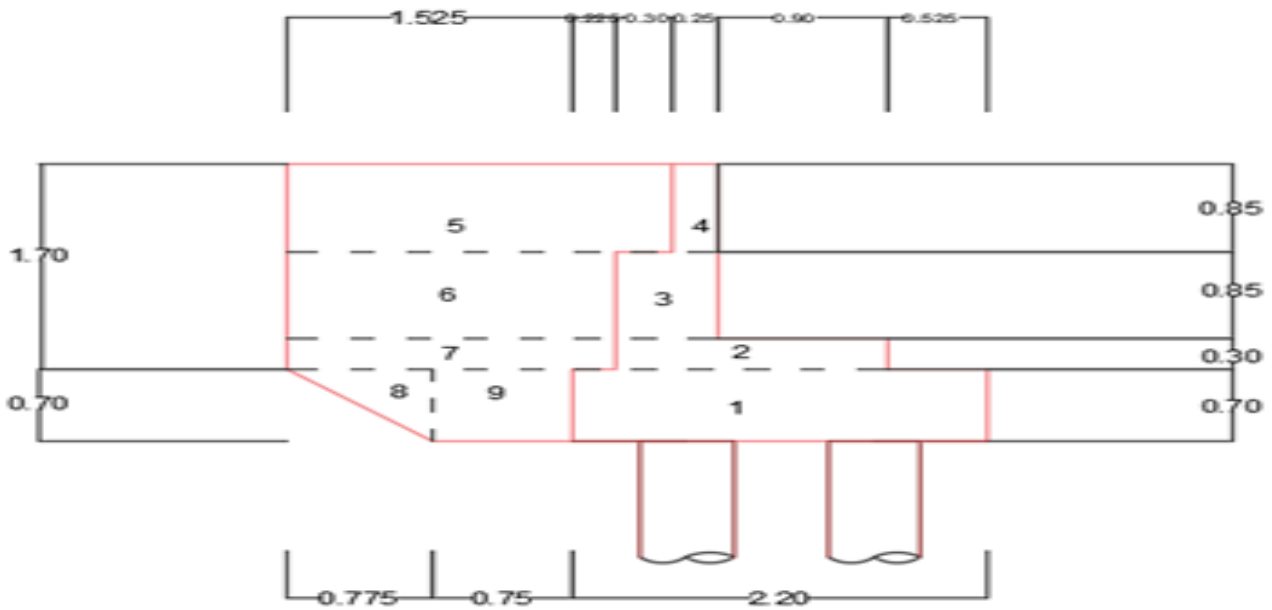
$$\Delta_{PI-3} = 0,107462^\circ - (13,231402^\circ)$$

$$\Delta_{PI-3} = 13,1239^\circ$$

Jari-jari lengkung tiap tikungan harus memenuhi dan di atas jari-jari minimum. Jari-jariS minimum dihitung sebagai berikut:

$$R_{min} = \frac{40^2}{127 (8\% + 0,22)}$$

$$R_{min} = 41,99 \text{ m}$$



Gambar 4. Dimensi abutment.

Penentuan jenis tikungan didapatkan dari perhitungan p.

$$p = \frac{32,496^2}{24 \times 150} = 0,2 \text{ m}$$

$p < 0,25 \text{ m}$, maka jenis tikungan pada PI-1 adalah FC. Parameter lengkung FC adalah sebagai berikut.

$$Tc = Rc \times tg\left(\frac{1}{2}\Delta\right)$$

$$Tc = 17,255 \text{ m}$$

$$Ec = \frac{Rc}{\cos\left(\frac{1}{2}\Delta\right)} - Rc$$

$$Ec = 0,989 \text{ m}$$

$$Lc = \left(\frac{\Delta\pi}{180}\right) \times Rc$$

$$Lc = 34,36 \text{ m}$$

C. Alinyemen Vertikal

Sebelum ditentukan bentuk lengkung, ditentukan dan dihitung kelandaian dan beda kelandaian di setiap PVI. Lengkung vertikal cekung apabila A bernilai positif dan cembung apabila A bernilai negatif. Contoh perhitungan kelandaian dan nilai A pada PVI-1 sebagai berikut:

$$g = \frac{Elevasi_{awal} - Elevasi_{akhir}}{STA_{awal} - STA_{akhir}} \times 100\%$$

$$g_1 = -0,403\%$$

$$g_2 = 0,00\%$$

$$A = g_2 - g_1$$

$$A = 4,03\%$$

Karena nilai A bernilai positif, maka bentuk lengkung vertikal pada PVI-1 adalah lengkung vertikal cekung. Contoh J_{PH} pada PVI-1 dihitung sebagai berikut:

$$J_{PH} = 0,278 V_D t + 0,039 \frac{V_D^2}{254 \left(\frac{a}{9,81} \pm G\right)}$$

$$J_{PH} = 23,479 \text{ m}$$

Panjang lengkung vertikal (L_v) dihitung berdasarkan beberapa kriteria dan harus memenuhi minimal jarak pandang.

1) Ketika $S \leq L$

$$K = \frac{S^2}{200 (\sqrt[2]{h_1} - \sqrt[2]{h_2})}$$

$$K = 4,109 \text{ m}$$

$$L = K A$$

$$L = 1,658 \text{ m}$$

2) Ketika $S > L$

$$K = \frac{2S}{A} - \frac{200 (\sqrt[2]{h_1} - \sqrt[2]{h_2})^2}{A^2}$$

$$K = 39,535 \text{ m}$$

$$L = K A$$

$$L = 15,951 \text{ m}$$

3) Berdasarkan Syarat L_{min}

$$L = 0,6 VD$$

$$L = 24 \text{ m}$$

Berdasarkan kontrol K untuk lengkung vertikal cekung. Nilai K untuk lengkung vertikal cekung untuk $V_D = 40 \text{ km/jam}$ nilai K adalah $K = 9$.

$$L = K A$$

$$L = 3,63 \text{ m}$$

Berdasarkan kontrol K untuk lengkung vertikal cekung

$$K = \frac{V_D^2}{1296 a}$$

$$K = 2,517$$

$$L = KA$$

$$L = 1,0155 \text{ m}$$

4) Berdasarkan Faktor Drainase

$$L = 40 A$$

$$L = 16,1385 \text{ m}$$

Sehingga diambil nilai terbesar $L = 24 \text{ m}$. nilai pergeseran lengkung pada PVI-1 dihitung sebagai berikut (Tabel 4):

$$E_v = \frac{A \times L}{800}$$

$$E_v = 0,0121 \text{ m}$$

STA dan elevasi PLV, PPV, dan PTV pada PVI-1 adalah sebagai berikut (Tabel 6 dan Tabel 7):

$$\text{STA PLV} = \text{STA PVI}-0,5L = 0+288$$

$$\text{STA PTV} = \text{STA PVI}+0,5L = 0+312$$

$$\text{Elev. PLV} = \text{Elev. PVI}-0,5L \times g_1 = 6,218 \text{ m}$$

$$\text{Elev. PPV} = \text{Elev. PVI} + E_v = 6,182 \text{ m}$$

$$\text{Elev. PTV} = \text{Elev. PVI} + 0,5L \times g_2 = 6,169 \text{ m}$$

D. Perencanaan Tebal Perkerasan

LHR dapat dihitung dengan membagi arus jam rencana dengan faktor k, diambil 8%. Contoh untuk perhitungan LHR:

$$LHR_{bus\ kecil} = \frac{q_{JD\ bus\ kecil}}{k}$$

$$LHR_{bus\ kecil} = \frac{2,4}{0,08} = 23$$

Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (R) digunakan untuk menghitung beban sumbu standar kumulatif.

$$R_{bus\ kecil} = \frac{(1 + 0,01 \times 4,5\%)^{40} - 1}{0,01 \times 4,5\%}$$

$$R_{bus\ kecil} = 40,35$$

Direncanakan jalan dengan tipe 2 lajur 1 arah, maka:

Faktor Distribusi Arah (DD) : 1 (1 arah)

Faktor Distribusi Lajur (DL) : 80% (2 Lajur tiap arah)

Dihitung kumulatif beban (ESA5) untuk umur rencana 40 tahun (2023 – 2063) dengan menggunakan VDF (Tabel 4).

$$ESA5_{bus\ kecil} = \left(\sum LHR_{bus\ kecil} \times VDF5_{bus\ kecil} \right) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

$$ESA5_{bus\ kecil} = 53731 \text{ kend./jam}$$

Data daya dukung tanah dasar CBR didapatkan sebesar 2,56%. Lapis penopang di atas permukaan setara CBR 6% = 350 mm. Desain perkerasan lentur didasarkan pada persyaratan minimum untuk lalu lintas dengan jumlah ESA5 10-30 juta, digunakan jenis permukaan berpengikat AC dan jenis lapis pondasi CTB (*Cement Treated Base*) (Tabel 5). Tebal struktur perkerasan lentur diuraikan sebagai berikut:

AC WC : 40 mm

AC BC : 60 mm

AC Base : 75 mm

CTB : 150 mm

Fondasi Agregat Kelas A : 150 mm

E. Perencanaan Drainase

Ditinjau 4 pos penakar hujan, yaitu pos Bono pos Sruni, pos Banjarkematren, dan Ketegan dari tahun 2012 hingga 2022 (Gambar 3).

$$\text{Rata-rata} = 112,36 \text{ mm/hari}$$

$$n = 10 \text{ Tahun}$$

$$\text{Periode ulang (T)} = 5 \text{ Tahun}$$

$$\text{Variasi (S}_x^2) = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}$$

$$= 1137,2 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Standar deviasi (S}_x) = 33,72 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Variasi yang berkurang (Y}_T) = 1,4999$$

$$\text{Nilai yang bergantung pada n (Y}_n) = 0,4952$$

$$\text{Standar deviasi fungsi n (S}_n) = 0,9496$$

$$X_T = \bar{X} + \frac{S_x}{S_n} (Y_T - Y_n)$$

$$= 148,042 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Analisa distribusi frekuensi I} = (90\% X_T)/4$$

$$I = 33,3095 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Rerata intensitas curah hujan I} = \frac{(I_1 + I_2 + I_3 + I_4)}{4}$$

$$= 34,644 \text{ mm/jam}$$

Contoh perhitungan luas pengaliran pada segmen 4 adalah sebagai berikut:

$$A_{\text{jalan}} : 8 \times 139 \text{ m} = 1112 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{bahu}} : 0,5 \times 139 \text{ m} = 69,5 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{trottoar}} : 1,5 \times 139 \text{ m} = 208,5 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{segmen4}} = 0,001 \text{ km}^2$$

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$C = 0,7 t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167}$$

$$t_1 \text{ aspal} = 1,501 \text{ menit}$$

$$t_1 \text{ bahu} = 0,945 \text{ menit}$$

$$t_1 \text{ trotoar} = 1,274 \text{ menit}$$

Direncanakan dimensi penampang basah saluran adalah

$$0,6 \times 0,3 \text{ m.}$$

$$R = \frac{b \times h}{b + 2h} = 0,15 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2} = 0,636 \text{ m/detik}$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V}$$

$$t_2 = 3,643 \text{ menit}$$

$$T_c = t_1 + t_2 = 7,4 \text{ menit}$$

Kurva basis digunakan untuk menentukan intensitas curah hujan maksimum. Didapatkan $I_{\text{maks}} = 189 \text{ mm/jam}$.

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A = 0,051 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kecepatan saluran dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan. Direncanakan saluran dengan dengan lebar 0,6 m bahan beton bertulang, maka $V_{\text{ijin}} = 1,5 \text{ m/detik}$.

$$F_d = \frac{Q}{V} = 0,034 \text{ m}^2$$

$$F_d = b \times h$$

$$h = 0,29 \approx 0,30 \text{ m}$$

Contoh perhitungan kemiringan ijin pada segmen 4 adalah sebagai berikut:

$$i = \left(\frac{V \times n}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$i_{ijin} = 0,477\%$$

$$i_{ijin} \geq i_{lapangan}$$

$$0,477\% \geq 0,086\% \quad \text{OK}$$

Maka, saluran tidak memerlukan pematah arus. Debit air saluran harus lebih besar dibanding debit air lapangan.

$$Q_s = F \times V = 0,18 \times 1,5$$

$$Q_s = 0,36 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{saluran} \geq Q$$

$$0,27 \geq 0,051 \quad \text{OK}$$

F. Perencanaan Jembatan Girder Beton

Perencanaan jembatan girder beton meliputi:

1) Data Perencanaan Jembatan Beton

Direncanakan jembatan tipikal bentang 14m dengan data perencanaan sebagai berikut.

Kelas jembatan	: 1	SNI 1725-2016
Bentang Jembatan	: 14	m
Lebar lajur jembatan	: 8	m
Lebar trotoar	: 0,6	m
Lebar lajur + trotoar	: 8+2×0,6 = 9,2	m
Lokasi jembatan	: > 5 km	dari pantai

2) Pelat Lantai Jembatan

Tebal pelat lantai beton mengacu pada RSNI T-12-2004. Maka digunakan dimensi tebal pelat lantai (ts) = 250 mm. Didapatkan total Momen Ultimit sebagai berikut.

Tumpuan	= 70,188	kN.m/
Lapangan	= 35,094	kN.m/m'
Contoh penulangan pada daerah tumpuan pelat lantai.		
Mu	= 70,188 kNm/m'	= 70187500 Nm
Mn	= $\frac{Mu}{\phi}$	= 87734375 Nmm
Rn	= $\frac{Mn}{bd^2}$	= 2,0675 N/mm ²
ρ	= $\frac{1}{m} \left(1 - \left(1 - \frac{2m Rn}{fy} \right) 0,5 \right)$	= 0,0277

Sehingga ρ pakai = 0,0277

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d = 5116,6 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} = 6157,52 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bagi digunakan tulangan minimum

$$\rho_{min} = 0,0036 \quad As_{perlu} = \rho \times b \times d = 739,49 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D18 - 300 mm

$$As_{pakai} = 848,23 \text{ mm}^2$$

3) Balok Girder

Tinggi minimum girder dalam Tabel 6 ACI 314R-16 adalah L/11 dari bentangnya.

$$H_{min} = L/11 = 1273 \text{ mm, diambil } H = 1400 \text{ mm}$$

$$B_{min} = 1/2 \times H = 700 \text{ mm, diambil } B = 700 \text{ mm}$$

Faktor beban diatur dalam SNI 1725:2016 untuk beban mati, beban mati tambahan, dan baban lajur.

Contoh perhitungan penulangan lentur pada girder tengah adalah sebagai berikut:

M _{perlu}	= Mu / Kcr	= 5604,60 kNm
As	= 14778	mm ²
Tipe	= 3	lapis
Spasi bawah	= 50	mm

$$\text{Spasi max} = 53,71 \text{ mm}$$

$$Mn = Ts(d-a/2) = 6175,9 \text{ kNm} > 5604,6 \text{ kNm}$$

OK

4) Diafragma

$$h_d \geq 165 + 0,06 s_w$$

$$h_d \geq 339 \text{ mm, digunakan } h_d = 500 \text{ mm}$$

$$b_d = 23 h_d$$

$$b_d \geq 267 \text{ mm, digunakan } h_d = 300 \text{ mm}$$

Contoh perhitungan tulangan lentur diafragma adalah sebagai berikut.

$$\rho = \frac{As}{bd} = 0,0508$$

$$\rho = \frac{As'}{bd} = 0,0254$$

$$Batas = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times t' \times 600}{(fy.d) \times (600 - fy)} = 0,015$$

$$\rho - \rho' > \text{batas}$$

$$0,025 > 0,015 \quad \text{Sudah leleh}$$

$$Mn = Mn1 + Mn2 = 549,07 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn = 494,17 \text{ kNm}$$

$$Mu > \phi Mn$$

$$402,1 > 494,17 \quad \text{OK}$$

5) Abutment

Direncanakan abutment dengan dimensi seperti pada Gambar 4. Contoh perhitungan penulangan lentur pada Wing Wall.

$$Mn = \frac{Mu}{\theta} = \frac{49503769,92}{0,9} = 55004188,809 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = 0,81 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) = 0,0161$$

Digunakan $\rho = 0,0161$

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d = 2419,35 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D28 -250 mm

$$As_{pakai} = \frac{1/4 \times \pi \times D^2 \times L}{s} = 2463 \text{ mm}^2 = 2463 > 2416,99$$

6) Tiang Pancang

Direncanakan 16 tiang pancang dengan perencanaan sebagai berikut.

Diameter tiang (D)	= 0,5	m
Mutu beton (fc')	= 52	MPa
Keliling	= 1,571	m
Luas	= 0,196	m ²
Berat jenis beton	= 2500	kg/m ³
Berat tiang	= 490,8	kg/m'
Kedalaman tiang pancang (l)	= 40	m
N-SPT rencana dasar tiang (N)	= 27	

Didapatkan daya dukung ijin 1 tiang pada kedalaman 40m adalah 120,5 ton atau 1205,06 kN.

Didapatkan nilai V, H, Mx, My pada kombinasi terbesar, kombinasi 5, adalah sebagai berikut.

$$V = 2269,41$$

$$H = 451,33$$

$$M_x = 3184,74$$

$$M_y = 743,05, \text{ sehingga besar } P_{\text{tiang}}$$

$$P = \frac{2269,41}{16} + \frac{743,05 \times 3,85}{25,41} + \frac{3184,74 \times 0,25}{0,5}$$

$$P = 1157,86 \text{ kN} > 1205,06 \text{ kN OK}$$

G. Rencana Anggaran Biaya

Harga satuan yang digunakan adalah HSPK Jawa Timur 2023.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini meliputi: (1) Dari hasil perhitungan kapasitas, didapatkan kapasitas lapangan pada perencanaan jalan dengan tipe 2 lajur 1 arah adalah sebesar 3528 smp/jam. (2) Perhitungan alinyemen horizontal menunjukkan terdapat 12 PI dengan sudut tikungan terbesar adalah 13,3° dan berbentuk FC. (3) Pada perhitungan alinyemen vertikal, didapatkan 18 lengkung vertikal atau *Point Vertical Intersection* pada rencana jalan. Lengkung yang berbentuk cekung berjumlah 10. Sedangkan lengkung cembung berjumlah 8. (4) Rencana tebal perkerasan adalah AC WC = 40 mm, AC BC = 60 mm, AC Base = 75 mm, CTB = 150 mm, LPA Kelas A = 150 mm, dan tebal pondasi untuk perbaikan tanah dasar dengan CBR = 2,56% adalah 350 mm. (5) Intensitas curah hujan maksimum didapatkan sebesar 189 mm/jam. Didapatkan dimensi lebar 0,6 m. Digunakan tipe

saluran drainase terbuka tipe U-ditch dengan dimensi 60.80.120 dan 60.100.120. (6) Dimensi dan penulangan jembatan adalah sebagai berikut: (a) Girder dimensi 0,7x1,4 m. Pada girder tepi, tulangan tarik tumpuan dan lapangan = 12D28 dan 18D28, tulangan tekan tumpuan dan lapangan = 6D28. Sedangkan pada girder tengah, tulangan tarik tumpuan dan lapangan = 18D28 dan 24D28, tulangan tekan tumpuan dan lapangan = 6D28. Tulangan sengkang digunakan untuk daerah tumpuan adalah 2D13-250 dan 2D13-350 untuk lapangan. (b) Diafragma lebar = 300 mm, tinggi = 500 mm, tulangan lentur tarik 5D22, tulangan lentur tekan 3D22, tulangan sengkang D13-150. (c) Pelat lantai, tebal = 250 mm, tulangan utama tumpuan D28-100 dan lapangan D28-150, tulangan bagi tumpuan D18-300 dan lapangan D18-300. (d) Tulangan lentur *back wall* yang digunakan adalah D32-100 dan tulangan bagi D16-250. (e) Tulangan lentur *wing wall* = D28-250 dan tulangan bagi = D16-300. (f) Tulangan lentur *breast wall* = D32-70 dan tulangan bagi = D16-100. (g) Tiang pancang yang digunakan pada 1 abutment berjumlah 16 dengan diameter 500 mm dan panjang 40m. (h) Tulangan lentur pile cap yang digunakan D28-150, tulangan bagi = D16-250. (7) Jumlah total anggaran biaya dibulatkan yang didapatkan adalah sebesar Rp48.319.300.000,-

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Bina Marga, "Panduan Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)." Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta, pp. 1–11, 2014.
- [2] Direktorat Jenderal Bina Marga, "Manual Desain Perkerasan Jalan." Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta, pp. 1–235, 2017.
- [3] Ofyar Z Tamin, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, 1st ed. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2000, ISSN: 9799299101.