

Perancangan Geometrik dan Perkerasan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi Segmen Probolinggo – Paiton dengan Menggunakan Perkerasan Kaku

Ilham Rizky Darmawan dan Catur Arif Prastyanto
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: cprastyanto@gmail.com

Abstrak—Jalan tol memiliki peranan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi negara. Jalan Tol Trans Jawa merupakan salah satu bentuk usaha pemerintah untuk meningkatkan perekonomian negara, jalan tol ini membentang dari ujung barat hingga ujung timur pulau Jawa. Jalan Tol Trans Jawa memiliki panjang total 1132 kilometer. Proyek ini memiliki 18 ruas jalan tol, bagian terakhir merupakan ruas jalan tol Probolinggo – Banyuwangi yang memiliki panjang 172,9 kilometer yang terdiri dari 3 seksi yaitu Probolinggo – Besuki, Besuki – Asembagus dan Asembagus – Ketapang. Dalam studi ini akan dibahas mengenai perancangan geometrik dan perkerasan jalan menggunakan perkerasan kaku. Lokasi yang diambil termasuk ke dalam seksi 1 tetapi perancangan hanya sampai daerah Paiton. Perancangan ini menggunakan Peraturan Bina Marga untuk Perencanaan Geometrik Jalan Bebas Hambatan tahun 2009, Manual Desain Perkerasan (MDP) tahun 2018 Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, dan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Provinsi Jawa Timur tahun 2019. Metodologi perancangan Jalan Tol ini menggunakan software BIM dimana hasil perencanaan trase berdasarkan kondisi medan secara aktual. Software yang dipakai berupa Infracore untuk merencanakan trase dan Civil 3D untuk mengolah Detail Engineering Design (DED). Dari hasil perancangan jalan tol ini didapatkan panjang jalan sebesar 47,089 km dengan jumlah tikungan sebanyak 20 PI dan lengkung vertikal sebanyak 20 PVI. Tebal lapisan perkerasan kaku didapatkan 305mm pada badan jalan dan 285 mm pada bahu jalan dengan lapisan tambahan pada keduanya yaitu lapisan beton kurus (LMC) 100 mm, lapisan drainase 150 mm dan lapisan stabilisasi semen 300 mm Volume galian yang dihasilkan sebesar 5.992.604,06 m³ dan volume timbunan sebesar 4.667.510,08 m³ dengan rasio perbandingan antara galian dengan timbunan sebesar 22,11%. Serta total anggaran biaya material untuk pembangunan Jalan Tol ini sebesar Rp3.748.271.319.921,-

Kata Kunci—Jalan Tol, Probolinggo, Geometrik, Perkerasan Kaku.

I. PENDAHULUAN

JALAN tol Trans Jawa merupakan jalan tol yang membentang dari ujung barat hingga ujung timur pulau Jawa. Jalan tol pada umumnya digunakan sebagai jalan alternatif yang bertujuan untuk mengurai kemacetan pada jalan nasional eksisting. Proyek jalan tol Trans Jawa ini dimulai dari Merak hingga berakhir di Banyuwangi dengan

panjang total ±1132 kilometer. Proyek pembangunan jalan tol Trans Jawa merupakan salah satu bentuk usaha pemerintah untuk memudahkan masyarakat Indonesia dalam segi mobilitas untuk meningkatkan perekonomian dan sosial masyarakat. Proyek pembangunan jalan tol Trans Jawa merupakan salah satu bentuk usaha pemerintah untuk memudahkan masyarakat Indonesia dalam segi mobilitas untuk meningkatkan perekonomian dan sosial masyarakat.

Proyek ini memerlukan biaya investasi sebesar ±54,14 triliun rupiah untuk pembangunan ruas utama dan ±8,98 triliun rupiah untuk biaya pembebasan lahan, ditargetkan pada tahun 2019 seluruh ruas jalan tol Trans Jawa sudah selesai dan dapat digunakan. Diharapkan proyek tol trans Jawa mampu mendukung pembangunan negara dalam sektor ekonomi melalui pendistribusian barang yang efektif dan efisien.

Ruas jalan tol Probolinggo – Banyuwangi atau jalan tol Probolinggo merupakan jalan tol yang menghubungkan 3 kota yaitu Probolinggo, Situbondo dan Banyuwangi. Dalam pembangunannya ruas ini direncanakan memiliki panjang 172,9 kilometer yang terdiri dari 3 seksi yaitu Seksi I Probolinggo – Besuki memiliki panjang 46,5 kilometer, Seksi II Besuki – Asembagus memiliki panjang 59,6 kilometer dan Seksi III Asembagus – Ketapang 66,8 kilometer. Ruas tol ini direncanakan memiliki lajur 3 lajur dengan lebar masing-masing 3,6 meter, bahu jalan bagian luar selebar 3 meter dan bahu jalan bagian dalam selebar 1,5 meter.

Dalam studi ini akan dibahas mengenai pembangunan jalan tol trans Jawa ruas Probolinggo – Banyuwangi pada seksi I yaitu seksi Probolinggo – Paiton. Pembahasan dalam studi ini meliputi perancangan geometrik jalan tol, tebal perkerasan kaku dengan umur rencana 40 tahun dan anggaran biaya dari trase yang direncanakan.

II. METODOLOGI

A. Tahap Persiapan

Langkah awal dalam mempersiapkan studi ini adalah mengidentifikasi masalah. Dalam studi ini permasalahan yang diselesaikan adalah mengurangi waktu tempuh dari Probolinggo hingga Paiton dari 4 -5 jam menjadi 2 – 3 jam

Tabel 1.
Kemiringan medan jalan

Medan jalan	Kemiringan medan
Datar	< 10%
Perbukitan	10% - 25%
Pegunungan	> 25%

dan meningkatkan perkenomian di setiap daerah yang dilalui oleh jalan tol ini. Kemudian mengumpulkan peraturan-peraturan yang berkaitan dengan perancangan jalan tol. Untuk merancang geometrik jalan tol digunakan peraturan Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009, menentukan tebal perkerasan jalan tol dengan perkerasan kaku menggunakan Manual Desain Perkerasan No. 02/M/BM tahun 2018, menyusun anggaran biaya menggunakan peraturan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Provinsi Jawa Timur tahun 2019 dan PM 78 Tahun 2014 Tentang Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan.

B. Data Tugas Akhir

Dalam merancang jalan tol data-data yang diperlukan adalah peta lokasi dan peta topografi. Peta lokasi dan peta topografi didapatkan melalui *software* Infracore yang diterbitkan oleh perusahaan Autodesk, dari *software* tersebut didesain geometrik jalan yang optimal kemudian di *export* ke dalam *software* Civil 3D untuk mendapatkan *Detail Engineering Drawing* (DED).

Data berikutnya yang dibutuhkan yaitu data lalu lintas harian rata-rata, data CBR tanah dasar, dan harga satuan di lokasi studi dimana data harga tersebut menggunakan HSPK Provinsi Jawa Timur Tahun 2019 yang kemudian akan dijelaskan pada Bab III.

C. Perancangan Geometrik

Jalan bebas hambatan termasuk ke dalam fungsi jalan arteri dengan kecepatan rencana berdasarkan kemiringan medan jalan [1]. Perancangan geometrik meliputi 2 yaitu perancangan lengkung horisontal dan lengkung vertikal [1]. Untuk menghitung lengkung horisontal diperlukan parameter sebagai berikut.

1) Penentuan kecepatan rencana

Kemiringan medan jalan digunakan untuk menentukan kecepatan rencana [1] dapat dilihat pada Tabel 1.

2) Perhitungan jari-jari minimum (R_{min})

Dalam mendesain tikungan lengkung horisontal, parameter yang harus dihitung adalah jari-jari tikungan minimum [1]. Kemudian setelah mendapatkan jari-jari minimum, dapat ditentukan jari-jari rencana.

$$R = \frac{V_R^2}{127x(e_{maks} + f_{maks})} \tag{1}$$

Keterangan :

- R = Jari-jari tikungan (m)
- V_R = Kecepatan rencana (km/jam)
- e_{maks} = Superelevasi maksimum (%)
- f_{maks} = Koefisien gesek maksimum

3) Perhitungan superelevasi (e)

Pada perhitungan superelevasi mengacu pada peraturan AASHTO tentang jalan tol Tahun 2011 [2], menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$e = (e + f) - f(D) \tag{2}$$

Keterangan :

- e = superelevasi (%)
- f = koefisien gesek

4) Perhitungan *Length of Circle* (Lc)

$$Lc = \frac{\Delta c}{180} \pi R \tag{3}$$

Keterangan :

- Lc = Panjang lengkung *circle* (m)
- Δc = Sudut lingkaran ($^{\circ}$)
- R = Jari-jari tikungan (m)

5) Menentukan jenis tikungan

Untuk menentukan jenis tikungan yang digunakan, digunakan 3 parameter [1] sebagai berikut :

- a) $e < 3\%$: *full circle*
- b) $e > 3\%$; $Lc > 25m$: *spiral-circle-spiral*
- c) $e > 3\%$; $Lc < 25m$: *spiral-spiral*

Untuk menghitung lengkung vertikal [1] diperlukan parameter sebagai berikut:

1) Kelandaian (g)

$$g = \frac{E2 - E1}{L} \tag{4}$$

Keterangan :

- g = Gradien (%)
- E2 = Elevasi pada STA awal (m)
- E1 = Elevasi pada STA kedua (m)
- L = Panjang antar STA (m)

2) Perbedaan aljabar landai

$$A = g2 - g1 \tag{5}$$

Keterangan :

- A = Perbedaan aljabar landai (%)
- g2 = Gradien 2 (%)
- g1 = Gradien 1 (%)

3) Tipe lengkung

Untuk menentukan tipe lengkung diambil dari persamaan (5) dimana :

- a) Jika $A < 0$, maka tipe lengkung cekung
- b) Jika $A > 0$, maka tipe lengkung cembung

Perhitungan alinyemen vertikal berkaitan dengan perhitungan volume galian (*cut*) dan timbunan (*fill*). Untuk menghitung volume galian dan timbunan digunakan persamaan sebagai berikut.

$$volume = AxL \tag{6}$$

Keterangan :

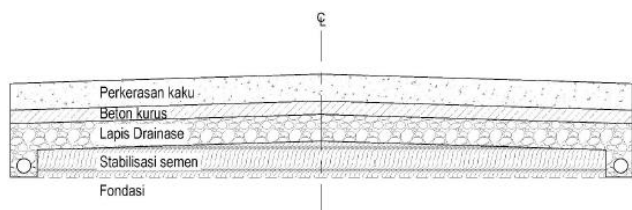
- A = Luas area galian / timbunan (m^2)

Tabel 2.

Struktur Perkerasan	Bagan desain perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas berat				
	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (<i>overload</i>) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Desain dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis fondasi LMC	100				
Lapis drainase	150				

Tabel 3.

Jenis Kendaraan	Lalu lintas harian rata-rata	
	LHR	
	2 Arah	1 Arah
5a	188	94
5b	216	108
6a1	3320	1660
6a2	1170	585
7a2	1320	660
7c2.1	146	73
7c2.2	336	168



Gambar 1. Potongan tipikal perkerasan kaku [3]

L = Panjang STA yang ditinjau (m)

D. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan tol menggunakan perkerasan kaku. *Discounted lifecycle cost* perkerasan kaku umumnya lebih rendah untuk jalan dengan beban lalu lintas lebih dari 30 juta ESA4 [3]. Keuntungan perkerasan kaku antara lain

- Struktur perkerasan lebih tipis kecuali area tanah lunak
- Pelaksanaan konstruksi dan pengendalian mutu lebih mudah
- Biaya pemeliharaan lebih rendah jika mutu pelaksanaan baik
- Pembuatan campuran lebih mudah

Dalam peraturan Manual Desain Perkerasan (MDP) Tahun 2018, umur rencana untuk perkerasan kaku ditetapkan 40 tahun [3]. Tebal perkerasan ditentukan sesuai Tabel 2 dengan desain perkerasan sesuai dengan gambar 1.

E. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan untuk bahan, upah, serta biaya lain-lain. Pada studi ini, perhitungan rencana anggaran biaya hanya menghitung biaya material pekerjaan yang terdiri dari material perkerasan dan jembatan. Penyusunan anggaran biaya menggunakan acuan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Provinsi Jawa Timur [4] dan PM 78 tahun 2014 Tentang Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan untuk perhitungan material [5]. Sedangkan harga kebutuhan jembatan menggunakan harga konseptual per meter berdasarkan indek biaya [6].

F. Hasil Perencanaan

Hasil akhir dari perancangan jalan tol ini berupa gambar *plan and profile*, potongan melintang jalan, potongan memanjang jalan, laporan hasil volume galian dan timbunan, laporan analisa biaya untuk material dan timbunan, dan visualisasi jalan tol menggunakan *Building Information Modelling* (BIM) 3D.

III. DATA DAN ANALISA DATA

A. Data Geometrik

Data teknis perencanaan jalan tol didapat dari Jasamarga Probolinggo Banyuwangi, data tersebut dapat dilihat dibawah ini.

- Nama jalan : Jalan Tol Probolinggo- Banyuwangi
- Klasifikasi jalan : Jalan Tol
- Tipe jalan : Enam laju, dua arah terbagi (6/2D)
- Lebar lajur : 3,6 m
- Lebar bahu dalam : 1,5 m
- Lebar median : 0,8 m
- Kecepatan rencana : 100 km/jam
- Perkerasan : Kaku (*Rigid*)

B. Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Data lalu lintas harian rata-rata yang digunakan adalah ruas jalan nasional Probolinggo – Paiton tahun 2017. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

C. Data Tanah (CBR)

Data tanah yang digunakan dalam perancangan jalan tol ini didapat dari data CBR perencanaan jalan tol Gempol – Pasuruan. Dari data tersebut didapat nilai CBR rata-rata sebesar 1,74%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Geometrik

Dari hasil perhitungan didapatkan kriteria desain perancangan jalan tol sebagai berikut.

- Kecepatan rencana : 100 km/jam
- Kemiringan normal (jalan) : 2,5 %
- Kemiringan normal (bahu) : 4%
- Landai minimum : 0.5%
- Landai maksimum : 4%
- Jari-jari tikungan minimum : 365 m
- Superelevasi maksimum : 10%

Untuk ukuran lebar lajur, bahu dalam, bahu luar sama dengan data perencanaan proyek. Hasil perhitungan lengkung horisontal didapatkan jumlah lengkung 20 PI (*Point of Intersection*) dengan jari-jari tikungan minimum untuk kecepatan rencana (V_R) 100 km/jam dan superelevasi maksimum (e_{maks}) 10% sebesar 365m. Kemudian didesain dengan acuan jari-jari tikungan minimum didapatkan jari-jari tikungan. Hasil jari-jari tikungan dalam studi ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.
Jari-jari tikungan

Titik	R (m)	Titik	R (m)
PI-1	900	PI-11	1250
PI-2	1750	PI-12	1750
PI-3	1650	PI-13	1230
PI-4	900	PI-14	1750
PI-5	900	PI-15	438
PI-6	1000	PI-16	620
PI-7	1200	PI-17	438
PI-8	1750	PI-18	454.62
PI-9	1200	PI-19	438
PI-10	1500	PI-20	438

Tabel 5.
Hasil perhitungan superelevasi

Titik	e (%)	Titik	e (%)
PI-1	5,6	PI-11	4,2
PI-2	3,1	PI-12	3,1
PI-3	3,2	PI-13	4,2
PI-4	5,6	PI-14	3,1
PI-5	5,6	PI-15	9,6
PI-6	5,1	PI-16	7,7
PI-7	4,3	PI-17	9,6
PI-8	3,1	PI-18	9,5
PI-9	4,3	PI-19	9,6
PI-10	3,5	PI-20	9,6

Tabel 6.
Tipe lengkung vertikal

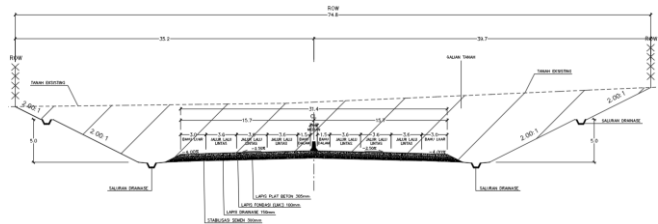
PVI	g1 (%)	g2 (%)	A (%)	Lengkung
PVI-1	-2,16	0,893%	-3,05%	Cekung
PVI-2	0,893%	-0,556%	1,45%	Cembung
PVI-3	-0,556%	1,156%	-1,71%	Cekung
PVI-4	1,156%	0,926%	0,23%	Cembung
PVI-5	0,926%	-0,855%	1,78%	Cembung
PVI-6	-0,855%	0,593	-1,45%	Cekung
PVI-7	0,593	0,507%	1,10%	Cembung
PVI-8	0,507%	-0,576%	0,07%	Cembung
PVI-9	-0,576%	0,514%	-1,09%	Cekung
PVI-10	0,514%	0,856%	1,38%	Cembung
PVI-11	0,856%	-0,5%	-0,37%	Cekung
PVI-12	-0,5%	0,52%	-1,02%	Cekung
PVI-13	0,52%	0,53%	1,05%	Cembung
PVI-14	0,53%	1,70%	1,17%	Cembung
PVI-15	1,70%	3,11%	-4,81%	Cekung
PVI-16	3,11%	0,64%	2,47%	Cembung
PVI-17	0,64%	2,27%	-1,63%	Cekung
PVI-18	2,27%	-1,32%	3,59%	Cembung
PVI-19	-1,32%	-3,78%	2,46%	Cembung
PVI-20	-3,78%	3,65%	3,65%	Cekung

Pada perhitungan superelevasi didapatkan nilai minimal 3,1% dan maksimal 9,6%. Rekap hasil perhitungan superelevasi pada trase jalan tol dapat dilihat pada Tabel 5.

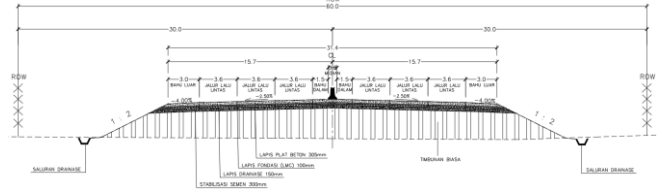
Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai superelevasi (e) > 3% dan Length of Circle (Lc) > 25m, maka jenis tikungan yang digunakan dalam perancangan jalan tol ini menggunakan tikungan spiral-circle-spiral.

Pada perhitungan lengkung vertikal didapatkan 20 Point of Intersection (PI). Rekap jenis lengkung vertikal pada studi ini dapat dilihat pada Tabel 6.

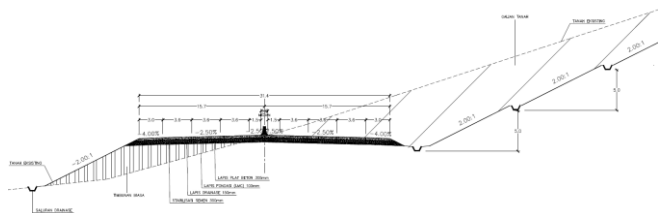
Dalam perancangan jalan tol ini gradien minimum ditentukan 0,5% untuk keperluan drainase supaya air dapat mengalir ke tampungan. Pada tabel diatas didapatkan gradien maksimum sebesar 3,78% dari batas gradien yaitu 4%. Untuk potongan melintang tipikal dapat dilihat pada Gambar 2 [1], Gambar 3 [1], Gambar 4 [1] dan Gambar 5.



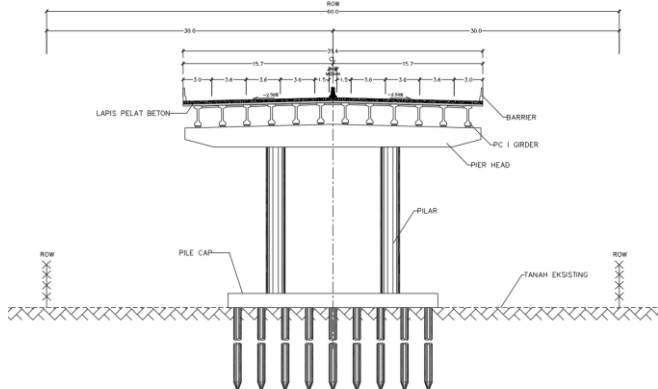
Gambar 2. Potongan melintang kondisi galian



Gambar 3. Potongan melintang kondisi timbunan



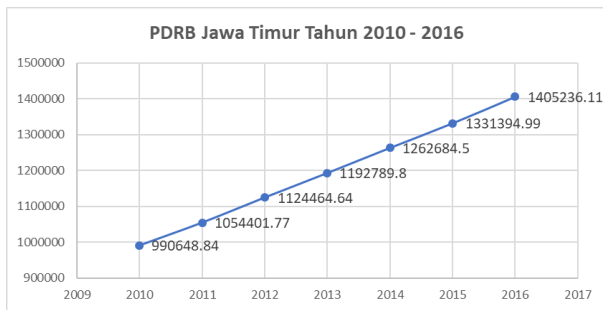
Gambar 4. Potongan melintang kondisi setengah galian dan setengah timbunan



Gambar 5. Potongan tipikal melintang jembatan

B. Perencanaan Perkerasan

Pada perancangan perkerasan kaku digunakan jenis perkerasan *Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)*. Jenis perkerasan ini tidak memiliki tulangan, hanya memiliki sambungan pengikat (*tie bars*) pada posisi melintang dan batang sambungan ruji (*dowel*) pada posisi memanjang. Untuk tebal perkerasan mengacu pada peraturan Manual Desain Perkerasan (MDP) Tahun 2018. Dalam merancang tebal perkerasan kaku dibutuhkan data lalu lintas harian rata-rata yang digunakan untuk menghitung kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat sesuai dengan umur rencana dan nilai laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) [3]. Nilai laju pertumbuhan digunakan untuk *forecasting* volume LHR dari data asli Tahun 2017 menuju volume LHR pada saat jalan tol pertama kali dibuka yaitu Tahun 2020. Penentuan nilai laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) berdasarkan data



Gambar 6. Grafik PDRB Provinsi Jawa Timur Tahun 2010-2016

Tabel 8. Kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat 2020 – 2060

Mobil Penumpang	Jumlah kelompok sumbu	LHR 2017	LHR 2020	Kelompok Sumbu 2020	Jumlah kelompok sumbu (23'-60')
5A	2	94	111	221,76	
5B	2	108	127	254,79	3,965,072.55
6A	2	1,660	1,957	3,915	60,926,276.81
6B	2	585	689	1,379	21,459,119.49
7A	2	660	778	1,556	24,212,642.09
7B	4	73	86	342	5,323,477.03
7C	3	168	198	593	9,224,300.72
Jumlah kelompok sumbu (20' - 60')					125,110,889

Tabel 7. Nilai laju pertumbuhan (i)

Tahun	PDRB (Rupiah)	i (%)	i rata-rata (%)
2010	990,649	-	
2011	1,054,402	6.046	
2012	1,124,465	6.231	
2013	1,192,790	5.728	5.659
2014	1,262,685	5.535	
2015	1,331,395	5.161	
2016	1,405,236	5.255	

Pertumbuhan Domestik Regional Bruto (PDRB) Provinsi Jawa Timur [8] dapat dilihat pada gambar 6 dan tabel 7.

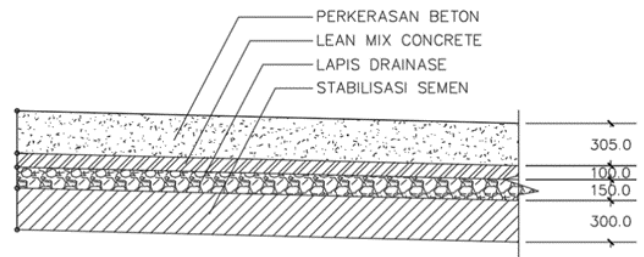
Maka nilai laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) menggunakan acuan PDRB Provinsi Jawa Timur dengan nilai pertumbuhan 5,659%. Perhitungan kumulatif kelompok sumbu kendaraan untuk merancang tebal perkerasan kaku pada badan jalan dapat dilihat pada tabel 8.

Hasil perhitungan diatas kemudian diplot pada bagan desain perkerasan kaku [3]. Tebal lapis perkerasan pada badan jalan didapat :

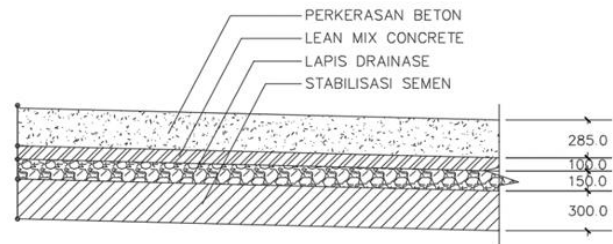
- Pelat beton = 305mm
- Lapis fondasi LMC = 100mm
- Lapis drainase = 150mm

Untuk perhitungan tebal lapisan perkerasan pada bahu jalan, jumlah kelompok sumbu yang direncanakan diambil dari 10% jumlah kelompok kendaraan total [3]. Tebal perkerasan pada bahu jalan didapat :

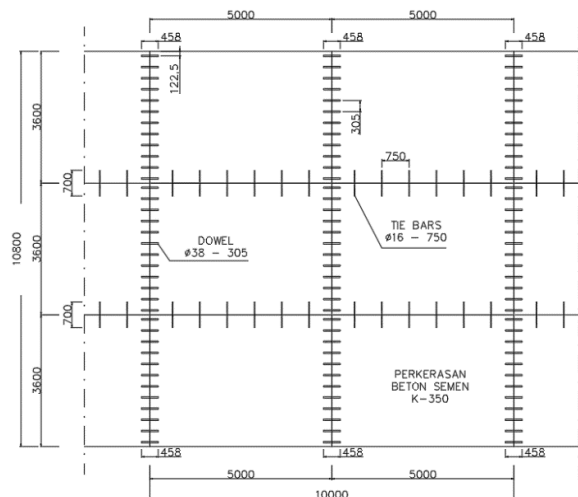
- Pelat beton = 285mm
- Lapis fondasi LMC = 100mm
- Lapis drainase = 150mm



Gambar 7. Tebal perkerasan badan jalan



Gambar 8. Tebal perkerasan bahu jalan



Gambar 9. Penulangan tie bars dan dowel

Kemudian mendesain lapisan fondasi jalan yang mengacu pada Manual Desain Perkerasan (MDP) Tahun 2018, dimana lapisan fondasi jalan minimum dengan perkerasan kaku menggunakan fondasi stabilisasi semen dengan tebal 300mm [3].

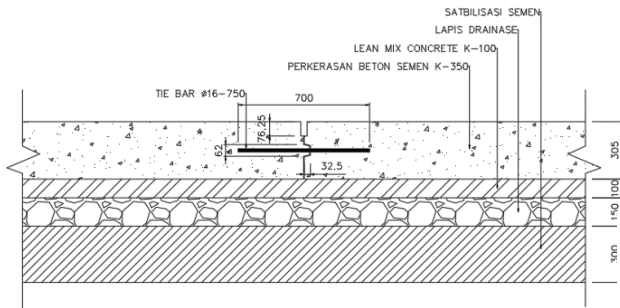
Perkerasan yang digunakan merupakan perkerasan kaku dengan jenis *Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)* maka sambungan yang digunakan adalah batang pengikat (*tie bars*) dan batang ruji (*dowel*). Dari hasil perhitungan, tulangan yang digunakan adalah :

Tie Bars

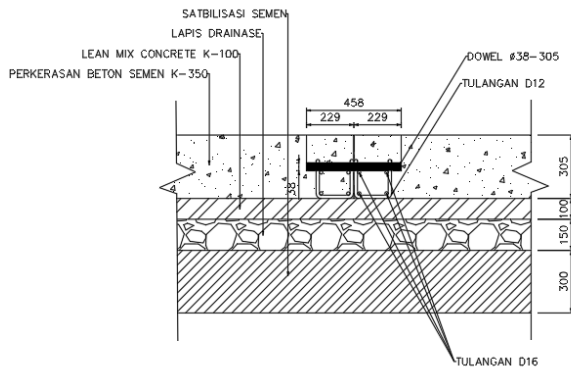
- Diameter = Ø16 – 700
- Panjang = 457,2 mm
- Jarak antar batang = 304,8 mm

Dowel

- Diameter = D16
- Panjang = 700 mm



Gambar 10. Detail penulangan tie bars



Gambar 11. Detail penulangan dowel

Tabel 9.
Volume galian dan timbunan

Pekerjaan	Volume	Rasio (%)
Galian	5,992,604.1	22.11
Timbunan	4,667,510.1	

Tabel 10.
Volume material perkerasan jalan

No	Item Pekerjaan	Satuan	Kuantitas
1	Lapis beton	m ³	453,657
2	Lapis fondasi LMC	m ³	149,965
3	Lapis drainase	m ³	228,597
4	Stabilisasi semen	m ³	470,469
5	Median jalan (Barrier)	m ³	249,402
6	Perkerasan saluran drainase	m ³	15,712
7	Tie bars	kg	535,673
8	Dowel	kg	1,845,024

- Jarak terkecil = 625 mm

Detail penulangan tie bars dan dowel dapat dilihat pada Gambar 9 hingga Gambar 11.

C. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan yang dihitung meliputi volume pada pekerjaan tanah galian dan timbunan, dan volume pada pekerjaan perkerasan. Volume galian dan timbunan dapat dilihat pada Tabel 9.

Untuk hasil perhitungan volume material pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 10.

Karena biaya jembatan dihitung menggunakan biaya segmental per meter persegi, maka jembatan hanya dihitung luasannya saja. Tabel luas jembatan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11.
Luas jembatan

Jembatan	satuan	Kuantitas
1	m ²	22229.12
2	m ²	20637.12
3	m ²	10154.24
4	m ²	6510.08
5	m ²	12820.8

Tabel 12.
Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Sub Total
A Pekerjaan Tanah					
1	Pengurugan tanah	m ³	4667511	Rp 309,589	Rp 1,445,008,117,434
2	Penggalian tanah	m ³	5992601	Rp 51,251	Rp 307,127,396,326
				Jumlah Harga	Rp 1,752,135,513,760
B Pekerjaan Perkerasan Kaku					
1	Pelat beton	m ³	454135	Rp 1,355,255	Rp 615,468,527,856
2	Concrete	m ³	150128	Rp 865,721	Rp 129,968,740,849
3	Lapis drainase	m ³	228846	Rp 647,595	Rp 148,199,175,784
4	Lapis Stabilisasi semen	m ³	470981	Rp 459,116	Rp 216,234,536,929
5	Tie bars	kg	535673	Rp 16,930	Rp 9,068,945,414
6	Dowel	kg	1845024	Rp 16,930	Rp 31,236,253,950
				Jumlah Harga	Rp 1,150,176,180,783
C Pekerjaan Struktur					
1	Saluran Drainase	m ³	15472	Rp 1,041,094	Rp 16,108,204,457
2	Median Jalan	m ³	249671	Rp 1,041,094	Rp 259,930,841,891
3	Jembatan 1	m ²	22229	Rp 7,877,123	Rp 175,101,517,674
4	Jembatan 2	m ²	20637	Rp 7,877,123	Rp 162,561,137,482
5	Jembatan 3	m ²	10154	Rp 7,877,123	Rp 79,986,199,851
6	Jembatan 4	m ²	6510	Rp 7,877,123	Rp 51,280,702,438
				Jumlah Harga	Rp 744,968,603,791

D. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya hanya menghitung kebutuhan material pekerjaan pada perancangan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi segmen Probolinggo – Paiton. Hasil perhitungan rencana anggaran biaya dapat dilihat pada Tabel 12.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1) Kesimpulan

Studi perancangan Geometrik dan Perkerasan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi segmen Probolinggo – Paiton merupakan alternatif pilihan yang bisa dijadikan sebagai salah satu pertimbangan untuk pembangunan jalan tol khususnya pada Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi. Berdasarkan perhitungan padad bab sebelumnya, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

a) Kecepatan rencana

Dari hasil perhitungan kondisi medan jalan pada trase rencana Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi segmen Probolinggo – Paiton didapatkan kondisi medan jalan datar dan berbukitan, sehingga digunakan kecepatan rencana 100 km/jam.

b) Jari-jari tikungan

Berdasarkan kecepatan rencana 100 km/jam dengan superelevasi maksimum 10% didapatkan jari-jari tikungan minimum sebesar 365m. Dalam perancangan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi segmen Probolinggo – Paiton besar jari-jari tikungan antara 438 m hingga 1750 m.

c) Jenis Tikungan

Jenis tikungan pada perancangan alinemen horisontal Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi segmen Probolinggo – Paiton adalah *Spiral-Circle-Spiral* (SCS) dengan jumlah 20 buah tikungan.

d) Tebal perkerasan kaku

Perkerasan kaku di desain menggunakan jenis *Jointed Plain Concrete Pavement* yang didesain menggunakan Manual Desain Perkerasan (MDP) Tahun 2018 meliputi perkerasan pada badan jalan dan bahu jalan.

Tebal perkerasan pada badan jalan.

- Lapis pelat beton = 305 mm
- Lapis pondasi LMC = 100 mm
- Lapis drainase = 150 mm
- Stabilisasi semen = 300 mm

Tebal perkerasan pada bahu jalan.

- Lapis pelat beton = 285 mm
- Lapis pondasi LMC = 100 mm
- Lapis drainase = 150 mm
- Stabilisasi semen = 300 mm

e) Volume galian dan timbunan

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan volume galian (*cut*) sebesar 4.667.510,75 m³ dan volume timbunan (*fill*) sebesar 5.992.601,06 m³ dengan perbandingan antara galian (*cut*) dengan timbunan (*fill*) sebesar 22,11%.

f) Anggaran biaya material

Rencana anggaran biaya material Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi segmen Probolinggo – Paiton meliputi 3 pekerjaan yaitu pekerjaan tanah, pekerjaan perkerasan jalan

dan pekerjaan struktur. Total anggaran biaya material yang dibutuhkan sebesar Rp3.748.271.319.921,-

2) Saran

- a) Perancangan trase pada areal perbukitan daerah Paiton harus memperhatikan *tower* listrik yang ada di sekitar, karena jumlah *tower* listrik di areal perbukitan daerah Paiton cukup banyak dan letaknya berdekatan.
- b) Dalam membangun struktur jembatan pada areal perbukitan daerah Paiton hendaknya meninjau akses keluar masuk untuk kendaraan alat berat yang digunakan.
- c) Data CBR tanah dasar menggunakan data dari proyek jalan tol Gempol – Pasuruan Seksi III sehingga diperlukan data CBR tanah dasar yang ada di daerah Probolinggo hingga Paiton.
- d) Harga jembatan yang digunakan adalah harga segmental per meter persegi. Perlu dilakukan perhitungan volume jembatan secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. J. B. Marga, *Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 2019.
- [2] Aa. Highway and T. Officials, "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2011." Aashto, 2011.
- [3] K. P. Umum, "Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02," 2013.
- [4] Pemerintah Provinsi Jawa Timur, *Daftar Harga Satuan Pokok Kegiatan Tahun 2019*. Surabaya, 2019.
- [5] M. P. R. Indonesia, *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 78 Tahun 2014 Tentang Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan*. Jakarta, 2014.
- [6] B. Mulyono and P. S. Nugroho, "Estimasi biaya konseptual pada jembatan beton bertulang dengan metode indek biaya," *J. Ilm. Din. Rekayasa*, vol. 13, no. 2, pp. 105–111, 2017.