

PERENCANAAN JALAN SOEKARNO HATTA PASURUAN DENGAN SISTEM PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*) DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

Ikhwanul Kirom¹, Siswoyo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Jl. Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

Email: morikwan9908@gmail.com, siswoyosecure@gmail.com

Abstrak : Jalan Soekarno Hatta adalah jalan yang menghubungkan Pasuruan dan Probolinggo, jalan tersebut menjadi akses menuju Banyuwangi, sehingga ruas jalan Soekarno Hatta memiliki volume lalu lintas yang tinggi dan beban lalu lintas yang berat, bisa disimpulkan jalan tersebut dilalui kendaraan besar sehingga menimbulkan kerusakan yang cukup signifikan. Selama ini penanganan pada ruas jalan tersebut hanya pemeliharaan, dan perbaikan fungsional pada permukaan jalan yang rusak. Penanganan ini belum tepat karena upaya perbaikan yang dilakukan tidak dapat bertahan lama sesuai dengan umur rencana. Pada Tugas Akhir ini, Perencanaan Jalan Soekarno Hatta Pasuruan memiliki beberapa tahapan yaitu pengumpulan data-data yang dibutuhkan, analisa perhitungan. Hasil penghitungan perencanaan Jalan Soekarno Hatta Pasuruan menggunakan metode AASTHO 1993, dapatkan tebal pelat adalah 300 mm dengan tulangan memanjang dan melintang diameter 8 – 300 mm. Dowel digunakan diameter 38 cm, panjang 45 cm, jarak 60 cm. Batang pengikat (Tie bar) digunakan besi ulir diameter 8 mm, panjang 60 cm, jarak 70 cm. Total biaya yang dibutuhkan pada Jalan Soekarno Hatta Pasuruan dengan acuan HSPK Pasuruan sebesar Rp. 235.691.408.811,- (*dua ratus tiga puluh lima milyar enam ratus sembilan puluh satu juta empat ratus delapan ribu*)

Kata kunci : metode AASTHO 1993, jalan, perkerasan kaku.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ruas jalan Soekarno Hatta merupakan salah satu jalan di kota Pasuruan yang memiliki tingkat mobilitas cukup tinggi dikarenakan ruas jalan ini merupakan salah satu jalur strategis yang menghubungkan kawasan industri kota Pasuruan dan juga menghubungkan Kota Pasuruan dengan kota lain, seperti Probolinggo dan Banyuwangi. Ruas jalan ini juga merupakan salah satu ruas yang sangat potensial terutama pada sektor Industri di Kota Pasuruan yang memiliki panjang 5,4 km.

Fungsi ruas jalan tersebut adalah arteri primer dengan Tipe jalan 4 lajur 2 arah tak terbagi dengan lebar masing arah adalah 6,5 m yang menggunakan lapisan perkerasan lentur atau *flexibel pavement*. Dari kondisi yang ada pada ruas jalan tersebut mengalami penurunan kinerja perkerasan yang terlihat dari banyaknya jenis kerusakan yang terjadi pada permukaan jalan tersebut, penanganan kerusakan pada ruas jalan tersebut hanya sebatas pemeliharaan, yaitu dengan perbaikan fungsional pada permukaan jalan yang rusak. Penanganan ini belum cukup tepat karena upaya perbaikan yang dilakukan tidak dapat bertahan lama sesuai dengan umur rencana.

Kondisi lalu lintas pada ruas jalan ini dilewati oleh kendaraan berat dikarenakan disekitaran ruas jalan tersebut merupakan kawasan industri serta menjadi akses ke pelabuhan Pasuruan dan memiliki mobilitas yang tinggi, hal tersebut bisa dibuktikan dengan tingginya nilai LHR pada tahun 2018 sebesar 46279 kendaraan/perhari. Kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut didominasi kendaraan industri yang memuat barang dengan beban yang berat serta kendaraan angkutan umum dan kendaraan pribadi, terutama pada jam-jam sibuk terjadi kemacetan yang parah.

Untuk menunjang hal itu, maka dibutuhkan sarana dan prasarana yang memadai untuk mendukung segala aktifitas masyarakat kota Pasuruan. Arus lalu lintas dan beban yang terjadi di jalan Soekarno Hatta Pasuruan yang membuat keadaan jalan ini mengalami kerusakan fungsional maupun kerusakan struktural, maka penulis mengangkat permasalahan diatas menjadi Judul Tugas Akhir. Oleh karena itu, perlu diadakan kajian yang lebih dalam dengan tujuan dapat menentukan perbaikan yang tepat pada ruas jalan Soekarno Hatta Pasuruan.

Alternatif yang bisa dipakai adalah dengan mendesain ulang jalan tersebut menggunakan perkerasan kaku karena perkerasan jenis ini mempunyai kekuatan konstruksi yang ditentukan

PERENCANAAN JALAN SOEKARNO HATTA PASURUAN DENGAN SISTEM PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*) DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

(Ikhwanul Kirom, Siswoyo)

oleh kekuatan pelat beton sendiri (tanah dasar tidak begitu menentukan), bertahan terhadap kondisi drainase yang lebih buruk, dan biaya pemeliharaan relatif rendah.

1.2 Identifikasi Masalah

Jalan Soekarno Hatta menjadi salah satu jalur yang menghubungkan kota Pasuruan dan Probolinggo, jalan tersebut juga menjadi salah satu akses menuju Banyuwangi, sehingga ruas jalan Soekarno Hatta memiliki volume lalu lintas yang tinggi dan beban lalu lintas yang berat, Hal tersebut bisa disimpulkan bahwasanya ruas jalan tersebut selalu dilalui kendaraan-kendaraan besar sehingga menimbulkan kerusakan jalan yang cukup signifikan.

Mengacu pada penjelasan diatas, permasalahan tersebut sebagai Perencanaan Ulang Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) jalan Soekarno Hatta Pasuruan sebagai judul Tugas Akhir. Selama ini penanganan pada ruas jalan tersebut hanya sebatas pemeliharaan, yaitu dengan perbaikan fungsional pada permukaan jalan yang rusak. Penanganan ini belum tepat karena upaya perbaikan yang dilakukan tidak dapat bertahan lama sesuai dengan umur rencana.

1.3 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, didapat suatu rumusan masalah yaitu

1. Berapa tebal lapis perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) menggunakan Metode AASHTO 1993
2. Berapa besar Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk perencanaan ulang jalan tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Dari permasalahan dalam teknik Perencanaan Jalan Soekarno Hatta Pasuruan dengan Sistem Perkerasan Kaku ini cukup luas, maka diperlukan adanya ruang lingkup pembahasan atau batasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini agar lebih terarah dan sesuai dengan tujuan maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Tidak membahas hal yang terkait tentang pembebasan lahan.
2. Tidak menghitung gorong-gorong.
3. Tidak merencanakan struktur drainase

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 ESAL

Beban sumbu standar kumulatif atau *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, dapat dilihat dari persamaan berikut :

$$ESAL = (LHR_j \times VDF) \times 365 \times D_D \times D_L \times R$$

Dimana :

- LHR_j : LHR jenis kendaraan
 VDF : Vehicle Damage Faktor
 D_D : Faktor Distribusi arah
 D_L : Faktor Distribusi lajur
 R : Faktor pertumbuhan lalu lintas
 365 : Hari dalam tahun

Untuk menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas telah ditetapkan untuk semua jenis kendaraan selama umur rencana. Pertumbuhan lalu lintas dihitung dengan persamaan berikut.

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Dimana :

i = Persentase pertumbuhan lalu lintas (%)

n = umur rencana (tahun)

Dimana faktor distribusi arah (D_D) = 0.3 – 0.7 dan umumnya diambil 0.5 dan faktor distribusi lajur (D_L), mengacu pada tabel 2.

Tabel 1 faktor distribusi lajur D_L

Jumlah lajur setiap arah	D _L (%)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

Sumber : AASHTO 1993

2.2 Analisa data CBR tanah dasar

Data ini berupa data CBR tanah asli yang diperlukan untuk mengetahui daya dukung tanah asli. Data ini berfungsi untuk menganalisa tebal perkerasan jalan yang dibutuhkan. Analisis nilai CBR rencana/disain dilakukan dengan ketentuan-ketentuan yang terdapat dalam buku Manual Desain Perkerasan No.4-2 tahun 2017. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Tentukan harga CBR terendah.

1. Tentukan berapa banyak harga CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
2. Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100%. Jumlah lainnya merupakan presentase dari 100%.\
3. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan presentase jumlah. Nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angkap presentase 90%.

2.3 Modulus reaksi tanah dasar

Modulus reaksi tanah dasar dapat dihitung dengan rumus (AASHTO 1993 halaman II-42)

$$k = \frac{Mr}{19,4}$$

$$k = \frac{(CBR \times 1500)}{19,4}$$

2.4 Modulus Elastisitas Beton

(Modul RDE 11 : Perencanaan Perkerasan Jalan 2005 halaman II-11)

$$E_c = 57.000 \sqrt{f'c}$$

2.5 Flexural Strength (Sc')

Flexural strength di Indonesia umumnya digunakan $Sc' = 45 \text{ kg/cm}^2 = 460 \text{ psi}$ (Pd T-14-2003 hal-9).

2.6 Koefisien Drainase

Sebelum menghitung nilai koefisien drainase harus diketahui terlebih dahulu jumlah hari hujan per tahun dari pantauan Badan Meterologi dan Geofisika (BMKG), Provinsi Jawa Timur.

Data curah hujan digunakan dalam menentukan koefisien drainase (*Drainage Coefficient*) dengan menggunakan metode AASHTO.

• Variabel Pertama

Mutu drainase ditentukan berdasarkan tabel dari metode AASHTO 93 , tabel mutu drainase tersebut dapat dilihat dibawah ini pada Tabel 2.6 dan Tabel 2.7 Koefisien pengaliran C.

Tabel 2 *Quality of drainage*

Quality of Drainage	Water Removed Within
Excellent	2 Jam
Good	1 Hari
Fair	1 Minggu
Poor	1 Bulan
Very Poor	Air tidak terbebaskan

Sumber : AASHTO 93

Tabel 3 Koefisien pengaliran C

Tipe Daerah Aliran	Jenis perkerasan	C
Jalan	Beraspal	0,7 – 0,95
	Beto	0,8 – 0,95
	Batu	0,7 – 0,85

Sumber : Imam Subarkah

Air hujan atau air dari atas permukaan jalan yang akan masuk kedalam pondasi relatif kecil berkisar 70 – 95 % bisa dilihat pada Tabel 2.7 pada kondisi jalan beton maupun jalan aspal (Imam Subarkah) . hal tersebut diambil dari pendekatan dengan lama dan frekuensi hujan rata – rata yang terjadi hujan selama 3 jam per hari dan jarang terjadi hujan terus menerus selama 1 minggu , maka dengan analisa dari sumber dapat diambil sebagai pendekatan dalam penentuan kualitas drainase sehingga mutu yang digunakan adalah *Good*.

• Variabel kedua

Prosen struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air dapat dihitung dengan menggunakan asumsi

$$P_{\text{heff}} = \frac{T_{\text{jam}}}{24} \times \frac{T_{\text{hari}}}{365} \times W_L \times 100$$

Dimana :

P_{heff} = Prosen hari effective hujan dalam setahun

T_{jam} = Rata – rata hujan per hari (jam)

T_{hari} = Rata – rata hujan per tahun (hari)

W_L = Faktor air hujan masuk ke pondasi (%)

2.7 Rencana Anggaran Biaya

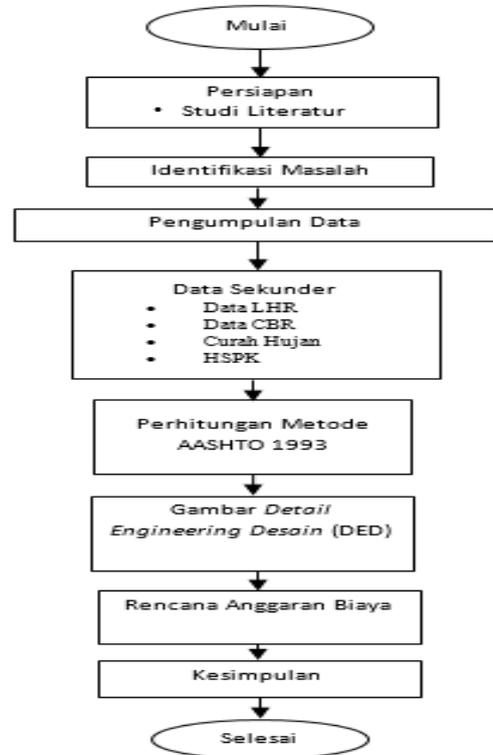
Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu bangunan atau proyek merupakan perhitungan besaran biaya yang diperlukan untuk bahan, peralatan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisis dan aturan yang berlaku, sert biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan.

Rencana anggaran biaya dari suatu pekerjaan dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut.

$RAB = \sum (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$.

3. METODOLOGI

Adapun tahapan penelitian secara umum dapat dilihat seperti diagram alir pada gambar dibawah ini



Gambar 1 Bagan Metodologi

PERENCANAAN JALAN SOEKARNO HATTA PASURUAN DENGAN SISTEM PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*) DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

(Ikhwanul Kirom, Siswoyo)

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Inventarisasi Jalan

Dari hasil inventori jalan yang dilakukan, dapat dilihat kondisi existing jalan pada ruas Soekarno Hatta dikategorikan sebagai jalan yang Beban Lalu Lintas yang berat dan Volume Lalu Lintas yang tinggi. Hal ini terlihat dari banyaknya lapisan Perkerasan mengalami kerusakan, selain itu pada ruas jalan ini sering terjadi kemacetan meski diluar jam sibuk. Perencanaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada ruas jalan Soekarno Hatta, dengan panjang total perkerasan yang direncanakan adalah 5,4 KM.

4.2 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, dapat direncanakan dengan umur rencana 20 tahun.

4.3 Lalu lintas

Berdasarkan yang diperoleh dari instansi terkait, yakni data lalu lintas kendaraan dari tahun 2014 sampai 2018. Adapun data dapat dilihat sesuai dengan Tabel dibawah ini.

Tabel 4 Data LHR

	LHR				
	2014	2015	2016	2017	2018
Gol					
Gol1 (Motorcycle)	4566	5334	5910	6443	7257
Gol2 (Car/ Jeep)	3962	4883	5202	6118	8913
Gol3 (Utility, freight)	5445	6166	7130	7866	8540
Gol4 (Utility, Passenger)	2253	3669	4425	5169	5991
Gol5A (Small bus)	1805	2844	3526	4144	5434
Gol5B (Large bus)	902	1016	1772	1916	2699
Gol6A (2- axle truck)	533	743	950	1238	1852
Gol6B (2- axle truck)	1634	1750	1884	2114	2387
Gol7A (3- axle truck)	302	482	440	582	695
Gol7B (Truck/ trailer)	48	74	124	176	161
Gol7C (Semitrailer)	814	1598	1858	2043	2350
Jumlah	22264	28559	33221	37809	46279

Sumber : P2JN

4.3.1 Faktor Pertumbuhan lalu lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas menganut pada *Manual Desain Perkerasan* Tahun 2017 seperti tabel berikut :

Tabel 5 Faktor Pertumbuhan Lalu-lintas

Jawa (%)	Sumatra (%)	Rata-rata Indonesia

Kalimantan (%)

Arteri perkotaan	4,83	4,8	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,5	3,5	3,5	3,5
Jalan Desa	1	1	1	1

MDP 2017 hal 4-3.

Dari tabel diatas diambil faktor pertumbuhan lalu lintas sebesar 4,83%. Kemudian dihitung faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana menggunakan persamaan berikut :

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

$$R = \frac{(1 + 0,01 \times 0,0483)^{20} - 1}{0,01 \times 0,0483} = 20,1$$

4.3.2 Nilai VDF

Untuk nilai VDF sendiri mengacu pada VDF dalam *Manual Desiai Perkerasan* tahun 2017.

Tabel 6 Nilai VDF

Jenis Kendaraan	VDF
Gol5A (Small bus)	0,2
Gol5B (Large bus)	1
Gol6A (2- axle truck)	0,8
Gol6B (2- axle truck)	11,2
Gol7A (3- axle truck)	62,2
Gol7B (Truck/ trailer)	90,4
Gol7C (Semitrailer)	93,7

Sumber : MDP 2017 hal 4-6.

4.3.3 Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Untuk menentukan faktor distribusi lajur mengacu pada tabel yang ada dalam metode AASHTO 93 hal II-9 . bisa dilihat pada Tabel 4.6 prosentase untuk 2 lajur sebesar 80 – 100 % maka prosentase yang akan dipakai untuk faktor distribusi lajur sebesar 80 % ($D_L = 80\%$)

Tabel 7 Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Jumlah lajur setiap arah	D_L (%)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber : MDP 2017 hal 4-3

4.3.4 Faktor Distribusi Arah (D_D)

Faktor distribusi arah untuk perencanaan perkerasan kaku dengan menggunakan metode AASHTO 93 adalah $D_D = 0,3 - 0,7$ akan tetapi pada umumnya diambil 0,5 untuk faktor distribusi arah menurut AASHTO 93 Hal II-9

4.3.5 Menghitung Nilai ESAL (Ekivalen Single Axel Load)

Beban sumbu standar kumulatif atau *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, dapat dilihat dari persamaan berikut :

$$ESAL = (LHR_j \times VDF) \times 365 \times D_D \times D_L \times R$$

Dimana :

- LHR_j : LHR jenis kendaraan
 VDF : Vehicle Damage Faktor
 D_D : Faktor Distribusi arah
 D_L : Faktor Distribusi lajur
 R : Faktor pertumbuhan lalu lintas
 365 : Hari dalam tahun

Tabel 8 ESAL Rencana

Jenis Kendaraan	LHR 2018	VDF	Hari Pertahun	R	D _D	D _L	ESA
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Gol 5A	5434	0,2	365	20,1	0,5	0,8	6378647
Gol 5B	2699	1	365	20,1	0,5	0,8	15840971
Gol 6A	1852	0,8	365	20,1	0,5	0,8	8695807
Gol 6B	2387	11,2	365	20,1	0,5	0,8	156909540
Gol 7A	1647	62,2	365	20,1	0,5	0,8	601260803
Gol 7B	696	90,4	365	20,1	0,5	0,8	369280673
Gol 7C	161	93,7	365	20,1	0,5	0,8	88540990
CESA							1246907432

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4 Realibility

Realibility (R) = 90% nilai R ditentukan berdasarkan fungsi jalan kolektor sebagai jalan penghubung antar provinsi / antar kabupaten dan kota.

Tabel 9 Nilai Reabilitas (R)

Klasifikasi Jalan	Reability (R) %	
	Urban	Rural
Jalan Tol	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99,9	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

Sumber : AASHTO 1993

4.5 Nilai Standard normal deviate (Z_R)

Untuk Nilai *Standard normal deviate* (Z_R) dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 10 *Standard Normal Deviation*

R(%)	Z_R
50	0,000
60	- 0,253
70	- 0,254
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

Diambil Nilai $Z_R = -1,282$

4.6 Deviasi Standar (So)

Deviasi standar adalah parameter yang digunakan untuk memperhitungkan adanya variasi dari input data. AASHTO 1993 menyarankan untuk nilai deviasi standar untuk perkerasan kaku sebesar 0.30- 0.40. nilai deviasi standar yang digunakan untuk desain sebesar 0,35.

4.7 Serviceability

Initial serviceability index (po) untuk *rigid pavement* sebesar 4,5 (AASHTO 1993). Nilai *terminal serviceability index* (pt), mengacu pada rekomendasi AASHTO pada Tabel 3.6 ditetapkan sebesar 2,5. Dengan menggunakan Persamaan 3.8 didapatkan total *loss serviceability* berikut.

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$$\Delta PSI = 4,5 - 2,0$$

$$\Delta PSI = 2.0$$

4.8 Kondisi Tanah

Kondisi tanah pada ruas jalan ini cenderung landai atau datar dikarenakan ruas jalan ini dekat dengan daerah pesisir Pantai, data tanah diperoleh dari Balai Besar Jalan Nasional 8 yang berada di Waru Sidoarjo dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 11 CBR Tanah

STA	CBR%
81+040	7
80+831	9
80+619	8
80+430	9

PERENCANAAN JALAN SOEKARNO HATTA PASURUAN DENGAN SISTEM PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*) DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

(Ikhwaniul Kirom, Siswoyo)

80+236	6
80+025	6
79+821	6
79+614	6
79+425	6
79+228	6
79+019	8
78+811	7
78+640	11
78+437	7
78+247	10
78+028	6
77+823	6
77+631	8
77+421	8
77+235	7
77+038	7
76+827	7

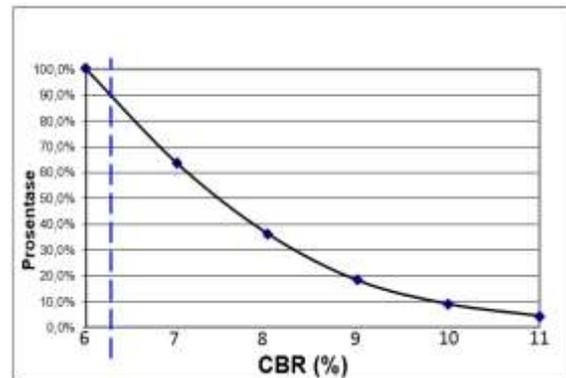
Sumber : P2JN

Tabel 12 Penentuan CBR Desain

No	CBR%	JUMLAH SAMA ATAU LEBIH BESAR	PERSENTASE SAMA ATAU LEBIH BESAR
1	6	6	
2	6	6	
3	6	6	
4	6	6	100%
5	6	6	
6	6	6	
7	6	6	
8	6	6	
9	7	7	
10	7	7	
11	7	7	
12	7	7	64%
13	7	7	
14	7	7	
15	8	8	
16	8	8	
17	8	8	36%
18	8	8	
19	8	9	
20	6	9	18%
21	6	10	9%
22	7	11	5%

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk menentukan nilai CBR yang dipakai digunakan metode grafik 90 % sehingga diperoleh nilai CBR sebesar 6,2 %.



Gambar 2 Grafik CBR 90%

4.9 Modulus reaksi tanah dasar

Modulus reaksi tanah dasar dapat dihitung dengan rumus (*AASHTO 1993 halaman II-42*)

$$k = \frac{Mr}{19,4}$$

$$k = \frac{(CBR \times 1500)}{19,4}$$

$$k = \frac{(6,2 \times 1500)}{19,4}$$

$$k = \frac{9255}{19,4}$$

$$k = 479 \text{ psi}$$

4.10 Modulus Elastisitas Beton

(Modul RDE 11 : Perencanaan Perkerasan Jalan 2005 halaman II-11)

$$f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 = 5000 \text{ psi}$$

$$E_c = 57.000 \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 57.000 \sqrt{5000}$$

$$E_c = 4030508 \text{ psi}$$

4.11 Flexural Strength (Sc')

Flexural strength di Indonesia umumnya digunakan $Sc' = 45 \text{ kg/cm}^2 = 460 \text{ psi}$ (Pd T-14-2003 hal-9).

4.12 Koefisien Drainase

Sebelum menghitung nilai koefisien drainase harus diketahui terlebih dahulu jumlah hari hujan per tahun. Di bawah ini menunjukkan jumlah hari hujan per tahun. Berdasarkan dari pantauan Badan Meterologi dan Geofisika (BMKG), Provinsi Jawa Timur didapat nilai total curah hujan pada tahun 2018 adalah 4434 mm/tahun, nilai ini didapat dari total jumlah curah hujan selama tahun 2018 Seperti pada tabel sebagai berikut ;

Tabel 13 Jumlah Hari Hujan Per Tahun

Bulan	Curah Hujan (mm)		
	Jumlah	Maks	Rata - rata

Januari	815,9	97,5	26,7
Februari	835,5	77,4	30,9
Maret	554,6	100,5	19,1
April	608,7	100,9	20,3
Mei	161,8	62,2	5,6
Juni	228,9	82,7	8,5
Juli	20,9	12,1	0,7
Agustus	5,2	5,2	0,2
September	23,4	23,0	0,8
Oktober	109,3	39,2	3,6
November	572,9	65,1	20,5
Desember	497,3	74,2	16,0

Sumber: Stasiun Geofisika Klas II Tretes/ Geophysics Station of Class II Tretes

Data curah hujan digunakan dalam menentukan koefisien drainase (*Drainage Coefficient*) dengan menggunakan metode AASHTO.

• **Variabel Pertama**

Mutu drainase ditentukan berdasarkan tabel dari metode AASHTO 93, tabel mutu drainase tersebut dapat dilihat dibawah ini pada Tabel 14 dan Tabel 15 Koefisien pengaliran C.

Tabel 14 *Quality of drainage*

Quality of Drainage	Water Removed Within
Excellent	2 Jam
Good	1 Hari
Fair	1Minggu
Poor	1Bulan
Very Poor	Air tidak terbebaskan

Sumber : AASHTO 93

Tabel 15 Koefisien pengaliran C

Tipe Daerah Aliran	Jenis perkerasan	C
Jalan	Beraspal	0,7 – 0,95
	Beto	0,8 – 0,95
	Batu	0,7 – 0,85

Sumber : Imam Subarkah

Air hujan atau air dari atas permukaan jalan yang akan masuk kedalam pondasi relatif kecil berkisar 70 – 95 % bisa dilihat pada Tabel 4.17 pada kondisi jalan beton maupun jalan aspal (Imam Subarkah). hal tersebut diambil dari pendekatan dengan lama dan frekuensi hujan rata – rata yang terjadi hujan selama 3 jam per hari dan jarang terjadi hujan terus menerus selama 1 minggu, maka dengan analisa dari sumber dapat diambil sebagai pendekatan dalam penentuan kualitas drainase sehingga mutu yang digunakan adalah *Good*.

• **Variabel kedua**

Prosen struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air dapat dihitung dengan menggunakan asumsi

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{T_{hari}}{365} \times W_L \times 100$$

Dimana :

P_{heff} = Prosen hari effective hujan dalam setahun (%)

T_{jam} = Rata – rata hujan per hari (jam)

T_{hari} = Rata – rata hujan per tahun (hari)

W_L = Faktor air hujan masuk ke pondasi (%)

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{T_{hari}}{365} \times W_L \times 100$$

$$P_{heff} = \frac{15,6}{24} \times \frac{10,875}{365} \times 0,90 \times 100$$

$$P_{heff} = 1,74 \%$$

Tabel 16 *Drainage coefficient (C_d)*

Quality of Drainage	<1%	1 – 5 %	5 – 25%	>25 %
Excellent	1,25 – 1,20	1,20 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10
Good	1,20 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,0
Fair	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,00 – 0,9	0,90
Poor	1,10 – 1,00	1,00 – 0,90	0,90 – 0,90	0,80
Very Poor	1,00 – 0,90	0,9 – 0,80	0,80 – 0,70	0,70

Sumber : AASHTO

Besarnya drainage coefficient disini dinilai dari kualitas drainase tersebut serta faktor kemiringan dari kondisi drainasse. Pada Proyek Perencanaan jalan Soekarno Hatta Pasuruan ini diasumsikan kondisi sistem drainase baik dan direncanakan kemiringan dari kondisi drainase sebesar 1%-5 %. Maka diambil nilai *drainage coefficient* sebesar 1.15.

4.13 *Load Transfer*

- Joint dengan dowel : J = 2,5-3,1 (diambil dari AASHTO 1993 halaman II-26).
- Untuk perkerasan kaku tipe perkerasan beton semen menggunakan sambungan maka diambil nilai J sebesar 3,1.

Perumusan AASHTO 1993

$$\begin{aligned} > \log_{10} W_{18} = Z_R S_0 + 7,35 \log_{10}(D + 1) - \\ & 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5-1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - \\ & 0,32_{pt} \times \log_{10} \frac{S'_c C_D \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times [D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c \cdot k)^{0,25}}]} \\ > \log_{10} 1246907432 = (-1,282)(0,35) + \\ & 7,35 \log_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,5-1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + \end{aligned}$$

PERENCANAAN JALAN SOEKARNO HATTA PASURUAN DENGAN SISTEM PERKERASAN KAKU (RIGID PAVEMENT) DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

(Ikhwanul Kirom, Siswoyo)

$$(4,22 - 0,32_{2,5} \times \log_{10} \frac{(460)(1,15) \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 3,1 \times [D^{0,75} - \frac{18,42}{(4030508 : 479)^{0,25}}]})$$

$$\log_{10} 1246907432 = 9,09583$$

Dicoba D = 11,750

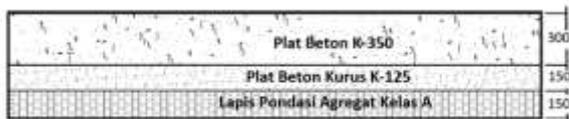
$$A = (-1,282)(0,35) + 7,35 \log_{10}(11,750 + 1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(11,750 + 1)^{8,46}}} = 8,28431$$

$$B = (4,22 - 0,32_{2,5} \times \log_{10} \frac{(460)(1,15) \times [11,750^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 3,1 \times [11,750^{0,75} - \frac{18,42}{(4030508 : 479)^{0,25}}]}) = 0,79861$$

$$9,09583 = A + B$$

$$9,09583 = 9,08292 \text{ (ok)}$$

Dari hasil trial dan error diatas didapat hasil, yaitu nilai D = 11,750 inc = 29,845 cm > 30 cm. dari hasil ini didapatkan tebal perkerasan yang dibutuhkan untuk jalan Soekarno Hatta – A Yani Pasuruan dengan umur rencana perkerasan 20 tahun. Sehingga bisa disimpulkan tebal perkerasan yang diperoleh dari perhitungan diatas adalah 300 mm.



Gambar 3 Tebal Perkerasan Rencana

4.14 Penulangan

Penentuan tulangan yang digunakan harus memperhatikan beberapa hal sebagai berikut.

- Tebal Plat = 300 mm
- Jumlah Lajur setiap Arah = 2 lajur
- Panjang Setiap Segmen Lajur = 4,5 m
- Lebar tiap Jalur = 3,5 m x 2 = 7 m

Perhitungan penulangan yang digunakan dalam perencanaan perkerasan kaku perkerasan ruas Soekarno Hatta - A Yani Pasuruan adalah sebagai berikut.

4.14.1 Dowel

Ketentuan penggunaan dowel sebagai penyambung/pengikat pada sambungan pelat beton, dapat dilihat dari Tabel berikut ini :

Tabel 17 Ukuran dan jarak batang dowel

Tebal Plat	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

Sumber: Principles of Pavement Design by Yoder & Witczak, 1975 .

Penentuan diameter dowel dapat menggunakan pendekatan formula :, dapat digunakan dowel dengan ukuran sebagai berikut :

$$d = \frac{D}{8}$$

$$d = \frac{300}{8} = 37,5 = 38 \text{ mm}$$

Maka diperoleh dengan kriteria sebagai berikut:

- Diameter : 38 mm
- Panjang : 450 mm
- Jarak : 300 mm

4.14.2 Tie Bar

Perhitungan Tie Bars Penentuan tie bars yang digunakan dapat menggunakan Tabel 18. Dengan tebal perkerasan 11,75 inc = 300 mm

Tabel 18 Ukuran dan Jarak Tie Bar

	Tegangan Baja	Tebal perkerasan	Diameter ½ inc			Diameter batang 5/8				
			Jarak Maksimum			Jarak Maksimum				
			L.Lajur 10 ft	L. Lajur 11 ft	L.Lajur 12 ft	panjang	L.Lajur 10 ft	L.Lajur 11 ft	L.Lajur 12 ft	
Grad e 40	3000	6	25	48	48	48	30	48	48	48
		7	25	48	48	48	30	48	48	48
		8	25	48	44	40	30	48	48	48
		9	25	48	40	38	30	48	48	48
		10	25	48	38	32	30	48	48	48
		11	25	35	32	29	30	48	48	48
		12	25	35	29	26	30	48	48	48

Apabila menggunakan diameter batang tulangan baja ulir ½ in, maka panjang tulangan 600 mm dan jarak antar tulangan yang dipakai 700 mm.

4.14.3 Penulangan pada perkerasan bersambung dengan tulangan

Penulangan Tengah dipakai untuk menahan kuat lentur yang mungkin terjadi diakibatkan lendutan dari tanah dasar yang lunak.

Parameter desain tulangan :

- F = 1,8 → stabilisasi semen
- Panjang plat = 4,5 m
- Lebar plat = 3,5 m
- Fs = 400 Mpa
- H = 30 cm

4.14.4 Tulangan Memanjang

$$As = \frac{11,76(1,8 \times 4,5 \times 300)}{230} = 125 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = 0,0014 \times 300 \times 1000 = 420 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan diameter Ø8 – 300 mm => As = 168 mm²

4.14.5 Tulangan Melintang

$$As = \frac{11,76(1,8 \times 3,5 \times 300)}{230} = 96,6 \text{ mm}^2$$

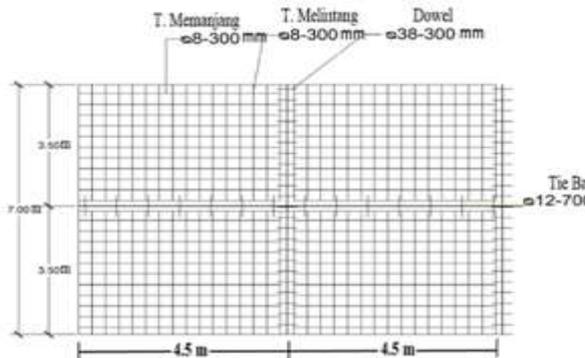
$$As \text{ min} = 0,0014 \times 300 \times 1000 = 420 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan diameter Ø8 – 300 mm => As = 168 mm²

4.14.6 Persentase tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap penampang beton

$$Ps = \frac{100(0,45)}{(400 - 7 \times 0,45)} \times (1,3 - 0,2 \times 1,8) = 0,11\%$$

Persentasi minimum tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% dari luas penampang beton, berikut adalah gambar hasil perhitungan :



Gambar 4 Penulangan Perkerasan

4.15 Rencana Anggran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu bangunan atau proyek merupakan perhitungan besaran biaya yang diperlukan untuk bahan, peralatan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisis dan aturan yang berlaku, sert biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan.

Ibrahim, (2003), menyatakan bahwa biaya atau anggaran itu sendiri merupakan jumlah dari masing-masing hasil perkalian volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan, disimpulkan bahwa rencana anggaran biaya dari suatu pekerjaan dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut.

$$RAB = \sum (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$$

Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja disetiap daerah berbeda -beda. Sehingga dalam menentukan perhitungan dan penyusunan anggaran biaya suatu pekerjaan harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja dipasaran dan lokasi pekerjaan. Dalam memperkirakan anggaran biaya terlebih dahulu harus memahami proses konstruksi secara menyeluruh termasuk jenis dan kebutuhan alat, karena faktor tersebut dapat mempengaruhi biaya konstruksi.

Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya dapat dilihat pada tabel 19 sebagai berikut :

Tabel 19 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

NO	JENIS PEKERJAAN	VOL	SAT	HARGA SATUAN	JUMLAH	BOBOT
A PEKERJAAN PERSIAPAN						
1	Mobilisasi	1,00	LS	Rp 2.297.886.247,00	Rp 2.297.886.247,00	0,975
2	Pengukuran	6,80	m	Rp 501.960,00	Rp 3.413.328,00	0,001
3	Pembuatan Direksi Keet	1.000,00	m ²	Rp 3.228.407,00	Rp 3.228.407.000,00	1,370
4	Pembersihan Lahan	375.448,00	m ³	Rp 76.435,00	Rp 28.697.367.880,00	12,176
B PEKERJAAN TANAH						
1	Galian Biasa	428.579,50	m ³	Rp 56.928,00	Rp 24.398.173.776,00	10,352
2	Urugan Kembali	369.456,00	m ³	Rp 38.377,00	Rp 14.178.612.912,00	6,016
3	Timbunan Pilihan	924.812,00	m ³	Rp 66.166,00	Rp 61.191.110.792,00	25,962
4	Lapis Pondasi Agregat klas A	6.337,50	m ³	Rp 198.203,00	Rp 1.256.111.512,50	0,533
C PEKERJAAN PEMBESIAN						
1	Pembesian Ulir dan Polos	824.294,23	kg	Rp 27.614,00	Rp 22.762.060.867,22	9,658
D PEKERJAAN BETON						
1	Beton LC K 105	13.479,77	m ³	Rp 540.351,00	Rp 7.283.808.820,32	3,090
2	Beton Rigid K 375	47.038,77	m ³	Rp 1.222.712,00	Rp 57.514.872.212,38	24,403
E PEKERJAAN MINOR						
1	Pemasangan Guard Rail	27.200,00	m ²	Rp 413.071,00	Rp 11.235.531.200,00	4,767
2	Pemasangan Marka Jalan	9.520,00	m ²	Rp 37.928,00	Rp 361.074.560,00	0,153
3	Pemasangan Solid Sodding	98.804,00	m ²	Rp 12.226,00	Rp 1.207.977.704,00	0,513
4	Demobilisasi	1,00	LS	Rp 75.000.000,00	Rp 75.000.000,00	0,032
JUMLAH					Rp 235.691.408.811,42	100,000
PRESTASI FISIK PEKERJAAN						
KOMULATIF PRESTASI PEKERJAAN						

Total Rencana Anggaran Biaya untuk perencanaan perkerasa kaku jalan Soekarno Hatta – Pasuruan sebesar Rp 235.691.408.811,- (*dua ratus tiga puluh lima milyar enam ratus sembilan puluh satu juta empat ratus delapan ribu*)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan menggunakan metode AASHTO 1993 didapatkan tebal perkerasan kaku yang dibutuhkan untuk jalan Soekarno Hatta Pasuruan dengan umur rencana perkerasan 20 tahun sebesar 300 mm. Ukuran segmen pelat beton yang digunakan yaitu panjang pelat 4,5 meter dan lebar pelat 3,5 meter. Perencanaan perkerasan kaku (rigid pavement) menggunakan jenis perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan. Dowel D38 – 30 – 45 , Tie Bar D12 – 70 – 60

PERENCANAAN JALAN SOEKARNO HATTA PASURUAN DENGAN SISTEM PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*) DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

(Ikhwaniul Kirom, Siswoyo)

Tulangan memanjang : D8 – 300 ,Tulangan melintang : D8 – 300

2. Total Rencana Anggaran Biaya untuk perencanaan ulang jalan Soekarno Hatta – Pasuruan sebesar Rp 235.691.408.811,- (*dua ratus tiga puluh lima milyar enam ratus sembilan puluh satu juta empat ratus delapan ribu*)

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Diperlukan juga data primer, yaitu data yang didapat dengan menganalisa sendiri lokasi proyek untuk mendapatkan perhitungan yang lebih akurat.
2. Hendaknya perlu menggunakan harga satuan pekerjaan yang paling baru untuk mendapatkan taksiran harga yang lebih efektif dan sesuai dengan kondisi terkini.
3. Untuk penelitian selanjutnya kiranya dapat dicoba dengan berbagai alternatif dan berbagai macam metode yang ada sehingga dapat membandingkan besarnya biaya proyek yang ada dengan metode yang lain tersebut.
4. Sebaiknya metode – metode praktis yang telah di laksanakan di lapangan, tetap mengacu pada standar yang telah ditetapkan untuk menghindari kegagalan teknis.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 1993. Interim Guide for design of pavement structure, USA.
- Aziz, Achmad Amirudin, 2012, Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Dan Rencana Anggaran Biaya Pada Ruas Jalan Desa Saliki Muara Badak, eJournal Teknik Sipil, Vol 1 No 1, 2012, <http://ejurnal.untagsmd.ac.id/index.php/TEK/article/view/133> (diakses tanggal 7 Desember 2019 23:20)
- Bani., Slamet Widodo., Eti Sulandari, (2016). Studi Perbandingan Kuat Tekan dan Lentur Pada Perkerasan Kaku yang Menggunakan Agregat Batu Pecah Manual dan Agregat Batu Pecah. Teknik Sipil Universitas Tanjungpura. Tanjungpura
- Bima Prahar Aldilase, Sahil Riskie Tamara, Moga Narayudha, Wahyudi Kushardjoko.(2014). Analisa dan Perencanaan Peningkatan Jalan Alternatif Manyaran - Mijen, Universitas Diponegoro
- Fitriana, Ratna, 2014, Studi Komparasi Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Jalan Tol Menggunakan Metode Bina Marga 2002 Dan AASHTO 1993 (Studi Kasus : Ruas Jalan Tol

- Solo – Kertosono), Naskah Publikasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Herberto Yeremia Simamora1), Slamet Widodo2), Said. (2015). Analisa Perhitungan Rehab Jalan M. Sohor Menggunakan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)
- Ivana Eka Rosdyansyah, dan Eva Azhra Latifa.(2012). Analisis Pembebanan Lalu Lintas pada Perencanaan Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993, Pd T-14-2003 dan Austroads 2012, Politeknik Negeri Jakarta
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Peumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga. 2017. Manual Desain Perkerasan Jalan. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum
- Nikmah, A. (2013).” Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jalan Purwodadi – Kudus 198.” Tugas Akhir Program Studi Diploma 3, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang, Semarang
- Nova. Soeharto, I. (2001). Manajemen Proyek. Jakarta: Erlangga.
- Sabiq Arbianto Ghurran, Akhmadali2, Heri Azwansyah.(2018). Analisa Perhitungan Pembangunan Jalan Paralel Sungai Raya Dalam Menggunakan Perkerasan Kaku sabiqarbianto@gmail.com
- Saodang, H. (2009). Buku 3: Struktur & Konstruksi Jalan Raya. Bandung:
- Yeremias Pau Ara.(2017). Studi Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) pada Ruas Jalan Aegela - Dangan Kabupaten Nagekeo. Nagekeo