

Study of Comparative Methods of Flexible Pavement and Rigid Pavement

Alfikri¹⁾, Hendra Taufik²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email: alfikri.alfikri@student.unri.ac.id, hendra.taufik@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Road widening improvement works at the border of Inhu regency – Simpang Japura is the successor road improvement works at Lintas Timur Riau – Jambi road KM 171+700 – 172+790 along 1670 m with 7.6 m width. This research is to analyze the cost differences between flexible and rigid pavement construction works. The construction design for flexible pavement is using component analysis 1987 method and Pd T-12-2003 (Bina Marga Method) for rigid pavement method. The data which needed for analyze is LHR, the value of subgrade CBR test, Inhu district unit price in 2015. The calculation result for each layer of flexible pavement as follow, the aggregate class B thickness for the bottom foundation is 50 cm, class A aggregates for the top foundation surface for is 20 cm, and top layer Laston is 10 cm (AC-BC 6 cm and AC-WC 4 cm) with asphalt prime coat 0.8 liter/m² and adphalt take coat 0.25 liter/m². The calculation result for each layer of rigid pavement as follow, the aggregate class A thickness is 25 cm, bottom foundation layer is 15 cm, and hard concrete pavement is 30 cm (min 21 cm), with transverse reinforcement using Ø 32, longitudinal reinforcement D16, and concrete class K-250 for the road sideway. This analyst result taken the construction cost for each method as follow the flexible pavement needed Rp 14.092.817.312,79 to construct and hard pavement Rp. 17.658.141.077,05. The cost deviation between the both methods is Rp. 3.565.323.764,26 or 20,19 %.

Keywords: Flexible Pavement, Rigid Pavement, Budget Planning, Cross-East

A. PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan prasarana transportasi darat yang melayani lalu lintas dan angkutan orang serta barang. Kebutuhan akan jalan raya dan sarana transportasi lainnya semakin meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk serta meningkatnya kebutuhan masyarakat dalam bidang ekonomi, politik, sosial dan budaya. Pertumbuhan jumlah kendaraan yang tinggi berdampak pada masalah lalu lintas di jalan raya, seperti yang terjadi pada ruas jalan lintas timur Provinsi Riau. Jalan lintas timur merupakan jalan arteri yang berstatus sebagai jalan nasional yang menghubungkan ibukota Provinsi Riau dengan ibukota Provinsi Jambi.

Intensitas kendaraan berat yang melintasi jalan ini sangat besar, sehingga diperlukan perencanaan konstruksi perkerasan jalan yang baik dan tanpa adanya upaya penanganan lebih lanjut akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan dan berdampak pada masalah lalu lintas.

Salah satu penyebab terjadinya kerusakan konstruksi jalan yakni perencanaan yang kurang matang dan salah dalam pemilihan metode pekerjaan. Contohnya di beberapa tanjakan atau pendakian pada konstruksi perkerasan lentur jalan lintas timur ini yang rusak bergelombang dan beralur. Kerusakan tersebut bisa terjadi akibat daya dukung tanah dasar dan lapis pondasi di atasnya tidak mampu menahan beban kendaraan yang terlalu berat. Kerusakan yang

terjadi ini membuat biaya pemeliharaan yang harus dikeluarkan semakin tinggi. Oleh sebab itu, diperlukan metode perencanaan konstruksi perkerasan jalan yang paling efektif yang memenuhi syarat teknis menurut fungsi, volume maupun sifat lalu lintas sehingga pembangunan konstruksi jalan tersebut dapat berguna bagi kelancaran lalu lintas dan perkembangan daerah sekitarnya.

Saat ini pemerintah lebih memilih konstruksi jalan perkerasan kaku dibandingkan perkerasan lentur. Bila dilihat dari segi biaya konstruksi, perkerasan kaku lebih tinggi dari biaya konstruksi perkerasan lentur. Pada perkerasan lentur biaya konstruksi awal yang rendah namun umur pelayanan yang pendek serta pemeliharaan yang sering terjadi pada masa pelayanan membuat biaya yang dibutuhkan untuk perkerasan lentur lebih besar.

Ada beberapa penelitian yang pernah membahas masalah perbandingan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan perkerasan lentur (*flexible pavement*) antara lain: Yoopy Marsoit (2012) Perbandingan analisa anggaran biaya (RAB) antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur menggunakan metode AASTHO 1993 dengan kesimpulan biaya konstruksi dan biaya pemeliharaan tiap tahun perkerasan kaku lebih murah dibandingkan perkerasan lentur sampai umur rencana 20 tahun. Retna Hapsari Kartadipura (2011) studi perbandingan biaya antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur dengan metode ANNUAL WORTH, dengan kesimpulan biaya konstruksi perkerasan kaku lebih ekonomis bila dibandingkan dengan biaya konstruksi perkerasan lentur. Rudi Waluyo dan Naswantoro (2008) studi perbandingan biaya konstruksi perkerasan kaku dan perkerasan lentur dengan metode NAASRA (National Assosiation Australia State Road Authorities) dengan kesimpulan konstruksi perkerasan lentur lebih hemat biaya dibandingkan konstruksi perkerasan kaku dengan selisih biaya 24,15 %.

Dalam penelitian ini lokasi yang akan ditinjau adalah jalan Lintas Timur Kecamatan

Lirik Kabupaten Indragiri Hulu Provinsi Riau. Kecamatan Lirik merupakan kawasan industri terbesar di Kabupaten Indragiri Hulu karna terdapat beberapa perusahaan besar yang bermukim disini, seperti field PT. Pertamina, kawasan hutan industri milik PT. RAPP dan PT. Medco yang bergerak dibidang perminyakan. maka dibutuhkan suatu konstruksi perkerasan jalan yang baik dan efektif agar dapat menopang beban kendaraan dan arus lalu lintas yang melewati segmen jalan yang cukup padat ini.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa tebal lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada ruas jalan batas Kab. Indragiri Hulu–Simpang Japura sepanjang 1.670 meter
2. Menghitung biaya konstruksi perkerasan lentur dan perkerasan kaku sepanjang 1.670 meter
3. Menentukan perkerasan mana yang lebih efektif dan efisien dari kedua jenis konstruksi perkerasan jalan tersebut.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Adapun tinjauan pustaka dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Definisi Jalan

Jalan adalah sarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan pelengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah atau air, serta di atas permukaan air (Undang-Undang Nomor 38, 2004).

2. Pengertian Perkerasan

Tanah yang masih bersifat natural (belum mendapat sentuhan tangan manusia) atau dalam kondisi alam jarang sekali mampu mendukung beban berulang dari kendaraan tanpa mengalami deformasi yang besar. Karena itu, dibutuhkan

suatu struktur yang dapat melindungi tanah dari beban roda kendaraan. Struktur ini disebut dengan perkerasan atau *pavement* (Hardiyatmo, 2007). Tiga jenis perkerasan yaitu :

1. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan semen (portland cement) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.
3. Perkerasan komposit (*Composite Pavement*) adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

3. Perencanaan Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen

Parameter perencanaan konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) jalan raya dengan metode analisa komponen, 1987 (Bina Marga) adalah sebagai berikut.

3.1 Lalu Lintas

Tahapan dalam perhitungan volume lalu lintas sebagai berikut :

1. Jumlah jalur dan koefisien kendaraan (C)
 Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. jumlah jalur berdasarkan lebar perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5.50$ m	1 jalur
$5.50 \text{ m} \leq L < 8.25$ m	2 jalur
$8.25 \text{ m} \leq L < 11.25$ m	3 jalur
$11.25 \text{ m} \leq L < 15.00$ m	4 jalur
$15.00 \text{ m} \leq L < 18.75$ m	5 jalur
$18.75 \text{ m} \leq L < 22.00$ m	6 jalur

Sumber: (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan kendaraan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Koefisien distribusi kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*		Kendaraan Berat**	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 lajur	1.00	1.00	1.00	1.000
2 lajur	0.60	0.50	0.70	0.500
3 lajur	0.40	0.40	0.50	0.475
4 lajur	-	0.30	-	0.450
5 lajur	-	0.25	-	0.425
6 lajur	-	0.20	-	0.400

Sumber: (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

2. Angka ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan

Angka ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut Tabel 3 di bawah ini

Tabel 3. Angka (E) beban sumbu kendaraan

Beban Sumbu Kg	Lb	Angka Ekuivalen	
		Sumbu tunggal	Sumbu ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5451	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4148	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber: (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

3. Lalulintas harian rata-rata dan rumus-rumus lintas ekuivalen

a. Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan di tentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

b. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan Rumus 1 berikut.

$$LEP = \sum LHR_o \times C_j \times E_j \quad (1)$$

Dengan
j = Jenis kendaraan

c. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) dihitung dengan Rumus 2 berikut.

$$LEA = \sum LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (2)$$

Dengan :
i = perkembangan lalu lintas
j = jenis kendaraan

d. Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dihitung dengan Rumus 3 berikut.

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA) \quad (3)$$

e. Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dihitung dengan Rumus 1 berikut.

$$LER = LET \times FP \quad (4)$$

f. Faktor penyesuaian (FP) tersebut di atas ditentukan dengan Rumus 5 berikut

$$FP = UR/10 \quad (5)$$

3.2 Daya dukung tanah dasar dan CBR

Daya dukung tanah dasar (DTT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi. Yang dimaksud dengan harga CBR adalah CBR lapangan atau CBR laboratorium. Pengambilan contoh tanah dasar CBR lapangan dilakukan dengan tabung (*undisturb*), kemudian direndam dan diperiksa nilai CBR nya. CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan (*overlay*). untuk mendasarkan daya dukung tanah dasar hanya kepada pengukuran nilai CBR.

3.3 Faktor Regional (FR)

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen

serta persentase kendaraan dengan berat 13 ton, dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun. dalam penentuan tebal perkerasan, Faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat yang berhenti serta iklim (curah hujan) dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Faktor regional (FR)

	Kelandaian I (< 6 %)		Kelandaian II (6 – 10 %)	
	kendaraan berat ≤30 %	30 %	Kendaraan berat ≤ 30 %	> 30 %
Iklim I < 900 mm/th	0.5	0–1.5	1.0	1.5–2.0
Iklim II > 900 mm/th	1.5	-2.5	2.0	2.5–3.0

Sumber: (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

3.4 Indeks Permukaan (PI)

Indeks permukaan menyatakan nilai ketidakrataan dan kekuatan perkerasan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat.

Adapun beberapa ini IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut di bawah ini :

IP = 1,0 : menyatakan permukaan jalanan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

IP = 1,5 : menyatakan tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin

IP = 2,0 : menyatakan tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap

IP = 2,5 : menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekuivalen rencana (LER), menurut Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Indeks permukaan akhir umur rencana

LER	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1.0– 1.5	1.5	1.5 – 2.0	-
10 – 100	1.5	1.5 – 2.0	2.0	-
100 – 1000	1.5 – 2.0	2.0	2.0 – 2.5	-
> 1000	-	2.0 – 2.5	2.5	2.5

Sumber: (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana.

3.5 Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, lapis pondasi, lapis pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai *Marshall Test*

3.6 Batas minimum tebal lapisan perkerasan

Batas tebal minimum setiap lapis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7 berikut ini.

Tabel 6. Lapis permukaan

ITP	Tebal Min. (cm)	Bahan
< 3.00	5	Lapis pelindung (BURAS/BURTU/BURDA)
3.00–6.70	5	Lapen/Aspal macadam, HRA, Laston
6.71–7.49	7.5	Lapen/Aspal macadam, HRA, Laston
7.50–9.99	7.5	Lasbutag
≥ 10.00	10	Laston

Sumber: (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

Tabel 7. Lapis pondasi

ITP	Tebal Min. (cm)	Bahan
< 3.00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen
3.00–7.49	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan kapur
7.50–9.99	20	Laston atas
	15	Batu pecah, pondasi macadam Laston atas
10–12.14	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, laston atas, Lapen, Pondasi Macadam
≥ 12.25	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan kapur, laston atas, lapen, pondasi macadam

Sumber: (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

Untuk Lapis Pondasi Bawah, setiap nilai ITP bila menggunakan pondasi bawah tebal minimum adalah 10 cm.

4 Perencanaan Perkerasan Kaku Metode Pd T-14-2003

Parameter perencanaan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) dengan metode Pd T-14-2003 (Bina Marga) adalah sebagai berikut.

4.1 Tanah dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2 %, maka harus dipasang pondasi bawah yang dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %.

4.2 Lapis pondasi bawah

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan pondasi dengan memperhitungkan tegangan pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif.

Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-1743-1989. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK).

1. Pondasi bawah material berbutir

Material berbutir tanpa pengikat harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI-03-6388-2000. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3–5 %. Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis pondasi bawah minimum 100 %

2. Pondasi bawah dengan bahan pengikat

Pondasi bawah dengan bahan pengikat (BP) dapat digunakan salah satu dari :

- a. Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag halus
- b. Campuran beraspal bergradasi rapat
- c. Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm²)

3. Pondasi bawah dengan campuran beton kurus Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

4.3 Beton semen

Pelat beton di dalam perkerasan beton semen merupakan lapisan permukaan dan termasuk bagian yang mempunyai peranan utama dalam struktur perkerasan. Di Indonesia jenis perkerasan beton semen yang dipakai pada umumnya yaitu perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan.

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30–50 kg/cm²). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 MPa (50–55 kg/cm²).

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan Rumus 6 dan 7 berikut :

$$f_{cf} = K (f_c')^{0,50} \text{ dalam MPa} \quad (6)$$

$$f_{cf} = 3,13 K (f_c')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2 \quad (7)$$

Dengan :

f_c' : kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²)

f_{cf} : kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²)

K : konstanta, 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat pecah.

Kuat tarik lentur dapat juga ditentukan dari hasil uji kuat tarik belah beton yang dilakukan menurut SNI 03-2491-1991 sebagai berikut :

$$f_{cf} = 1,37.f_{cs}, \text{ dalam MPa} \quad (8)$$

$$f_{cf} = 13,44.f_{cs}, \text{ dalam kg/cm}^2 \quad (9)$$

Dengan :

f_{cs} : kuat tarik belah beton 28 hari.

Beton dapat diperkuat dengan serat baja (*steel-fibre*) untuk meningkatkan kuat tarik lenturnya dan mengendalikan retak pada pelat khususnya untuk bentuk tidak lazim. Serat baja dapat digunakan pada campuran beton, untuk jalan plaza tol, putaran dan perhentian bus. Secara tipikal serat dengan panjang antara 15 dan 50 mm dapat ditambahkan ke dalam adukan beton, masing-masing sebanyak 75 dan 45 kg/m³.

4.4 Lalu lintas

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda ganda (STDRG)
- Sumbu tridem roda ganda (STRRG).

1. Lajur rencana dan koefisien distribusi (C)

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar.

Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Jumlah Lajur berdasarkan lebar perkerasan

Lebar perkerasan (Lp)	Jumlah lajur (nl)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
Lp < 5,50 m	1 lajur	1	1
5,50 m Lp < 8,25 m	2 lajur	0,70	0,50
8,25 Lp < 11,25	3 lajur	0,50	0,475
11,23 m Lp < 15,00 m	4 lajur		0,45
15,00 m Lp < 18,75 m	5 lajur		0,425
18,75 m Lp < 22,00 m	6 lajur		0,40

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

2. Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

3. Pertumbuhan lalu-lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan Rumus :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \quad (10)$$

Dengan :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

I : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

UR :Umur rencana (tahun)

4. Lalu lintas rencana

Lalu-lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survai beban. Jumlah

sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus 11 :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad (11)$$

Dengan :

JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana .

JSKNH : Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.

R : Faktor pertumbuhan kumulatif

C : Koefisien distribusi kendaraan.

5. Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan.

4.5 Bahu

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat. Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb.

4.6 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas.
- Memudahkan pelaksanaan.
- Mengakomodasi gerakan pelat.

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

1. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditunjukkan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3-4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm. Ukuran batang pengikat dapat dihitung dengan Rumus 12 dan Rumus 13 berikut.

$$At = 204 \times b \times h \quad (12)$$

$$I = (38,3 \times \varnothing) + 75 \quad (13)$$

Dengan :

At : luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm²),

b : jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m),

h : tebal pelat (m),

I : panjang batang pengikat (mm),

∅ : diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

2. Sambungan susut melintang (*dowel*)

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen. Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4–5 m. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Diameter ruji

No	Tebal Pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	125 < h ≤ 140	20
2	140 < h ≤ 160	24
3	160 < h ≤ 190	28
4	190 < h ≤ 220	33
5	220 < h ≤ 250	36

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

3. Sambungan isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya manhole, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5 – 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*).

4.7 Perencanaan tebal pelat beton

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

5 Rencana Anggaran Biaya

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja atau harga yang harus dibayar untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi berdasarkan perhitungan analisa.

Anggaran biaya suatu bangunan atau proyek merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisa, serta biaya-biaya yang lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan, (Ibrahim, 2012) menyatakan bahwa biaya atau anggaran itu sendiri merupakan jumlah dari masing-masing hasil perkalian volume dengan harga satuan pekerjaan.

5.1 Harga dasar satuan upah

Sistem pengupahan pada tenaga kerja orang adalah sebagai berikut :

1. Hari orang standar (*standart man day*), maksudnya adalah pekerja terampil yang dapat mengerjakan satu jenis pekerjaan (*skilled labour*). Dalam sistem pengupahan dipergunakan satuan upah berupa orang hari standar (*standart man day*) yang disingkat dengan istilah lain HOK (*Hari Orang Kerja*) atau MD (*Man Day*).

2. Jam orang standar (man hour), maksudnya 1 hari 8 jam kerja terdiri dari 7 jam kerja dan 1 jam istirahat.

5.2 Analisa harga satuan bahan

Analisa harga satuan bahan adalah analisa harga suatu jenis bahan (material) per satuan jenis material, yang dihasilkan oleh produktifitas beberapa jenis alat berat, beberapa orang dan beberapa jenis material.

Harga satuan dasar bahan dapat ditinjau dari beberapa aspek antara lain:

1. Harga satuan dasar di tempat proses kerja.
2. Harga satuan dasar material di luar Pajak Pertambahan Nilai (PPN).
3. Preferensi terhadap produk dalam negeri.

5.3 Analisa harga satuan alat

Analisa harga satuan pekerjaan alat adalah harga prakiraan operasional alat berat per jam. Harga prakiraan operasional alat berat per jam diperlukan untuk mengetahui harga satuan dari material (bahan) yang pelaksanaannya menggunakan alat berat. Untuk memperkirakan harga satuan material yang dihasilkan, perlu juga diperhitungkan analisa koefisien bahan dan analisa koefisien orang. Harga satuan pekerjaan alat berat dihitung dari analisa komponen biaya kepemilikan dan komponen biaya operasional alat berat (*owning and operating cost*).

Salah satu permasalahan penting yang selalu muncul dalam suatu pelaksanaan proyek adalah mengenai pemilihan atau pemakaian peralatan yang sesuai. Pelaksana proyek (kontraktor) memikirkan bahwa investasi atau biaya pengadaan peralatan yang dipergunakan dalam suatu proyek biasanya menghabiskan dana yang cukup besar dari persentase dana proyek. Kontraktor tidak mengeluarkan biaya bagi peralatan pelaksanaan, melainkan alat-alat tersebut membiayai dirinya sendiri dengan jalan menghasilkan uang yang lebih besar dari harga alat tersebut sumber alat berat terbagi menjadi 3 antara lain :

1. Alat berat dibeli adalah alat berat diperoleh dengan cara membeli, keuntungannya biaya

pemakaian per-jam sangat kecil jika alat berat tersebut digunakan secara optimal.

2. Alat berat sewa-beli adalah alat berat yang disewa dalam jangka waktu yang lama dan pada akhir masa sewa penyewaan dapat membeli alat tersebut.
3. Alat berat sewa adalah alat berat yang diperoleh dengan cara menyewa, perbedaannya dengan sewa beli adalah dari waktu penyewaan. Alat yang disewa biasanya dalam waktu yang lama.

C. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun metodologi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data umum proyek

Paket pelebaran jalan Batas Kab. Indragiri Hulu – Simpang Japura terletak pada jalan lintas timur Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau.



Gambar 1. Lokasi Proyek
Sumber : (Google, 2016)

2. Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder.

1. Data primer, merupakan data yang dikumpulkan oleh penulis secara langsung di lapangan atau melakukan pengamatan langsung di lokasi proyek
2. Data sekunder, merupakan data yang diperoleh dari instansi pemerintah atau kontraktor pelaksana proyek. Adapun data sekunder yang dibutuhkan antara lain :
 - a. Data CBR tanah dasar yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah dasar

- b. Data lintas harian rata-rata (LHR) digunakan untuk menganalisa beban arus lalu lintas kendaraan rencana
- c. Data harga satuan upah, bahan material dan peralatan untuk menghitung perkiraan volume dan harga satuan pekerjaan konstruksi
- d. Time schedule proyek.

3. Analisa Data

Analisa data perencanaan konstruksi perkerasan sebagai berikut.

3.1 Metode perencanaan konstruksi perkerasan lentur

Tahapan perhitungan konstruksi perkerasan lentur adalah sebagai berikut.

1. Data perencanaan perkerasan lentur
2. Menganalisa data lalu lintas, antara lain :
 - a. Menghitung angka ekivalen (E)
 - b. Menghitung koefisien distribusi (C)
 - c. Menghitung lintas ekivalen permulaan
 - d. Menghitung lintas ekivalen akhir
 - e. Menghitung lintas ekivalen rencana
3. Menganalisa data dukung tanah (DDT)
4. Menentukan nilai ITP, antara lain :
 - a. Faktor regional
 - b. Harga indeks permukaan awal (IPo)
 - c. Harga indeks permukaan akhir (IPt)
5. Menentukan tebal perkerasan.

3.2 Metode perencanaan konstruksi perkerasan kaku

Tahapan perhitungan konstruksi perkerasan kaku adalah sebagai berikut :

1. Data perencanaan perkerasan kaku
2. Perhitungan data lalu lintas, antara lain :
 - a. Menentukan jumlah sumbu kendaraan
 - b. Menentukan faktor pertumbuhan lalulintas
 - c. Menentukan lalu lintas rencana
 - d. Perhitungan jumlah repetisi beban
3. Perencanaan tebal perkerasan, antara lain :
 - a. Perencanaan pondasi bawah material berbutir
 - b. Perencanaan pondasi bawah beton kurus
 - c. Menentukan tebal pelat beton
4. Menentukan tegangan ekivalen (TE) dan faktor erosi (FE)

5. Menghitung jumlah repetisi izin fatik dan erosi
6. Merencanakan sambungan.

D. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil dan pembahasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Analisa Perkerasan Lentur

Dari hasil analisa perkerasan lentur menggunakan metode analisa komponen mendapatkan ketebalan struktur perkerasan lentur sebagai berikut :

1. Lapis pondasi agregat kelas B = 0,50 m
2. Lapis pondasi agregat kelas A = 0,20 m
3. Laston lapis antara = 0,06 m
4. Laston lapis aus = 0,04 m
5. Lapis resap pengikat = 0,8 Ltr/m²
6. Lapis perekat = 0,25 Ltr/m²
7. Beton K-250 untuk bahu jalan = 0,15 m

Perhitungan volume konstruksi perkerasan lentur dengan panjang jalan 1670 m sebagai berikut :

1. Lapis pondasi agregat kelas B = 6.346 m³
2. Lapis pondasi agregat kelas A = 2.538 m³
3. Laston lapis antara = 1.750 ton
4. Laston lapis aus = 1.168 ton
5. Lapis resap pengikat = 10.154 liter
6. Lapis perekat = 3.173 liter
7. Beton K-250 untuk bahu jalan = 752 m³

Tabel 10. Rencana anggaran biaya konstruksi perkerasan lentur

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Lapis pondasi bawah agregat kelas B	M3	6.346	776.188,07	4.925.689.473,61
2	Lapis pondasi atas agregat kelas A	M3	2.538	898.262,01	2.279.788.992,95
3	Laston lapis antara AC - BC	Ton	1.750	1.369.478,16	2.396.586.778,64
4	Laston Lapis Aus AC - WC	Ton	1.168	1.405.275,28	1.641.361.527,44
5	Lapis resap pengikat - aspal cair	Liter	10.154	12.033,81	122.191.339,62
6	Lapis perekat - aspal cair	Liter	3.173	13.000,54	41.250.713,87
7	Beton K-250 untuk bahu jalan	M3	752	1.868.062,87	1.404.783.276,40
A	Jumlah				12.811.652.102,54
B	PPN 10 %				1.281.165.210,25
C	Jumlah Keseluruhan (Rp) (A + B)				14.092.817.312,79

Dari Tabel 10 didapat total biaya konstruksi perkerasan lentur keseluruhan sebesar Rp. 14.092.817.312,79. Komponen dengan biaya terbesar pada perkerasan lentur yaitu pekerjaan lapis pondasi bawah agregat kelas B dengan

jumlah harga Rp. 4.925.689.473,61 dengan bobot pekerjaan sebesar 38.44 %

2 Analisa Perkerasan Kaku

Dari hasil analisa perkerasan kaku dengan metode PdT-14-2003 mendapatkan ketebalan lapis perkerasan kaku sebagai berikut :

1. Lapis pondasi agregat kelas A = 0,25 m
2. Lapis pondasi bawah beton kurus = 0,15 m
3. Perkerasan beton semen = 0,30 m
4. Sambungan memanjang (*Dowel*) = \varnothing 32 mm
5. Sambungan memanjang (*Tie-bars*) = D16 mm
6. Beton K-250 untuk bahu jalan = 0,15 m

Perhitungan volume konstruksi perkerasan lentur dengan panjang jalan 1670 m sebagai berikut :

1. Lapis pondasi agregat kelas A = 3.173 m³
2. Lapis pondasi bawah beton kurus = 1.953 m³
3. Perkerasan beton semen = 3.807 m³
4. *Dowel* = 24.025,96 kg
5. *Tie-bars* = 3.515,8 kg
6. Beton K-250 untuk bahu jalan = 752 m³

Tabel 11. Rencana anggaran biaya konstruksi perkerasan kaku

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Lapis pondasi agregat kelas A	M3	3.173	898.262,01	2.850.185.372,20
2	Lapis pondasi bawah beton kurus	M3	1.953	1.405.311,53	2.744.573.419,13
3	Perkerasan beton semen	M3	3.807	2.276.796,43	8.667.764.015,61
4	penulangan dowel	Kg	24.025,96	14.348,86	344.745.037,16
5	penulangan tie bars	Kg	3.515,80	11.606,01	40.804.404,10
6	Beton K-250 untuk bahu jalan	M3	752	1.868.062,87	1.404.783.276,40
A Jumlah					16.052.855.524,59
B PPN 10 %					1.605.285.552,46
C Jumlah Keseluruhan (Rp) (A + B)					17.658.141.077,05

Dari Tabel 11 didapat total biaya konstruksi perkerasan kaku keseluruhan sebesar Rp 17.658.141.077,05. Sedangkan komponen dengan biaya terbesar pada perkerasan kaku yaitu pekerjaan perkerasan beton semen dengan jumlah harga Rp. 8.667.764.015,61 dengan bobot pekerjaan sebesar 49.1 %

Perbandingan dan persentase biaya konstruksi perkerasan kaku dan perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 12 berikut.

Tabel 12. Perbandingan biaya konstruksi perkerasan lentur dan perkerasan kaku

No	Jenis perkerasan jalan	Biaya konstruksi (Rp)	Persentase biaya (%)
1	Perkerasan kaku	17.658.141.077,05	100
2	Perkerasan lentur	14.092.817.312,79	79,81
	Selisih biaya	3.565.323.764,26	20,19

Sumber: Hasil perhitungan

3 Biaya Pemeliharaan Konstruksi

Biaya pemeliharaan konstruksi menurut (Peraturan Presiden No 54, 2010) adalah 5 % dari total biaya konstruksi perkerasan dengan masa pemeliharaan 2 Tahun. Pada perkerasan lentur didapat biaya pemeliharaan sebesar Rp. 704.640.865,64. Sedangkan pada perkerasan kaku didapat biaya pemeliharaan sebesar Rp. 882.907.053,85.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan terhadap konstruksi perkerasan lentur dan konstruksi perkerasan kaku, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisa lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) menggunakan metode analisa komponen mendapatkan ketebalan lapis pondasi bawah agregat kelas B 50 cm, lapis pondasi atas agregat kelas A 20 cm dan laston 10 cm (AC-WC 4 cm dan AC-BC 6 cm). sedangkan lapisan perkerasan kaku (*rigid pavement*) menggunakan metode PdT-14-2003 mendapatkan ketebalan untuk lapis pondasi agregat kelas A 25 cm, lapis pondasi bawah beton kurus 15 cm, pelat beton minimal 20,5 cm (pada perhitungan digunakan 30 cm), diameter ruji (*dowel*) 32 mm polos dan batang pengikat (*tie bars*) diameter 16 mm ulir
2. Total biaya konstruksi perkerasan lentur sepanjang 1.670 meter adalah sebesar Rp. 14.092.817.312,79 dan biaya konstruksi perkerasan kaku dengan panjang yang sama yaitu sebesar Rp. 17.658.141.077,05. Selisih

biaya 20,19 % atau sebesar Rp. 3.565.323.764,26 dengan umur rencana yang sama yaitu 20 tahun.

3. Pada segmen jalan lintas timur ini sangat efektif bila menggunakan konstruksi perkerasan kaku karena arus lalu lintas kendaraan berat yang melewati jalan ini sangat tinggi. Walaupun biaya konstruksi perkerasan lentur lebih murah dan efisien 20,19 % dibandingkan biaya konstruksi perkerasan kaku.

2. Saran

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan dalam analisa dan perhitungan, penulis memberi saran sebagai berikut :

1. Sebelum pelaksanaan suatu kegiatan proyek sebaiknya perencanaan dilakukan dengan tepat dan sebaik-baiknya mengingat biaya konstruksi perkerasan jalan yang cukup besar dan semakin meningkatnya arus volume lalu lintas.
2. Dari hasil pengamatan di lapangan pada ruas jalan lintas timur Provinsi Riau ini, untuk pembangunan konstruksi perkerasan jalan pada tahun mendatang sebaiknya menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*) mengingat arus lalu lintas kendaraan berat yang melalui segmen jalan ini sangat besar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anas Aly, I. (2004). *Teknologi Perkerasan Jalan Beton Semen*. Yayasan Pengembangan teknologi dan Manajemen.
2. Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
3. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2003). *Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Beton Semen, PdT-14-2003*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

4. Dinas Pekerjaan Umum Kab. Inhu, B. B. (2015). *Harga Satuan Dasar Bahan dan Upah Kabupaten Indragiri Hulu 2014*.
5. Direktorat Jendral Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Teknis Perkerasan Jalan*.
6. Febria, T. (2016). *Studi Tingkat Efisiensi Pembangunan Jalan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur*. Pekanbaru: Universitas Riau.
7. Google, E. (2016, Juni). *Peta Jalan Lintas Timur Kecamatan Lirik Kabupaten Indragiri Hulu Provinsi Riau*. Pekanbaru, Riau.
8. Hardiyatmo, C. (2007). *Perencanaan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. Yogyakarta.
9. Ibrahim, B. (2012). *Rencana dan Estimate real Of Cost*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
10. P2JN II Riau, P. d. (2015, Juni). *Data LHR*.
11. Peraturan Presiden No 54. (2010). *Peraturan Presiden Tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah*. Jakarta.
12. Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
13. Syarif, A. (2012). *Perbandingan Rencana Anggaran Biaya Pada Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku*. Pekanbaru: Universitas Riau.
14. Undang-Undang Nomor 38. (2004). *Peraturan Undang-Undang Nomor 38 Tentang Jalan*. Jakarta: Peraturan Pemerintah Indonesia.