Study of Efficiency Level Road Rigid Pavement and Flexible Pavement

Tara Febria¹⁾, Rian Trikomara²⁾, Hendra Taufik³⁾

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: Tara.febria@student.unri.ac.id, Rian.trikomara@lecturer.unri.ac.id
hendra.taufik@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

This study is to analyze the operational costs, maintenance on Rigid Pavement (RF) and Flexible Pavement (FP). Project design life is 20 years. Design Method at Simpang Beringin Maredan Siak for RP is PdT-14-2003, while FP is use PtT PL-01-2002-B method of Highways. The primary data was gained from survey the average daily car movement (LHR) documentation and secondary data which was collected from the details of the work's volume, unit price list, unit price analysis, heavy equipment leasing, and maintenance costs during the design life of 20 years. As a result, RP thickness by using the method of Highways produced concrete pavement thickness of 27 cm, 10cm layer of concrete foundation, reinforcement dowel Ø 33 mm plain and reinforcement tie D166 mm threaded bar and FP produced layer of asphalt concrete pavement thickness of (AC-WC) 4,2cm, layer of asphalt concrete (AC-BC) 6 cm, class A aggregate based layer was 25 cm, class B aggregate based layer was 50 cm. RP cost of Rp. 17,232,129,032.15 and FP cost of Rp.13,780,354,350.72. the difference between two cost is around 20.03%. The costs for maintenance bending pavement was Rp. 56,809,224,912.16 and rigid pavement maintenance costs Rp.44,033,259,315.85 the different of both of charge of approximately 22.49% in terms of pavement with a design life of 20 years.

Keywords: *Rigid Pavement, Flexible Pavement, Unit Price, Budget Plan, Simpang Maredan.*

A. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk Kabupaten Siak tahun 2013 dengan jumlah penduduk sebanyak 491,967 juta jiwa semakin meningkat pada tahun 2014 dengan jumlah penduduk 501,030 juta jiwa dan luas wilayah 8.556.09 Km² mengakibatkan meningkatnya mobilitas masyarakat (Drs. H. Syamsuar, 2015). Kebutuhan prasarana transportasi yang dapat meningkatkan kelancaran kegiatan masyarakat. Maka diperlukan prasarana transportasi yang dapat meningkatkan kelancaran kegiatan masyarakat. Kebutuhan prasarana transportasi tersebut salah satunya jalan. Peningkatan jalan simpang beringin maredan merupakan lanjutan perkembangan daerah di bidang sarana dan prasarana dalam membantu mobilitas masyarakat yang semakin tinggi intensitasnya. Ruas jalan yang menghubungkan antara ibukota provinsi dan ibukota kabupaten yang berfungsi sebagai pusat pergerakan ekonomi, yaitu Kota Pekanbaru dan Siak. Jarak tempuh antara Pekanbaru dan Siak menjadi lebih pendek,

sehingga dapat memberikan peluang bisnis baru antara dua daerah ini.

Saat ini konstruksi perkerasa kaku (*rigid pavement*) banyak digunakan di jalan-jalan ibukota maupun didaerah-daerah yang mempunyai tingkat kepadatan tinggi. Perkerasan kaku mempunyai beberapa keunggulan antara lain, cocok untuk lalu lintas berat, lebih tahan terhadap cuaca panas, tidak terjadi deformasi dan tahan terhadap pengaruh air, pelaksanaan relatif sederhana kecuali pada sambungan-sambungan dan umur rencana dapat mencapai 15-40 tahun. Kelemahan pada perkerasan kaku antara lain pada masa pelaksanaan, karena setelah pengecoran diperlukan waktu sekitar 30 hari untuk mencapai kekuatan rencana sebelum dibuka untuk lalu lintas, jika terjadi kerusakan maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat akan meluas (Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Banjar, 2008). Hal ini dapat mengganggu kelancaran lalu lintas terutama pada jalan lalu lintas padat (Dachlan, 2009). Biaya perkerasan lentur lebih murah

dibandingkan biaya perkerasan kaku (Waluyo, Dkk, 2008).

Biaya pemeliharaan yang tinggi pada perkerasan lentur namun umur pelayanan yang pendek serta pemeliharaan yang sering terjadi pada masa pelayanan membuat biaya yang dibutuhkan untuk perkerasan lentur lebih besar. Sedangkan pada perkerasan kaku, umur pelayanan yang tinggi tapi biaya pemeliharaan yang relatif rendah membuat biaya yang dibutuhkan untuk perkerasan kaku relatif lebih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan biaya perkerasan kaku dan perkerasan lentur ditinjau dari sudut pandang umur rencana 20 tahun.

Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis dimensi ketebalan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) dan perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)
2. Menganalisis biaya fisik pekerjaan perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) pada proyek Peningkatan Jalan Lintas Timur Km. 25 Simpang Beringin Maredan Kabupaten Siak 2 km
3. Menganalisis biaya pada pekerjaan *rigid pavement* sehingga dengan biaya yang sama didapatkan panjang jalan *flexible pavement*
4. Menganalisis biaya operasional dan pemeliharaan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) dan perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dengan umur rencana 20 tahun pada proyek Peningkatan Jalan Lintas Timur Km. 25 Simpang Beringin Maredan Kabupaten Siak
5. Mengestimasi dan membandingkan rencana Anggaran Biaya (RAB) kedua jenis konstruksi tersebut kemudian menganalisis dan mengetahui mana yang lebih efisien dari kedua jenis konstruksi.

B. METODELOGI PENELITIAN

Adapun metodologi penelitian ini dapat dilihat di bawah ini:

B.1 Pengertian Jalan

Berdasarkan Undang-undang No.38 tahun 2004, jalan adalah sarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan lengkapannya 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, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

B.2 Defenisi dan Jenis Perkerasan

Menurut (Sukirman, 1999) perkerasan jalan berdasarkan material bahan pengikat dan pendistribusiannya dapat dibagi menjadi 3 (tiga) jenis yaitu:

1. Konstruksi 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. Konstruksi 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. Konstruksi 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.

B.3 Kriteria Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B

Dari kriteria perencanaan tebal perkerasan lentur (*flexible pavement*) menggunakan Pt T-01-2002-B metode Bina Marga, maka tahap-tahap perhitungannya antara lain :

B.3.1 Lalu Lintas

Tahap- tahap untuk menghitung volume lalu lintas kendaraan antara lain :

1. Angka Ekuivalen Beban Gandar Sumbu Kendaraan (E)

Angka ekuivalen kendaraan merupakan angka yang menunjukkan jumlah lintasan beban sumbu standar yang menyebabkan kerusakan pada lapisan perkerasan apabila kendaraan itu lewat satu kali angka ekuivalen beban sumbu standar (*equivalent standar axle load*).

- a. ESAL harian = ESAL x LHR

Berdasarkan jenis sumbu kendaraan dapat dibagi menjadi 4 jenis dapat dilihat dirumus 1-4 :

$$i. \text{ STRT} = \left[\frac{\text{Beban Sumbu (ton)}}{5,4} \right]^4 \times K \quad (1)$$

$$ii. \text{ STRD} = \left[\frac{\text{Beban Sumbu (ton)}}{8,16} \right]^4 \times K \quad (2)$$

$$iii. \text{ SGRG} = \left[\frac{\text{Beban Sumbu (ton)}}{8,16} \right]^4 \times K \quad (3)$$

$$iv. \text{ TrRG} = \left[\frac{\text{Beban Sumbu (ton)}}{8,16} \right]^4 \times K \quad (4)$$

Sumbu tunggal : 1
 Sumbu ganda : 0,086
 Sumbu triple : 0,054

b. Lintasan Ekuivalen

Lintasan ekuivalen merupakan repetisi beban yang digunakan dalam lintas sumbu standar yang diterima oleh konstruksi jalan.

1. Lintasan Ekuivalen Permukaan (LEP)

Lintasan Ekuivalen Permukaan merupakan besarnya lintasan ekuivalen pada saat jalan tersebut dibuka dapat dilihat pada Rumus 5.

$$\text{LEP} = \text{ESAL harian} \times C \times \left(\frac{(1+a)^n - 1}{a} \right) \quad (5)$$

Dengan :

C : Kefesien distribusi lajur
 a : Pertumbuhan lalu lintas
 r : Pertumbuhan lalu lintas selama masa layan
 n : Masa perencanaan dan Pembangunan

2. Lintasan Ekuivalen Akhir (LEA)

Lintasan Ekuivalen Akhir merupakan besarnya nilai lintasan ekuivalen pada saat jalan tersebut membutuhkan perbaikan (akhir umur rencana) dapat dilihat pada Rumus 6.

$$\text{LEA} = \text{LEP} \times (1 + r)^n \quad (6)$$

Dengan :

LEP : Lintasan Ekuivalen Permukaan
 r : Pertumbuhan lalu lintas selama masa layan
 n : Masa perencanaan dan Pembangunan

3. Lintasan Ekuivalen Tengah (LET)

Lintasan Ekuivalen Tengah merupakan besarnya lintasan ekuivalen pertengahan dapat dilihat pada Rumus 7.

$$\text{LET} = \frac{\text{LEP} + \text{LEA}}{2} \quad (7)$$

Dengan :

LEP : Lintasan ekuivalen permukaan
 LEA : Lintasan ekuivalen akhir

4. Lintasan Ekuivalen Rencana (LER)

Lintasan Ekuivalen Rencana merupakan besarnya lintasan ekuivalen selama umur rencana dapat dilihat pada Rumus 8.

$$\text{LER} = \text{LET} \times \frac{\text{UR}}{10} \quad (8)$$

Dengan :

LET : Lintasan ekuivalen tengah
 UR : Umur rencana

B.3.2 Reliabilitas

Konsep reliabilitas merupakan upaya untuk menyertakan derajat kepastian (*degree of certainty*) ke dalam proses perencanaan untuk menjamin bermacam-macam alternatif perencanaan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan (umur rencana). Faktor perencanaan reliabilitas memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu-lintas (w18) dan perkiraan kinerja (W18), dan karenanya memberikan tingkat reliabilitas (R) dimana seksi perkerasan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan. Pada umumnya, dengan meningkatnya volume lalu-lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu-lintas, resiko tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan harus ditekan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat reliabilitas yang lebih tinggi. Tabel 1 memperlihatkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan. Perlu dicatat bahwa tingkat reliabilitas yang lebih tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu-lintas paling banyak, sedangkan tingkat yang paling rendah, 50 % menunjukkan jalan lokal dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekomendasi tingkat reliabilitas

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas Hambatan	85 - 99,9	80 - 99,9
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

Sumber : (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

Reliabilitas kinerja perencanaan dikontrol dengan faktor reliabilitas (FR) yang dikalikan dengan perkiraan lalu-lintas (w18) selama umur rencana untuk memperoleh prediksi kinerja (W18). Untuk tingkat reliabilitas (R) yang diberikan, *reliability factor* merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (*overall standard deviation*, S_0) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu-lintas dan perkiraan kinerja untuk W18 yang diberikan. Dalam persamaan desain perkerasan lentur, *level of reliability* (R) diakomodasi dengan parameter penyimpangan normal standar (*standard normal deviate*, ZR). Tabel 2 memperlihatkan nilai ZR untuk *level of serviceability* tertentu. Penerapan konsep *reliability* harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini :

1. Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota
2. Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada Tabel 2.3.
3. Deviasi standar (S_0) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat. Rentang nilai S_0 adalah 0,40 – 0,50.

Tabel 2. Nilai penyimpangan normal standar (*standard normal deviate*) Untuk tingkat reliabilitas tertentu

Reliabilitas, R (%)	Standar normal deviat, ZR
50	0,000
60	-0,235
70	-0,524
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

Sumber : (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

B.3.3 Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Lalu lintas pada lajur rencana (w18) diberikan dalam kumulatif beban gandar standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini digunakan Rumus 9.

$$w18 = \text{ESAL harian} \times 365 \times \left(\frac{(1+a)^n - 1}{a} \right) \quad (9)$$

Dengan :

DD : Faktor distribusi arah

DL : Faktor distribusi lajur

$\hat{w}18$: Beban gandar standar kumulatif untuk dua arah

Pada umumnya DD diambil 0,5. Pada beberapa kasus khusus terdapat pengecualian dimana kendaraan berat cenderung menuju satu arah tertentu. Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa DD bervariasi dari 0,3 – 0,7 tergantung arah mana yang ‘berat’ dan ‘kosong’ dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Faktor Distribusi Lajur (D_D)

Jumlah lajur per arah	% Beban gandar standar dalam lajur rencana
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

Sumber : (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

Lalu-lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu-lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban gandar standar kumulatif pada lajur rencana selama setahun (w18) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*). Secara numerik rumusan lalu-lintas kumulatif dapat dilihat pada Rumus 10.

$$W_i = DD \times DL \times W_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \quad (10)$$

Dengan :

W_t : Jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif.

w18 : Beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun.

N : Umur pelayanan (tahun).

G : Perkembangan lalu lintas (%)

B.3.4 Koefisien Drainase

Dalam buku ini diperkenalkan konsep koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas sistem drainase yang dimiliki perkerasan jalan. Tabel 4 memperlihatkan definisi umum mengenai kualitas drainase.

Tabel 4. Definisi kualitas drainase

Kualitas drainase	Air hilang dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 Bulan
Jelek sekali	air tidak akan mengalir

Sumber : (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perencanaan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi. Faktor untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif ini adalah koefisien drainase (m) dan disertakan ke dalam persamaan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relatif (a) dan ketebalan (D). Tabel 5 memperlihatkan nilai koefisien drainase (m) yang merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh.

Tabel 5 Koefisien Drainase

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1 %	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25 %
Baik sekali	1,40 - 1,30	1,35 - 1,30	1,30 1,20	1,20
Baik	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Sedang	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Jelek	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Jelek sekali	1,05 - 0,95	0,80 - 0,75	0,60 - 0,40	0,40

Sumber : (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

B.3.5 Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan ini 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 = 2,5 : menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik
- IP = 2,0 : menyatakan tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap.

- IP = 1,5 : menyatakan tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).
- IP = 1,0 : Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu-lintas kendaraan.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagai mana diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPt)

Klasifikasi Jalan			
Lokal	Kolektor	Arteri	Bebas Hambatan
1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 2,0	
1,5	1,5 - 2,0	2	
1,5 - 2,0	2	2,0 - 2,5	
	2,0 - 2,5	2,5	2,5

Sumber : (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IP0) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan pada awal umur rencana sesuai dengan Tabel 7.

Tabel 7. Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IP0)

Jenis lapisan perkerasan	IP0	Ketidak rataan *) (IRI, m/km)
LASTON	4	1,0
	3,9 - 3,5	> 1,0
LASBUTAG	3,9 - 3,5	2,0
	3,4 - 3,0	> 2,0
LAPEN	3,4 - 3,0	3,0
	2,9 - 2,5	> 3,0

Sumber : (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

B.4 Kriteria Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Metode PdT -14-2003

Dalam perencanaan suatu perkerasan jalan beton harus diperhatikan tiga hal yang akan mempengaruhi umur dan kekuatan jalan tersebut, yaitu tanah dasar, lapis fondasi dan pelat beton.

B.4.1 Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

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 terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %.

B.4.2 Lapisan fondasi bawah (*subbase*)

Dari lapisan pondasi bawah (*subbase*) Bahan pondasi bawah dapat berupa :

1. Bahan berbutir.
2. Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)
3. Campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*).

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. Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. 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%, sesuai dengan SNI 03-1743-1989.

2. Pondasi bawah dengan bahan pengikat (*Bound Sub-base*)

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 yang dihaluskan.

- b. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
 - 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 (*Lean-Mix Concrete*)

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. Beton semen

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). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm²) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut :

$$f_{cf} = K (f_c')^{0.50} \text{ dalam MPa} \quad (11)$$

$$f_{cf} = 3,13 K (f_c')^{0.50} \text{ dalam kg/cm}^2 \quad (12)$$

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 :

$$f_{cf} = 1,37.f_{cs}, \text{ dalam MPa} \quad (13)$$

$$f_{cf} = 13,44.f_{cs}, \text{ dalam kg/cm}^2 \quad (14)$$

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. Panjang serat baja antara 15 mm dan 50 mm yang bagian ujungnya melebar sebagai anker dan/atau sekrup penguat untuk meningkatkan ikatan. Secara tipikal serat dengan panjang antara 15 dan 50 mm dapat ditambahkan ke dalam adukan beton, masing-masing sebanyak 75 dan 45 kg/m³.

B.4.3 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 :

1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
3. Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
4. Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

1. Lajur rencana dan koefisien distribusi

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

Tabel 8. Jumlah lajur berdasarkan lebar

Lebar perkerasan (Lp)	Jumlah lajur (nI)	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 Perumahan 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 15 :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \quad (15)$$

Dengan :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 9.

I : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

UR : Umur rencana (tahun) Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R)

Tabel 9. Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

Sumber: (Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2003)

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 16 :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad (16)$$

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 seperti terlihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Faktor Keamanan Beban (FKB)

No	Penggunaan	Nilai FKB
1	Jalan bebas hambatan samping (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat sertavolume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survei beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanyan kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

Sumber: (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

6. 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 kerib.

7. Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

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

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain:

- a. Sambungan memanjang
- b. Sambungan melintang
- c. Sambungan isolasi

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 17 dan Rumus 18

$$At = 204 \times b \times h \quad (17)$$

$$I = (38,3 \times D) + 75 \quad (18)$$

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),

D : diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

2. Sambungan susut melintang

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, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. 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)

2. Sambungan isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Contoh persimpangan yang membutuhkan sambungan isolasi diperlihatkan pada Gambar 2.16 Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5 – 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*).

8. Tebal Pelat

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 *jointed unreinforced concrete pavement* yaitu perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan. (Bina Marga, 2004)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1988), mutu beton yang dipakai mempunyai kualitas yang cukup tinggi, yaitu dengan kuat tarik hancur (*flexural strength*), f_{cf} adalah 45 kg/cm² atau beton yang mempunyai kuat tekan (benda uji silinder 15 x 30 cm), f_c' adalah 350 kg/cm² atau setara dengan beton mutu K375–K425. Untuk mendapatkan mutu beton yang tinggi, disarankan untuk menggunakan kualitas agregat yang baik (gradasi, bidang permukaan, kekerasan, dan lain-lain) daripada menambah jumlah semen, karena dengan menambah semen dikhawatirkan akan terjadi retak yang berlebihan.

B.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 analisis. Analisis disini adalah ketentuan umum yang ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum. Dalam analisis satuan komponen, telah

ditetapkan koefisien (indeks) jumlah tenaga kerja, bahan dan alat untuk satu satuan pekerjaan.

Anggaran biaya suatu bangunan atau proyek merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisis, serta biaya-biaya yang 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.

B.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 kerja (*skilled labour*). Dalam system pengupahan dipergunakan satuan upah berupa orang hari standar (*standart man day*) yang disingkat dengan istilah lain HO (Hari Orang) atau MD (*Man Day*). Pekerjaan dalam 1 (satu) hari kerja (8 jam kerja termasuk 1 jam istirahat).
2. Jam orang standar (*man hour*), maksudnya 1 hari 8 jam kerja terdiri dari 7 jam kerja dan 1 jam istirahat.

B.5.2 Analisis Harga Satuan Bahan

Analisis 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.

B.5.3 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Alat Berat

Analisis harga satuan pekerjaan alat berat 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 mempergunakan 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 costs*).

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.

B.5.4 Biaya Perawatan dan Pemeliharaan sewa alat berat

Biaya perawatan dan perbaikan peralatan termasuk penggantian ban yang harus disediakan, dihitung sebesar 60% dari biaya pengambilan modal (Bina Marga, 1996) dapat dilihat pada Rumus 19.

$$\text{Biaya perawatan} = \frac{\text{Biaya pengambilan modal} \times 0,6}{\text{Waktu operasi (jam dalam Tahun)}} \quad (19)$$

Catatan :

1. Jam kerja efektif dalam 1 hari : 7 jam
2. Asuransi, pajak, untuk peralatan : 0,002 x Harga pokok alat
3. Tingkat suku bunga investasi alat : 20%
4. Biaya umum dan keuntungan: 10% x Biaya langsung.

B.5.4 Analisis Anggaran Biaya Pada Perawatan Rutin Perkerasan

Biaya pemeliharaan rutin setiap tahun yang dimulai pada tahun 2018, didapat dari biaya pemeliharaan rutin harga tahun perencanaan 2014 dan diasumsikan dengan eskalasi harga 10% pertahun (marsoit, 2012).

Untuk mencari biaya pembangunan tahun awal (2015) dicari dengan Rumus 20

$$F_n = P \times (1 + i)^n \quad (20)$$

Dengan :

F_n : Pemeliharaan rutin dengan biaya eskalasi
 P : Pemeliharaan rutin tahun rencanan

B.5.4.1 Pemeliharaan rutin perkerasan kaku

Biaya pemeliharaan rutin perkerasan kaku diambil dari biaya dan meningkat pada tahun mendatang sehingga akhir umur rencana dengan asumsi eskalasi harga 10% per tahun. Biaya pembangunan tahun awal dapat dicari dengan Rumus 21.

$$F_n = \text{Biaya konstruksi} + \text{Pemeliharaan rutin} \quad (21)$$

Dengan :

F_n : Biaya rutin untuk konstruksi

B.5.4.2 Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur

Pada perkerasan lentur akan diadakan pemeliharaan berkala berupa overlay berupa lapis permukaan AC –WC setebal 4 cm yang dilakukan setiap akhir tahun ketiga dan diasumsikan 25 % dari biaya konstruksi dapat dilihat pada Rumus 22.

$$\text{Pemel. Berkala} = 25\% \times (\text{AC.WC} + \text{Lapis Resap Pengikat}) \quad (22)$$

B.6 Pengumpulan Data

Data merupakan bahan baku bagi penelitian yang harus diolah lebih lanjut agar berhasil mempunyai manfaat untuk mencapai tujuan. Data yang dihimpun terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari form wawancara, yaitu untuk memperoleh informasi yang tepat dengan melakukan proses wawancara kepada pihak yang terkait, form survei, yaitu untuk mendapatkan data lalu lintas harian rata-rata dan dokumentasi pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mengambil foto/gambar pada lokasi proyek. Adapun data sekunder yang diperlukan adalah data yang didapat dari kerja praktek Redol sianturi, Dkk (2015). Adapun data yang diperoleh dari buku, internet, dan jurnal. Pada penelitian ini data sekunder yang diperlukan adalah data volume lalu lintas harian rata-rata (LHR), data harga satuan upah dan bahan Kabupaten Siak tahun 2014, volume pekerjaan untuk perkerasan kaku dan perkerasan lentur dan, CBR

B.7 Analisis Data

Pada penelitian ini untuk analisis struktur perkerasan kaku dan perkerasan lentur dengan menentukan biaya langsung dan tidak langsung adalah dengan menghitung berdasarkan data/informasi yang didapat dari pembangunan peningkatan jalan simpang beringin maredan Kabupaten Siak. selanjutnya menganalisis terhadap biaya konstruksi awal dan perawatan selama umur rencana 20 tahun. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB), data-data dalam daftar harga upah, bahan dan harga sewa alat yang digunakan harga tahun 2014.

C. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Adapun analisis dan pembahasan adalah sebagai berikut:

C.1 Data Umum Proyek

Proyek Peningkatan Jalan Simpang Beringin-Maredan ini dibangun sepanjang 2 Km yang terletak di Jalan Lintas Timur Km. 25 Kabupaten Siak.

C.2 Analisis Perkerasan Lentur

Dari hasil analisis perkerasan lentur menggunakan Pt T-01-2002-B metode bina marga mendapatkan hasil ketebalan struktur perkerasan lentur antara lain :

1. Lapisan pondasi agregat kelas A : 0,25 m
2. Lapisan pondasi agregat kelas B : 0,5 m
3. Laston Lapis Pondasi AC – Base : 0,1 m
4. Laston lapis aus (AC–BC) : 0,06 m
5. Laston lapis antara (AC-WC) : 0,042 m

Analisis volume konstruksi perkerasan kaku dengan panjang jalan 2 Km dapat dihitung dan dapat dilihat pada Tabel 12 :

1. Lapisan pondasi agregat kelas A = 3.500 Kg
2. Lapisan pondasi agregat kelas B = 7.000 Kg
3. Laston lapisan pondasi AC- Base = 1.400 m³
4. Laston lapis aus (AC–WC) = 14.000 m²
5. Laston lapis antara (AC-BC) = 840 m³
6. Lapisan resap pengikat = 14.000 ltr
7. Lapisan perekat = 2.100 ltr

Tabel 12. Anggaran Biaya pada Konstruksi Perkerasan Lentur

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Perkerasan beton semen	m ³	3.780	2.177.752,44	8.231.904.236,41
2	Lapisan pondasi beton	m ³	1.520	1.369.156,70	2.081.118.184,44
3	Lapisan pondasi Agregat Kelas B	m ³	7.000	696.405,52	4.874.838.652,32
4	Penulangan dowel	Kg	23.955	11.935,79	285.921.874,96
5	penulangan tie bar	Kg	8.914	21.515,47	191.788.899,27
Jumlah					15.665.571.847,41
PPN 10%					1.566.557.184,74
Jumlah Keseluruhan					17.232.129.032,15

Dari Tabel 12 dapat dilihat perhitungan volume perkerasan dan analisis harga satuan perkerasan kaku maka dihitung anggaran biaya konstruksi perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 4.22 total biaya pada perkerasan kaku dengan panjang 2 km yaitu Rp. 17.232.129.032,15.

C.3 Analisis Perkerasan Kaku

Dari hasil analisis perkerasan lentur menggunakan PdT-14-2003 metode bina marga mendapatkan hasil ketebalan struktur perkerasan lentur antara lain :

1. Perkerasan beton semen : 0,27 m
2. Lapisan pondasi beton : 0,1 m
3. Penulangan dowel : Ø33 mm Polos
4. Penulangan tie bar : D16 mm Ulir
5. Lapisan pondasi agregat kelas B : 0,5 m

Analisis volume konstruksi perkerasan kaku dengan panjang jalan 2 Km dapat dihitung dan dapat dilihat pada tabel 13 :

1. Perkerasan beton Semen = 3,780 m³
2. Lapisan pondasi beton = 1,500 m³
3. Penulangan dowel = 23,955 Kg
4. Penulangan tie bar = 8,914 Kg
5. Lapisan pondasi agregat B = 7,000 Kg

Tabel 13. Anggaran Biaya pada Konstruksi Perkerasan Kaku

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Lapisan Pondasi Agregat Kelas A	Kg	3.500	771.884,13	2.701.594.458,53
2	Lapisan Pondasi Agregat Kelas B	Kg	7.000	696.405,52	4.874.838.652,32
3	Laston Lapis Aus (AC-WC)	m ³	14.000	125.851,76	1.761.924.631,65
4	Laston Lapis Antara (AC-BC)	m ³	840	672.054,67	564.525.926,99
5	Laston Lapis Pondasi (AC-Base)	m ³	1.400	1.612.071,25	2.256.899.750,37
6	Lapisan Resap pengikat	ltr	14.000	22.717,18	318.040.535,90
7	Lapisan Perekat	ltr	2.100	23.700,43	49.770.908,53
Jumlah					12.527.594.864,29
PPN 10%					1.252.759.486,43
Jumlah Keseluruhan					13.780.354.350,72

Dari Tabel 12 dapat dilihat perhitungan volume perkerasan dan analisis harga satuan perkerasan kaku maka dihitung anggaran biaya konstruksi perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 4.24 total biaya pada perkerasan lentur dengan panjang 2 km yaitu Rp 13.780.354.350,72.

Tabel 14. Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Lentur

No	Jenis perkerasan jalan	Biaya		Persentase biaya
		Biaya konstruksi	Biaya per KM	
1	Perkerasan kaku	17.232.129.032,15	8.616.064.516,07	100
2	Perkerasan Lentur	13.780.354.350,72	6.890.177.175,36	79,97
Selisih biaya		3.451.774.681,43	1.725.887.340,72	20,03

Dari Tabel 14 didapat analisis rencana anggaran biaya untuk konstruksi perkerasan

kaku dan konstruksi perkerasan lentur maka didapatkan selisih biaya 1.725.887.340,72 per km dengan persentase biaya 20,03%.

C.4 Pemeliharaan Konstruksi

Berdasarkan analisis untuk pemeliharaan konstruksi perkerasan jalan kaku dan konstruksi perkerasan jalan lentur maka didapat perbandingan biaya pemeliharaan rutin selama umur rencana 20 tahun dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Perbandingan Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Kaku dan Lentur

No	Jenis perkerasan jalan	Biaya		Persentase biaya %
		Biaya pemeliharaan	Biaya pemeliharaan per KM	
1	Perkerasan kaku	44.033.259.315,85	22.016.629.657,93	77,51
2	Perkerasan Lentur	56.809.224.912,16	28.404.612.456,08	100
	Selisih biaya	12.775.965.596,31	6.387.982.798,15	22,49

Dari Tabel 15 dapat disimpulkan bahwa biaya konstruksi fisik ditambah dengan biaya pemeliharaan rutin tiap tahunnya sampai pada akhir umur rencana, perkerasan Lentur lebih mahal 30,42% dari perkerasan lentur dengan selisih harga sebesar Rp. 8.639.665.644,44 per kilometer.

C.5 Pembahasan

Peningkatan jalan simpang Beringin Maredan merupakan kebutuhan prasarana transportasi yang dapat meningkatkan kegiatan masyarakat, ruas jalan yang menghubungkan antara ibukota Provinsi dan ibukota Kabupaten yang berfungsi sebagai pusat pergerakan ekonomi yaitu Kota Pekanbaru dan Kabupaten Siak sehingga jarak tempuh antara Pekanbaru dan Siak menjadi lebih pendek dan dapat memberikan peluang bisnis baru antara dua daerah ini. Dari analisis tersebut maka yang perlu dibahas antara lain : Volume bahan, jumlah peralatan, lamanya waktu pengerjaan, dan jumlah perkerja.

C.5.1 Volume bahan

Analisis anggaran biaya untuk konstruksi perkerasan jalan penting dianalisis untuk mengetahui konstruksi mana yang lebih efisien untuk pembangunan jalan Simpang Beringin Maredan. Dari hasil analisis didapat konstruksi perkerasan lentur lebih murah Rp. 13.780.354.350,72 dibandingkan konstruksi perkerasan kaku Rp. 17.232.129.032,15 dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Volume Bahan Perkerasan Jalan

Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Perkerasan Kaku (panjang jalan 2 Km)				
Perkerasan Beton Semen	M3	3.780	2.177.752,44	8.231.904.236,41
Lapisan Pondasi Beton	M3	1.520	1.369.156,70	2.081.118.184,44
Penulangan Dowel	Kg	23.955	11.935,79	285.921.874,96
Penulangan Tie bar	Kg	8.914	21.515,47	191.788.899,27
Lapisan Pondasi Agregat Kelas B	M3	7.000	696.405,52	4.874.838.652,32
Jumlah				15.665.571.847,41
PPN 10%				1.566.557.184,74
Jumlah Keseluruhan				17.232.129.032,15
Perkerasan Lentur (Panjang jalan 2 Km)				
Laston Lapis Aus (AC-WC)	M3	14.000	125.851,76	1.761.924.631,65
Laston Lapis Antara (AC-BC)	M3	840	672.054,67	564.525.926,99
Lapisan Pondasi Agregat Kelas A	M3	3.500	771.884,13	2.701.594.458,53
Lapisan Pondasi Agregat Kelas B	M3	7.000	696.405,52	4.874.838.652,32
Laston Lapis Pondasi (AC-Base)	M3	1.400	1.612.071,25	2.256.899.750,37
Lapisan Resap pengikat	Liter	14.000	22.717,18	318.040.535,90
Lapisan Perekat	Liter	2.100	23.700,43	49.770.908,53
Jumlah				12.527.594.864,29
PPN 10%				1.252.759.486,43
Jumlah Keseluruhan				13.780.354.350,72

Dari Tabel 15 dapat dijelaskan penyebab mahalnya perkerasan kaku dibandingkan dengan perkerasan lentur yakni: pada perkerasan kaku volume perkerasan beton semen lebih besar yakni 3.780 m³ menghabiskan biaya sebesar Rp. 8.231.904.236,41 karena pada perkerasan semen menggunakan beton mutu tinggi K-400 dan alat yang digunakan lebih banyak dari pada alat yang digunakan pada lapisan pondasi beton.

Sedangkan untuk perkerasan lentur yang menyebabkan mahalnya konstruksi jalan adalah lapisan pondasi agregat kelas B volumenya 7.000 m³ walaupun harganya lebih mahal dibandingkan dengan material lainnya. Jumlah harga yang digunakan untuk lapisan pondasi agregat kelas B sebesar Rp. 4.874.838.652,32 .

C.5.2 Lamanya waktu pengerjaan

Analisis lamanya waktu pengerjaan untuk konstruksi perkerasan jalan penting dianalisis untuk mengetahui konstruksi mana yang lebih efisien untuk pembangunan jalan Simpang Beringin Maredan. Dari analisis lamanya waktu pengerjaan untuk perkerasan lentur lebih cepat dibandingkan perkerasan kaku. Penyebab cepatnya selesai pekerjaan perkerasan lentur adalah karena pada perkerasan lentur tidak ada proses perawatan dan sekitar beberapa jam jalan yang dari perkerasan lentur sudah bisa dilalui. Sedangkan pada pekerjaan perkerasan kaku lebih lama karena pemasangan bekisting dan setelah pengecoran diperlukan waktu sekitar 28 hari untuk mencapai kekuatan rencana sebelum dibuka untuk lalu lintas.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

D.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 analisis tebal perkerasan kaku menggunakan PdT-14-2013 metode Bina Marga menghasilkan tebal perkerasan beton 0,27 m, lapisan pondasi beton 0,1 m, penulangan dowel Ø 33 mm polos dan tulangan tie bar D166 mm ulir dan perkerasan lentur menggunakan PtT-01-2002-B menghasilkan tebal perkerasan laston (AC-WC) 0,042 m, laston (AC-BC) 0,06 m, lapisan pondasi agregat kelas A 0,25 m, lapisan pondasi agregat kelas B 0,5 m.
2. Biaya konstruksi fisik perkerasan kaku dengan panjang 2 km menghabiskan biaya sebesar Rp. 17.232.129.032,15 sedangkan untuk konstruksi perkerasan lentur dengan panjang 2 km menghabiskan biaya sebesar Rp.13.780.354.350,72.
3. Dari perbandingan biaya perkerasan kaku dan perkerasan lentur menunjukkan bahwa perkerasan kaku mengalami kelebihan biaya sebesar Rp. 1.725.887.340,72 dengan panjang jalan yang sama yaitu 2 Km dengan selisih 20,03%.
4. Dari hasil perbandingan jalan dengan biaya yang sama maka untuk biaya perkerasan lentur sebesar Rp. 13.780.354.350,72 sedangkan untuk perkerasan kaku dengan biaya sebesar Rp. 13.780.354.350,72 maka didapatkan panjang jalan untuk perkerasan kaku sebesar 1,599 km dan selisih panjang jalan dengan perkerasan lentur sebesar 400,62 m.
5. Untuk umur rencana 20 tahun dengan pemeliharaan rutin tiap tahunnya, rencana biaya konstruksi perkerasan kaku sebesar Rp 44.033.259.315,85 dan biaya pemeliharaan konstruksi perkerasan lentur sebesar Rp 56.809.22.912,16. Dari hasil perbandingan pemeliharaan selama 20 tahun dapat disimpulkan bahwa biaya pemeliharaan perkerasan kaku lebih murah 22,49% dari biaya konstruksi perkerasan lentur dengan selisih harga sebesar Rp. 6.387.982.798,15 per kilometer.

D.2 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dalam melakukan perhitungan dan analisis dapat saran yang mungkin dapat dipergunakan untuk penelitian lanjutan adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan tebal perkerasan sebaiknya dilakukan sepanjang ruas jalan, karena apa bila pembangunan jalan ini hanya sebagian kecil saja, akan mengganggu kenyamanan dalam berkendara.
2. Pelaksanaan suatu proyek jalan harus direncanakan dengan sebaik-baiknya disesuaikan dengan data tanah dan data lalu lintas yang ada.
3. Apabila suatu jalan memiliki beban lalu lintas yang semakin berkembang tidak terlalu besar, maka konstruksi perkerasan lentur akan memberikan keuntungan bila digunakan pada jalan tersebut, karena lapisan permukaan yang digunakan tidak terlalu tebal, sehingga biaya yang dikeluarkan tidak besar selain jalan itu memberikan kenyamanan pada pemakainya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2002). *Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur, Pt T-01-2002-B*. Jakarta: Departemen permukiman dan prasarana wilayah.
2. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2003). *Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Beton Semen, PdT-14-2003*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
3. Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Banjar. (2008). *Spesifikasi Jalan Perkerasan Aspal*. Kalimantan Selatan.
4. Dinas Bina Marga. 1996. Panduan Pembuatan Owner's Estimate Jalan. Pekanbaru.
5. Drs. H. Syamsuar, M. (2015). *Siak Dalam Angka 2015*. Kabupaten Siak: Badan Pusat Statistik.
6. Ibrahim, Bachtiar. (2012). *Rencana dan estimet real of cost*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
7. Pemerintah Republik Indonesia. (2004). *Peraturan Undang-Undang Nomor*

38 Tahun 2004. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.

8. Prasetyo, Dkk. 2015. *Tinjauan Pelaksanaan Pekerjaan Rigid Pavement dan Perhitungan Ulang Dimensi Perkerasan dengan Metode AASHTO 1993 pada Proyek Peningkatan Jalan Simpang beringin Marelan Kabupaten Siak Povinsi Riau*
9. Sianturi, Redol; ednor, Meirisa. (2015). *Tinjauan Pekerjaan Rigid Pavement Peningkatan Jalan Simpang Beringin Marelan Sta 11+185 -13+185. Kerja Praktek*. Pekanbaru: Universitas Riau.
10. Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
11. Undang- Undang Republik Indonesia. (2004). *Peraturan Presiden No. 38 Tentang Jalan*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
12. waluyo, Dkk, (2008). *Studi Perbandinga Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkersaan Lentur*. palangka raya: Skripsi Jurusan Teknik Sipil Palangka Raya.