



PENANGANAN JALAN PADA TEROWONGAN GEURUTEE DENGAN MENGGUNAKAN *LIFE CYCLE COST ANALYSIS*

M. Akmal^a, Sugiarto^b, Noer Fadhly^b

^aMagister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

^bJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*Corresponding author, email address: akmalprogramseven@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<i>Article History:</i> Received 5 July 2020 Accepted 4 February 2021 Online 30 March 2021 <i>Keywords:</i> Flexible Pavement Rigid Pavement Life Cycle Cost Analysis	In Indonesia, especially in Aceh, the type of flexible pavement is more dominant than rigid pavement, better than rigid reinforcement of 24.15%. By further reducing the asphalt raw material that exists on the earth and many flexible pavement constructions increase faster than the age of the plan. For this reason, it is necessary to conduct a study to obtain an illustration of the cost of road repairs during the life of the plan, known as Life Cycle Cost Analysis (LCCA) for both types of pavement. The purpose of this study was to obtain a way of handling costs and a higher age level between flexible pavements with rigid pavement based on the LCCA method. This research will be carried out on the Lintas Barat Selatan National road KM 60 + 450 / K.027 with a simulation (prediction) of road handling and costs during the service life of the plan (40 years) which began since construction, construction, routine maintenance, continuous maintenance / periodic until firm (recycling) of the two types of pavement. The life cycle cost analysis using the Life Cycle Cost Analysis (LCCA) method shows a trend that occurs between the types of pavement where the flexible pavement value on each of the three discount factors shows a higher value compared to rigid pavement, with an average difference of choice that is equal to Rp. 16,359,761,474, - with a decrease in value of 25%. Life cycle cost analysis (LCCA) is Rigid Pavement.

©2020 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan merupakan salah satu aspek penting dalam mempercepat pertumbuhan ekonomi. Untuk itu pemerintah saat ini tengah mengupayakan tidak hanya mempercepat pembangunan infrastruktur jalan namun juga melakukan upaya pemeliharaan/preservasi sistem jaringan jalan eksisting guna menjaga performa dan umur layan perkerasan jalan tersebut. Di Indonesia, jenis perkerasan jalan yang umumnya digunakan adalah perkerasan lentur. Pemilihan jenis perkerasan lentur ini dikarenakan dari biaya pembangunan yang lebih murah dibandingkan perkerasan kaku yang lebih mahal dengan persentase penghematan biaya sebesar 24,15 % terhadap biaya perkerasan kaku.

Jika dilihat dari segi pembangunannya, biaya pemeliharaan perkerasan lentur lebih tinggi namun umur pelayanan jalan yang lebih 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 (Febria dkk, 2016).

Untuk itu perlu dilakukan kajian guna mendapatkan ilustrasi perbandingan biaya siklus penanganan jalan selama umur rencana atau yang dikenal dengan *Life Cycle Cost Analysis* terhadap kedua jenis perkerasan tersebut. Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi (prediksi) penanganan jalan dan biaya

selama umur layan rencana (40 tahun) yang dimulai sejak tahap pembangunan/konstruksi, pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala/periodik hingga tahap rekonstruksi (daur ulang) terhadap kedua jenis perkerasan.

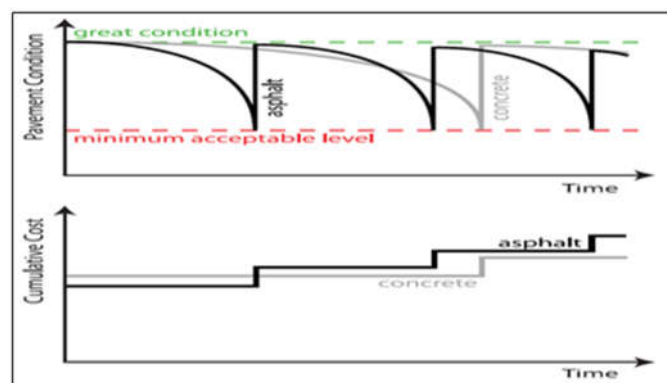
Perencanaan desain tebal perkerasan untuk kedua jenis perkerasan jalan berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Instansi terkait. Simulasi kondisi dan penurunan perkerasan jalan diprediksi berdasarkan nilai International Roughness Index (IRI) terhadap kedua jenis perkerasan jalan sedangkan jenis penanganan jalan akan ditentukan sesuai dengan tingkat atau jenis kerusakan jalan (FHWA, 2002). Selanjutnya estimasi perhitungan biaya penanganan jalan akan dilakukan setiap tahun selama umur layan rencana berdasarkan Peraturan Gubernur Aceh Tahun 2018.

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat diketahui biaya siklus atau *Life Cycle Cost Analysis* yang paling efisien dan ekonomis untuk kedua perkerasan jalan, meliputi pemeliharaan rutin, pemeliharaan preventif, rehabilitasi jalan.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA)

FHWA (2002) menjelaskan bahwa *Life Cycle Cost Analysis* merupakan sebuah cara pengambilan keputusan dalam investasi transportasi, khususnya untuk memutuskan sebuah proyek. LCCA adalah alat analisis ekonomi yang berguna dalam membandingkan kelebihan pelaksanaan proyek dengan mempertimbangkan biaya selama umur layan, proses analisis ini membantu menentukan biaya yang rendah. Selain itu, LCCA digunakan untuk pengambilan komitmen manajemen yang baik dan lebih transparan dan efisien. Gambar 1 menunjukkan ilustrasi kondisi perkerasan jalan dari waktu ke waktu dan kaitannya dengan finansial sebagai bagian dari biaya penanganan keseluruhan (*Calculation of Total Cost*).



Sumber: American Concrete Pavement Association (2012)

Gambar 1. Ilustrasi kondisi perkerasan jalan dari waktu ke waktu dan dampak finansial terhadap biaya penanganan keseluruhan

2.2 Indikator Ekonomi

Indikator akan efisiensi ekonomi yang umumnya digunakan dalam analisis LCCA adalah *Net Present Value* (NPV) dan *Benefit Cost Ratio* yang memperhitungkan *cost* dan *benefit* dan digunakan secara komersial untuk mengappraisal pilihan investasi. *Net Present Value* (NPV) yang memperhitungkan *cost* dan *benefit* dan digunakan secara komersial untuk mengappraisal pilihan investasi. NPV merupakan teknik yang sesuai untuk menghitung *cash flow comparison* untuk jangka waktu yang lama seperti proyek-proyek infrastruktur dengan skema *Public Finance Investment*. Rumus untuk menghitung NPV adalah sebagai berikut:

$$NPV_1 = \sum_{n=0}^N \frac{C}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Keterangan :

NPV = *Net Present Value*

(C) n = *Cash flow* bersih tahun ke n

Co = investasi awal

N = umur masa konsesi proyek

I = *discount rate*

N = periode investasi

2.3 Perencanaan Perkerasan Lentur berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Ada beberapa aspek yang perlu diketahui dalam perencanaan desain perkerasan lentur berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan (2013) yakni:

a. Umur Layan Perkerasan Baru (UR)

Umur layan perkerasan untuk perkerasan lentur lapis aspal, berbutir dan *Cement Treated Base* (CTB) adalah 20 tahun. Sedangkan untuk pondasi perkerasan jalan direncanakan dengan umur layan 40 tahun.

b. Desain Pondasi Jalan Minimum

Untuk desain pondasi jalan minimum dilakukan berdasarkan nilai CESA umur layan 40 tahun untuk lapis pondasi dan berdasarkan nilai CBR lapis tanah dasar.

2.4 Perencanaan Perkerasan Kaku berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Untuk proses desain pada perkerasan kaku pada Manual Desain Perkerasan 2013 mengacu pada pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Departemen Kimpraswil (Pd T-14-2003) atau *Ausroad* 2004 yang dihitung berdasarkan jumlah kelompok sumbu dan spektrum beban. Dalam melakukan analisis/desain perkerasan kaku harus menggunakan pembebanan kelompok beban yang aktual yang dapat seperti pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Desain Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (overload) ¹¹	<4.3X10 ⁶	<8.6X10 ⁶	<25.8X10 ⁶	<43X10 ⁶	<86X10 ⁶
Dowel dan bahu beton	YA				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Pondasi LMC	150				
Lapis Pondasi Agregat Kelas A ¹²	150				

3 METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada ruas jalan Nasional Lintas Barat Selatan Bts. Aceh Besar – Kab. Aceh Jaya (Terowongan Geurutee) sepanjang 2,78 Km.

3.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data sekunder hasil survei kondisi jalan dan dari data hasil perencanaan teknis (*Detail Engineering Design*) dari instansi terkait. Kemudian pengolahan data sekunder meliputi Perencanaan desain lapis tebal perkerasan akan dilakukan terhadap kedua jenis perkerasan baik perkerasan lentur maupun perkerasan kaku. Desain tebal perkerasan akan direncanakan

berdasarkan data LHR, nilai CBR dan VDF yang sama berdasarkan Manual Design Perkerasan 2013. Untuk desain perkerasan lentur, umur layan rencana pondasi direncanakan selama 40 tahun sedangkan Lapis Pondasi Agregat (LPA) dan Lapis Aspal Beton (Laston) direncanakan selama 20 tahun. Kemudian untuk desain perkerasan kaku akan langsung direncanakan dengan umur layan 40 tahun. Setelah itu perhitungan biaya dilakukan berdasarkan umur layan menggunakan metode *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Perencanaan dan Desain Perkerasan

4.1.1 Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)

Jalan direncanakan tahun 2017 dengan asumsi bahwa di tahun 2018 dilaksanakan pembangunan kontruksi. Maka data LHR yang digunakan dalam perhitungan tahun dasar dan masa kontruksi serta masa umur rencana perkerasan lentur seperti terlihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. LHR tahun 2016

Sepeda Motor/Non			KENDARAAN PENUMPANG					KENDARAAN PENGANGKUTAN BARANG							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Sepeda	Non	kendaraan	sedan, SW	Angkot			Pick up	Truk 2 sumbu ringan	Truk 2 sumbu sedang	Truk 2 sumbu Berat	Truk 3 sumbu ringan	Truk 3 sumbu sedang	Truk 3	Truk 4	Truk 5
Motor	motor	roda tiga	Jeep	Mikrolet	Bus kecil	Bus Besar	Mobil	muatan (tanah, besi, semen)	muatan (tanah, besi, semen)	muatan (tanah, besi, semen)	muatan (tanah, besi, semen)	muatan (tanah, besi, semen)	muatan (tanah, besi, semen)	sumbu berat	sumbu-trailer
			mob. Travel				hantaran	umum	umum	umum	umum	umum	umum		
1816,86	3,42857	61,2857	1500,71	506,143	135,286	3,57143	390,286	102	0,57143	84,8571	0,42857	83,4286	0,14286	17,7143	17,2857
1817	4	62	1501	507	136	4	391	102	1	85	1	84	1	18	18
														102	8
															3

Mengingat periode desain tahun pertama, tingkat pertumbuhan tahunan 1%, faktor distribusi arah 0,5, dan faktor distribusi jalur 0,50, desain beban gandar tunggal ekuivalen (ESAL) selama periode desain tahun pertama dihitung seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

4.1.2 Parameter Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur

4.1.2.1 Nilai *California Bearing Ratio* (CBR)

Lokasi penelitian ini terletak dibatuan dalam terowongan Geurutee yang memiliki kekuatan yang tinggi pada lapisan tanah dasar maka disumsikan bahwa memiliki nilai CBR 6 %, dengan asumsi bahwa perencanaan jalan berada pada kawasan pergunungan dengan kondisi tanah berbatuan yang berada di dalam terowongan.

4.1.2.2 Nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF)

Nilai *Vehicle Damage Factor* berikut ini mewakili untuk semua jenis kendaraan dan merupakan salah satu parameter yang cukup signifikan dalam desain perencanaan tebal perkerasan lentur dan perkerasan perkerasan kaku. Tabel 4 menunjukkan klasifikasi kendaraan dan nilai VDF.

4.1.2.3 Nilai *Comulatif Equivalent Single Axle Load* (CESA)

Dalam perencanaan tebal perkerasan selama umur rencana digunakan 40 tahun dalam 1 kali masa rekontruksi ditahun ke 20 untuk perkerasan lentur. Lalu lintas yang digunakan adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Berikut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 3. Beban Gandar Tunggal Ekuivalen (ESAL)

NO	Jenis Kendaraan	Sumbu	VDF	LHR	Pertumbuhan Lalu Lintas	Faktor Distribusi Arah	Faktor Distribusi Lajur	ESAL
1	Sedan, Angkot, Pick Up, Station Wagon	1,1	0,00	2.399	3,5	0,5	50	0
2	Bus kecil	1,2	0,30	136	3,5	0,5	50	7446
3	Bus besar	1,2	1,00	4	3,5	0,5	50	730
4	Truk 2as (Ringan) muatan umum	1,2	0,30	102	3,5	0,5	50	5584,5
5	Truk 2as (Ringan) (tanah, besi, semen)	1,2	0,80	1	3,5	0,5	50	146
6	Truk 2as (Sedang) muatan umum	1,2	0,70	85	3,5	0,5	50	10859
7	Truk 2as (Sedang) (tanah, besi, semen)	1,2	1,60	1	3,5	0,5	50	292
8	Truk 2as (Berat) muatan umum	1,2	0,90	84	3,5	0,5	50	13797
9	Truk 2as (Berat) (tanah, besi, semen)	1,2	7,30	1	3,5	0,5	50	1332,3
10	Truk 3 as (Ringan)	1,22	7,60	18	3,5	0,5	50	24966
11	Truk 3 as (sedang)	1,22	28,10	18	3,5	0,5	50	92309
12	Truk 3 as (Berat)	1.1.2	28,90	102	3,5	0,5	50	537974
13	Truk 4 as Trailler	1.2-22	13,60	8	3,5	0,5	50	19856
14	Truk 5 as Trailler	1.22-22	19,00	3	3,5	0,5	50	10403
Jumlah				2962				725693

4.1.2.4 Analisis Tebal Perkerasan Lentur

Berdasarkan hasil analisis menggunakan data-data yang telah diuraikan maka dapat ditentukan tebal perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 4. Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Kelompok Sumbu	Distribusi Tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA/Kendaraan)		Nilai Gabungan (Distribusi x VDF - Tanpa Sepeda Motor)	
Klasifikasi Lama	Alternatif				Semua Kendaraan Bermotor	Semua Kendaraan Bermotor Kecuali Sepeda Motor	VDF4 Pangkat 4	VDF5 Pangkat 5	VDF4	VDF5
1	1	Sepeda Motor	1.1	2	30.4					
2,3,4	2,3,4	Sedan / Angkot / Pickup / Station Wagon	1.1	2	51.7	74.3				
5a	5a	Bus Kecil	1.2	2	3.5	5	0.3	0.2	0.015	0.010
5b	5b	Bus Besar	1.2	2	0.1	0.2	1.0	1.0	0.002	0.002
6a.1	6.1	Truk 2 Sumbu-Cargo Ringan	1.1	2	4.6	6.60	0.3	0.2	0.010	0.007
6a.2	6.2	Truk 2 Sumbu-Ringan	1.2	2			0.8	0.8	0.026	0.028
6b1.1	7.1	Truk 2 Sumbu-Cargo Sedang	1.2	2			0.7	0.7	-	-
6b1.2	7.2	Truk 2 Sumbu-Sedang	1.2	2			1.6	1.7	-	-
6b2.1	7.3	Truk 2 Sumbu-Berat	1.2	2	3.8	5.50	0.9	0.8	0.025	0.023
6b2.2	7.4	Truk 2 Sumbu-Berat	1.2	2			7.3	11.2	0.202	0.308
7a1	9.1	Truk 3 Sumbu-Ringan	1.22	3	3.9	5.60	7.6	11.2	0.212	0.314
7a2	9.2	Truk 3 Sumbu-Sedang	1.22	3			28.1	64.4	0.787	1.803
7a3	9.3	Truk 3 Sumbu-Berat	1.2.2	3	0.1	0.1	28.9	62.2	0.029	0.062
7b	10	Truk 2 Sumbu dan Trailer Penarik 2 Sumbu	1.2-2.2	4	0.5	0.7	36.9	90.4	0.259	0.633
7c1	11	Truk 4 Sumbu-Trailer	1.2-22	4	0.3	0.5	13.6	24.0	0.068	0.120
7c2.1	12	Truk 5 Sumbu-Trailer	1.22-22	5	0.7	1.00	19.0	33.2	0.095	0.166
7c2.2	13	Truk 5 Sumbu-Trailer	1.2-222	5			30.3	69.7	0.152	0.349
7c3	14	Truk 6 Sumbu-Trailer	1.22-222	6	0.3	0.50	41.6	93.7	0.208	0.469

Sumber: Studi Kelayakan Pembangunan Terowongan Paro, Kulu dan Geurutee

Tabel 5. Pemilihan jenis perkerasan berdasarkan nilai CESA

Struktur Perkerasan	Desain	ESA20 Tahun (Juta) (Pangkat 4 Kecuali Disebutkan Lain)				
		0 - 0.5	0.1 - 4	4 - 10	10 - 30	> 30
Perkerasan Kaku Dengan Lalu Lintas Berat	4			2	2	2
Perkerasan Kaku Dengan Lalu Lintas Renda (Desa dan Daerah Perkotaan)	4A		1.2			
AC WC Modifikasi Atau SMA Modifikasi Dengan CTB (Pangkat 5)	3				2	
AC Dengan CTB (Pangkat 5)	3			2		
AC Tebal ≥ 100 mm Dengan Lapis Pondasi Berbutir (Pangkat 5)	3A			1.2		
AC Atau HRS Tipis Diatas Lapis Pondasi berbutir	3		1.2			
Burda Atau Burtu dengan LPA Kelas A atau Bantuan Asli	Gambar 6	3	3			
Lapis Pondasi Soil Cement	6	1	1			
Perkeraan Tanpa Penutup	Gambar 6	1				

Sumber: Desain Struktur Perkerasan N.027 Batas Aceh Besar – Calang (SEG. 1. KM. 149+700 –151+050) P2JN Provinsi Aceh.

Tabel 6. Desain Pondasi Jalan

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur Desain Pondasi	Deskripsi Struktur Pondasi Jalan	Lalu Lintas Lajur Desain Umur Rencana 40 Tahun (Juta CESA5)		
				< 2	2 - 4	> 4
				Tebal Minimum Peningkatan Tanah Dasar		
≥ 6	SG6			Tidak Perlu Peningkatan		
5	SG5					100
4	SG4	A	Perbaikan Tanah Dasar Meliputi Bahan Stabilisasi Kapur Atau Timbunan Pilihan (Penadatan Berlapis ≤ Tebal Lapis)	100	150	200
3	SG3			150	200	300
2.5	SG2.5			175	250	350
Tanah Ekspansif (Potential Swell > 5 %		AE		400	500	600
Perkerasan Lentur Diatas Tanah Lunak 5	SGI Aluvial 1	B	Lapis Penopang (Capping Layer) (2)(4)	1000	1100	1200
			Atau Lapis Penompang dan Geogrid (2)(4)	650	750	850
Tanah Gambut Dengan HRS Atau Perkerasan Burda Untuk Jalan Kecil (nilai Minimum - Peraturan Lain Digunakan)		D	Lapis Penompang Berbutir (2)(4)	1000	1250	1500

Tabel 7. Desain perkerasan lentur

STRUKTUR PERKERASAN									
	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6	FF7	FF8	FF9
Solusi yang pilih	Lihat Catatan 3						Lihat Catatan 3		
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun di lajur rencana (pangkat 5) 10 ⁶ CESA ₅	1-1	2-4	4-7	7-10	10-20	20-30	30-50	50-100	100-200
KETERBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)									
AC - WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC binder	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	1	2	2	3	3	3	3	3

Sumber: Desain Struktur Perkerasan N.027 Batas Aceh Besar – Calang (SEG. 1. KM. 149+700 –151+050) P2JN Provinsi Aceh.

Setelah dilakukan analisis, maka tebal perkerasan lentur adalah sebagai berikut:

	→	AC - WC	= 40 mm
	→	AC - BC	= 60 mm
	→	AC - BASE	= 180 mm
	→	Lapisan Pondasi Agregat Kelas A	= 150 mm
	→	Lapisan Pondasi Agregat Kelas B	= 150 mm
	→	Timbunan Pilihan	= 300 mm

4.1.2.4 Analisis Tebal Perkerasan Kaku

Desain perkerasan kaku digunakan dalam penelitian ini adalah Perkerasan Beton Tanpa Tulangan Bersambungan (JPCP). Kemudian nilai data beban sumbu kendaraan dan nilai CBR digunakan sama dengan nilai perencanaan tebal perkerasan lentur. Dengan demikian tebal perkerasan yang diperoleh adalah sebagai berikut:



4.2 Analisis Biaya Pembangunan Perkerasan Lentur

Pada tahap ini analisis yang dilakukan antara lain menganalisis biaya pembangunan konstruksi, biaya tahap awal dan biaya pemeliharaan berdasarkan data yang diperoleh dari hasil survei Instansi terkait. Analisis biaya pembangunan untuk perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 8. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Perkerasan Lentur

Estimasi kuantitas untuk perkerasan lentur						
Lapisan	Lebar (m)	Ketebalan (m)	Panjang (m)	Volume (m ³)	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
AC-WC	13	0,040	2780	1446	3.202.000,00	4.628.811.200
AC-BC	13	0,060	2780	2168	3.018.000,00	6.544.231.200
AC-BASE	13	0,180	2780	6505	2.932.000,00	19.073.246.400
LPA	13	0,150	2780	5421	492.000,00	2.667.132.000
LPB	13	0,150	2780	5421	478.000,00	2.591.238.000
Timbunan Pilihan	13	0,300	2780	10842	357.000,00	3.870.594.000
Jumlah Total untuk biaya konstruksi						39.375.252.800,00

Tabel 9. Biaya Komponen dan Manfaat Perkerasan Lentur

NO	DESKRIPSI	BIAYA (Rp)		
		10%	12%	15%
1	Harga Awal	42.131.520.496	42.131.520.496	42.131.520.496
2	Biaya Pengguna	8.426.304.099	8.426.304.099	8.426.304.099
3	Rehabilitasi Dalam 5 Tahun	5.232.071.890	4.781.084.946	4.189.558.398
4	Biaya Pengguna Dalam 5 Tahun	5.232.071.890	4.781.084.946	4.189.558.398
5	Rehabilitasi Dalam 10 Tahun	3.248.705.000	2.713.269.920	2.082.982.373
6	Biaya Pengguna Dalam 10 Tahun	3.248.705.000	2.713.269.920	2.082.982.373
7	Rehabilitasi Dalam 15 Tahun	2.017.190.207	1.539.485.759	1.035.592.774
8	Biaya Pengguna Dalam 15 Tahun	2.017.190.207	1.539.485.759	1.035.592.774
9	Harga Awal (Rekonstruksi) Dalam 20 Tahun	11.310.223.202	7.890.483.848	5.030.278.565
10	Biaya Pengguna Dalam 20 Tahun	2.262.044.640	1.578.096.770	1.006.055.713
11	Rehabilitasi Dalam 25 Tahun	1.404.551.751	894.812.826	462.624.318
12	Biaya Pengguna Dalam 25 Tahun	1.404.551.751	894.812.826	462.624.318
13	Rehabilitasi Dalam 30 Tahun	872.116.131	508.278.034	229.790.369
14	Biaya Pengguna Dalam 30 Tahun	872.116.131	508.278.034	229.790.369
15	Rehabilitasi Dalam 35 Tahun	541.515.502	287.618.408	114.134.289
16	Biaya Pengguna Dalam 35 Tahun	541.515.502	287.618.408	114.134.289
17	Rehabilitasi Dalam 40 Tahun	336.238.522	162.831.586	56.306.249
18	Biaya Pengguna Dalam 40 Tahun	336.238.522	162.831.586	56.306.249
Total NPV		91.434.870.444	81.801.168.170	72.936.136.414

Dari hasil diatas terlihat bahwa nilai-nilai perkerjaan lentur dengan umur rencana 40 tahun untuk discount factor 10% sebesar Rp.91.434.870.444,- untuk 12% sebesar Rp. 81.801.168.170,- dan untuk 15% sebesar Rp.72.936.136.414,-.

4.3 Analisis Biaya Pembangunan Perkerasan Kaku

Pada tahap ini analisis yang dilakukan antara lain menganalisis biaya pembangunan kontruksi, biaya tahap awal dan biaya pemeliharaan berdasarkan data yang diperoleh dari hasil survei Instansi terkait. Analisis biaya pembangunan untuk perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11 sebagai berikut:

Tabel 10. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Perkerasan Kaku

Estimasi kuantitas untuk perkerasan kaku						
Lapisan	Lebar (m)	Ketebalan (m)	Panjang (m)	Volume (m3)	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
AC-WC	13	0,050	2780	1807	3.202.000,00	5.786.014.000
Rigid Pavement	13	0,250	2780	9035	3.018.000,00	27.267.630.000
Lean mix Concrete	13	0,100	2780	3614	995.000,00	3.595.930.000
LPA	13	0,150	2780	5421	492.000,00	2.667.132.000
Timbunan Pilihan	13	0,500	2780	18070	357.000,00	6.450.990.000
Jumlah Total untuk biaya konstruksi						45.767.696.000,00

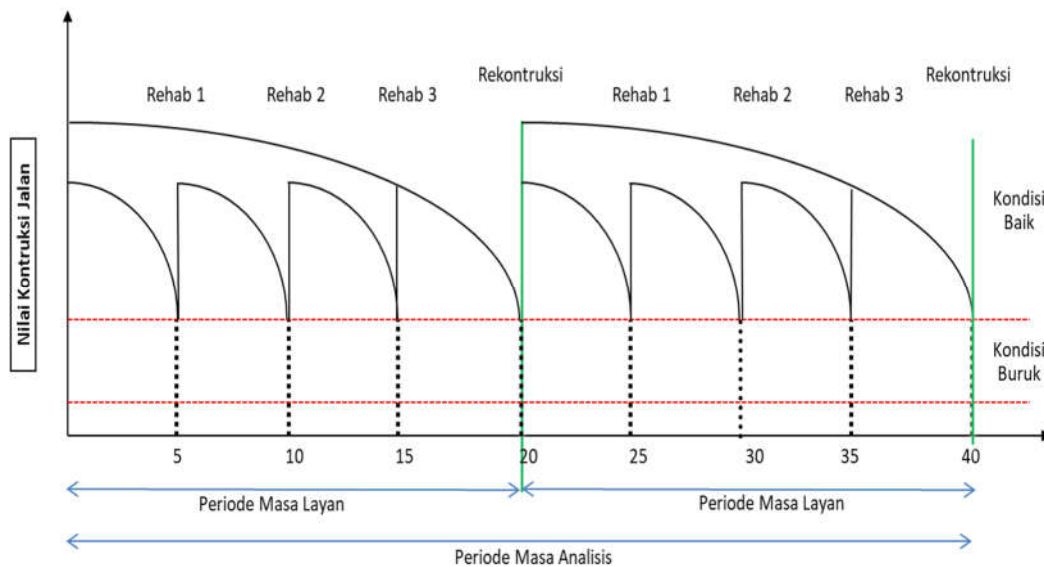
Tabel 11. Biaya Komponen dan Manfaat Perkerasan Kaku

NO	DESKRIPSI	BIAYA (Rp)		
		10%	12%	15%
1	Harga Awal	48.971.434.720	48.971.434.720	48.971.434.720
2	Biaya Pengguna	9.794.286.944	9.794.286.944	9.794.286.944
5	Rehabilitasi Dalam 10 Tahun	1.888.060.803	1.576.880.198	1.210.573.866
6	Biaya Pengguna Dalam 10 Tahun	3.776.121.606	3.153.760.396	2.421.147.733
9	Rehabilitasi Dalam 20 Tahun	727.929.173	507.833.778	323.750.155
10	Biaya Pengguna Dalam 20 Tahun	1.455.858.345	1.015.667.556	647.500.310
13	Rehabilitasi Dalam 30 Tahun	280.648.208	163.564.592	73.946.866
14	Biaya Pengguna Dalam 30 Tahun	561.296.415	327.129.184	147.893.733
17	Rehabilitasi Dalam 40 Tahun	108.202.033	52.399.435	18.119.431
18	Biaya Pengguna Dalam 40 Tahun	216.404.066	104.798.870	36.238.862
Total NPV		67.780.242.313	65.667.755.673	63.644.892.619

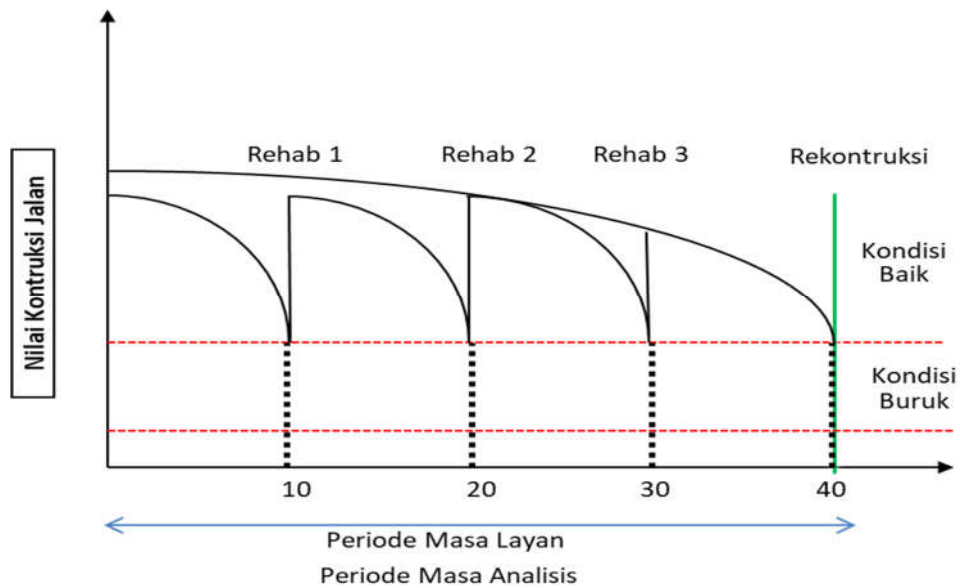
Dari hasil diatas terlihat bahwa nilai-nilai perkerjaan kaku dengan umur rencana 40 tahun untuk *discount factor* 10% sebesar Rp.67.780.242.313,- untuk *discount factor* 12% sebesar Rp.65.667.755.673,- dan untuk *discount factor* 15% sebesar Rp.63.644.892.619,-

4.4 Analisis Life Cycle Cost Analysis (LCCA)

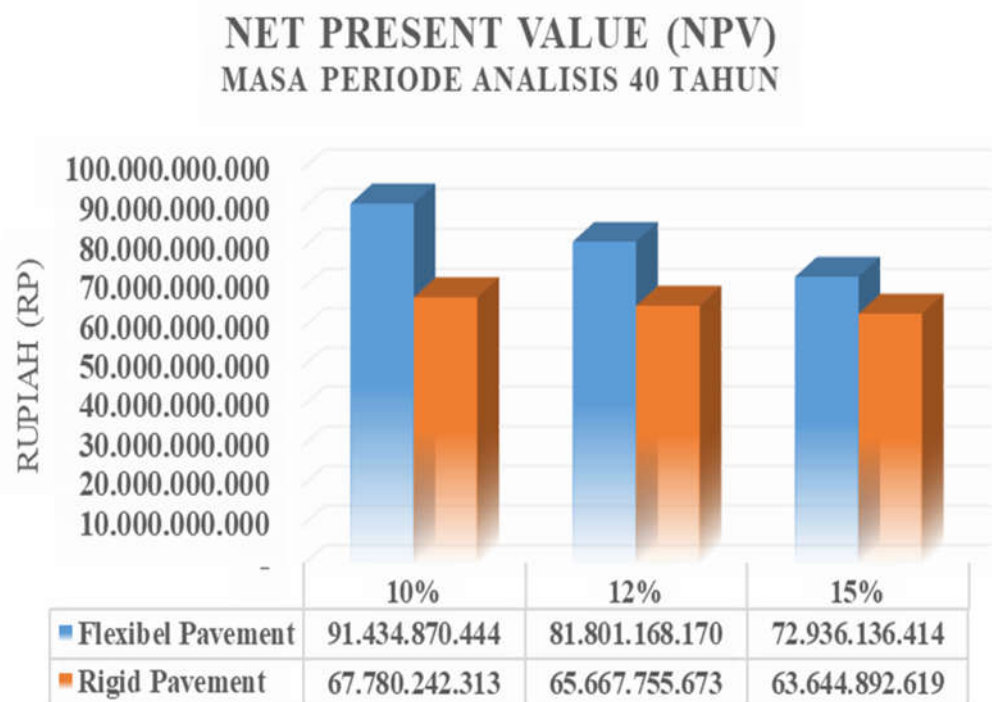
Beberapa kelebihan dan kekurangan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku, berdasarkan perhitungan analisis *life cycle cost analysis* dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Hubungan Nilai Konstruksi Jalan dengan Masa Pelayanan Jalan Pada Perkerasan Lentur



Gambar 3. Grafik Hubungan Nilai Konstruksi Jalan dengan Masa Pelayanan Jalan Pada Perkerasan Kaku



Gambar 4. Perbandingan Biaya Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku Selama 40 Tahun Periode Proses Analisis

Dari hasil analisis perbandingan biaya menggunakan metode analisis *life cycle cost analysis* (LCCA) terlihat bahwa terjadi tren antara dua tipe perkerasan dimana terlihat nilai *flexible pavement* pada setiap tiga persentase *discount factor* menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan *rigid pavement*, hal tersebut dapat dilihat dengan rata – rata selisih perbedaan tersebut sebesar Rp.16.359.761.474,- dengan tingkat penurunan nilai sebesar 25%. Dimana dijelaskan bahwa perkerasan lentur memerlukan biaya pembangunan yang relatif lebih kecil diawal pembangunan dan selama proses masa analisis 40 tahun perkerasan lentur memerlukan biaya sangat besar. Sebaliknya perkerasan kaku memerlukan biaya

pembangunan yang lebih besar diawal dan selama proses masa analisis 40 tahun perkerasan kaku memerlukan biaya yang lebih rendah. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa selama proses analisis masa layan kontruksi dari kedua perkerasan tersebut yang lebih efektif berdasarkan nilai analisis *life cycle cost analysis* (LCCA) adalah perkerasan kaku (*Rigid Pavement*).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis terhadap biaya pembangunan antara perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dengan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) pada Terowongan Geurutee menggunakan metode *life cycle cost analysis* adalah sebagai berikut:

1. Biaya pembangunan perkerasan dari ketiga persentase *discount factor* adalah perkerasan lentur yang relatif lebih kecil diawal sebesar Rp.42.131.520.496,- dan selama proses masa analisis 40 tahun perkerasan lentur memerlukan biaya yang besar yaitu Rp.91.434.870.444,- (10%), Rp.81.801.168.170,- (12%), dan Rp.72.936.136.414,- (15%). Sedangkan perkerasan kaku memerlukan biaya pembangunan yang lebih besar diawal sebesar Rp. 48.971.434.720,- dan selama proses masa analisis 40 tahun perkerasan kaku memerlukan biaya yang lebih rendah yaitu Rp.67.780.242.313,- (10%), Rp.65.667.755.673,- (12%), dan Rp.63.644.892.619 ,- (15%).
2. Dari kedua perkerasan tersebut yang lebih layak berdasarkan nilai analisis *life cycle cost analysis* (LCCA) adalah perkerasan kaku dengan rata – rata selisih biaya sebesar Rp.16.359.761.474,-, dengan tingkat penurunan nilai sebesar 25%.

5.2 Saran

1. Dalam penelitian ini perhitungan biaya menggunakan *Net Present Value* (NPV) dan *Benefit Cost Ratio* (BCR) untuk penelitian lebih lanjut dapat menggunakan perhitungan biaya dan *Internal Rate of Return* (IRR).
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian pada biaya perkerasan komposit atau gabungan antara perkerasan lentur dengan perkerasan kaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Bina Marga Indonesia 2013, *Manual Desain Perkerasan Jalan*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Febria, T., R. Trikomara, and H. Taufik. 2016. *Study of Efficiency Level Road Rigid Pavement and Flexible Pavement*. Doctoral Dissertation, Riau University.
- FHWA. 2002. *Department of Transportation Federal Highway Administration Office of Asset Management: Life-cycle cost analysis primer*.
- Menge, Christopher W., et al. 1998. *FHWA traffic noise model, Version 1.0 technical manual*. No. DOT-VNTSC-FHWA-98-2. United States. Federal Highway Administration. Office of Environment and Planning.