

ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA KONSTRUKSI PERKERASAN KAKU DAN PERKERASAN LENTUR PADA JALAN KAWASAN INDUSTRI DI BANDUNG

oleh :

Risman

PT Bukaka Teknik Utama

Email : risman.permana89@gmail.com

Abstrak : Jaringan jalan bagi kegiatan industri memiliki fungsi yang sangat penting terutama dalam rangka kemudahan mobilitas pergerakan dan tingkat pencapaian (*aksesibilitas*) baik dalam penyediaan bahan baku, pergerakan manusia dan pemasaran hasil-hasil produksi. Pada umumnya dikenal dua jenis perkerasan jalan raya yang sering digunakan, yaitu perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Jalan Kawasan Industri di Bandung awalnya didesain menggunakan perkerasan lentur, tetapi karena kondisi muka air normal sungai di kawasan industri tersebut lebih tinggi dari elevasi jalan rencana, dan kondisi cuaca yang tidak menentu sehingga sering terjadi genangan air, maka diajukanlah perubahan konstruksi jalan dari lentur menjadi kaku. Untuk itu diperlukan analisa dan peninjauan ulang terhadap perkerasan jalan tersebut dengan cara melakukan studi kepustakaan, observasi lapangan, dan menganalisa biaya konstruksinya dengan tujuan agar didapat jenis perkerasan yang lebih tepat dan efisien. Dari hasil penelitian didapatkan tebal perkerasan kaku dengan susunan lapis permukaan dari Pelat Beton K-300 21 cm, lapis pondasi bawah dari Campuran Beton Kurus (CBK) 15 cm. Tebal Perkerasan Lentur dengan susunan lapis permukaan dari AC-WC 10 cm, lapis pondasi dari batu pecah kelas A 25 cm, dan lapis pondasi bawah dari Sirtu kelas A 50 cm. Dari perhitungan biaya konstruksi diperoleh biaya konstruksi untuk perkerasan kaku sebesar Rp. 3,102,111,324.00, sedangkan untuk perkerasan lentur hasil penelitian sebesar Rp. 3,792,839,700.00. Berdasarkan identifikasi masalah di lapangan, di mana muka air normal sungai di lokasi proyek lebih tinggi dari elevasi jalan rencana, terjadinya genangan pada saat hujan, singkatnya waktu pengerjaan yang hanya tiga bulan dan berdasarkan hasil perhitungan biaya konstruksinya, maka pengerjaan konstruksi jalan dengan menggunakan perkerasan kaku lebih tepat dan efisien dari pada perkerasan lentur.

Kata Kunci : Perkerasan kaku, perkerasan lentur, volume, harga satuan, biaya konstruksi.

Abstract : The road network for industrial activity has a function which is very important principally for in order to easy mobility movement and level of achievement (*accessibility*) for to provision raw material, movement people and market result of production. In general known two type of pavement roadway which we often use, that is flexibility pavement and rigid pavement. Roadway sector industrial in bandung initially design use flexibility pavement, but because the condition normal water level the river in sector industrial higher for elevation road plan, and uncertain weather condition so there is often puddle of water, then submitted changes construction the road is flexibility to rigid. For it is required analysis and reconsideration to pavement roadway by doing study literature, observation existing and analysis cost to construction with the intention of be obtained pavement which is more preside and efficient. The result of the research be obtained thickness the rigid pavement which surface layout concrete plat of K-300 as thick as 21 cm, bottom layer foundation from lean-mix concrete (CBK) 15 cm. Flexibility pavement thickness with surface layers of AC-WC 10 cm, foundation layers by rubble stone class A 25 cm and layers bottom foundation by sand stone class A 50 cm. from the calculation construction costs obtained for rigid pavement of Rp. 3.102.111.324,00, while for flexibility pavement research result of Rp. 3.792.839.700,00. Based on the identification of problems in existing, where normal water level of the river at the project site is higher than the road elevation of the plan, the occurrence of puddles in the rain, in sum working time of only three months and based on the

calculation of construction costs, then processing construction road with rigid pavement faster and efficient of the flexibility pavement.

Keywords : *rigid pavement, flexibility pavement, volume, unit price, construction costs*

Pendahuluan

Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) yang sangat pesat, berdampak pula pada perkembangan dunia konstruksi yang beragam jenisnya. Keduanya berjalan beriringan sesuai dengan pemikiran manusia yang menggunakannya. Jalan sebagai salah satu prasarana transportasi merupakan unsur penting pada pengembangan kehidupan dalam memajukan kesejahteraan masyarakat. Jalan dikembangkan melalui cara pendekatan suatu wilayah agar tercapai keseimbangan pemerataan pembangunan antar daerah sehingga mewujudkan sasaran pembangunan nasional. Dengan meningkatnya perekonomian masyarakat berdampak pula terhadap kebutuhan pemakaian transportasi jalan raya. Dalam hal ini pemerintah mengupayakan agar infrastruktur seperti jalan terus dibangun, guna memenuhi kebutuhan masyarakat akan kelancaran lalu lintas orang, barang dan jasa.

Pada umumnya dikenal dua jenis perkerasan jalan raya yang sering digunakan, pertama perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya, dan yang kedua perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya.

Berdasarkan survei yang dilakukan oleh pihak kontraktor di lapangan, kondisi muka air normal sungai di kawasan industri tersebut ternyata lebih tinggi dari elevasi jalan rencana, itu dikarenakan pada saat

proses penimbunan lahan elevasi acuannya adalah jalan utama yang ada di depan, tanpa memperhatikan elevasi sungai yang ada di hulu. Selain itu juga, kondisi cuaca yang tidak menentu sehingga sering terjadi genangan air, maka di ajukanlah perubahan konstruksi jalan dari lentur menjadi kaku oleh kontraktor. Oleh sebab itu, diperlukan perencanaan konstruksi jalan yang baik dan memenuhi syarat teknis menurut fungsi, volume maupun sifat lalu lintas, sehingga pembangunan konstruksi jalan tersebut dapat berguna maksimal bagi perkembangan kawasan industri dan daerah sekitarnya.

Dari latar belakang diatas maka dibutuhkan suatu perencanaan biaya yang baik untuk konstruksi perkerasan kaku dan perkerasan lentur agar dapat menghemat biaya konstruksi jalan tersebut.

Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan biaya konstruksi antara perkerasan kaku dan lentur pada kawasan industri di jln. Soekarno Hatta, Bandung. Sehingga didapat jenis perkerasan yang tepat dan efisien.

Struktur Perkerasan

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas, yang bila kita perhatikan secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan. Lalu lintas langsung terkonsentrasi pada bagian ini, dan boleh dikatakan merupakan urat nadi dari suatu

konstruksi jalan. Apapun jenis perkerasan lalu lintas, dia harus dapat memfasilitasi sejumlah pergerakan lalu lintas, apakah berupa jasa angkutan manusia, atau jasa angkutan barang berupa seluruh komoditas yang diijinkan untuk berlalu lalang (Hamirhan Saodang, 2005).

Fungsi utama perkerasan adalah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah-dasar, yaitu pada tekanan dimana tanah-dasar tidak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan. Secara umum, fungsi perkerasan jalan, adalah:

- a. Untuk memberikan struktur yang kuat dalam mendukung beban lalu-lintas.
- b. Untuk memberikan permukaan rata bagi pengendara.
- c. Untuk memberikan kekesatan atau tahanan gelincir (*skid resistance*) dipermukaan perkerasan.
- d. Untuk mendistribusikan beban kendaraan ke tanah dasar secara memadai, sehingga tanah dasar terlindung dari tekanan yang berlebihan.
- e. Untuk melindungi tanah dasar dari pengaruh buruk perubahan cuaca.

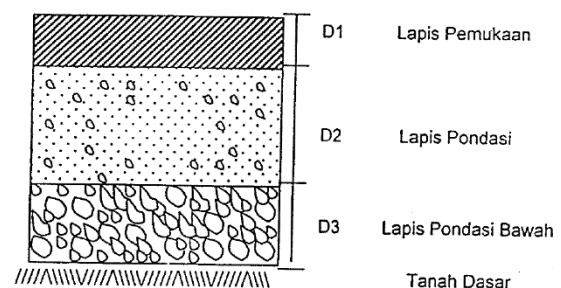
Struktur Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya sehingga mempunyai sifat lentur dan lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul serta menyebarkan beban lalu lintas ketanah dasar.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2002) yang dimaksud dengan perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan material campuran beraspal sebagai permukaan

serta bahan berbutir sebagai lapisan dibawahnya. Sehingga lapisan permukaan tersebut mempunyai *flexibilitas*/kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan kendaraan dalam melintas di atasnya.

Struktur perkerasan lentur dibuat secara berlapis terdiri dari lapisan pondasi bawah (*sub-base course*), lapis pondasi (*base course*), lapis permukaan (*surface course*) yang dihampar pada tanah dasar (*sub grade*) masing-masing lapisan diatas termasuk tanah dasar secara bersama-sama akan memikul beban lalu-lintas. Tebal struktur perkerasan dibuat sedemikian rupa sampai batas kemampuan tanah dasar memikul beban lalu-lintas, atau dapat dikatakan tebal struktur perkerasan sangat tergantung pada kondisi atau daya dukung tanah dasar.



Gambar 1. Tipikal Struktur Perkerasan Lentur

- a. Lapis pondasi bawah
Lapis pondasi bawah (*Sub-base*) adalah bagian dari lapisan lentur yang terletak antara lapis tanah dasar dan lapis pondasi atas. Biasanya terdiri atas lapisan dari material berbutir (*granular material*) yang dipadatkan, distabilisasi atau tidak, atau lapisan tanah yang distabilisasi. Fungsi lapis pondasi bawah sebagai berikut :
 - 1) Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
 - 2) Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar

lapisan-lapisan di atasnya dapat dikurangi ketebalannya (penghematan biaya konstruksi).

- 3) Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi.
- 4) Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

b. Lapis pondasi

Lapis pondasi (*base course*) adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak langsung dibawah lapis permukaan, Lapis pondasi dibangun diatas lapis pondasi bawah, atau jika tidak menggunakan lapis pondasi bawah, langsung di atas tanah dasar. Fungsi lapis pondasi antara lain:

- 1) Sebagai bagian konstruksi perkerasan yang menahan beban roda.
- 2) Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

c. Lapis permukaan

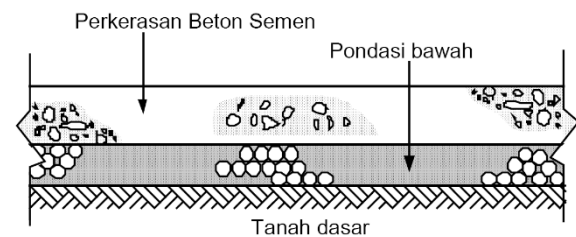
Lapis permukaan (*surface course*) struktur pekerasan lentur terdiri atas campuran mineral agregat dan bahan pengikat yang ditempatkan sebagai lapisan paling atas dan biasanya terletak di atas lapis pondasi. Fungsi lapis permukaan antara lain :

- 1) Sebagai bagian perkerasan untuk menahan beban roda.
- 2) Sebagai lapisan tidak tembus air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
- 3) Sebagai lapisan aus (*wearing course*)

Struktur Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan beton semen merupakan perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang relatif cukup tinggi khususnya bila dibandingkan dengan perkerasan aspal, karenanya dikenal dan disebut sebagai perkerasan kaku atau *rigid pavement*. Perkerasan beton semen dapat dibedakan menjadi 4 jenis:

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
 - b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
 - c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
 - d. Perkerasan beton semen pra-tegang
- Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal.



Gambar 2. Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen

a. Pondasi Bawah

Pondasi bawah (*Sub-base*) adalah satu lapis pada konstruksi perkerasan kaku yang terletak antara tanah dasar dan plat beton semen mutu tinggi. Pada umumnya fungsi dari *sub-base* tidak terlalu struktural dalam arti kata keberadaannya tidak dimaksudkan untuk menyumbangkan nilai struktural

(tebal konstruksi) perkerasan beton semen (diabaikan). Fungsi pondasi pada perkerasan kaku mempunyai fungsi utama sebagai lantai kerja yang rata, disamping fungsi lain sebagai berikut :

- 1) Mengendalikan kembang susut tanah dasar.
- 2) Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan retakan dan tepi-tepi plat.
- 3) Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada plat.

Permukaan *sub-base* yang tidak rata, akan menyebabkan ketidak rataan plat beton yang dapat memicu timbulnya keretakan plat.

b. Pelat Beton

Pelat beton terbuat dari beton semen mempunyai mutu tinggi, yang dicor setempat diatas pondasi bawah. Lapis perkerasan beton ini sebagai konstruksi utama dari konstruksi perkerasan beton semen. Beban lalu-lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton itu sendiri, lapis pondasi bawah digunakan di bawah plat beton karena beberapa pertimbangan, yaitu antara lain untuk menghindari terjadinya pumpling, kendali terhadap sistem drainasi, kendali terhadap kembang-susut yang terjadi pada tanah dasar dan untuk menyediakan lantai kerja (*working platform*) untuk pekerjaan konstruksi.

Kapasitas Ruas Jalan

Perkerasan berfungsi untuk memberikan permukaan halus pada kendaraan untuk segala musim. Kinerja perkerasan tersebut dipengaruhi oleh karakteristik tanah-dasar. Tanah sebagai pondasi yang secara langsung menerima beban lalu-lintas dari suatu perkerasan yang berada diatasnya, disebut tanah-dasar (*sub grade*). Karena tanah-dasar

merupakan bagian dasar, dimana pondasi bawah (*sub-base*), pondasi (*base*) atau perkerasan berada, maka integritas dari struktur perkerasan bergantung pada stabilitas struktur tanah-dasar.

CBR dan CBR Efektif

California Bearing Ratio (CBR) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. CBR efektif adalah nilai CBR tanah dasar efektif (%) yang digunakan pada penentuan tebal pondasi beton. CBR efektif didapat dari grafik hubungan antara CBR tanah dasar rencana (%) dengan tebal pondasi bawah yang digunakan

Lalu Lintas

Data lalu lintas sangat diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas dan tebal lapisan perkerasan jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau, lalu lintas merupakan beban yang akan dipikul oleh perkerasan jalan tersebut.

Lajur Rencana

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

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.

Kondisi lalu lintas yang akan menentukan pelayanan adalah:

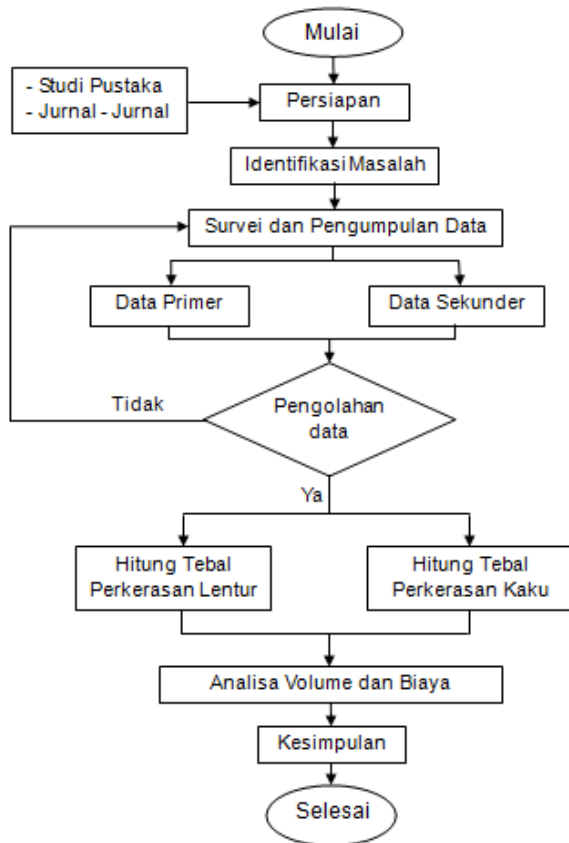
- 1) Jumlah sumbu yang lewat
- 2) Beban sumbu
- 3) Konfigurasi sumbu

Untuk kebutuhan perencanaan kendaraan yang diperhitungkan adalah empat jenis, sebagai berikut:

- 1) Sumbu tunggal roda tunggal
- 2) Sumbu tunggal roda ganda
- 3) Sumbu tandem roda ganda
- 4) Sumbu triple roda ganda

Metodologi Penelitian

Lokasi Pengambilan data penelitian ini adalah Proyek kawasan Industri di Jalan Soekarno Hatta, Bandung.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian.

Data Parameter Perencanaan Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan

- b. Lebar jalan rencana = 7,320 m
- c. Panjang jalan rencana = 1300 m
- d. Bahu jalan = Tidak
- e. Ruji (dowel) = Ya
- f. CBR tanah dasar diambil nilai yang terkecil karena tidak ada data CBR lapangan = 2%
- g. CBR efektif = 5%
- h. Kuat tarik lentur (f_{cf}) = 4 MPa ($F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$)
- i. Lapis pondasi = CBK (Campuran Beton Kurus)
- j. Umur rencana = 20 Tahun
- k. Pertumbuhan Lalu-lintas (i) = 6.5% (2/2 UD)

Direncanakan perkerasan beton semen untuk jalan 2 lajur 2 arah tak terbagi. Dengan perencanaan perkerasan beton bersambung tanpa tulangan.

Langkah-langkah Perhitungan

Karena data LHR dilapangan sangat rendah, maka untuk perhitungan tebal perkerasan menggunakan kapasitas dasar kendaraan berdasarkan pada Manual Kapasitas Jalan Kendaraan (MKJI) tahun 1997.

- a. Analisa Kapasitas Kendaraan Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) Tahun 1997

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \text{ (smp/jam)}$$

$$C = 2900 \times 1.00 \times 1.00 \times 0.90 \times 1.00 \text{ (smp/jam)}$$

$$C = 2610 \text{ smp/jam}$$

Komposisi lalu lintas kendaraan bermotor (%) Berdasarkan MKJI 1997 dengan ukuran jumlah penduduk kota 1,0–3,0 juta jiwa.

Sepeda Motor (MC) = 41.00 %

Kendaraan Ringan (LV) = 55.50 %

Kendaraan Berat (HV) = 3.50 %

$$= 26 \times 10^6$$

Tabel 1. Konversi Kapasitas Kendaraan (smp/jam) ke Volume kendaraan (Kendaraan/Hari)

No	JENIS KENDARAAN	Jumlah Kendaraan (smp/jam)	Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)	Volume (kend./jam)	Volume (kend./Hari)
	(1)	(2)	(3)	(4)= (2)/(3)	(5)* 24 (jam)
1	Sepeda Motor (MC)	1070	0.25	4280.00	102720
2	Kendaraan Ringan (LV)	1448	1.00	1448.00	34752
4	Truk 2 As (HV)	92	1.20	76.67	1840
	TOTAL	2610		1625.90	139312

Tabel 2. Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya

No	JENIS KENDARAAN	Konfigurasi beban sumbu (ton)				Jml. Kend (bh)	Jml. Sumbu Per Kend (bh)	Jml. Sumbu (bh)	STRT		STRG		STRG	
		RD	RB	RGD	RGB				BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)
	(1)	(2)				(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	Sepeda Motor (MC)	-	-	-	-	102720	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Kendaraan Ringan (LV)	1	1	-	-	34752	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Truk 2 As (HV)	5	8	-	-	1840	2	3680	5	1840	8	1840	-	-
	TOTAL					139312		3680		1840		1840		0

Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama umur rencana (20 tahun).

$$JSKN = 365 \times JSKNH \times R$$

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

$$R = \frac{(1+0.065)^{20}-1}{0.065}$$

$$R = 38.83$$

$$JSKN = 365 \times 3680 \times 38.83$$

$$= 52,150,155$$

$$= 52 \times 10^6$$

Dimana :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

i = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

UR = Umur rencana (tahun)

$$JSKN \text{ rencana} = JSKN \times C$$

C = Koefisien distribusi

Nilai C diambil dari Jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan niaga berdasarkan lebar perkerasan (LP) : $5,5 \leq LP < 8,25$ dengan 2 lajur, koefisien distribusinya 1 arah = 0,7 dan 2 arah = 0,5.

$$JSKN \text{ rencana} = JSKN \times C$$

$$= 52 \times 10^6 \times 0.5$$

$$= 26,075,077.30$$

- b. Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi Data lalu-lintas yang diperlukan dalam perencanaan perkerasan beton semen adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana. Repetisi yang terjadi merupakan hasil kali antara proporsi beban dan proporsi sumbu.

Perhitungan repetisi sumbu rencana:

- Proporsi beban jenis sumbu STRT
Beban sumbu 5 ton = (jumlah sumbu beban / jumlah total sumbu) x 100%
= (1840/1840) x 100%
= 100 %
- Proporsi beban jenis sumbu STRG
Beban sumbu 8 ton = (jumlah sumbu beban / jumlah total sumbu) x 100%
= (1840/1840) x 100%
= 100 %

Proporsi sumbu:

- Jenis sumbu STRT = (jumlah sumbu beban (STRT) / jumlah total sumbu) x 100%
= (1840/3680) x 100%
= 50 %
- Jenis sumbu STRG = (jumlah sumbu beban (STRG) / jumlah total) x 100%
= (1840/3680) x 100%
= 50 %

Perhitungan repetisi sumbu yang terjadi dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana

No	Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu (bh)	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu lintas Rencana	Repetisi yg Terjadi
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) = (4)* (5)*(6)
1	STRT	5	1840	100%	50%	26,075,077	13,037,539
3	STRG	8	1840	100%	50%	26,075,077	13,037,539
			Kumulatif				26,075,077

- c. Perhitungan tebal pelat beton

- Sumber data beban = asumsi beban
- Jenis perkerasan = Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan dengan jeruji
- Umur rencana = 20 tahun
- JSKN rencana = 26×10^6
- Faktor keamanan beban = 1,0 untuk jalan dengan volume kendaraan niaga rendah, (Tabel 2.12).
- Kuat Tarik lentur beton (f'_{cf}) umur 28 hari = 4 MPa
- Jenis dan tebal lapis pondasi = CBK 150 mm
- CBR tanah dasar = $\leq 2\%$
- CBR efektif = 5%

Jenis dan Tebal lapis pondasi, CBR efektif, ditentukan berdasarkan hubungan Jumlah repetisi sumbu dan CBR tanah dasar rencana, (Gambar 2.5. dan Gambar 2.6).

Tebal taksiran pelat beton = 21 mm
 Dengan menentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE), maka dapat ditentukan faktor rasio tegangan (FRT) untuk masing-masing beban rencana per roda serta analisa fatik dan erosinya. Seperti Tabel 4.10. dibawah ini.

$$FRT = TE/f'_{cf}$$

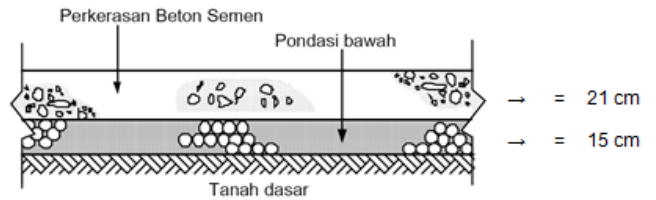
Tabel 4. Faktor Rasio Tegangan, Analisa Fatik dan Erosi

Jenis Sumbu	Beban Rencana (KN)	Beban Rencana per Roda (KN)	Repetisi yang Terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi	
					Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	persen rusak (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(4)*100/(6)	(8)	(9)=(4)*100/(8)
STRT	50	25.00	13,037,539	TE = 1.02 FE = 2.17 FRT = 0.26	TT	0.00	TT	0.00
STRG	80	20.00	13,037,539	TE = 1.69 FE = 2.77 FRT = 0.42	TT	0.00	50,000,000	26.08
Total					0.00	< 100%	26.08	< 100%

Keterangan:

- TE = tegangan ekuivalen;
- FE = faktor erosi;
- FRT = faktor rasio tegangan;
- TT = tidak terbatas

Karena % rusak fatik (lelah) lebih kecil 100% maka tebal pelat diambil **21 cm**.



Gambar 4. Susunan Perkerasan Kaku

Data Parameter Perencanaan Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur

- Lebar jalan rencana = 7,320 m
- Panjang jalan rencana = 1300 m
- Bahu jalan = Tidak
- CBR tanah dasar diambil nilai yang terkecil karena tidak ada data CBR lapangan = 2%
- CBR efektif = 5%
- Umur rencana = 20 Tahun
- Pertumbuhan lalu lintas (i) = 6,5% (2/2 UD)

Direncanakan perkerasan lentur untuk jalan 2 lajur 2 arah tak terbagi.

Langkah-langkah Perhitungan

- Data lalu-lintas Harian rencana (LHR) pada awal umur rencana.

No	Jenis Kendaraan	Konfigurasi beban sumbu (ton)		Jumlah Kendaraan (bh)
		RD	RB	
		(2)		(3)
1	Sepeda Motor (MC)	-	-	102720 Kendaraan
2	Kendaraan Ringan (LV)	1	1	34752 Kendaraan
3	Truk 2 As (HV)	5	8	1840 Kendaraan
TOTAL		(Σ)		139312 Kendaraan/Hari

Note: RD = Roda Depan
 RB = Roda Belakang

b. Data lalu-lintas Harian Rencana (LHR) pada akhir umur rencana.

$$LHR_{akhir} = LHR_{awal} \times (1 + i)^n \times UR$$

No	Jenis Kendaraan	Konfigurasi beban sumbu (ton)		Jumlah Kendaraan (bh)
		RD	RB	
(1)		(2)		(3)
1	Sepeda Motor (MC)	-	-	361949 Kendaraan
2	Kendaraan Ringan (LV)	1	1	122454 Kendaraan
3	Truk 2 As (HV)	5	8	6484 Kendaraan
TOTAL				(Σ) 490886 Kendaraan/Hari

Note: i = Pertumbuhan lalu-lintas
UR = Umur Rencana

c. Angka Ekuivalen (E) Kendaraan.

No	Jenis Kendaraan	Konfigurasi beban sumbu (ton)		Angka Ekuivalen Kendaraan		
		RD	RB	RD	RB	Jumlah
1	Sepeda Motor (MC)	-	-	-	-	-
2	Kendaraan Ringan (LV)	1	1	0.0002	0.0002	0.0004
3	Truk 2 As (HV)	5	8	0.1410	0.9238	1.0648

d. Koefisien Distribusi (C) untuk 2 lajur 2 arah.

Kendaraan ringan = 0.5
Kendaraan berat = 0.5

e. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = LHR_{awal} \times C \times E$$

No	Jenis Kendaraan	Konfigurasi beban sumbu (ton)		LEP
		RD	RB	
(1)		(2)		(3)
1	Sepeda Motor (MC)	-	-	-
2	Kendaraan Ringan (LV)	1	1	6.95
3	Truk 2 As (HV)	5	8	979.62
TOTAL				(Σ) 986.57

f. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

$$\text{Lintas Ekuivalen Akhir, LEA} = LHR_{akhir} \times C \times E$$

No	Jenis Kendaraan	Konfigurasi beban sumbu (ton)		LEA
		RD	RB	
(1)		(2)		(3)
1	Sepeda Motor (MC)	-	-	-
2	Kendaraan Ringan (LV)	1	1	24.49
3	Truk 2 As (HV)	5	8	3451.82
TOTAL				(Σ) 3476.31

g. Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dan Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

$$LET = \frac{\sum LEP + \sum LEA}{2}$$

$$= \frac{(986.57 + 3476.31)}{2}$$

$$= 2231.44$$

$$LER = LET \times FP = \frac{LET \times UR}{10}$$

$$= \frac{2231.44 \times 20}{10}$$

$$= 4462.88$$

Note:

FP = Faktor Penyesuaian

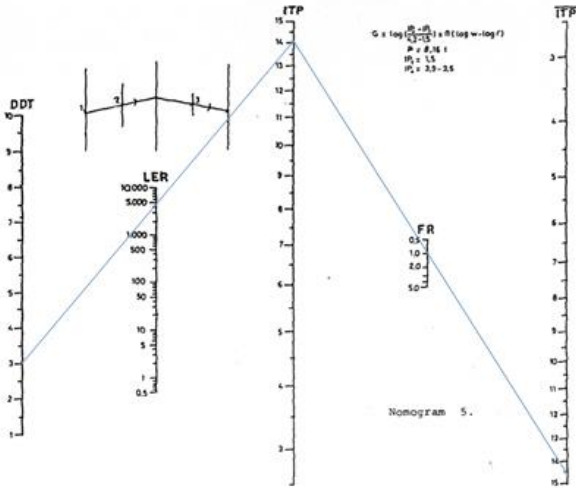
UR = Umur Rencana

h. Mencari Indek Tebal Perkerasan (ITP)

- Nilai Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) = 3, berdasarkan Korelasi Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR, (Grafik 2.1).
- Faktor Regional (FR) dengan curah hujan di daerah Cibiru rata-rata pertahun 1919 mm, dan % kendaraan berat $\leq 30\%$, adalah 1,5. Ditentukan berdasarkan Tabel 2.4
- Indeks Permukaan (IP) pada akhir umur rencana ditentukan berdasarkan nilai Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

LER = Lintas Ekuivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	arteri	tol
> 1000	-	2,0-2,5	2,5	2,5

Nomogram untuk mencari nilai ITP berdasarkan korelasi antara Daya Dukung Tanah Dasar (DDT), Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dan Faktor Regional (FR). Dengan cara menarik garis lurus dari titik nilai DDT bersinggungan dengan nilai LER sehingga didapat nilai ITP nya. Seperti terlihat dibawah ini.



Gambar 5. Nomogram Mencari ITP Berdasarkan LER dan FR

Dari tabel dan nomogram diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- CBR tanah dasar = $\leq 2\%$
- DDT = 3
- FR = 1.5
- IP = 2.5
- Berdasarkan LER \rightarrow = 14 ($IP_0 = 3,9$ - 3,5)
- ITP

i. Perhitungan tebal perkerasan

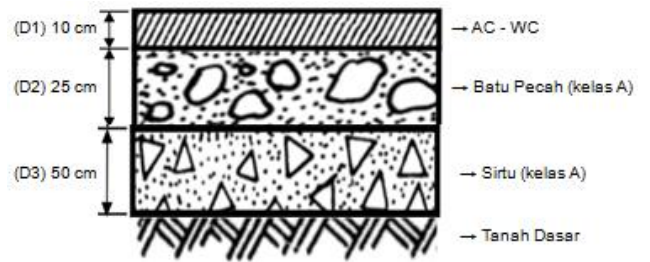
- Material yang digunakan
 - 1) AC -WC
 - 2) Batu pecah (kelas A)
 - 3) Sirtu (kelas A)
- Koefisien kekuatan relatif dan tebal minimum lapisan (table 2.7. & tabel 2.8.).

$$\begin{aligned}
 a_1 &= 0,40 & D_1 &= 10 \\
 a_2 &= 0,14 & D_2 &= 25 \\
 a_3 &= 0,13 & D_3 &= -
 \end{aligned}$$

- Menetapkan tebal perkerasan
- $$\begin{aligned}
 ITP &= (a_1.D_1) + (a_2.D_2) + (a_3.D_3) \\
 14 &= (0,40 \times 10) + (0,14 \times 25) + \\
 &\quad (0,13 \times D_3) \\
 &= 7,50 + (0,13 \times D_3) \\
 (0,13 \times D_3) &= 14 - 7,50 \\
 D_3 &= \frac{14 - 7,50}{0,13}
 \end{aligned}$$

$$D_3 = 50,00 \text{ cm}$$

- Susunan perkerasan



Gambar 6. Susunan Perkerasan Lentur

Analisa Volume Konstruksi Untuk Perhitungan Biaya

Dalam menghitung volume pekerjaan, terlebih dahulu harus diketahui panjang, lebar dan tebal dari masing-masing perkerasan. Diketahui data yang ada sebagai berikut :

- Lebar Jalan Rencana = 7.32 M
- Panjang Jalan Rencana = 1300.00 M
- Berat Jenis Aspal = 2.20 ton/m³

Tebal Masing-masing Perkerasan:

Pekerjaan Perkerasan Kaku Rencana:

$$\begin{aligned}
 \text{Pelat Beton} &= 7.32 \times 1300 \times 0.30 = 2854.80 \text{ m}^3 \\
 \text{Lantai Kerja} &= 7.32 \times 1300 \times 0.05 = 475.80 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Total Volume} = 3330.60 \text{ m}^3$$

Pekerjaan Perkerasan Kaku Hasil Penelitian:

$$\begin{aligned}
 \text{Pelat Beton} &= 7.32 \times 1300 \times 0.21 = 1998.36 \text{ m}^3 \\
 \text{Lantai Kerja} &= 7.32 \times 1300 \times 0.15 = 1427.40 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Total Volume} = 3425.76 \text{ m}^3$$

Pekerjaan Perkerasan Lentur Hasil Penelitian:

$$\text{AC-WC} = 7.32 \times 1300 \times 0.10 = 951.60 \text{ m}^3$$

Batu Pecah = $7.32 \times 1300 \times 0.25 = 2379.00$

m³

Sirtu = $7.32 \times 1300 \times 0.50 = 4758.00$

m³

Total Volume = 8088.60 m³

Analisa Harga Satuan

Harga satuan bahan ini diambil dari Jurnal harga satuan bahan bangunan konstruksi dan interior untuk daerah Jawa Barat, edisi 35 tahun 2016.

No.	Uraian	Satuan	Harga Satuan (Rp)
1	Perkerasan Jalan Beton (K300)	m ³	982,900.00
2	Lantai Kerja (B0)	m ³	797,200.00
3	Laston (AC-WC)	m ³	2,420,000.00
4	Batu Pecah (kelas A)	m ³	235,700.00
5	Sirtu/Pitrum (kelas A)	m ³	195,300.00

Analisa Biaya Konstruksi

Uraian	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Pekerjaan Perkerasan Kaku Desain Rencana			
- Perkerasan Jalan Beton (K300)	m ³	982,900.00	2,805,982,920.00
- Lantai Kerja (B0)	m ³	797,200.00	379,307,760.00
Jumlah			3,185,290,680.00
Pekerjaan Perkerasan Kaku Hasil Penelitian			
- Perkerasan Jalan Beton (K300)	m ³	982,900.00	1,964,188,044.00
- Lantai Kerja (B0)	m ³	797,200.00	1,137,923,280.00
Jumlah			3,102,111,324.00
Pekerjaan Perkerasan Lentur Hasil Penelitian			
- AC-WC	m ³	2,420,000.00	2,302,872,000.00
- Batu Pecah (kelas A)	m ³	235,700.00	560,730,300.00
- Sirtu/Pitrum (Kelas A)	m ³	195,300.00	929,237,400.00
Jumlah			3,792,839,700.00

Analisa Perbandingan Biaya Konstruksi

Jenis Perkerasan Jalan	Biaya Konstruksi (Rp)	Biaya Per m (Rp)
Perkerasan Kaku Desain Rencana	3,185,290,680.00	2,450,223.60
Perkerasan Kaku Hasil Penelitian	3,102,111,324.00	2,386,239.48
Perkerasan Lentur Hasil Penelitian	7,792,839,700.00	2,917,569.00



Grafik 4.6. Perbandingan Biaya Konstruksi

Gambar 7. Grafik Perbandingan Biaya Konstruksi

Jenis Perkerasan Jalan	Biaya Konstruksi (Rp)	Biaya Per m (Rp)	Persentase Biaya
Perkerasan Kaku Desain Rencana	3,185,290,680.00	2,450,223.60	100.00%
Perkerasan Kaku Hasil Penelitian	3,102,111,324.00	2,386,239.48	97.39%
Selisih Biaya	83,179,356.00	63,984.12	2.61%

Jenis Perkerasan Jalan	Biaya Konstruksi (Rp)	Biaya Per m (Rp)	Persentase Biaya
Perkerasan Kaku Hasil Penelitian	3,102,111,324.00	2,386,239.48	100.00%
Perkerasan Lentur Hasil Penelitian	3,792,839,700.00	2,917,569.00	122.27%
Selisih Biaya	(690,728,376.00)	(531,329.52)	-22.27%

Berdasarkan perhitungan biaya diatas, maka dapat ditarik kesimpulan :

Biaya Perkerasan Kaku hasil penelitian lebih hemat 22.27% atau sebesar Rp. 690,728,376.00 dari perkerasan lentur hasil penelitian.

Kesimpulan

Dari hasil identifikasi masalah dilapangan, perhitungan tebal perkerasan dan biaya konstruksi pada perkerasan jalan Kawasan Industri di Bandung tersebut, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tebal perkerasan kaku hasil penelitian berdasarkan peraturan Pd T-14-2003 tentang Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen adalah 21cm dengan tebal lantai kerja 15cm.
2. Tebal perkerasan lentur hasil penelitian berdasarkan Metode Analisa Komponen SKBI-2.3.26.1987 adalah:

- Tebal Lapis Permukaan (Laston / AC-WC) = 10 cm
 - Tebal Lapis Pondasi (Batu Pecah kelas A) = 25 cm
 - Tebal Lapis Pondasi Bawah (Sirtu kelas A) = 50 cm
3. Biaya konstruksi perkerasan kaku hasil penelitian adalah sebesar Rp. 3,102,111,324.00.
 4. Biaya konstruksi perkerasan lentur hasil penelitian adalah sebesar Rp. 3,792,839,700.00. Dari hasil hitungan diatas biaya perkerasan Kaku lebih hemat 22.27% atau sebesar Rp. 690,728,376.00 dari perkerasan lentur.
 5. Berdasarkan identifikasi masalah dilapangan, dimana muka air normal sungai dilokasi proyek lebih tinggi dari elevasi jalan rencana, terjadinya genangan pada saat hujan, singkatnya waktu pengerjaan yang hanya tiga bulan dan berdasarkan hasil perhitungan biaya konstruksinya, maka pengerjaan konstruksi jalan dengan menggunakan perkerasan kaku lebih tepat dan efisien dari pada perkerasan lentur.

Daftar Pustaka

Ainun Nikmah, ***“Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jalan Purwodadi-Kudus Ruas 198”***, Semarang, 2013
Departemen Pekerjaan Umum, ***“Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen”***, SKBI-2.3.26.1987
Depatermen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, ***“Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen”***, Pd T-14-2003
Direktorat Jendral Bina Marga, ***“Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)”***, Jakarta 1997
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, ***“Panduan Skripsi / Tugas Akhir”***, Jakarta, 2004

Hary Christady Hardiyatmo, ***“Perancangan Perkerasan Jalan & Penyelidikan Tanah”***, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2012

Mukomoko Y. A, ***“Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan”*** CV. Gaya Media Pratama, Jakarta 1993

Muhammad Yodi Aryangga, ***“Perbandingan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku serta Analisa Ekonominya pada Proyek Jalan Sindang Barang – Cidaun, Cinajur”***, Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No.1, 2013

Pandu Bangun Persada NSTR, ***“Jurnal Harga Satuan Bahan Bangunan Konstruksi dan Interior”***, Anggara Inter Design, Edisi 35, Jakarta 2016

Peraturan menteri Pekerjaan Umum, ***“Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum”***, No. 11/PRT/M/2013

Rudi Waluyo, Waluyo N, Lendra, ***“Studi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur”***, Jurnal Teknik Sipil Vol. 9, No. 1, Oktober 2008