

Analisis Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Pd T-01-2002-B, Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) dan Metode Nottingham Pada Ruas Jalan I Gusti Ngurah Rai Palu

Novita Pradani

Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Tadulako Palu

email: novpradani@gmail.com

Muhammad Sadli

Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Tadulako Palu

email: m.sadli@yahoo.com

Dewy Fithriayuni

Balai Pelaksanaan Jalan Nasional XIV Palu

Ditjen Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

email: dewy.fithriayuni@gmail.com

Abstrak

Ruas Jalan I Gusti Ngurah Rai merupakan salah satu jalan di Kota Palu yang termasuk dalam kategori status jalan Provinsi, yang terletak di Kecamatan Palu Selatan, dengan panjang jalan 2.430 m dan lebar jalur lalu lintas 11 m. Sebagai salah satu ruas jalan yang menghubungkan tempat-tempat vital misalnya pusat perbelanjaan, pendidikan dan kegiatan lainnya, dengan intensitas rata-rata kendaraan yang lewat jalan tersebut adalah kendaraan berat. Oleh sebab itu kondisi jalan tersebut akan cepat mengalami kerusakan akibat beban kendaraan.

Dalam penelitian ini Metode Pd T-01-2002-B, Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) dan Metode Nottingham digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan baru. Data-data yang digunakan dalam perencanaan perkerasan meliputi data primer dan data sekunder.

Hasil perencanaan tebal perkerasan dengan umur rencana 20 tahun Metode Bina Marga Pd T-01-2002-B memperoleh nilai LHR sebesar 21.033.360,724 CESA dengan tebal perkerasan untuk tiap lapisan surface 11 cm, lapisan pondasi atas 20 cm, lapisan pondasi bawah 10 cm.

Pada metode Manual Desain Perkerasan diperoleh nilai LHR sebesar 231.301.030,144 CESA dengan tebal perkerasan lapisan surface untuk AC-WC dengan tebal 5 cm dan AC-BC dengan tebal 28 cm, lapisan pondasi atas 15 cm, lapisan pondasi bawah 15 cm.

Metode Nottingham diperoleh nilai LHR sebesar 39.500.000 dengan tebal perkerasan lapisan surface 29,5 cm dan untuk lapis pondasi 20 cm.

Dari ketiga metode yang digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan lentur, metode yang menghasilkan tebal perkerasan yang lebih tipis adalah metode Pd T-01-2002-B.

Kata kunci: *Metode Pd T-01-2002-B, Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) dan Metode Nottingham.*

1. PENDAHULUAN

Di era yang semakin maju dan berkembang ini kebutuhan masyarakat akan terus meningkat, baik masyarakat yang bertempat tinggal di pedesaan maupun masyarakat di perkotaan yang sama – sama mempunyai kebutuhan untuk melakukan pergerakan dari suatu tempat ketempat lain, untuk menunjang kebutuhan/aktifitas tersebut adalah jalan raya. Jalan merupakan prasarana yang sangat berperan penting dalam arus lalu lintas, sehingga selama masa layanan jalan tersebut diusahakan menghindari masalah yang berhubungan dengan kerusakan jalan. Prasarana jalan yang terbebani oleh volume lalu lintas yang tinggi dan berulang-ulang akan menyebabkan terjadinya penurunan kualitas jalan yang dapat diketahui dari kondisi permukaan jalan, baik secara struktural maupun fungsional yang mengalami kerusakan.

Kota Palu setiap tahunnya terus mengalami perkembangan, mengacu pada segi kehidupan masyarakat yang terdiri dari ekonomi, sosial, politik, ataupun kewilayahannya. Dengan adanya perkembangan tersebut tentunya kebutuhan akan transportasi terus meningkat hal ini akan sangat berpengaruh terhadap sarana dan prasarana transportasi.

Ruas Jalan I Gusti Ngurah Rai merupakan salah satu jalan di Kota Palu yang termasuk dalam kategori status jalan Provinsi, yang terletak di Kecamatan Palu Selatan, dengan panjang jalan 2.430 m dan lebar jalur lalu lintas 11 m. Sebagai salah satu ruas jalan yang menghubungkan tempat-tempat vital misalnya pusat perbelanjaan, pendidikan dan kegiatan lainnya, dengan intensitas rata-rata kendaraan yang lewat jalan tersebut adalah kendaraan berat. Oleh sebab itu kondisi jalan tersebut akan cepat mengalami kerusakan akibat beban kendaraan.

Salah satu cara untuk mengatasi agar tebal perkerasan tidak mudah mengalami kerusakan dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang relatif lama, maka perlu diadakan studi kasus untuk mendapatkan tebal perkerasan yang terbaik. Sehubungan dengan permasalahan diatas tentu memerlukan Metode yang efektif dan efisien untuk merencanakan tebal perkerasan agar diperoleh hasil yang ekonomis, tetapi tetap mengacu terhadap kenyamanan, keamanan, serta keselamatan bagi pengendara.

Dalam perencanaan tebal perkerasan banyak metode-metode yang dapat digunakan untuk perencanaan tersebut. Tetapi dalam perencanaan ini hanya membandingkan 3 metode yaitu Metode Bina Marga Pd T 01-2002-B, Manual Desain Perkerasan (MDP) dan Nottingham.

Ada beberapa perbedaan dari Metode Bina Marga Pd T 01-2002-B, Manual Desain Perkerasan (MDP) dan Nottingham. Pertama dalam mencari tebal perkerasan untuk Metode Bina Marga Pd T 01-2002-B harus mencari nilai ITP (Indeks Tebal Perkerasan), untuk Metode Bina Marga Manual Desain Perkerasan (MDP) dengan menggunakan Tabel desain tebal perkerasan lentur, sedangkan pada Metode Nottingham dengan menggunakan Grafik yang diplot antara ϵ_1 dan regangan tanah dasar atau regangan aspal sehingga dapat diperoleh tebal perkerasan.

2. GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN

2.1 Letak Lokasi Penelitian

Kota Palu merupakan Ibukota Provinsi Sulawesi Tengah, berada pada kawasan dataran Lembah Palu dan Teluk Palu yang secara astronomis terletak antara 0,360LS – 0,560LS dan 119,450BT – 121,010BT. Luas wilayah Kota Palu 395,06 Km² yang dibagi atas 8 Kecamatan. Dahulu Kota Palu terbagi atas 4 kecamatan sesuai arah mata angin yaitu Kecamatan Palu Barat, Palu Timur,

Kecamatan Palu Utara dan Kecamatan Palu Selatan. Empat kecamatan baru yang mekar adalah Kecamatan Tatanga, Kecamatan Ulujadi, Kecamatan Mantikolore dan Kecamatan Tawaeli.

Jalan I Gusti Ngurah Rai merupakan salah satu jalan yang terletak di Kecamatan Palu Selatan Kota Palu yang menjadi tempat lokasi penelitian dalam penyelesaian tugas akhir pada Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Jalan ini berawal dari perempatan Jalan Towua – Jalan Emy Saelan, Basuki Rahmat dan berakhir pada Jalan Puebongo dengan total panjang ruas jalan 2.430 m dan lebar 11 m, tipe jalan 2 jalur 2 arah.

2.2 Iklim Dan Cuaca

Sebagaimana di daerah lain di Indonesia, Kota Palu memiliki 2 (dua) musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Musim kemarau terjadi antara bulan April s/d September sedangkan musim hujan terjadi pada bulan Oktober s/d Maret.

Dalam perencanaan jalan, faktor regional (FR) perlu diperhitungkan sebagai faktor koreksi yang ditentukan oleh keadaan lapangan dan iklim setempat.

2.3 Status Ruas Jalan

Kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas. Ini juga dilakukan untuk keperluan perencanaan, pembebanan / tebal perkerasan dan pengendalian / pengontrolan beban sumbu. Jalan ini dikelola oleh Dinas Bina Marga Daerah Provinsi Sulawesi Tengah. Adapun hirarki jalan I Gusti Ngurah Rai sebagai berikut :

- Status jalan = Jalan Propinsi.
- Fungsi jalan = Jalan Kolektor.
- Sistem jalan = Jalan Primer.
- Tipe jalan = 2/2 UD, dan.
- Kelas jalan = Kelas jalan I.

3. TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Teori Dasar Perkerasan Jalan.

Perkerasan jalan ialah lapisan yang terbuat dari material yang layak (memenuhi persyaratan) dan diletakkan diatas tanah timbunan atau tanah dasar yang dipadatkan. Fungsi utama dari struktur lapisan perkerasan adalah mendistribusikan tegangan akibat beban roda kearah yang lebih luas pada tanah dasar dibawahnya.

Lapisan perkerasan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Secara keseluruhan perkerasan jalan harus cukup kuat untuk memikul beban lalu lintas yang melintas di atasnya.
2. Permukaan jalan harus dapat menahan gaya gesekan dan keausan dari roda-roda kendaraan dan juga terhadap pengaruh air.
3. Tekstur permukaan yang nyaman dilewati.
4. Memiliki tingkat keawetan yang tinggi.
5. Memiliki nilai ekonomis.

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

1. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*).

Perkerasan kaku ialah perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

2. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*).

Perkerasan kaku ialah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*).

Perkerasan komposit ialah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

3.1.1 Susunan Perkerasan Jalan

Secara umum konstruksi perkerasan jalan terdiri dari:

1. Lapisan permukaan (*Surface Course*).

Lapis permukaan adalah bagian dari lapisan perkerasan jalan yang terletak paling atas, dan berfungsi sebagai:

- Lapis permukaan menahan beban roda.
- Lapis kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
- Lapis aus (*wearing Course*) bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

2. Lapisan pondasi atas (*Base Course*).

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan, yang berfungsi sebagai:

- Lapis peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- Bantalan terhadap lapis permukaan.
- Bagian perkerasan yang menahan beban roda. Bahan-bahan untuk lapis pondasi umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda.

3. Lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*).

Lapis pondasi bawah adalah bagian dari perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi atas dan tanah

dasar. Fungsi dari pondasi bawah antara lain:

- Efisiensi dari penggunaan material.
- Lapisan peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar.

4. Lapisan tanah dasar (*Sub Grade*).

Lapis tanah dasar adalah lapisan tanah setebal 50 – 100 cm, di atas akan diletakkan lapisan pondasi bawah. Lapisan ini berupa lapisan tanah asli yang dipadatkan, tanah galian atau tanah timbunan. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar.

3.2 Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga Pd T-01-2002-B.

3.2.1 Tanah Dasar.

Kekuatan dan keawetan konstruksii perkerasan jalan sangat tergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Dalam pedoman ini diperkenalkan modulus resilien (MR) sebagai parameter tanah dasar yang digunakan dalam perencanaan Modulus resilien (MR) tanah dasar juga dapat diperkirakan dari CBR standar dan hasil atau nilai tes soil index. Korelasi Modulus Resilien dengan nilai CBR (Heukelom & Klomp) berikut ini dapat digunakan untuk tanah berbutir halus (*fine-grained soil*) dengan nilai CBR terendam 10 atau lebih kecil.

$$MR (\text{psi}) = 1.500 \times \text{CBR}$$

3.2.2 Angka Ekuivalen Beban Gandar Sumbu Kendaraan (E).

Angka eivalen (E) masing-masing golongan beban gandar sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut tabel pada

Lampiran . Tabel ini hanya berlaku untuk roda ganda. Untuk roda tunggal karakteristik beban yang berlaku agak berbeda dengan roda ganda. Untuk roda tunggal rumus berikut ini harus dipergunakan.

$$STRT = \left\{ \frac{\text{beban sumbu (Ton)}}{5,4} \right\}^4$$

$$STRG = \left\{ \frac{\text{beban sumbu (Ton)}}{8,16} \right\}^4$$

$$SDRG = \left\{ \frac{\text{beban sumbu (Ton)}}{13,76} \right\}^4$$

$$STrRG = \left\{ \frac{\text{beban sumbu (Ton)}}{18,45} \right\}^4$$

Dimana;

- SDRG = Sumbu Dual Roda Ganda.
- STRG = Sumbu Tunggal Roda Ganda.
- STRT = Sumbu Tunggal Roda Tunggal.
- STrRG = Sumbu Triple Roda Ganda.

3.2.3 Reliabilitas.

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).

Pada umumnya, dengan meningkatnya volume lalu-lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu-lintas, resiko tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan harus ditekankan.

Tabel 1. Rekomendasi Tingkat Reliabilitas Untuk Berbagai Macam Klasifikasi Jalan.

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

Sumber: Bina Marga Pd T-01-2002-B

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 faktor merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (*overall standard deviation, S0*) 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) Deviasi standar (S0) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat. Rentang nilai S0 adalah 0,40 – 0,50.

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

<i>Reliabilitas, Standar normal R (%)</i>	<i>deviate, ZR</i>
50	0,000
60	- 0,253
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: Bina Marga Pd T-01-2002-B

3.2.4 Koefisien Drainase

Koefisien Drainase untuk mengakomodasi kualitas sistem drainase yang dimiliki perkerasan jalan. Tabel 3 memperlihatkan definisi umum mengenai kualitas drainase.

Tabel 3. 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: Bina Marga Pd T-01-2002-B

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).

3.2.5 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 4.

Tabel 4. Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (IPd).

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

Sumber: Bina Marga Pd T-01-2002-B

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPO) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan pada awal umur rencana sesuai dengan Tabel 5.

Tabel 5. Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IPO).

Jenis Lapis Perkerasan	IP ₀	Ketidakrataan *) (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

Sumber: Bina Marga Pd T-01-2002-B.

3.2.6 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan.

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perencanaan yang tidak praktis. Dari segi keefektifan biaya, jika perbandingan antara biaya untuk lapisan pertama dan lapisan kedua lebih kecil dari pada perbandingan tersebut dikalikan dengan koefisien drainase, maka perencanaan yang secara ekonomis optimum adalah apabila digunakan tebal lapis pondasi minimum.

Tabel 6. Tebal minimum lapis permukaan berbeton aspal dan lapis pondasi agregat (inci).

Lalu-lintas (ESAL)	Beton aspal		LAP EN		LASBUTA agregat		Lapi pondasi	
	inci	cm	inci	cm	inci	cm	inci	cm
< 50.000 *)	1,0	2,5	2	5	2	5	4	10
50.001	-	-	-	-	-	-	-	-
150.000	2,0	5,0	-	-	-	-	4	10
150.001	-	-	-	-	-	-	-	-
500.000	2,5	6,25	-	-	-	-	4	10
500.001	-	-	-	-	-	-	-	-
2.000.000	3,0	7,5	-	-	-	-	6	15

Lalu-lintas (ESAL)	Beton aspal		LAP EN		LASBUTA agregat		Lapi pondasi	
	inci	cm	inci	cm	inci	cm	inci	cm
0	-	-	-	-	-	-	-	-
2.000.001	-	-	-	-	-	-	6	15
7.000.000	3,5	8,75	-	-	-	-	6	15
> 7.000.000	4,0	10,0	-	-	-	-	6	15

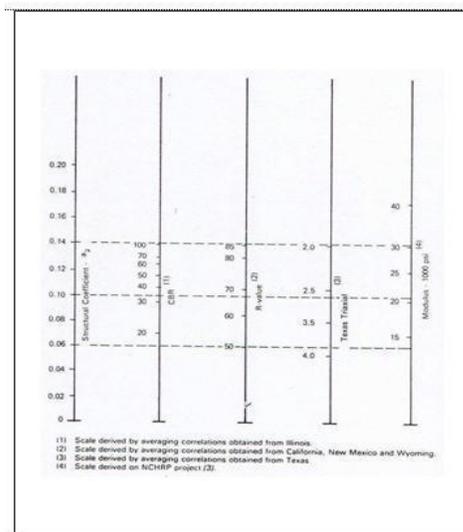
Sumber: Bina Marga Pd T-01-2002-B

*) atau perawatan permukaan



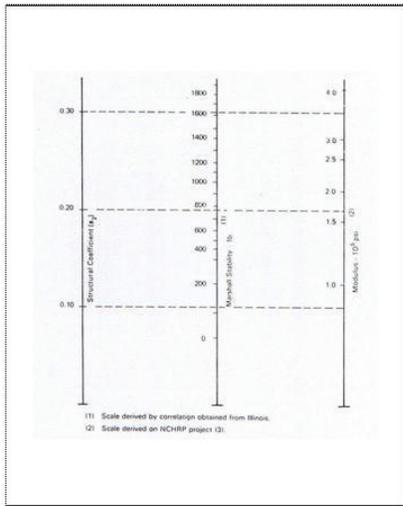
Sumber: Bina Marga Pd T-01-2002-B

Gambar 1 Grafik untuk memperkirakan koefisien kekuatan relatif lapis permukaan berbeton aspal bergradasi rapat (a1).

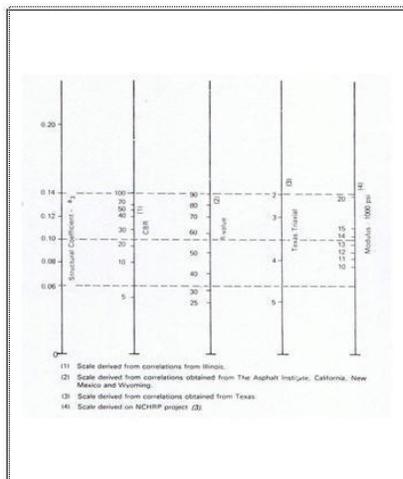


Sumber: Bina Marga Pd T-01-2002-B

Gambar 2. Variasi kekuatan koefisien relatif lapis pondasi granular (a2).



Sumber: Bina Marga Pd T-01-2002-B
 Gambar 3. Variasi kekuatan koefisien relatif lapis pondasi beraspal (a2).



Sumber: Bina Marga Pd T-01-2002-B
 Gambar 4. Variasi kekuatan koefisien relatif lapis pondasi granular (a3).

3.3 Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Manual Desain Perkerasan 2013

3.3.1 Menentukan Umur Rencana.

Tabel 7. Umur Rencana Perkerasan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir dan CTB	20
	Pondasi jalan	40
	Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	
Perkerasan kaku	Cement Treated Based	
Perkerasan kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen dan dan pondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen.	Minimum 10

Sumber: Manual Desain Perkerasan 2013.

3.3.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas.

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data – data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid.

Tabel 8 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum untuk desain.

Jenis Jalan 2011 - 2020 > 2021 – 2030

Arteri dan Perkotaan		
(%)	5	4
Kolektor rural (%)	3,5	2,5
Jalan desa (%)	1	1

Sumber: Manual Desain Perkerasan 2013.

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+0.01i)^{UR} - 1}{0.01i}$$

Dimana :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas.

I = Tingkat pertumbuhan tahunan (%).

UR = Umur rencana (tahun).

3.3.3 Beban Sumbu Standar Kumulatif Beban sumbu standar kumulatif atau

Cumulative Equivalent Single Axle Load

(CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai :

$$= (\sum \text{jenis kendaraan LHRT} \times \text{ESA VDF})$$

$$\text{CESA} = \text{ESA} \times 365$$

$\times R$

Dimana

ESA : Lintasan sumbu standar ekivalen axle untuk 1 (satu) hari.

LHR

T : Lintas harian rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu.

CES

A : f Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas.

3.3.4 Menentukan Nilai *Traffic Multiplier* (TM)

Nilai TM kelelahan lapisan aspal (TM lapisan aspal) untuk kondisi pembebanan yang berlebih di Indonesia adalah berkisar 1,8 - 2. Nilai yang akurat berbeda-beda tergantung dari beban berlebih pada kendaraan niaga di dalam kelompok truk. Nilai CESA tertentu (pangkat 4) untuk desain perkerasan lentur harus dikalikan dengan nilai TM untuk mendapatkan nilai CESA5,

$$\text{CESA5} = (\text{TM} \times \text{CESA4}).$$

Sama halnya juga untuk mengakomodasi deformasi tanah dasar dan lapis perkerasan dengan pengikat semen

masing-masing juga mengikuti aturan pangkat 7 dan pangkat 12, sehingga juga dibutuhkan penggunaan faktor TM untuk desain mekanistik. Desain dalam manual ini didasarkan pada nilai CESA pangkat 4 dan 5 yang sesuai. Karena itu sangat penting untuk menggunakan nilai CESA yang benar sebagai masukan dalam penggunaan desain.

- Pangkat 4 digunakan untuk bagan desain pelaburan tipis (Burda) dan perkerasan tanpa penutup
- Pangkat 5 digunakan untuk perkerasan lentur
- Pangkat 7 dan pangkat 12 digunakan untuk perkerasan kaku.

3.3.5 Desain Pondasi Jalan.

Desain pondasi jalan adalah desain perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (*capping*), tiang pancang mikro, drainase vertikal dengan bahan strip (*wick drain*) atau penanganan lainnya yang dibutuhkan untuk memberikan landasan pendukung struktur perkerasan lentur dan perkerasan kaku dan sebagai akses untuk lalu lintas konstruksi pada kondisi musim hujan.

Kerusakan perkerasan banyak terjadi selama musim penghujan. Kecuali jika tanah dasar tidak dapat dipadatkan seperti tanah asli pada daerah tanah lunak, maka daya dukung tanah dasar desain hendaknya didapat dengan perendaman selama 4 hari, dengan nilai CBR pada 95% kepadatan kering maksimum.

Berdasarkan kriteria tersebut, CBR untuk timbunan biasa dan tanah dasar dari tanah asli di Indonesia umumnya 4% atau berkisar antara 2,5% - 7%. Desainer sering berasumsi bahwa dengan material setempat dapat dicapai CBR untuk lapisan tanah dasar sebesar 6%, yang seringkali hal ini tidak tercapai. Karena itu perlu dilakukan pengambilan sampel dan pengujian yang memadai.

Perkerasan membutuhkan tanah dasar yang :

- a. Memiliki setidaknya CBR rendaman minimum desain.
- b. Dibentuk dengan baik.
- c. Terpadatkan dengan benar.
- d. Tidak sensitif terhadap hujan.
- e. Mampu mendukung lalu lintas konstruksi.

3.4 Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Nottingham.

3.4.1 Kecepatan Kendaraan.

Dalam metode ini kecepatan kendaraan sangat berpengaruh terhadap waktu pembebanan. Karena kecepatan sulit diprediksi maka kecepatan yang dipakai dalam perhitungan adalah lima puluh persen dari kecepatan kendaraan. Brown membentuk suatu persamaan empiris mengenai hubungan waktu pembebanan terhadap kecepatan kendaraan.

$$t = 1/v \text{ seconds}$$

Dimana v adalah kecepatan rata-rata kendaraan dalam km/jam. Persamaan di atas berlaku untuk tebal lapisan pengikat 100-350 mm.

Metode Nottingham mengkonversikan volume lalu lintas ke dalam nilai ekuivalen beban sumbu berdasarkan satuan masa dengan menggunakan grafik. Variable-variabel yang terdapat di dalam grafik adalah jumlah kendaraan atau *commercial vehicles* yaitu kendaraan yang mempunyai berat tidak lebih dari 15 KN termasuk bus, truk 2 dan 3 as. Variable yang lain adalah *commercial vehicles* yang mempunyai berat dari 15 KN dengan jumlah gandar lebih dari 4 as.

3.4.2 Temperatur.

Metoda Nottingham mengusulkan faktor temperatur desain (f_t) sebesar 1,92 dan 1,47 yang masing-masing adalah untuk kriteria retak leleh dan kriteria deformasi permanen. Dalam pemakaiannya, faktor

temperatur desain dikalikan dengan temperatur udara rata-rata tahunan untuk memperoleh temperatur lapisan campuran beraspal (untuk selanjutnya disebut temperatur perkerasan) rata-rata tahunan yang diperlukan dalam memperkirakan modulus lapisan campuran beraspal. Jadi, secara umum, faktor temperatur desain telah memperhitungkan variasi modulus perkerasan dan spektrum beban lalu lintas dalam setahun.

3.4.3 Karakteristik Campuran.

Cooper dan Pell melakukan tes terhadap material bitumen dan mengembangkan suatu rumus empiris.

$$\log(\text{strain}) = \frac{14,391 \log V_b + 24,21 \log S_{Pi} - 40,7 - \log N}{5,131 \log V_b + 8,63 \log S_{Pi} - 15,8}$$

Dimana:

V_b : Persen pengikat terhadap volume.

S_{Pi} : Titik leleh bahan pengikat.

N : Jumlah pembebanan terkait dengan tingkat regangan.

3.4.4 Lalu Lintas.

Dua item data yang diperlukan mengenai beban lalu lintas, kecepatan rata-rata dan jumlah kumulatif as standar untuk umur rencana. Dalam metode ini kecepatan kendaraan sangat berpengaruh terhadap waktu pembebanan. Karena kecepatan sulit diprediksi maka kecepatan yang dipakai dalam perhitungan adalah lima puluh persen dari kecepatan kendaraan

Jumlah standar beban gandar/roda untuk desain dapat ditentukan dengan menggunakan sebuah prosedur yang dikembangkan oleh TRRI. Langkah-langkah yang meliputinya ialah sebagai berikut:

1. Memperkirakan jumlah kendaraan-kendaraan komersial yang searah dalam satu hari (C_o) dan tingkat

- persentase pertumbuhan tahunan yang diharapkan (r).
- Menghitung setengah aliran (Cm) dari persamaan:

$$C_m = C_o (1+0,01 r)^{0,5x}$$

Dimana x = umur rencana.

- Menghitung proporsi kendaraan komersial menggunakan jalur lambat di tengah umur untuk mewakili nilai rata-rata jalan jalur lalu lintas tunggal secara keseluruhan.

$$P = 0,97 - 4 \times 10^{-5} \text{ cm.}$$

Untuk jalan jalur lalu lintas tunggal
 $p = 1.$

- Jumlah kumulatif kendaraan komersial menggunakan jalur lambat selama umur rencana (Cc) dihitung dari:

$$\frac{365 P C_o}{0.01r}$$

$$C_c = (1 + 0,001r)^x - 11$$

Secara alternatif, nomograph dalam gambar 16 dapat digunakan.

- Cc diubah menjadi N, jumlah standar gandar/roda (dalam jutaan) menggunakan:
 $N = D C_c \times 10^{-6}$
 Dimana D adalah faktor kerusakan yang ditentukan oleh:

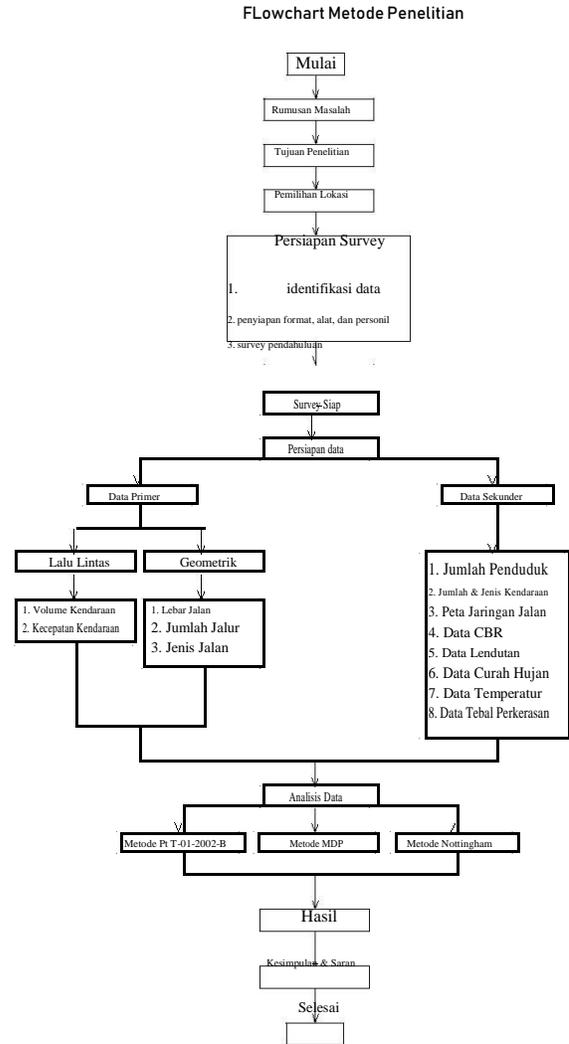
$$D = \frac{\left[\frac{0.35}{0.93^y + 0.082} \right] - \left[\frac{0.26}{0.92^y + 0.082} \right]}{\left[\frac{1}{3.9} \right] \left[\frac{Cm}{1550} \right]}$$

Dan $y =$ tahun pembukaan jalan + $0.5 x - 1945.$

4. METODE PENELITIAN

Setelah penetapan tujuan penelitian, maka penulis menyusun langkah-langkah rencana kegiatan yang akan dilakukan

sebagai pedoman agar perencanaan yang akan dilaksanakan terarah dan dapat mencapai tujuan. Rencana kegiatan tersebut dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini :



Gambar 5: Tahapan Kegiatan Perencanaan

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menghitung tebal perkerasan lentur dengan menggunakan Metode Bina Marga Pd T-01-2002-B, Metode Manual Desain Perkerasan 2013, Metode Nottingham memerlukan data sebagai berikut:

- Volume Lalu lintas Harian Rata-rata.

2. Kecepatan Rencana.
3. Nilai CBR Sub grade.
4. Karakteristik Canpuraan.
 - a. Volume Bitumen (Vb).
 - b. Temperatur.
 - c. Volume Rongga Butiran (VMA).
 - d. Softening Point (SPi).

5.1 Penentuan Volume Lalu Lintas

Data lalu lintas jalan I Gusti Ngurah Rai yang diambil adalah lalu lintas harian rata-rata, data ini diperoleh dari survei langsung dilapangan. Hasil Survei dilakukan 2 hari selama 1 x 24 jam pada hari kerja dan hari libur. Hari kerja dilakukan pada hari Selasa dan hari libur dilakukan pada hari Sabtu.

Tabel 9. Jenis dan Jumlah Kendaraan/hari/2 arah.

No.	Jenis Kendaraan	Berat Total	Jumlah
1.	Mobil penumpang	2,0 ton	8189,14
2.	1.2 Bus	9,0 ton	24,00
3.	1.2 L Truck	8,3 ton	768,86
4.	1.2 H Truck	18,2 ton	239,86
5.	1.22 Truck	25,0 ton	64,71
6.	1.2 + 2.2 Trailer	31,4 ton	11,71

Sumber: Survei Lalu Lintas 2015

5.2 Hasil Perencanaan Metode Bina Marga Pd T-01-2002-B.

Tabel 10. Hasil Perencanaan Metode Bina Marga Pd T-01-2002-B.

Sumber: Analisis Lalu Lintas.

Tahun Perencanaan	2019	2024	2029	2034
LHR	2290338,241	5476204,513	9907752,537	16072047,021
Tebal Perkerasan (Cm)				
Surface	15,24	17,78	20,32	22,86
Lapis Pondasi Atas	20	20	20	20
Lapis Pondasi Bawah	15,545	15,545	15,545	15,545



Gambar 6. Grafik Variasi Tebal Perkerasan Terhadap LHR metode Pd T-01-2002-B

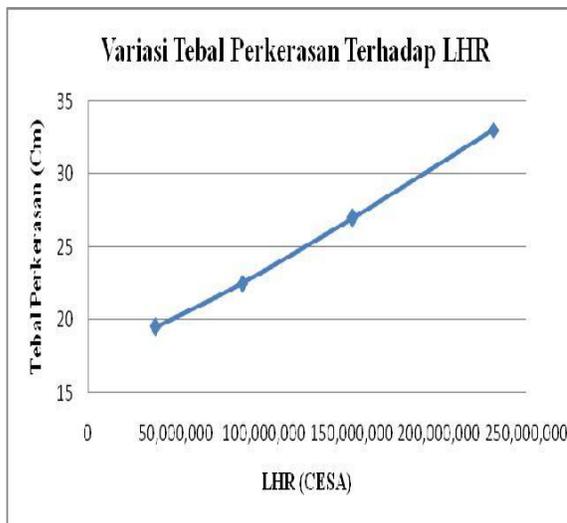
Dari hasil analisa perhitungan melalui gambar 6 variasi tebal perkerasan terhadap LHR menunjukkan bahwa dengan bertambahnya jumlah kendaraan akan menghasilkan tebal perkerasan yang tebal. Peningkatan tebal perkerasan menunjukkan adanya pengaruh beban lalu lintas dalam mendesain tebal perkerasan lentur. Pada tahun 2019 dengan nilai LHR 2.290.338,241 menghasilkan tebal perkerasan 15,24 cm, untuk 10 tahun yang akan datang yaitu pada tahun 2024 dengan nilai LHR 5.476.204,513 menghasilkan tebal perkerasan 17,78 cm, kemudian pada tahun 2029 dengan nilai LHR 9.907.752,537 menghasilkan tebal perkerasan 20,32 cm dan pada tahun 2034 atau pada umur rencana 20 tahun menghasilkan LHR 16.072.047,021 menghasilkan tebal perkerasan 22,86 cm.

5.3 Hasil Perencanaan Metode Manual Desain Perkerasan.

Tabel 11. Hasil Perencanaan Metode Manual Desain Perkerasan.

Tahun Perencanaan	2019	2024	2029	2034
LHR	38652572,865	87984138,956	150945107,208	231301030,144
Tebal Perkerasan (Cm)				
Surface	19,5	22,5	27,0	33,0
Lapis Pondasi Atas	15	15	15	15
Lapis Pondasi Bawah	15	15	15	15

Sumber: Analisis Lalu Lintas.



Gambar 7. Grafik Variasi Tebal Perkerasan Terhadap LHR Manual Desain Perkerasan.

Dari hasil analisa perhitungan melalui gambar 7 variasi tebal perkerasan terhadap LHR menunjukkan bahwa dengan bertambahnya jumlah kendaraan akan menghasilkan tebal perkerasan yang tebal. Peningkatan tebal perkerasan menunjukkan adanya pengaruh beban lalu lintas dalam mendesain tebal perkerasan lentur. Pada tahun 2019 dengan nilai LHR 38.652.572,865 menghasilkan tebal

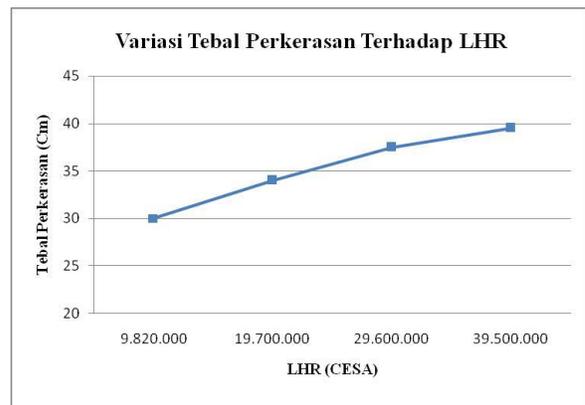
perkerasan untuk AC-WC dengan tebal 4 cm dan AC-BC dengan tebal 15,5 cm, untuk 10 tahun yang akan datang yaitu pada tahun 2024 dengan nilai LHR 87.984.138,956 menghasilkan tebal perkerasan perkerasan untuk AC-WC dengan tebal 4 cm dan AC-BC dengan tebal 18,5 cm, kemudian pada tahun 2029 dengan nilai LHR 150.945.107,208 menghasilkan tebal perkerasan untuk AC-WC dengan tebal 5 cm dan AC-BC dengan tebal 22 cm, dan pada tahun 2034 atau pada umur rencana 20 tahun menghasilkan LHR 231.301.030,144 menghasilkan tebal perkerasan untuk AC-WC dengan tebal 5 cm dan AC-BC dengan tebal 28 cm.

5.4 Hasil Perencanaan Metode Nottingham.

Tabel 12. Hasil Perencanaan Metode Nottingham.

Tahun Perencanaan	2019	2024	2029	2034
LHR	9.820.000	19.700.000	29.600.000	39.480.000
Tebal Perkerasan(Cm)				
Surface	30	34	37,5	39,5
Lapis Pondasi Bawah	20	20	20	20

Sumber: Analisis Lalu Lintas.



Gambar 8 Grafik Variasi Tebal Perkerasan Terhadap LHR metode Nottingham.

Dari hasil analisa perhitungan melalui gambar 8 variasi tebal perkerasan terhadap LHR menunjukkan bahwa dengan bertambahnya jumlah kendaraan akan menghasilkan tebal perkerasan yang tebal. Peningkatan tebal perkerasan menunjukkan adanya pengaruh beban lalu lintas dalam mendesain tebal perkerasan lentur. Pada tahun 2019 dengan nilai LHR 9.820.000 menghasilkan tebal perkerasan 30 cm, untuk 10 tahun yang akan datang yaitu pada tahun 2024 dengan nilai LHR 19.700.000 menghasilkan tebal perkerasan 34 cm, kemudian pada tahun 2029 dengan nilai LHR 29.600.000 menghasilkan tebal perkerasan 37,5 cm dan pada tahun 2034 atau pada umur rencana 20 tahun menghasilkan LHR 39.480.000 menghasilkan tebal perkerasan 39,5 cm.

Tabel 13 Tebal Perkerasan Untuk Ketiga Metode.

METODE	TAHUN PERENCA NAAN	L H R (CESA)	TEBAL PERKERASAN N (Cm)
Pt T - 01 - 2002 - B	20 Tahun	16.072.047, 021	Lapis Permukaan = 22, 86
			Lapis Pondasi Atas = 20
Manual Desain Perkerasan	20 Tahun	231.301.030 ,144	Lapis Permukaan (AC-WC) = 5
			Lapis Permukaan (BC-WC) = 28
			Lapis Pondasi Atas = 15

METODE	TAHUN PERENCA NAAN	L H R (CESA)	TEBAL PERKERASAN N (Cm)
Nottingham	20 Tahun	39.480.000, 000	Lapis Pondasi Bawah = 15
			Total Tebal Perkerasan = 63
			Lapis Perkerasan = 39, 5
			Tanah Dasar = 20
			Total Tebal Perkerasan = 59, 5

Desain perkerasan pada dasarnya adalah penentuan ketebalan bahan berlapis yang akan memberikan kekuatan dan perlindungan untuk tanah dasar yang lunak, perkerasan yang dirancang untuk menghindari kerusakan langsung pada tanah dasar. Dari tabel 13 dapat dilihat adanya perbedaan tebal perkerasan dari ketiga metode. Dengan volume lalu lintas yang sama digunakan pada ruas jalan I Gusti Ngurah Rai untuk memprediksi LHR pada perencanaan 20 tahun memperoleh hasil yang berbeda beda, hal ini dikarenakan rumus yang digunakan berbeda beda. Dimana setiap metode mempunyai kekurangan dan kelebihan dalam mendesain.

Metode Bina Marga Pt-T-01-2002-B adalah struktur perkerasan dengan empat lapisan yaitu terdiri dari lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, dan lapisan tanah dasar. Metode yang dipakai di Indonesia sebagaimana metode empiris. Metode ini mungkin menunjukkan akurasi yang baik, tetapi memiliki kekurangan yaitu metode empiris ini hanya dapat diterapkan pada satu daerah atau lingkungan, material, dan kondisi pembebanan. Jika kondisi ini berubah, desain tidak berlaku lagi, sedangkan metode manual desain

perkerasan lentur sebagai pedoman dalam mendesain pada metode Bina Marga Pd T-01-2002-B. Seiring berjalannya waktu dengan meningkatnya volume lalu lintas kriteria desain juga semakin berkembang dan berubah.

Metode nottingham sendiri mempunyai struktur perkerasan dengan dua lapisan yaitu lapisan perkerasan dengan *full depth asphalt* dan lapis pondasi bawah. Perkerasan *full depth asphalt* adalah perkerasan yang di seluruh ketebalannya menggunakan material aspal, tanpa adanya agregat lapis pondasi. Tipe perkerasan semacam ini digunakan untuk perkerasan lentur yang melayani lalu-lintas sangat tinggi. Kelebihan dalam mendesain metode ini menggunakan satu grafik, karena hanya menggunakan regangan aspal dan regangan tanah dasar dalam penentuan perkerasan. Kesusahan dalam mendesain metode ini banyak mengasumsi data yang mengakibatkan desain kurang akurat dibandingkan Metode Bina Marga Pd T-01-2002-B dan Metode Manual Desain Perkerasan.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan Metode Bina Marga Pd T-01-2002-B dan Manual Desain Perkerasan dipengaruhi oleh LHR sedangkan Metode Nottingham dipengaruhi oleh LHR dan Temperatur.

2. Dalam perencanaan tebal perkerasan dengan umur rencana 20 tahun Metode Bina Marga Pd T-01-2002-B diperoleh nilai LHR sebesar 16.072.047,021 CESA dengan tebal perkerasan untuk tiap lapisan surface 22,86 cm, Lapisan pondasi atas 20 cm dan lapisan pondasi bawah 15,545 cm, Pada metode Manual Desain Perkerasan diperoleh nilai LHR sebesar 231.301.030,144 CESA dengan tebal perkerasan lapisan surface

untuk AC-WC dengan tebal 5 cm dan AC-BC dengan tebal 28 cm, lapisan pondasi atas 15 cm, lapisan pondasi bawah 15 cm, Metode Nottingham diperoleh nilai LHR sebesar 39.480.000 dengan tebal perkerasan lapisan surface 29,5 cm dan untuk lapisan pondasi bawah 20 cm,

3. Tebal perkerasan yang paling tipis menggunakan metode Pd T – 01 – 2002 – B.

6.2 Saran

1. Suhu udara rata-rata di Indonesia cukup tinggi, maka pemakaian dan pengembangan metode *Nottingham Design Methods* untuk perencanaan maupun penelitian jalan di Indonesia sebaiknya disesuaikan terlebih dahulu dengan suhu di Indonesia dan didukung dengan metode-metode yang ada di Indonesia.

7. DAFTAR PUSTAKA

Bolla, Evelyn., Margareth, Perbandingan Metode Bina Marga Dan metode PCI (Pavement Condition Index) Dalam Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Kaliurung, KotaMalang).
(<http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/jurnal-teknik-sipil>).
Diakses 23 November 2014.

Bruton,J.M. and *Brown,S.F. Analytical pavement design for British conditions*. Proc.5th University of Nottingham.

Dinas Bina Marga Daerah Provinsi Sulawesi Tengah . *Data Dynamic Cone Penetrometer pada ruas Jalan I Gusti Ngurah Rai*. Penerbit Bina Marga. Palu.

Kementrian Pekerjaan Umum
Direktorat Jendral Bina Marga

Interim, (2013). *Manual Desain Perkerasan Jalan*.

Sadli, Muhammad, (2015), *Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga Pd T 01-2002-B, Metode Manual Desain Perkerasan dan Metode Nottingham (Studi Kasus Jalan I Gusti Ngurah Rai)*, Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako.

Sarika, Hardiyanti, (2014), *Evaluasi Tebal lapis Tambah Overlay Pada Ruas Jalan I Gusti Ngurah Rai*, Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako.

Sukirman, Silvia. (1999) *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.