

**EVALUASI PENINGKATAN JALAN MENGGUNAKAN
PERKERASAN LENTUR (*FLEXIBLE PAVEMENT*) PADA RUAS
AEK RASO-MADUMA KECAMATAN SORKAM BARAT
(Studi Kasus)**

Bobby Santoso Panggabean
212318178

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik dan Komputer
Universitas Harapan Medan
Jl. H. M. Joni No. 70 c Medan
Bobbypanggabean16@gmail.com

ABSTRAK

Perkerasan lentur pada Ruas Jalan Aek Raso – Maduma memiliki daya dukung tanah yang rendah, tentunya hal ini akan menimbulkan masalah jika tidak dilakukan perencanaan yang tepat dan sesuai. Jika tidak dilakukan penanganan yang sesuai, maka akan menyebabkan terjadi penurunan pada lapis pondasi atas dan lapis permukaan. Dibutuhkan suatu metode Analisa komponen untuk menentukan berapa tebal lapis permukaan bawah, lapis permukaan atas, dan lapis permukaan yang dibutuhkan agar perkerasan lentur yang di rencanakan aman sesuai umur rencana. Metode yang dilakukan untuk mengevaluasi tebal perkerasan lentur adalah metode analisa komponen yang dilakukan dengan cara pengumpulan data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan melalui *survey* langsung, yang fungsinya untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya. Data sekunder berupa nilai lalulintas harian rata-rata (LHR) , data *california bearing ratio* (CBR).

Berdasarkan hasil Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan metode analisa komponen didapat bahwa tebal lapis pondasi atas minimum 15 cm, tebal lapis permukaan minimum 5 cm, dan tebal lapis pondasi bawah minimum 10 cm, tetapi yang dilaksanakan dilapangan yaitu tebal lapis pondasi atas minimum 15 cm, tebal lapis permukaan minimum 5 cm, dan tebal lapis permukaan bawah hanya menambahkan timbunan sirtu dengan tebal bervariasi sesuai dengan kondisi lapangan, sehingga didapat bahwa peningkatan jalan yang dilaksanakan di ruas Aek Raso-Maduma dapat dikatakan tidak memenuhi spesifikasi standar desain pondasi minimum, karena jika data CBR daya dukung tanah dibawah dari 6%, seharusnya harus menggunakan lapis pondasi bawah dengan tebal minimum 10 cm, yang dapat dilihat dari tabel ketentuan spesifikasi standar desain pondasi minimum.

Kata kunci: Perkerasan lentur, Analisa komponen.

ABSTRACT

flexible pavement on the Aek Raso-Maduma Road section has a low soil bearing capacity, of course this will cause problems if proper and appropriate planning is not carried out. If not handled properly, this will cause a decrease in the top base layer and surface layer. Needed a component analysis to determine how thick the lower surface layer, top surface layer, and surface layer are needed so that the plan flexible pavement is safe according to the age of the plan.

The method used to evaluate the thickness of the flexible pavement is a component analysis method carried out by collecting primary and secondary data. Primary data collection was carried out through direct survey, whose function is to find out the actual condition. Secondary Data in the form of average daily traffic value (LHR) , california bearing ratio (CBR) data.

Based on the results of calculations carried out using component analysis methods, it is found that the thickness of the base layer is a minimum of 15 cm, minimum surface layer thickness of 5 cm, and minimum subbase layer thickness of 10 cm, but what is carried out in the ground is the minimum base layer thickness of 15 cm, minimum surface layer thickness of 5cm, and the thickness of the subsurface layer just add heaps of sirtu with thick thickness variations accord to ground conditions, so that it was found that the road improvement was carried out on the Aek Raso-Maduma section it can be said that it does not meet the minimum foundation design standard specifications, because if the CBR data of soil bearing capacity is below 6%, it should use a subbase layer minimum thickness of 10 cm, which can be seen from the table of minimum design standard specifications.

Keywords: *flexible pavement, Component Analysis.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah Dasar jarang sekali dalam kondisi mampu mendukung beban berulang dari lalu-lintas kendaraan tanpa mengalami deformasi yang besar. Karena itu, dibutuhkan suatu struktur yang dapat melindungi tanah dari beban roda kendaraan. Struktur ini disebut perkerasan (*pavement*). Perkerasan berfungsi untuk melindungi tanah dasar (*subgrade*) dan lapisan-lapisan pembentuk perkerasan supaya tidak mengalami tegangan dan regangan yang berlebihan oleh akibat beban lalu lintas. Perkerasan merupakan struktur yang diletakkan pada tanah dasar, yang memisahkan antara ban kendaraan dengan tanah dasar yang berada di bawahnya. Perkerasan harus memberikan permukaan yang rata dengan kekesatan tertentu, dengan umur pelayanan yang cukup panjang, serta pemeliharaan yang minimum.

Struktur perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapis material yang diletakkan pada tanah dasar. Komponen lapisan terdiri dari beberapa macam bahan *granuler* yang memberikan sokongan penting dari kapasitas struktur sistem perkerasan, khususnya untuk perkerasan lentur.

Komponen material yang berkualitas tinggi diletakkan dibagian atas, semakin ke bawah kualitas material semakin berkurang. Hal ini, karena tegangan akibat beban roda lalu-lintas, disebarkan semakin ke bawah semakin mengecil.

Perkerasan akan mempunyai kinerja yang baik, bila perancangan dilakukan dengan baik dan seluruh komponen-komponen utama dalam sistem perkerasan berfungsi dengan baik.

Pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi peningkatan jalan untuk mengetahui apakah peningkatan jalan yang dilaksanakan di ruas Aek Raso-Maduma sesuai dengan data yang di dapat dilapangan atau tidak, karena diketahui data CBR dari hasil Tes DCP yang didapat adalah 4,85% sedangkan yang dilaksanakan adalah 6% tentunya ini akan berdampak untuk tebal perkerasan, oleh sebab itu penulis melakukan evaluasi pada peningkatan jalan pada ruas Aek Raso-Maduma dengan menggunakan perhitungan analisa komponen.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan tebal

perkerasan jalan berdasarkan volume kendaraan yang tepat sesuai dengan umur rencana dan kondisi kebutuhan pada ruas jalan?

2. Bagaimana hasil perhitungan dengan metode analisa komponen yang efisien?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak keluar dari tujuan utama, maka diperlukan batasan masalah. Berikut merupakan batasan masalah:

1. Hanya membahas tebal pekerasan lentur pada perencanaan jalan Ruas Aek Raso – Maduma Kecamatan Sorkam Barat.
2. Tidak membahas perkiraan biaya dengan konstruksi perkerasan lentur pada Ruas Aek Raso – Maduma Kecamatan Sorkam Barat.
3. Metode perencanaan yang digunakan untuk mengevaluasi tebal perkerasan adalah metode analisa komponen (Bina Marga).

1.4 Tujuan penulisan

Dalam penyusunan ini, penulis

hanya mempunyai tujuan yaitu untuk mengevaluasi tebal perkerasan pada peningkatan jalan ruas Aek Raso – Maduma dengan menggunakan perhitungan analisa komponen.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai bahan evaluasi bahwa merencanakan suatu konstruksi perkerasan jalan menggunakan metode analisa komponen harus melakukan perhitungan perkerasan sesuai dari hasil tes uji tanah lapangan, karena sangat berdampak pada penentuan tebal perkerasan jalan tersebut dan dapat menambah wawasan serta menjadikan referensi bagi rekan mahasiswa dalam perencanaan tebal perkerasan lentur.

1.6 Sistematika Pembahasan

Untuk memberikan gambaran dan penjelasan umum, maka penulisan ini di bagi dalam 5 (lima) bab yang dimaksudkan untuk mempermudah pembahasan serta penyelesaiannya, dimana terdapat pada uraian tersebut telah di muat dalam penulisan ini agar dapat dengan mudah dipahami untuk rekan mahasiswa.

Adapun beberapa pembagian materi yang akan disampaikan, di antaranya adalah:

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian, dan sistematika pembahasan.

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Terdiri dari tinjauan pustaka atau landasan teori dan peraturan-peraturan yang di gunakan untuk memberikan penjelasan mengenai studi ini sebagai acuan acuan dalam perencanaan jalan.

3. BAB 3 METODE PENELITIAN

Terdiri dari kriteria pemilihan lokasi, pengumpulan data, penyajian data, proses perhitungan, metodologi yang di gunakan serta rumus-rumus tentang perencanaan.

4. BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

Merupakan penerapan dari analisa yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan lentur, perhitungan dengan

metode analisa komponen (Bina Marga).

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang uraian beberapa kesimpulan hasil penelitian dan saran- saran dari peneliti.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Uraian Umum

Menurut Hary Christady (2011) Perkerasan jalan merupakan struktur perkerasan yang diletakkan pada tanah dasar (*Subgrade*) yang memisahkan antara ban kendaraan dengan tanah dasar yang berada di bawahnya. Lapisan perkerasan berfungsi menyebarkan beban roda sehingga tanah dasar tidak mengalami deformasi selama umur rencana serta melindungi tanah dasar (*subgrade*) dan lapisan-lapisan perkerasan sehingga tidak mengalami kerusakan akibat beban lalu lintas.

Adapun dilakukanya kegiatan perencanaan peningkatan struktur jalan, hal

yang harus diperhatikan adalah penentuan klasifikasi jalan berdasarkan fungsi yang sesuai dengan kebutuhan, sehingga dapat menyesuaikan proses perencanaan dengan pelaksanaannya.

Pada perencanaan jalan raya, tebal perkerasan harus ditentukan sedemikian rupa sehingga jalan tersebut dapat memberikan pelayanan seoptimal mungkin terhadap lalu lintas sesuai dengan umur rencananya.

2.2 Klasifikasi Jalan

Menurut Bina Marga (1997) Klasifikasi jalan dikelompokkan menjadi beberapa bagian, yaitu menurut fungsi jalan, kelas jalan, medan jalan. Klasifikasi jalan merupakan pengelompokan jalan berdasarkan dari suatu kegunaan jalan, muatan sumbu yang menyangkut tentang dimensi suatu kendaraan, serta berat dari kendaraan.

2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Undang-undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 Tentang jalan, mengelompokkan fungsi jalan umum terbagi atas:

1. Jalan Arteri adalah Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, dan jumlah jalan masuk dibatasi

secara efisien.

2. Jalan Kolektor adalah Jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, dan kecepatan rata-rata sedang.
3. Jalan Lokal adalah Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.2.2 Klasifikasi Menurut kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan terbagi atas beberapa bagian yaitu:

1. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu-lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
2. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan kasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat pada tabel 2.1. berikut.

Tabel 2.1. Hubungan antara fungsi dan kelas jalan menurut UU 22/2009

Kelas jalan	Fungsi jalan	Ukuran kendaraan bermotor	MST (ton)

Kelas I	Jalan Arteri Jalan Kolektor	Lebar \leq 2.500 mm Panjang \leq 18.000 mm Tinggi \leq 4.200 mm	10 Ton
Kelas II	Jalan Arteri Jalan Kolektor Jalan Lokal Jalan lingkungan	Lebar \leq 2.500 mm Panjang \leq 12.000 mm Tinggi \leq 4.200 mm	8 Ton
Kelas III	Jalan Arteri Jalan Kolektor Jalan Lokal Jalan lingkungan	Lebar \leq 2.500 mm Panjang \leq 9.000 mm Tinggi \leq 3.500 mm	8 Ton
Kelas Khusus	Jalan Arteri	Lebar \leq 2.500 mm Panjang \leq 18.000 mm Tinggi \leq 4.200 mm	> 10 Ton

Sumber: Undang Undang Republik Indonesia No.22 Tahun 2009

2.2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Klasifikasi menurut medan jalan terbagi atas beberapa bagian yaitu:

1. Medan jalan diklasifikasikan

berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.

2. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik.
3. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana *trase* jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

Untuk menentukan klasifikasi menurut medan jalan berdasarkan perencanaan geometriknya, maka dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Klasifikasi menurut medan jalan

Sumber: PP No.34/2006

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 – 25
3	Pegunungan	G	> 25

2.3 Faktor Lalu Lintas

Faktor lalu-lintas merupakan landasan dalam perencanaan geometrik (*geometrik design*) dengan perencanaan perkerasan (*pavement design*) yang meliputi volume lalu lintas, kecepatan rencana dan komposisi lalu-lintas.

Untuk dapat melayani lalu-lintas yang melewatinya pada tingkat pelayanan yang memadai diperlukan suatu analisa lalu-lintas, (Sukirman.s, 1999) berdasarkan:

- a. Hasil perhitungan volume lalu-lintas dan komposisi beban sumbu berdasarkan data terakhir (2 tahun) dari pos-pos resmi setempat.
- b. Kemungkinan pengembangan lalu-lintas sesuai dengan kondisi dan potensi sosial

Ekonomi daerah bersangkutan terhadap jalan yang direncanakan.

2.3.1. Volume Lalu-Lintas

Jumlah lalu-lintas yang memakai jalan dinyatakan dalam volume lalu-lintas. Volume lalu-lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu.

Pada umumnya lalu-lintas pada jalan raya terdiri dari campuran kendaraan cepat, kendaraan lambat, kendaraan berat, kendaraan ringan, kendaraan tidak bermuatan (Teknik Jalan Raya, 1986).

Untuk daerah perbukitan dan pegunungan, koefisien kendaraan bermotor dapat dinaikkan. Sedangkan kendaraan tak bermuatan tidak perlu diperhitungkan. Volume lalu-lintas yang dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (SMP) menunjukkan jumlah lalu-lintas harian rata-rata (LHR) untuk kedua jurusan (Teknik Jalan Raya 1986).

Menurut direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum bahwa jalan dibagi dalam kelas-kelas yang penetapannya didasarkan pada fungsi yang mempertimbangkan pada besarnya volume serta sifat-sifat lalu-lintas yang diharapkan menggunakan jalan tersebut.

2.3.2. Koefisien Distribusi Kendaraan

Koefisien distribusi kendaraan (C)

untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut tabel 2.3.

Tabel 2.3. Koefisien distribusi kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan		Kendaraan berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 Lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 Lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 Lajur	0,30	0,30	0,30	0,45
5 Lajur	0,20	0,25	0,20	0,425
6 Lajur	-	0,20	-	0,40

Sumber: SKBI, 1987

2.3.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk merencanakan dan mengkorelasikan bentuk-bentuk setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, dan jarak pandang dimana kenyamanan dan keamanan jalan diperlukan (Teknik Jalan Raya, 1986).

Menurut direktorat Jendral Bina Marga Dapertemen Pekerjaan Umum, bentuk suatu kecepatan rencana pada suatu lintasan jalan raya harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1. Sifat kendaraan dan pengemudi
2. Topografi dan sifat-sifat fisik

jalan

3. Cuaca atau iklim
4. Nilai ekonomi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan rencana diantaranya:

1. Kecepatan rencana, V_R , pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman.
2. V_R untuk masing-masing fungsi jalan.
3. Untuk kondisi medan yang sulit, V_R suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Untuk menetapkan nilai kecepatan rencana yang sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan, maka dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Kecepatan rencana, sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan

Sumber: MKJI, 1997

2.3.4 Menentukan Kapasitas

Menentukan kapasitas jalan yang digunakan untuk menentukan kapasitas dapat ditentukan berdasarkan rumus:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf}$$

(SMP/Jam).....(2.1)

Persamaan diambil dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) halaman 518. Dimana:

- C = Kapasitas
- C_o = Kapasitas dasar (SMP/Jam)
- FC_w = Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu-lintas
- FC_{sp} = Faktor penyesuaian akibat pemisah arah
- FC_{sf} = Faktor penyesuaian akibat hambatan samping

2.3.5. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus lalu-lintas terhadap kapasitas. Untuk menghitung derajat kejenuhan (DS) dengan menggunakan Pers.2.2 $DS = Q/C$. Persamaan untuk mencari rumus perhitungan derajat kejenuhan maka diambil dari panduan (MKJI).

Dimana:

- DS = Derajat kejenuhan
- Q = Arus total lalu-lintas (SMP/Jam)
- C = Kapasitas (SMP/Jam)

Adapun rumus mencari arus total (Q) dengan menggunakan:

$$Q = LHR \times \text{Faktor K} \times EMP$$

(1+i)....(2.2)

2.3.6 Retak

Keretakan yang terjadi pada permukaan jalan dibedakan menjadi 9 jenis, yaitu :

- a. Retak halus (*hair cracks*) yaitu retak dengan lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm. Retak rambut berkembang menjadi retak kulit buaya.
- b. Retak kulit buaya (*alligator crack*) yaitu retak dengan lebar celah lebih besar dari 3 mm yang saling berangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya.
- c. Retak pinggir (*edge crack*) yaitu retak memanjang jalan, dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu dan terletak dekat bahu.
- d. Retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge joint crack*) yaitu retak memanjang yang terjadi pada sambungan bahu dengan perkerasan jalan.

2.3.7 Distorsi

Menurut Bina Marga No. 03/MN/B/1983, Distorsi atau perubahan bentuk disebabkan oleh lemahnya tanah dasar atau pemadatan yang kurang pada lapis pondasi, sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas.

Distorsi dibedakan menjadi 5 jenis :

- a. Alur (*rutting*) terjadi pada lintasan roda kendaraan yang sejajar dengan sumbu jalan, akibat terjadinya tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Alur dapat menjadi genangan air yang mengakibatkan timbulnya kerusakan yang lain.
- b. Keriting (*corrugation*) alur yang terjadi dalam arah melintang jalan, akibat rendahnya stabilitas struktur perkerasan.
- c. Sungkur (*solving*) deformasi plastis yang terjadi setempat, biasanya ditempat kendaraan yang sering berhenti, kelandaian curam, atau tikungan tajam.
- d. Amblas (*grade depressions*) terjadi setempat pada ruas jalan. Amblas dapat dideteksi dengan adanya genangan air setempat. Adanya amblas mempercepat terjadinya lubang pada perkerasan jalan.
- e. Jembatan (*upheavel*) terjadi setempat pada ruas jalan, yang disebabkan

adanya pengembangan tanah dasar akibat adanya tanah ekspansif.

2.3.8 Cacat permukaan

Cacat permukaan biasanya merupakan permukaan kerusakan muka jalan akibat kimiawi dan mekanis material lapis permukaan. Cacat permukaan dibedakan menjadi 3 jenis :

- a. Lubang (*potholes*) berupa mangkuk, berukuran bervariasi dari kecil sampai dengan besar. Lubang menjadi tempat berkumpulnya air yang dapat meresap ke lapisan di bawahnya yang menyebabkan kerusakan semakin parah.
- b. Pelepasan butir (*raveling*) lapis permukaan, akibat buruknya material yang digunakan, adanya air yang terjebak, atau kurang baiknya pelaksanaan konstruksi.
- c. Pengelupasan lapis permukaan (*stripping*) akibat kurang baiknya ikatan antara aspal dengan agregat atau terlalu tipisnya lapis permukaan.

2.3.9 Pengausan

Pengausan (*polished agregat*) yaitu permukaan jalan licin sehingga mudah terjadi slip yang membahayakan lalu lintas.

Pengausan terjadi akibat ukuran, bentuk, dan jenis agregat yang digunakan untuk lapis aus tidak memenuhi mutu yang disyaratkan.

2.3.10 Kegemukan

Kegemukan (*bleeding*) yaitu naik atau melelehnya aspal pada temperatur tinggi. Kegemukan yang mengakibatkan jejak roda kendaraan pada permukaan jalan dan licin disebabkan oleh penggunaan aspal yang banyak.

2.3.11 Volume Lalu-lintas Harian Rata-rata (VLHR)

$$VLHR = LHR \times EMP \times (1+i)^n \quad (2.4)$$

Dimana:

VLHR = Volume Lalu-lintas Harian Rata-rata (SMP/hari)

LHR = Lalu-lintas Harian Rata-rata (kend/hari)

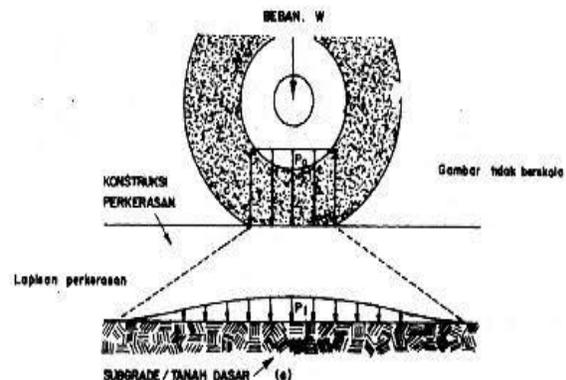
EMP = Ekuivalen Mobil penumpang

I = Perkembangan lalu-lintas (%)

N = Umur rencana (tahun)

2.4. Perkerasan Jalan

Menurut Hary Chirstady Hardiyatmo (2019) perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (subgrade). Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri, dengan demikian memberikan kenyamanan selama masa pelayanan jalan tersebut.



Gambar 2.1. Strukur konstruksi perkerasan

Sumber: Silvia Sukirman, 1999. Perkerasan lentur jalan raya

2.5 Perencanaan Geometrik Jalan

Menurut Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (1997), Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang di titik beratkan pada pemecahan bentuk fisik, sehingga dapat memenuhi fungsi dasar jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses kerumah-rumah. Yang mejadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat gerakan dan ukuran

kendaraan, sifat mengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya dan karakteristik arus lalu lintas

2.6.1 Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak paling atas pada perkerasan lentur (Pedoman Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1987) yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

1. Lapisan yang mempunyai stabilitas yang tinggi, penahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
3. Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

Menurut Sukirman S. (1999), lapisan permukaan terbagi dua yaitu:

1. Lapisan nonstruktural/lapisan yang tidak mempunyai nilai konstruksi tetap berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air, terdiri atas:
 - a. Burtu (Laburan Aspal Satu Lapis), terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara

berurutan dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.

- b. Burda (Laburan Aspal Dua Lapis), terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.
- c. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir), terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam bergradasi dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal padat 1-2 cm.
- d. Buras (Laburan Aspal), terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 inchi.
- e. Latasbun (Lapis Tipis Asbuton Murni), terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur dalam keadaan dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
- f. Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton), terdiri dari campuran agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (filter) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang

dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas dengan tebal maksimum 2,5-3 cm.

2. Lapisan struktural/lapisan yang mempunyai nilai konstruksi, yang berfungsi sebagai lapisan Aus, lapisan kedap air dan lapisan yang menahan serta menyebarkan beban roda, yang terdiri dari:
 - a. Lapen (Penetrasi Macadam), terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh asal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis yang tebal antar lapisnya berkisaran antara 4-10 cm.
 - b. Lasbutag (Lapisan Asbuton Agregat), terdiri dari campuran antar agregat, asbuton dan bahan pelunak yang dicampur, dihampar dan dipadatkan secara dingin dengan ketebalan tiap lapisan berkisaran antara 3-5 cm.
 - c. Laston (Lapisan Aspal Beton), terdiri dari campuran aspal keras dengan agregat yang mempunyai gradasi

menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu.

2.6.2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas terletak diantara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah dengan $CBR \geq 50\%$ dan plastisitas indeks (PI) $< 4\%$ (Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1987) yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

1. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan pondasi bawah.
 2. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
 3. Bantalan untuk lapisan permukaan.
- Jenis lapisan pondasi atas yang umum digunakan di Indonesia (Sukirman. S, 1999) antara lain:
1. Agregat bergradasi baik dapat dibagi atas:
 - a. Batu pecah kelas A
 - b. Batu pecah kelas B
 - c. Batu pecah kelas C
 2. Pondasi Macadam
 3. Pondasi telford

4. Lapen
5. Aspal beton pondasi (*asphalt treated base*)
6. Stabilisasi yang terdiri dari:
 - a. Stabilisasi agregat dengan semen (*cement treated base*)
 - b. Stabilisasi agregat dengan kapur (*lime treade base*)
 - c. Stabilisasi agregat dengan dengan aspal (*asphalt treated base*)

2.6.3. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah terletak antara lapisan pondasi atas dan tanah dasar dengan nilai CBR dan plastisitas indeks (PI) (Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1987) yang mempunyai fungsi, antara lain:

1. Sebagai konstruksi perkerasan yang menyebarkan beban roda ketanah dasar.
2. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi.
3. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan di atasnya dapat dikurangi ketebalannya.

4. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Jenis lapisan pondasi bawah yang umum digunakan di Indonesia (Sukirman. S,1999) anatara lain:

1. Agregat bergradasi baik, dibedakan atas:
 - a. Sirtu / pitrun kelas A
 - b. Sirtu / pitrun kelas B
 - c. Sirtu / pitrun kelas C
2. Stabilisasi
 - a. Stabilisasi agregat dengan semen (*cement treated subbase*)
 - b. Stabilisasi agregat dengan kapur (*lime treated subbase*)
 - c. Stabilisasi tanah dengan semen (*soil cement stabilization*)
 - d. Stabilisasi tanah dengan kapur (*soil lime stabilization*)

2.6.4.Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah setebal 5-10 cm yang di atasnya akan diletakkan lapisan pondasi bawah yang berfungsi sebagai penyalur semua gaya yang ditimbulkan oleh semua beban di atasnya (Sukirman. S, 1999).

Lapisan tanah dasar dapat berupa

tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain lalu dipadatkan dan tanah distabilisasikan dengan kapur atau bahan lainnya.

Masalah-masalah yang sering ditemui menyangkut tanah dasar (Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1987) adalah:

1. Perubahan bentuk tetap dari jenis tanah dasar tertentu akibat beban lalu-lintas.
2. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan air.
3. Daya dukung tanah dasar yang tidak merata pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya.
4. Daya dukung yang tidak merata akibat pelaksanaan yang kurang baik.
5. Lendutan-lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu-lintas dari macam tanah tertentu.
6. Perbedaan penurunan (*differential settlement*) akibat terdapatnya lapisan-lapisan lunak dibawah tanah dasar akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk tetap.

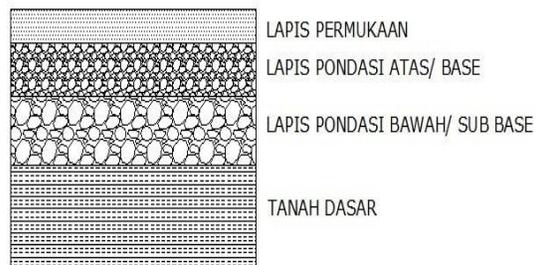
Menurut Sukirman. S (1999) jenis dasar dilihat dari muka tanah aslinya

dibedakan atas:

1. Lapisan tanah dasar, tanah galian.
2. Lapisan tanah dasar, tanah timbunan.
3. Lapisan tanah dasar, tanah asli.

2.6 Jenis dan Fungsi Lapisan Perkerasan

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan ditanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu-lintas dan menyebarkan kelapisan dibawahnya (Pedoman Perkerasan



Lentur Jalan Raya, 1987).

Menurut standar Bina Marga (1987) konstruksi perkerasan terdiri dari:

1. Lapisan Permukaan (*Surface course*)
2. Lapisan pondasi atas (*Base course*)
3. Lapisan pondasi bawah (*Sub base course*)
4. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

Gambar 2.2. Lapisan perkerasan lentur
Sumber: MKJI, 1997

2.7. Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan dengan Metode Bina Marga

Beberapa faktor yang mempengaruhi perhitungan tebal lapis perkerasan lentur jalan menurut pedoman perencanaan lapis perkerasan baik untuk jalan baru maupun jalan lama dengan metode analisa komponen no.01/PD/B/1987, Dirjen Bina Marga adalah Koefisien distribusi arah kendaraan (c), Angka Ekuivalen Sumbu Kendaraan (E), Lintas Ekuivalen, Daya dukung Tanah (DDT), Faktor Regional (FR), Indek permukaan (IP), Indek tebal perkerasan (ITp), dan Koefisien kekuatan relatif.

1. **Lalu-lintas Harian Rata-rata (LHR)**
Lalu-lintas harian rata-rata adalah jumlah rata-rata kendaraan bermotor yang dicatat selama 40 jam untuk kedua jurusan pada jam-jam sibuk.
2. **Persentase perkembangan lalu-lintas (I)**
Persentase perkembangan lalu-lintas menyatakan tingkat pertumbuhan lalu- lintas setiap tahunnya.
3. **Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan**
Angka ekuivalen (E) dari suatu beban sumbu kendaraan adalah

angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton. Angka ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) .

4. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

Lintas ekuivalen permulaan ditentukan dari jumlah lalu-lintas harian rata-rata dari sumbu tunggal pada jalur rencana yang diperkirakan terjadi pada awal umur rencana. Rumus yang digunakan:

$$LEP = \sum LHR * C_j * E_j \dots\dots(2.4)$$

Dimana:

- LEP = Lintas ekuivalen permulaan
- C_j = Koefisien distribusi kendaraan pada jalur rencan
- E_j = Angka ekuivalen beban sumbu untuk jenis kendaraan

1. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

Lintas ekuivalen ditentukan dari jumlah lalu-lintas harian rata-rata

dari sumbu tunggal yang diperkirakan terjadi pada akhir umur rencana.

Rumus yang digunakan:

$$LEA = \sum LHR \cdot i(1+i)^{UR} \cdot C_j \cdot E_j$$

Dimana:

LEA = Lintas ekuivalen akhir

I = Perkembangan lalu-lintas

UR = Umur rencana

C_j = Koefisien distribusi kendaraan pada jalurrencana

E_j = Angka ekuivalen sumbu untuk satu jenis kendara

5. Lintas Eivalen Tengah (LET)

Lintas ekuivalen tengah dihitung dengan menggunakan rumus:

$$LET = (LEP + LEA) / 2$$

6. Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

Lintas Ekuivalen Rencana dihitung dengan menggunakan rumus:

$$LER = LET \times FP \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

FP = Faktor penyesuaian

FP = UR/10

7. Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan digunakan untuk menyatakan kerataan dan kekokohan permukaan jalan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat. Salah satu ciri khas dari metode perencanaan perkerasan lentur jalan raya adalah dipergunakanya indeks permukaan atau *serviceability index* sebagai ukuran dasar dalam menentukan nilai perkerasan ditinjau dari kepentingan lalu-lintas. Indeks permukaan ini menyatakan nilai permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat (Standar Bina Marga, 1987).

8. Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

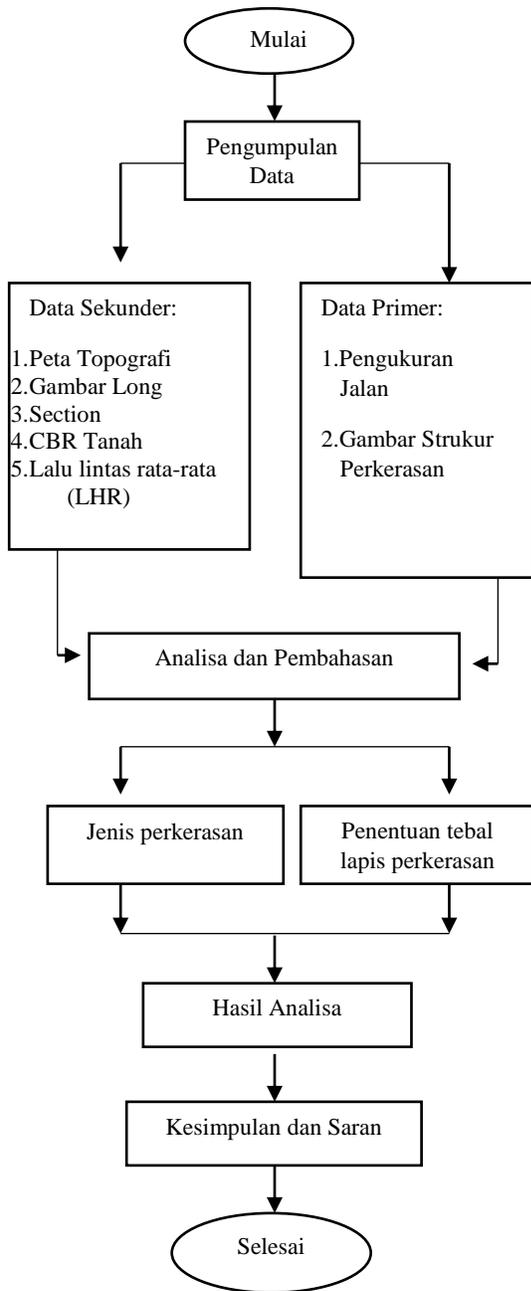
Batas-batas minimum ini tergantung dari bahan yang dipakai pada setiap lapisan.

- a. Lapisan permukaan
- b. Lapis pondasi
- c. Lapis pondasi bawah

Secara umum, ketetebalan lapis pondasi dari jenis bahan agregat yang dipakai.

3. Bagan alir pembahasan

Pada perencanaan perkerasan di perlukan langkah-langkah pengerjaan seperti yang di tunjukan pada Gambar 3.2.



ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Metode Bina Marga (Analisa Komponen)

Dalam perencanaan peningkatan struktur pada jalan ruas Aek Raso-Maduma Kecamatan Sorkam Barat, Tapanuli Tengah, dengan menggunakan metode bina marga (analisa komponen) dimana langkah-langkah penting untuk tebal lapis perkerasan tersebut telah diuraikan pada bab sebelumnya.

Langkah–langkah yang dibuat dalam menentukan tebal lapisan perkerasan jalan adalah menetapkan data perencanaan, mengolah data dan menganalisa dengan perhitungan dan menetapkan tebal susunan perkerasan.

1. Data lalu lintas

Data lalu lintas yang digunakan adalah hasil *survey* langsung ke lokasi, dengan pengamatan selama 12 jam/hari yang dilakukan pada hari senin, selasa, rabu. Adapun hasilnya sebagai berikut:

- a. Lhr pada awal umur rencana
Menghitung LHR pada tahun 2021 (awal umur rencana) dengan menggunakan rumus berikut:
$$LHR_{2021} = LHR_{2020} \times (1+i)^n$$

Pada perhitungan lintas awal umur rencana (2021) berdasarkan rumus yang diterapkan maka didapat, $q = 28$ kend/hari.
- b. LHR pada akhir umur rencana ($n = 10$ tahun)
Menghitung LHR pada tahun 2031 (akhir umur rencana) dengan menggunakan rumus berikut:
$$LHR_{2031} = LHR_{2021} \times (1+i)^n$$

Pada perhitungan Lintas akhir umur rencana (2031) berdasarkan rumus yang diterapkan maka didapat, $q = 39$ kend/hari.
- c. Angka Ekuivalen Permulaan
Angka ekuivalen permulaan didapat dari tabel nilai vdf referensi Bina Marga sebagai acuan untuk menghitung nilai lintas ekuivalen permulaan dan lintas ekuivalen akhir.
- d. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP).
Lintas ekuivalen permulaan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:
$$LEP = LHR_{2021} \times C \times E$$

Pada perhitungan lintas harian ekuivalen permulaan, berdasarkan rumus yang diterapkan maka didapat, $LEP = 4$ kend/hari

- e. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA).
Lintas ekuivalen akhir dapat di hitung menggunakan rumus:
$$LEA = LHR_{2031} \times C \times E$$

Pada perhitungan lintas harian ekuivalen akhir, berdasarkan rumus yang diterapkan. Maka didapat, $LEA = 6$ kend/hari.
- f. Lintas Ekuivalen Tengah (LET)
Lintas ekuivalen tengah dapat di hitung menggunakan rumus:
$$LET = \frac{(LEP + LEA)}{2}$$

$$LET = \frac{(4 + 6)}{2} =$$
- g. Lintas Ekuivalen Rencana (LER)
Lintas ekuivalen rencana dapat di hitung menggunakan rumus:
$$LER = \frac{(LET \times UR)}{10}$$

$$LER = \frac{5 \times 10}{10} = 5$$
- h. Faktor Regional (FR)
Faktor regional dapat di tentukan berdasarkan Tabel 2.7, yaitu data-datanya sebagai berikut:

- a. Kelandaian = < 6 %
- b. % Kenderaan Berat = < 30 %
- c. klim curah hujan = > 900 mm/tth,diperoleh FR=1,5

i. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)
 Nilai hasil CBR lapangan adalah 4,85 %, tetapi karena mengacu pada spesifikasi (versi Dinas Pekerjaan Umum edisi 2005) kriteria dasar dalam perencanaan tebal perkerasan lentur CBR yang dikehendaki dipakai nilai CBR subgrade (tanah dasar) lapangan minimum 6%. Akan tetapi tanah dasar dengan nilai CBR kurang dari 6% dapat dilakukan tetapi berpengaruh dengan fungsi tebal perkerasan yang akan bertambah. Setelah dikorelasi dengan nomogen DDT dan CBR di dapat nilai daya dukung tanah (DDT) sebesar 5,05

j. Indeks Permukaan (IPt)
 IPt ini ditentukan berdasarkan nilai LER dan kualifikasi jalan. Pada perhitungan diperoleh nilai LER sebesar 5 sedangkan untuk klasifikasi jalan pada ruas jalan Aek Raso-Maduma adalah jalan kolektor. Dengan demikian diperoleh nilai IPt= 1,5 (Tabel 2.9). Jalan direncanakan menggunakan lapis

permukaan aspal beton, maka nilai IP_o didapat IP_o = 3,50-3,90 (Tabel 2,8), dengan menggunakan nomogram untuk IP_t 1,5 dan IP_o 3,50-3,90 akan diperoleh harga ITP.

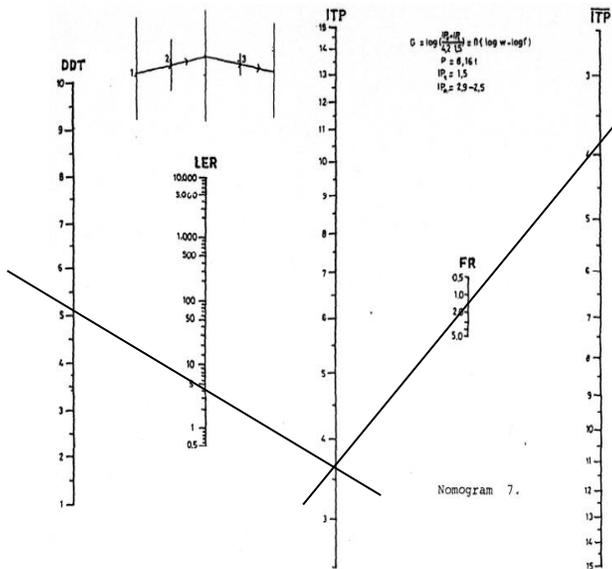
Tabel 4.7 Harga ITP

DDT	LER	FR	ITP
5,05	5	1,5	3,65

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan nilai dari ITP, maka batas lapisan pondasi dan lapis permukaan dapat dilihat pada tabel 2.11. dan tabel 2.12. dengan tebal lapis pondasi atas minimum = 15 cm dan lapis permukaan dengan tebal minimum 15 cm. Sedangkan untuk tebal lapis pondasi bawah dapat dilihat dari ketentuan tabel manual perkerasan jalan Bina Marga dengan Tebal lapis minimum 10 cm berdasarkan dari hasil CBR tanah dasar di lapangan yaitu 4,85%.

Tabel 4.8 Tabel Nomogram Menentukan ITP



Tabel 4.9 Desain Pondasi Jalan Minimum

BAGAN DESAIN 2 : SOLUSI DESAIN PONDASI JALAN MINIMUM³

CBR Tanah Dasar (Bagan Desain 1)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur Desain Pondasi	Uraian Struktur Pondasi Jalan	Lalu Lintas Lajur Desain Umur Rencana 40 tahun (juta CESA ₀)		
				< 2	2 - 4	> 4
≥ 6	SG6	A	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤200 mm tebal lepas)	Tidak perlu peningkatan		
5	SG5					100
4	SG4			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	SG1 aluvial ¹	B	Lapis penopang (capping layer) ⁽²⁾⁽⁴⁾	1000	1100	1200
			Atau lapis penopang dan geogrid ⁽²⁾⁽⁴⁾	650	750	850
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum – peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang berbutir ⁽²⁾⁽⁴⁾	1000	1250	1500

4.2 Hasil akhir

Setelah dilakukan evaluasi dengan menggunakan metode analisa komponen dengan data CBR tanah dasar yang di

peroleh dari konsultan perencana, dihitung nilai CBR tanah sebesar 4,85%. Tetapi sesuai dengan ketentuan spesifikasi (versi Dinas Pekerjaan Umum edisi 2005) kriteria dasar dalam perencanaan tebal perkerasan lentur minimum 6%. Dengan ketentuan nilai CBR 6% diperoleh nilai daya dukung dari tabel nomogram sebesar 5,05. Indeks permukaan ditentukan berdasarkan nilai LER dan klasifikasi jalan adalah kolektor maka nilai indeks permukaan diperoleh dari tabel 2.8. sebesar 1,5. Setelah nilai DDT, LER, FR didapat maka nilai IPT didapat menggunakan tabel nomogram yaitu 3,65. Berdasarkan nilai dari ITP, maka batas lapisan pondasi atas dan lapis permukaan dapat dilihat pada tabel 2.11. dan tabel 2.12. dengan tebal lapis pondasi atas minimum = 15 cm dan lapis permukaan dengan tebal minimum 5 cm. Dan jika data CBR tanah 4,85% tidak memenuhi standar ketentuan spesifikasi (Versi Dinas Pekerjaan Umum edisi 2005) kriteria dasar dalam perencanaan tebal perkerasan lentur minimum 6% maka perlu dilakukan perbaikan tanah dasar agar perkerasan yang di rencanakan aman dan sesuai dengan merencanakan tebal lapis permukaan bawah minimum 10 cm yang dapat dilihat dari tabel ketentuan desain pondasi minimum Bina Marga.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan untuk peningkatan jalan pada ruas Aek Raso-Maduma, Kecamatan Sorkam Barat, Kabupaten Tapanuli Tengah dapat disimpulkan bahwa: Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan metode analisa komponen didapat bahwa tebal lapis pondasi atas minimum 15cm, tebal lapis permukaan minimum 5cm, dan tebal lapis pondasi bawah minimum 10cm, tetapi yang dilaksanakan dilapangan yaitu tebal lapis pondasi atas minimum 15cm, tebal lapis permukaan minimum 5cm, dan tebal lapis permukaan bawah hanya menambahkan timbunan sirtu dengan tebal bervariasi sesuai dengan kondisi existing lapangan, sehingga didapat bahwa peningkatan jalan yang dilaksanakan di ruas Aek Raso-Maduma dapat dikatakan tidak memenuhi spesifikasi standar desain pondasi minimum, karena jika data CBR daya dukung tanah dibawah dari 6%, seharusnya harus menggunakan lapis pondasi bawah dengan tebal minimum 10cm, yang dapat dilihat dari tabel ketentuan spesifikasi standar desain pondasi minimum.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka beberapa hal yang disarankan adalah: Jika data daya dukung tanah tidak memenuhi spesifikasi persyaratan, maka harus dilakukan penanganan khusus untuk lapis tanah dasar karena jika tidak dilakukan penanganan terhadap lapis tanah dasar, maka perkerasan yang dilakukan akan mengalami distorsi atau perubahan bentuk akibat lemahnya daya dukung tanah dasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. 1987. *Klasifikasi Jalan*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. Jakarta.
- Bina Marga. 1987. MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia). Jakarta.
- Bina Marga. 1987. *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. Jakarta.
- Bina Marga. 1987. SKBI (Standar Konstruksi Bangunan Indonesia). Jakarta.
- Bina Marga. 1987. *Tata Cara Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya*

Dengan Metode Analisa Komponen.
Dewan Standardisasi Nasional.
Jakarta.

Bina Marga. 1997. *Perencanaan Geometrik Jalan Raya.* Jakarta.

Bina Marga. No. 03/MN/B/1983.
Distorsi. Jakarta.

Hary Christady. 2011. *Perkerasan Jalan.* Gadjah Mada. Yogyakarta.

Peraturan Pemerintah. No. 34/2006.
Klasifikasi menurut medan jalan.
Jakarta

Silvia Sukirman. 1999. *Perkerasan lentur jalan raya.*

Sukirman. 1994. *Trase Jalan.* Nova.
Bandung.

Sukirman. 1999. *Faktor lalu lintas.*
Nova. Bandung.

Sukirman. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya.* Nova. Bandung.

Suryadharma, H. 1999. *Rekayasa Jalan Raya.* Universitas Atma Jaya
Yogyakarta.

Undang Undang Republik Indonesia.
No.22 Tahun 2009. *Tentang Hubungan antara Fungsi dan kelas jalan.* Jakarta

Undang-undang Republik Indonesia.
No. 38 Tahun 2004. *Tentang jalan.*
Jakarta.