

KAJIAN KERUSAKAN PERKERASAN RUAS JALAN NASIONAL  
LINTAS TIMUR SIMPANG BUKIT TIMAH KM 236  
KABUPATEN ROKAN HILIR

**DONALD**  
**163121022**

***Abstrak***

*Permasalahan dalam pembangunan jalan tidak hanya pada masalah overload tetapi juga permasalahan tentang daya dukung tanah dasar. Upaya yang dilakukan untuk mendapatkan perkerasan lentur yang baik pada ruas jalan Nasional Lintas Timur simpang Bukit Timah KM 236 Kabupaten Rokan Hilir sudah dilakukan dengan mengikuti prosedur standar perencanaan dan mutu material yang berlaku di Indonesia.*

*Namun pada kenyataannya, kerusakan dini aspal tetap terjadi akibat LHR kendaraan berat dan beban sumbu kendaraan yang melampaui batas MST. Melihat kerusakan dini aspal terus terjadi, maka perlu dilakukan penelitian tentang daya dukung tanah dasar dan penanganannya guna meningkatkan kembali kualitas dan kemampuan perkerasan.*

*Kerusakan perkerasan ruas jalan Nasional Lintas Timur simpang Bukit Timah KM 236 Kabupaten Rokan Hilir terjadi, dimana lajur jalan mengalami penurunan arah memanjang. Pada titik kerusakan, berdasarkan pengukuran manual, lebar badan jalan 7m, bahu jalan 1,5m. Penurunan terjadi sepanjang 200m, bervariasi, dengan kedalaman penurunan berkisar antara 20cm sampai 50cm.*

*Data penyelidikan tanah Sondir yang menggunakan alat Dutch Cone Penetrometer menghasilkan grafik yang menunjukkan lapisan tanah keras terletak cukup dalam. Berdasarkan perhitungan didapat daya dukung tanah yang rendah  $q = 0,45 \text{ Kg/cm}^2$ . Sehingga tiang pancang dipilih sebagai solusi perkuatan tanah. Dimana tiang pancang dapat dipancang sampai kedalaman yang dibutuhkan.*

*Tiang pancang menumpu plat beton bertulang sebagai lapisan perkerasan. Beban kendaraan dan beban plat beton bertulang diasumsikan menjadi beban yang terletak diatas 2 (dua) tumpuan. Dari analisa pembebanan tiang pancang, dalam 1 (satu) segmen rigid pavement  $P = 5,5\text{m}$  dan  $L = 3,5\text{m}$ , diperoleh beban terpusat akibat roda kendaraan ( $P_1$  dan  $P_2$ ) = 13,67 Ton. Sedangkan beban merata akibat plat beton bertulang ( $q$ ) = 2,52 T/m. Tiang pancang yang digunakan dimensi 25 x 25 cm, panjang = 6m. Didapat daya dukung 1 tiang pancang 13,93 Ton. Perhitungan pembebanan menghasilkan daya dukung tumpuan = 34,27 Ton. Dibutuhkan 3 (tiga) buah tiang pancang pada masing – masing tumpuan dalam 1 (satu) segmen rigid pavement. Sehingga dihasilkan perkerasan optimal yang mampu menahan beban lalu lintas sesuai umur rencana.*

**Kata Kunci** : Daya Dukung, Tiang Pancang.

**ASSESSMENT OF PAVEMENT DAMAGE  
TO THE NASIONAL LINTAS TIMUR ROAD SIMPANG BUKIT TIMAH KM 236  
IN THE REGENCY OF ROKAN HILIR**

**DONALD  
163121022**

***Abstract***

*The problem in road building is not only about the overload, but it is also problem in carrying capacity of basic soil issues. The efforts that was made to get a good pavement in National Lintas Timur road, at the intersection of Bukit Timah 236 KM in Rokan Hilir Regency had been done by following the standard planning procedure and the quality of materials that are available in Indonesia.*

*In reality, earlier asphalt damage is still happening as the consequence of the heavy load on LHR vehicle and the axis load exceeding the limit of MST from a vehicle. To overcome this asphalt earlier damage issue, it is need to conduct a research on the carrying capacity of basic soil and it's handling for a better quality and pavement capability.*

*Road pavement damage at Nasional Lintas Timur road simpang Bukit Timah 236 KM intersection in Rokan Hilir regency is happening, where the lane of the road has decreased direction lengthwise. At the point of damage, based on manual measurement, the width of the road body is 7m, while the road side is 1,5m. The decline ranging between 20 up to 50 cm.*

*Investigation data on sondir soil using Dutch Cone Penetrometer produces a graph showing the hard ground layer lies deep enough. Based on the calculation shows the low soil carrying capacity  $q = 0,45 \text{ Kg/cm}^2$ . The pile is selected as a soil reinforcement solution, where the pile can be fixed to the required depth.*

*The pile supports the reinforced concrete plate as a pavement layer. Vehicle loads and reinforced concrete plate loads are assumed to be loads located above two pedestals. From pile analysis, in one segment of rigid pavement  $P = 5,5\text{m}$  and  $L = 3,5\text{m}$ , obtained by centralized load of vehicle wheels ( $P_1$  and  $P_2 = 13,67 \text{ Tons}$ ). While the load is evenly due to the reinforced concrete plate  $q = 2,52 \text{ T/m}$ . The pile carrying capacity of a pile is 13,93 Tons. The load calculation results in carrying capacity 34,27 Ton. It takes three piles on each support rigid pavement segment. So that the optimal pavement is produced that can withstand traffic load according to the age of plan.*

**Key Word** : Carrying Capacity, Pile.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana angkutan darat yang sangat penting dalam memperlancar kegiatan perekonomian, baik antara satu kota dengan kota lainnya, antara kota dengan desa maupun antara satu desa dengan desa lainnya. Kondisi jalan yang baik akan memudahkan mobilitas penduduk dalam mengadakan hubungan perekonomian dan kegiatan sosial lainnya. Perkerasan lentur yang baik, harus mempunyai kualitas dan ketebalan dimana tidak akan rusak akibat beban kendaraan. Disamping itu, perkerasan harus mempunyai ketahanan terhadap pengikisan akibat lalu lintas, perubahan cuaca dan pengaruh buruk lainnya. Prasarana jalan yang terbebani oleh volume lalu lintas yang tinggi dan berulang ulang akan menyebabkan terjadi penurunan kualitas jalan. Sebagai indikatornya dapat diketahui dari kondisi permukaan jalan, baik kondisi struktural maupun fungsionalnya yang mengalami kerusakan.

Desa Rantau Bais, Teluk Berembun Kecamatan Tanah Putih, merupakan salah satu desa di kabupaten Rokan Hilir yang dilalui jalur jalan Lintas Sumatera. Konsekuensinya, terdapat arus lalu lintas kendaraan berat dengan beban berlebih (*overload*), guna menunjang mobilisasi dan distribusi tersebut perlu didukung oleh kondisi perkerasan yang baik. Kondisi berdasarkan data secara visual tahun 2013 menunjukkan kondisi jalan Nasional yang merupakan akses dari kota Duri menuju kota Bagan Batu rusak parah, khusus pada KM 236 Simpang Bukit Timah Kabupaten Rokan Hilir. Akibat beban *overload* ini, daya rusak kendaraan semakin meningkat yang selanjutnya akan memperpendek umur layanan dan tentu berpengaruh terhadap biaya pemeliharaan rutin dan berkala yang harus dilaksanakan oleh Pemerintah Pusat untuk meningkatkan kembali kualitas dan kemampuan perkerasan.

Namun yang menjadi permasalahan dalam pembangunan jalan tidak hanya pada masalah overload tetapi juga permasalahan tentang daya dukung tanah yang diakibatkan kondisi tanah tersebut yang memang tidak rata dan tidak padat. Penambahan beban diatas permukaan dapat menyebabkan lapisan dibawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara di dalam pori.

Menanggapi hal tersebut di atas, suatu penelitian tentang dampak daya dukung tanah dan overload pada lapisan perkerasan lentur sangat diperlukan untuk mengetahui faktor mana yang menjadi penyebab utama kerusakan perkerasan lentur serta seberapa besar kerusakan yang ditimbulkan.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang akan diteliti di dalam Kajian Kerusakan Ruas Jalan Nasional Lintas Timur KM 236 Simpang Bukit Timah Kabupaten Rokan Hilir adalah Faktor Utama yang menyebabkan rusak parahnya ruas jalan Nasional Lintas Timur KM 236 Simpang Bukit Timah Kabupaten Rokan Hilir.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan faktor utama penyebab kerusakan perkerasan ruas jalan Nasional Lintas Timur KM 236 Simpang Bukit Timah Kabupaten Rokan Hilir.
2. Menyusun alternatif penanganan kerusakan perkerasan ruas jalan tersebut.

## **1.4. Batasan Masalah**

Dalam penulisan Tesis ini pembahasan permasalahan dibatasi pada faktor utama penyebab kerusakan ruas jalan Nasional Lintas Timur KM 236 Simpang Bukit Timah Kabupaten Rokan Hilir.

Pembahasan terkait biaya penanganan kerusakan perkerasan ruas jalan Nasional Lintas Timur KM 236, dibahas secara global/garis besar.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat :

1. Mengetahui faktor utama penyebab kerusakan jalan Nasional Lintas Timur KM 236 Simpang Bukit Timah Kabupaten Rokan Hilir.
2. Memberikan manfaat dan masukan kepada pihak terkait untuk dapat menentukan strategi atau metode penanganan kerusakan jalan, sehingga dapat diperkirakan berapa besar biaya pemeliharaan yang harus dialokasikan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Penelitian mengenai dampak beban kendaraan berlebih (*overload*) serta daya dukung tanah pada struktur perkerasan lentur telah banyak dilakukan oleh berbagai kalangan, namun untuk kajian kerusakan ruas jalan Nasional KM 236 Simpang Bukit Timah kabupaten Rokan Hilir ini belum pernah dilakukan penelitian.

Dari berbagai penelitian yang pernah dilakukan oleh beberapa peneliti tersebut terkait dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis, maka dalam hal ini penulis mencoba melakukan penelitian berdasarkan studi pustaka terhadap hasil penelitian yang ada, dan beberapa literatur yang berhubungan dengan topik yang akan dilakukan oleh penulis.

#### **2.2 Penelitian Terdahulu**

Zulkifli Lubis & Indrasurya B Mochtar (2008) meneliti beberapa faktor penyebab terjadinya kerusakan dini pada sistem perkerasan lentur di Indonesia, disinyalir oleh banyak pakar disebabkan oleh beberapa hal diantaranya adalah adanya muatan berlebihan dari kendaraan niaga, standar perencanaan sistem perkerasan lentur yang kurang sesuai, serta adanya metode perhitungan lalu lintas yang kurang tepat. Selama ini, perhitungan *equivalent axle load* (EAL) atau di Bina Marga (1987) dikenal sebagai angka ekuivalen, masih menggunakan rumusan EAL Bina Marga dengan bilangan perpangkatan 4, padahal AASHTO (1986), TRRL (1978) dan hasil penelitian dari Mochtar (1998) semuanya sudah menggunakan bilangan perpangkatan yang lebih besar dari 4.

Lubis et al (2006) dalam hasil penelitiannya didapat bahwa yang menjadi faktor perusak dominan disebabkan karena repetisi (pengulangan) kendaraan (LHR) dan juga beban yang diangkut kendaraan relatif berat. Kendaraan dominan

yang menjadi faktor perusak adalah kendaraan trailer, dimana menurut konfigurasi Bina Marga dan laporan pendekatan hasil survey MST 2000 nilai *ESAL* yang mengangkut kayu sebesar 43.0592. Tingkat pelayanan jalan sangat jauh menurun. Berdasarkan komposisi Bina Marga, didapat tingkat pelayanan jalan hanya 4.3 tahun berarti turun 43% dari perencanaan.

Rohim (2000) dalam penelitiannya menyatakan makin besar jumlah repetisi beban selama umur rencana jalan maka kinerja lapis keras akan mengalami kemunduran, yang diindikasikan dengan penurunan umur rencana (UR) menjadi umur perbaikan (UP). Apabila nilai TF lebih besar dari 1 ( $TF > 1$ ), dikatakan telah terjadi *overloading* pada ruas jalan yang diobservasi. Studi kasus pada ruas jalan Sikijang Mati – Simpang Lago – Sorek – Simpang Japura di Propinsi Riau, dengan hasil 60% biaya kerusakan struktur jalan akibat *overloading* dibebankan pada *user*.

#### **2.4. Keaslian Penelitian**

Penelitian mengenai analisa dampak *overload* pada struktur perkerasan lentur yang pernah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya, dari kepustakaan diketahui ada beberapa penulis yang melakukan penelitian yaitu Zulkifli Lubis&Indrasurya B Mochtar (2008), Lubis et al (2006), Rohim (2000).

Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya adalah bertujuan untuk menganalisis perkembangan kerusakan jalan. Sedangkan perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu penulis melakukan kajian kerusakan perkerasan lentur yang disebabkan oleh faktor *overload* pada lokasi ruas jalan dengan karakteristik beban, dimensi kendaraan dan kondisi lalu lintas yang berbeda. Peneliti juga menganalisa daya dukung tanah dasar pada ruas jalan nasional KM 236 simpang Bukit Timah Kabupaten Rokan Hilir berdasar data penyelidikan tanah yang ada. ( *Dynamic Cone Penetrometer Test* atau Sondir ). Serta solusi perkuatan tanah.

Penelitian ini dimulai awal bulan Maret 2013 dengan melampirkan foto dokumentasi penulis sebagai berikut :



## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Umum**

Srikandi (2004) menyatakan fungsi utama dari jalan adalah melayani pergerakan pejalan kaki dan kendaraan secara aman, nyaman dan efisien. Untuk mewujudkannya maka dibuatlah suatu sistem konstruksi jalan raya yang tepat untuk mencapai tujuan tersebut. Jalan yang dibuat harus mempunyai kapasitas struktural yang cukup agar dapat memikul beban lalu lintas yang direncanakan dan pengaruh lingkungan yang bekerja.

Perencanaan tebal perkerasan merupakan salah satu tahapan dalam pekerjaan jalan dengan sasaran utama adalah memberikan pelayanan yang optimal kepada para masyarakat pengguna jalan. Perencanaan yang tidak tepat dapat menyebabkan jalan cepat rusak (*under design*) atau dapat menyebabkan pelaksanaan konstruksi tidak ekonomis (*over design*). Akurasi perencanaan juga sangat berpengaruh pada ‘manajemen pemeliharaan jalan’, terutama berkaitan dengan rencana konstruksi bertahap (*staging construction*) sebagai konsekuensi dari ketersediaan dana untuk jalan yang terbatas. Pada perencanaan perkerasan, beban lalu lintas yang paling diperhitungkan adalah beban sumbu kendaraan dan jumlah repetisi dari sumbu kendaraan yang mampu dipikul oleh perkerasan.

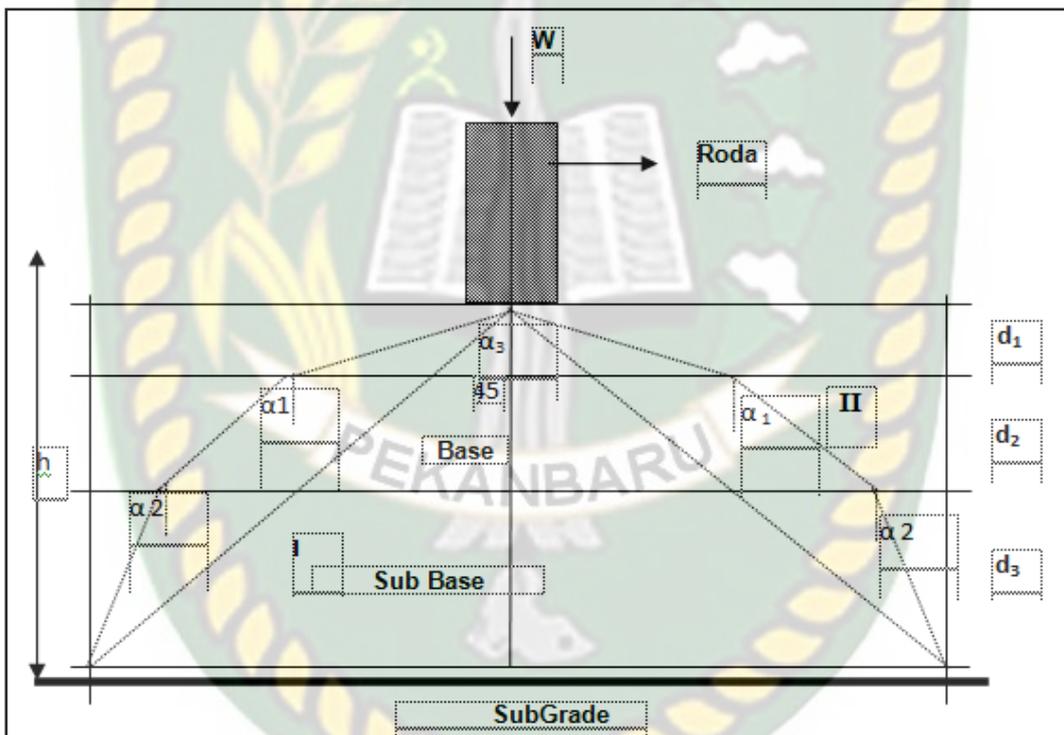
Di jalan raya pada umumnya ditemukan banyak variasi beban kendaraan, misalnya kendaraan yang tidak bermuatan, sebagian atau terisi penuh muatan, dan kendaraan dengan beban berlebih. Kendaraan dengan beban berlebih ini yang menjadi masalah, karena secara langsung mempengaruhi struktur perkerasan jalan, yaitu menyebabkan kerusakan pada struktur jalan. Permasalahan pada pengembangan konstruksi jalan raya adalah kondisi tanah dasar lunak, dengan kapasitas dukung terhadap beban yang rendah serta jalan dengan kondisi tanah dasar dan tebal perkerasan yang tidak cukup tebal, maka akan terjadi deformasi berlebihan karena struktur perkerasan tersebut, sehingga dapat menyebabkan kerusakan struktur perkerasan jalan.

### 3.2 Distribusi Beban Terhadap Lapisan Perkerasan

Beban lalu lintas yang bekerja di atas permukaan perkerasan jalan akan menimbulkan gaya-gaya sebagai berikut :

1. Gaya vertikal (beban kendaraan)
2. Gaya horizontal (gaya rem)
3. Gaya getaran (akibat pukulan roda)

Pendistribusian gaya-gaya beban lalu lintas yang terjadi di atas lapisan permukaan tersebut diteruskan secara berjenjang (*layer system*) ke lapisan di bawahnya seperti dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Penyebaran Beban Akibat Beban Roda Terhadap Perkerasan (Soedarsono, 1987)

Dari Gambar 3.1 dijelaskan bahwa pendistribusian beban lalu lintas ( $W$ ) dilakukan secara berjenjang. Pada garis I, pendistribusian beban lalu lintas membentuk sudut ( $\theta$ ) yang sama setiap lapisnya karena mutu material dan ketebalannya adalah sama, tetapi dalam perencanaan biasanya mutu material setiap lapisnya berbeda dimana semakin ke atas mutunya semakin baik sedangkan ketebalannya ( $d$ ) juga berbeda, sehingga pendistribusian beban yang terjadi adalah pada garis II dengan sudut pendistribusian yang dibentuknya juga berbeda ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ , dan  $\alpha_3$ ) sesuai dengan mutu material dan ketebalan setiap lapisan.

Karena sifat gaya-gaya tersebut makin ke bawah semakin menyebar, maka pengaruhnya makin ke bawah semakin berkurang sehingga muatan gaya-gaya yang diterima oleh setiap lapisan konstruksi perkerasan tersebut juga berbeda yaitu :

1. Lapisan permukaan

Lapisan ini menerima muatan gaya vertikal, gaya horizontal, dan gaya getaran secara penuh.

2. Lapisan pondasi atas

Lapisan ini menerima muatan gaya vertikal dan gaya getaran hampir penuh, sedangkan gaya horizontal yang pengaruhnya sudah berkurang.

3. Lapisan pondasi bawah

Lapisan ini menerima muatan gaya vertikal dan gaya getaran sudah berkurang, sedangkan muatan gaya horizontal yang pengaruhnya sudah mengecil.

4. Lapisan tanah dasar

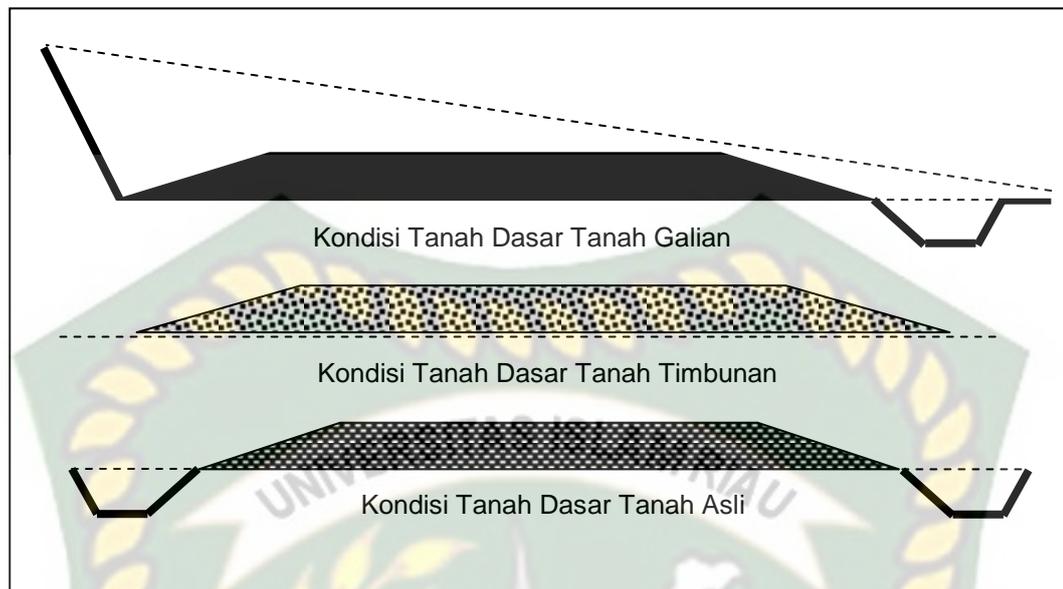
Lapisan ini praktis hanya menerima gaya vertikal dan gaya horizontal yang pengaruhnya sudah mengecil, sedangkan muatan gaya horizontal tidak berpengaruh lagi.

### 3.3 Tanah Dasar

Tanah dasar adalah lapisan permukaan tanah asli yang berupa permukaan timbunan yang berfungsi sebagai dasar untuk meletakkan lapisan-lapisan di atasnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan sangat bergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasarnya (Sukirman, 1992). Dari bermacam-macam pemeriksaan untuk menentukan kekuatan tanah dasar yang umumnya dipakai adalah cara CBR (*California Bearing Ratio*). Tanah dasar yang diperiksa tidak semuanya baik. Untuk memperbaiki kualitas tanah dasar dapat digunakan beberapa cara sebagai berikut :

1. Secara dinamis, yaitu pemadatan dengan alat pemadat mekanis dan jika perlu dengan alat peralatan sejenis *Vibrating Roller*.
2. Memperbaiki gradasi, yaitu penambahan (pencampuran) dengan jenis material berbutir agar didapat butiran yang bervariasi sehingga daya dukung akan lebih tinggi.
3. Stabilisasi kimia, yaitu dengan mencampurkan zat kimia untuk membentuk kristal-kristal atau partikel.
4. *Change Material*, yaitu dengan mengganti material tersebut dengan mendatangkan material yang bermutu baik.

Untuk merencanakan suatu konstruksi perkerasan jalan perlu diketahui data tanah yang akan mendukungnya yang diantaranya klasifikasi tanah dasar, berat jenis tanah, kadar air tanah asli, dan CBR tanah dasar seperti yang terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kondisi Tanah Dasar (Soedarsono, 1987)

### 3.3.1 Kepadatan dan Daya Dukung Tanah Dasar

Beban kendaraan yang dilimpahkan ke lapisan perkerasan melalui roda kendaraan selanjutnya disebarkan ke lapisan-lapisan di bawahnya dan akhirnya diterima oleh tanah dasar. Dengan demikian tingkat kerusakan konstruksi selama masa pelayanan tidak saja ditentukan oleh kekuatan perkerasan tetapi ditentukan oleh Daya Dukung Tanah dasar (DDT). Daya dukung tanah dasar pada perencanaan perkerasan lentur yang umumnya dipakai adalah dengan cara CBR (*California Bearing Ratio*) yang dinyatakan dalam nilai CBR. Yang dimaksud dengan CBR disini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium. CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

Untuk mendapatkan CBR rencana dapat dihitung dengan dua cara yaitu :

### 1. Cara Analitis

Setelah nilai CBR masing-masing didapat, maka untuk menentukan nilai CBR rata-rata dalam bagian jalan yang direncanakan diambil CBR rata-rata dari semua titik dan selanjutnya dapat dicari CBR rencananya dengan rumus sebagai berikut.

$$CBR_{rencana} = CBR_{rata-rata} - \left( \frac{CBR_{maks} - CBR_{min}}{R} \right)$$

Dimana :  $CBR_{rencana}$  = CBR rencana untuk bagian jalan

$CBR_{rata-rata}$  = CBR rata-rata yang ditinjau dari tiap titik yang ditinjau

$CBR_{maks}$  = CBR dengan harga terbesar

$CBR_{min}$  = CBR dengan harga terkecil

$R$  = Faktor statistik yang didasarkan atas jumlah CBR yang ditinjau pada bagian jalan yang bersangkutan

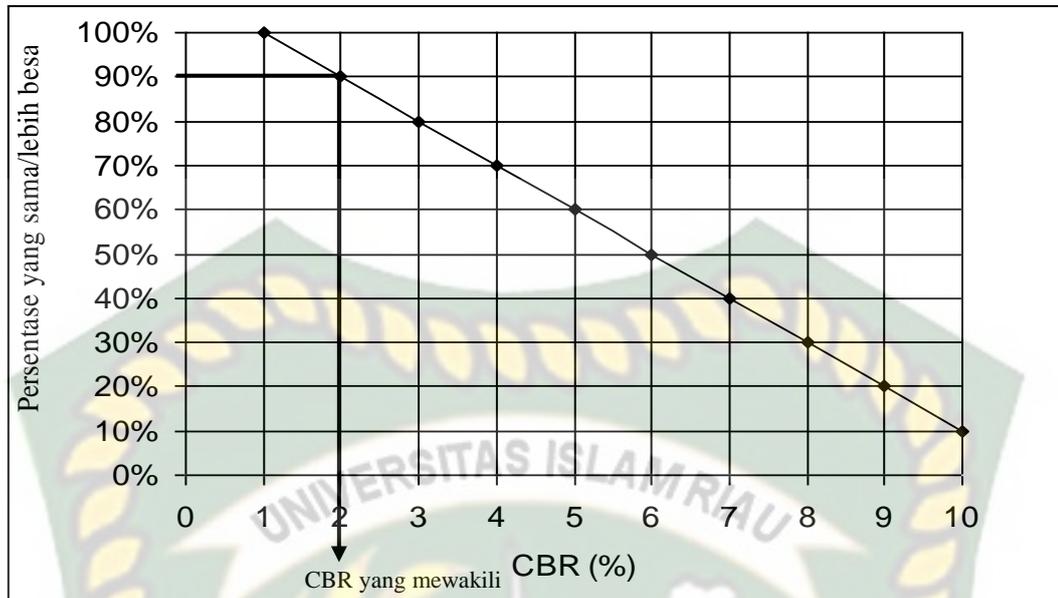
Tabel 3.1 Faktor Statistik (R)

Jumlah Sampel	2	3	4	5	6	7	8	9	≥ 10
Faktor Statistik	1,41	1,91	2,44	2,48	2,67	2,83	2,96	3,68	3,18

### 2. Cara Grafik

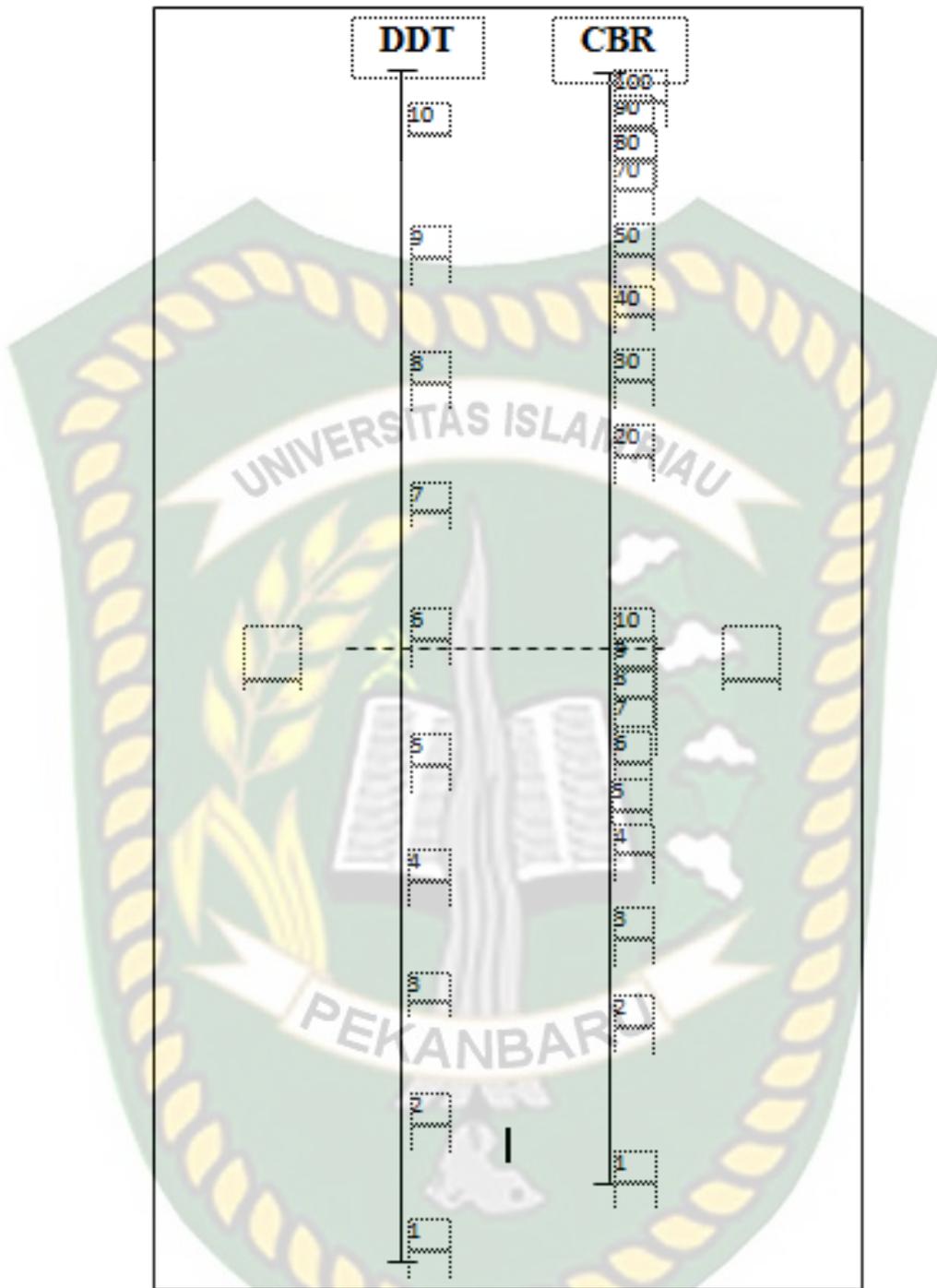
Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan dapat ditentukan sebagai berikut :

- Tentukan harga CBR terendah.
- Tentukan berapa banyak harga CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
- Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100 % dan jumlah lainnya merupakan persentase dari 100 %.
- Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah yang tadi.
- Nilai CBR yang mewakili adalah didapat dari angka persentase 90 %.



Gambar 3.3 Contoh grafik CBR yang mewakili (Sukirman, 1999)

Harga dari daya dukung tanah dasar didapat berdasarkan nilai CBR tanah dasar yang didapat, yaitu dengan cara mengkorelasi nilai CBR tersebut dengan menggunakan grafik korelasi yang ditarik secara mendatar ke sebelah kiri sehingga diperoleh nilai Daya Dukung Tanah dasar (DDT), dimana semakin besar nilai CBR, maka semakin besar pula nilai Daya Dukung Tanah dasar (DDT), sehingga ketebalan perkerasan semakin perkerasan semakin rendah. Grafik korelasi nilai CBR tanah dasar dan Daya Dukung Tanah dasar (DDT) dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Grafik Korelasi antara DDT dan CBR (Sukirman, 1999)

Selain dengan menggunakan grafik di atas, nilai DDT juga dapat dicari dengan menggunakan dengan menggunakan rumus perhitungan berikut :

$$DDT = 4,3 \log (CBR) + 1,7 \dots \dots \dots (3.1)$$

Modulus Resilien (MR) digunakan sebagai parameter tanah dasar dalam perencanaan perkerasan jalan. Modulus Resilien (MR) tanah dasar juga dapat diperkirakan dari CBR standar dan hasil atau nilai *test 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 yaitu :

$$MR \text{ (psi)} = 1500 \times CBR$$

Atau :

$$MR \text{ (MPa)} = 10 \times CBR \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana : *MR* = Modulus Resilien (psi)

*CBR* = CBR representatif (%)

### 3.3.2 Klasifikasi Tanah Dasar

Sistem klasifikasi tanah dasar yang umum digunakan dalam teknik perkerasan jalan raya adalah sistem *Unified* dan AASHTO.

Sistem *Unified* secara garis besar membedakan tanah dasar atas 3 (tiga) kelompok, diantaranya :

1. Tanah berbutir kasar, < 50 % lolos saringan No. 200. Sifat teknisnya ditentukan oleh ukuran butir dan gradasinya. Secara visual butir-butir tanah berbutir kasar dan dapat dilihat dengan mata.
2. Tanah berbutir halus, > 50 % lolos saringan No. 200. Sifat teknisnya ditentukan oleh sifat plastis tanah dan ukuran butir. Secara visual butir-butir tanah berbutir halus sehingga tidak dapat dilihat dengan mata.
3. Tanah organik, dapat dikenal dari warna, bau, dan sisa tumbuh-tumbuhan yang terkandung didalamnya.

### 3.3.2.1 Kapasitas Dukung Tanah

Kapasitas dukung Ultimit ( *ultimit bearing capacity* ) ( $q_u$ ) didefinisikan sebagai beban maksimum per satuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan.

Bila dinyatakan dalam persamaan, maka :

$$q_u = \frac{P_u}{A}$$

dimana,

$q_u$  = Kapasitas dukung ultimit (  $\text{KN}/\text{M}^2$  )

$P_u$  = Beban ultimit (  $\text{KN}$  )

$A$  = Luas pondasi (  $\text{M}^2$  )

Rumus Meyerhof jika menggunakan data sondir sebagai perhitungan,

$$q_u = q_c \cdot B \left( 1 + \frac{D}{B} \right) \frac{1}{40}$$

dimana,

$q_u$  = Kapasitas dukung ultimit (  $\text{Kg}/\text{cm}^2$  )

$q_c$  = Nilai Konus (  $\text{Kg}/\text{cm}^2$  )

$B$  = Lebar pondasi, dianggap 1m (  $\text{cm}$  )

$D$  = Kedalaman dasar pondasi (  $\text{cm}$  )

Setelah didapat (  $q_{ult}$  ), selanjutnya menghitung daya dukung tanah ijin :

$$q = \frac{q_{ult}}{SF}$$

dimana,

$q$  = Kapasitas dukung tanah ijin (  $\text{Kg}/\text{cm}^2$  )

$q_u$  = Kapasitas dukung ultimit (  $\text{Kg}/\text{cm}^2$  )

$SF$  = Faktor Keamanan ( 3 )

Konsep pertama kali dikenalkan oleh Prandtl (1921), yang kemudian dikembangkan oleh Terzaghi (1943), Meyerhof (1955) dan lainnya.

Tabel 3.2 Standar daya dukung tanah, PBI 1983

No	Keadaan Konsistensi Tanah	Daya Dukung Tanah ( Kg/cm <sup>2</sup> )
1	Tanah Keras	> 5
2	Tanah Sedang	2,0 – 5,0
3	Tanah Lunak	0,5 – 2,0
4	Tanah Amat Lunak	0 – 0,5

### 3.3.2.2 Daya Dukung Tiang Pancang

Tiang pancang dipilih sebagai solusi perkuatan tanah dikarenakan dari hasil pemeriksaan/penyelidikan tanah menunjukkan bahwa lapisan tanah kuat terletak sangat dalam.

Pondasi tiang yang dipilih adalah tiang beton pracetak. Keuntungan pemakaian tiang pancang pracetak antara lain :

1. Bahan tiang dapat diperiksa sebelum pemancangan
2. Prosedur pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah
3. Tiang dapat dipancang sampai kedalaman yang dalam

Kapasitas daya dukung tiang pancang diperkirakan dengan menggunakan rumus Meyerhof (1956) :

$$\bar{P} = \frac{A \cdot q_c}{3} + \frac{0 \cdot JHP}{5}$$

Dimana :

- $\bar{P}$  = Daya dukung tiang ijin (Kg)  
A = Luas penampang tiang pancang (Cm<sup>2</sup>)  
qc = Nilai konus (Kg/cm<sup>2</sup>)  
O = Keliling penampang (Cm)  
JHP = Jumlah hambatan pelekat (Kg/cm)  
SF = 3 dan 5

### 3.4 Agregat

Sukirman (1999) menyatakan bahwa agregat adalah suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat juga merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90 – 95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75 – 85 % agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian, daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat.

### 3.5 Aspal

Sukirman (1992) menyatakan bahwa aspal merupakan bahan pengikat yang mempunyai konsistensi bermacam-macam dan setengah padat sampai padat pada suhu udara normal dan jika aspal dipanaskan secukupnya, maka aspal akan menjadi lunak dan akhirnya mencair. Dalam keadaan cair ini memungkinkan aspal untuk melepaskan partikel agregat selama produksi aspal beton sedang berlangsung.

### 3.6 Equivalent Single Axle Load (ESAL)

Equivalent Single Axle Load (ESAL) merupakan nilai faktor perusak yang ditimbulkan oleh lintasan beban gandar sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lb).Beban masing-masing konfigurasi sumbu dihitung berdasarkan proporsi beban masing – masing konfigurasi sumbu, yaitu :

1. Single Axle Double Tyre (Sumbu Tunggal Ban Ganda / 1.2)

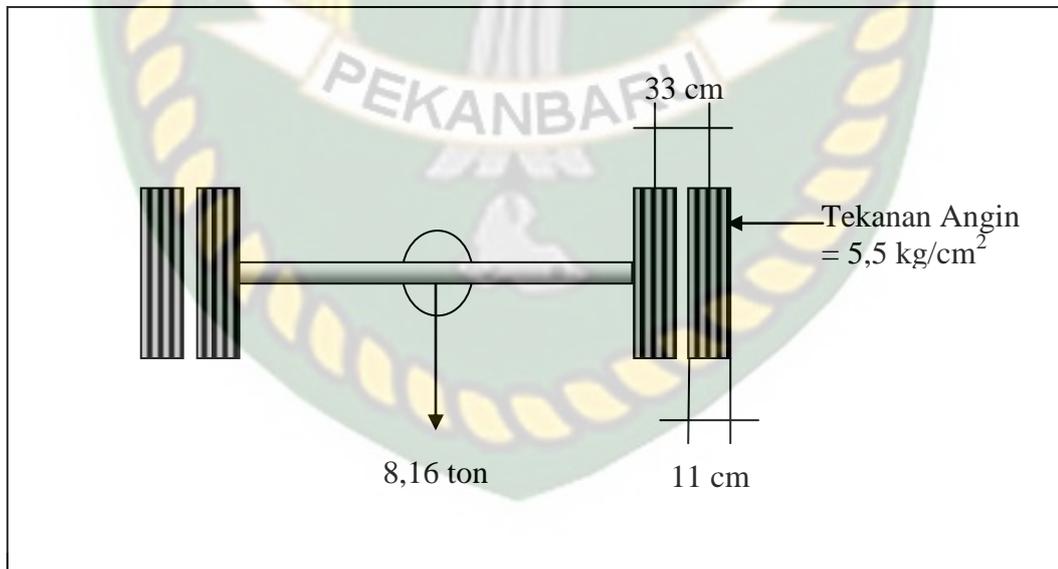
$$ESAL = \left( \frac{\text{Beban gandar satu sumbu tunggal dalam KN}}{8,16 \text{ KN}} \right)^4 \cdot 1 \dots\dots\dots(3.3)$$

2. Tandem Axle Double Tyre (Sumbu Dua Ban Ganda / 1.22)

$$ESAL = \left( \frac{\text{Beban gandar satu sumbu tunggal dalam KN}}{8,16 \text{ KN}} \right)^4 \cdot 0,086 \dots\dots\dots(3.4)$$

3. Triple Axle Double Tyre (Sumbu Tiga Ban Ganda / 1.222)

$$ESAL = \left( \frac{\text{Beban gandar satu sumbu tunggal dalam KN}}{8,16 \text{ KN}} \right)^4 \cdot 0,021 \dots\dots\dots(3.5)$$



Gambar 3.5 Pembebanan Sumbu Standar (Sukirman, 1999)

Keterangan :

8,160 ton = beban sumbu standar

11 cm = jari-jari kontak

33 m = jarak masing-masing sumbu roda ganda

### 3.7 Klasifikasi Jalan

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No.13/1980 tentang jalan, sistem jaringan jalan diklasifikasikan sebagai berikut :

Jaringan jalan primer merupakan tanggung jawab pemerintah pusat dan merupakan sistem jalan untuk membantu pembangunan semua daerah dengan menghubungkan pusat-pusat untuk pelayanan masyarakat yang merupakan atau akan menjadi kota-kota.

#### 3.7.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Pengelompokan jalan raya menjadi 3 kategori berdasarkan atas fungsinya menurut Undang-Undang Republik Indonesia No 13 Tahun 1980 tentang jalan yaitu :

1. Jalan Arteri yaitu jalan yang terletak di luar pusat perdagangan (*Out Lying Business Distric*) dan juga merupakan jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan Kolektor yaitu jalan yang terletak di pusat perdagangan (*Central Business District*) dan juga merupakan jalan yang melayani angkutan pengumpul/ pembagi dengan ciri – ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan Lokal yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri – ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

### 3.7.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 3.3 (Pasal 11, PP.No.43/1993).

Tabel 3.3. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III	8
Kolektor	III A	8
	III B	

### 3.7.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Untuk membatasi biaya pembangunan jalan, maka standar harus disesuaikan dengan keadaan topografi. Medan jalan di bagi atas 3 jenis yang dibedakan oleh besarnya kemiringan medan dalam arah yang kira-kira tegak lurus dengan as jalan raya. Pengelompokan medan dan kemiringan medan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

Tabel 3.4. Kemiringan Rata-Rata Berdasarkan Jenis Medan (Bina Marga, 1997)

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

Keseragaman kondisi medan yang dipekerjakan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

### 3.7.4 Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Faktor-faktor pokok dalam klasifikasi jalan raya untuk penerapan pengendalian dan kriteria perencanaan adalah Volume Lalu-Lintas Rencana (VLR) fungsi jalan raya dan kondisi medan. Diantaranya yang paling utama adalah VLR, karena dengan sendirinya peran jalan adalah untuk menampung arus lalu lintas. Harus ada toleransi dalam penerapan kelas standar pada jalan yang dikerjakan dengan memperhitungkan lingkungan sosial, keadaan geografis, strategi pembangunan dan sebagainya.

Peraturan pemerintah untuk jalan No. 26 Tahun 1985 menyinggung tentang kecepatan rencana minimum menurut fungsi jalan adalah :

- a. Kecepatan rencana 60 km/jam dan lebar jalan 8 m untuk jalan Arteri.
- b. Kecepatan rencana 40 km/jam dan lebar jalan 7 m untuk jalan Kolektor.
- c. Kecepatan rencana 20 km/jam dan lebar jalan 6 m untuk jalan Lokal.

Persyaratan di atas akan menjadi dasar untuk melengkapi standar perencanaan geometrik ini.

Tabel 3.5. Klafikasi Jalan Raya dan Penggunaan Kelas Standar (Bina Marga, 1997)

VLR ( SMP/hr)		> 50.000	≤ 50.000
Fungsi	Medan		
JALAN ARTERI	D		
	B	Kelas I	Kelas II
	G	Kelas I	Kelas III

Catatan : Kecepatan Rencana Minimum 60 km/jam

Untuk kecepatan rencana minimum 40 km/jam, klasifikasi jalan raya dan penggunaan kelas standar dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Klasifikasi Jalan Raya dan Penggunaan Kelas Standar (Bina Marga, 1997)

VLR ( SMP/hr)		> 30.000	30.000 ≥ 10.000	≤ 10.000
Fungsi	Medan			
JALAN ARTERI	D			
	B	Kelas III	Kelas III	Kelas IV
	G	Kelas III	Kelas III	Kelas IV

Catatan : Kecepatan Rencana Minimum 40 km/jam

Sedangkan untuk kecepatan rencana minimum yang lebih kecil lagi yaitu 20 km/jam, klasifikasi jalan raya dan penggunaan kelas standar dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Klasifikasi Jalan Raya dan Penggunaan Kelas Standar (Bina Marga, 1997)

VLR ( SMP/hr)		50.000	10.000 ≥ 1000	≤ 1000
Fungsi	Medan			
JALAN ARTERI	D			
	B	Kelas III	Kelas IV	Kelas V
	G	Kelas III	Kelas IV	Kelas V

Catatan : Kecepatan Rencana Minimum 20 km/jam.

Dimana :  $VLR = \text{Volume Lalu lintas Rencana}$

Dalam hubungannya dengan perencanaan geometrik ketiga golongan tersebut, penetapannya akan ada pada jalan tersebut. Jalan di bagi dalam kelas-kelas yang dipertimbangkan pada besarnya volume serta sifat lalu-lintas jalan yang bersangkutan. Adapun kelas jalan tersebut adalah :

1. Jalan Kelas I :
  - a. Berupa jalan raya berlajur banyak.
  - b. Melayani lalu lintas berat dan cepat.
  - c. Dalam komposisi lalu lintas tidak terdapat kendaraan lambat / tidak bermotor.

2. Jalan Kelas II :
  - a. Mencakup jalan sekunder dua jalur atau lebih.
  - b. Dalam komposisi lalu – lintas terdapat kendaraan lambat tetapi tidak terdapat kendaraan tidak bermotor.
  - c. Untuk lalu – lintas lambat disediakan jalur tersendiri.
  - d. Konstruksi aspal beton atau setaraf.
3. Jalan Kelas IIA
  - a. Dua jalur atau lebih dengan permukaan aspal beton atau setaraf.
  - b. Dalam komposisi lalu-lintas terdapat kendaraan lambat tetapi tidak terdapat kendaraan tidak bermotor.
  - c. Ada 3 kelas yang berlainan sifat lalu-lintas nya.
4. Jalan Kelas IIB
  - a. Dua jalur dengan Konstruksi permukaan penetrasi berganda atau yang setaraf.
  - b. Dalam komposisi lalu-lintas terdapat kendaraan lambat tetapi tidak terdapat kendaraan tidak bermotor.
5. Jalan Kelas IIC
  - a. Dua jalur dengan Konstruksi permukaan penetrasi tunggal atau yang setaraf.
  - b. Dalam komposisi lalu-lintas terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor.
6. Jalan Kelas III
  - a. Mencakup semua jalan-jalan penghubung.
  - b. Konstruksi jalan berjalur tunggal atau ganda.
  - c. Jenis konstruksi permukaan paling tinggi adalah peleburan dengan aspal.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (Dept. PU, 1970) bahwa jalan dibagi dalam kelas-kelas yang penetapannya kecuali didasarkan pada fungsinya juga dipertimbangkan pada besarnya volume lalu lintas jalan tersebut. Klasifikasi Jalan menurut Volume Lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Klasifikasi Jalan Menurut Volume Lalu Lintas (Dept. PU, 1970)

Klasifikasi		Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) dalam SMP
Fungsi	Kelas	
Utama Sekunder	I	> 20.000
	II A	6000 – 20.000
Penghubung	II B	1500 – 6000
	II C	< 20.000
	III	-

Tabel 3.9 Klasifikasi Jalan Menurut Undang-Undang No. 13 Tahun 1980

Klasifikasi Jalan	Keterangan
Jalan arteri	Yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
Jalan kolektor	Yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

Berkaitan dengan perencanaan geometrik, ketiga jalan tersebut dibagi dalam kelas-kelas yang penempatannya sangat ditentukan oleh perkiraan besarnya lalu lintas yang diharapkan akan ada pada jalan tersebut, sehingga berdasarkan volume lalu lintas, jalan dapat diklasifikasikan menurut Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 1993, seperti yang ditunjukkan Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Klasifikasi jalan menurut Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 1993

Klasifikasi jalan	Keterangan
1. Jalan kelas I	Yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 18 m dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton.
2. Jalan kelas II	Yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 18 m dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 10 ton.
3. Jalan kelas III A	Yaitu jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 18 m dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.
4. Jalan kelas III B	Yaitu jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 12 m dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.
5. Jalan kelas III C	Yaitu jalan lokal yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,1 m, ukuran panjang tidak melebihi 9 m dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

### 3.8. Mekanisme dan Jenis Kerusakan Perkerasan

Wiyono.(2009) Penurunan/memburuknya kondisi perkerasan diartikan sebagai kecendrungan perkembangan kerusakan perkerasan sebagai fungsi waktu serta faktor-faktor lain. Kerusakan perkerasan dapat dibedakan menjadi dua (2) tipe yaitu:

- a. Kerusak Struktural
- b. Kerusakan Fungsional

Kerusakan struktural adalah kerusakan dari satu atau lebih komponen perkerasan yang terkait dengan tegangan dan regangan yang terjadi, sehingga menyebabkan perkerasan tidak dapat lagi menerima beban lalu lintas.

Kerusakan fungsional adalah kerusakan perkerasan yang menyebabkan gangguan terhadap keamanan penggunaan jalan dan biaya operasional meningkat. Kerusakan fungsional bisa bersamaan dengan kerusakan struktural bisa juga berdiri sendiri. Kerusakan pada perkerasan lentur, biasanya dikuantitatifkan melalui survei kondisi perkerasan jalan dan dapat dikelompokkan dalam tiga mekanisme utama yaitu:

1. Retak (*Cracking atau Fracture*)
2. Desentegrasi
3. Deformasi

Masing-masing mekanisme kerusakan diatas, selanjutnya dapat dikelompokkan menurut jenisnya sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel berikut.

Tabel 3.11 Klasifikasi kerusakan Menurut Mekanisme dan jenisnya.

Mekanisme	Jenis	Uraian Ringkasan
Retak	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crocodile</li> <li>• Longitudinal</li> <li>• Transverse</li> <li>• Iregular</li> <li>• Map</li> <li>• Block</li> </ul>	<p>Berbentuk polygon saling berhubungan berdiameter &lt; 300 mm</p> <p>Berbentuk garis-garis sejajar dengan sumbu memanjang</p> <p>Berbentuk garis-garis tegak lurus sumbu jalan</p> <p>Berpola tidak beraturan dan berhubungan</p> <p>Berbentuk polygon saling berhubungan berdiameter &gt;300 mm</p> <p>Berpola segi empat dan saling berhubungan dengan jarak antar garis lebih dari 1 meter.</p>
Disentegrasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raveling</li> <li>• Potholes</li> <li>• Edgerbreak</li> </ul>	<p>Lepasnya butir-butir agregat dari permukaan</p> <p>Rongga terbuka pada permukaan yang mempunyai diameter dan kedalaman &gt;150 mm</p> <p>Lepasnya bagian perkerasan pada bagian tepi</p>

Deformasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rut</li> <li>• Depression</li> <li>• Shove</li> <li>• Ridge</li> <li>• Corugation</li> <li>• Undulation</li> <li>• Roughness</li> </ul>	<p>Penurunan memanjang yang terjadi sepanjang jejak roda</p> <p>Cekungan pada permukaan perkerasan</p> <p>Peninggian setempat pada permukaan</p> <p>Peninggian dalam arah memanjang</p> <p>Peninggian dalam arah melintang dengan arah yang berdekatan.</p> <p>Penurunan dalam arah melintang dengan jarak &gt;5 m</p> <p>Ketidakteraturan permukaan perkerasan disekitar jejak roda kendaraan</p>
-----------	--	--

Sumber: Prediksi Kerusakan pada perkerasan Jalan lentur, Wiyono (2009)

Jenis kerusakan yang paling penting yang harus dapat diprediksi untuk keperluan rencana umum adalah jenis kerusakan yang mendorong/berpengaruh terhadap pengambilan keputusan untuk melakukan pemeliharaan yaitu:

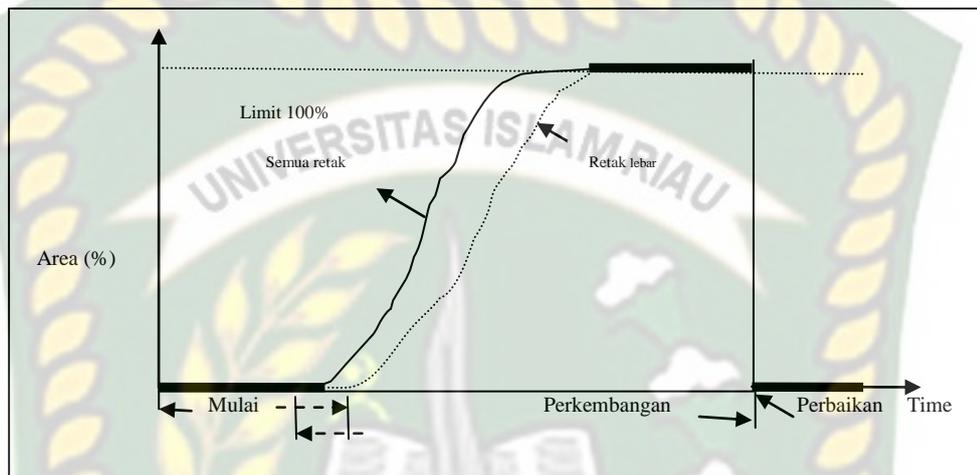
- a. Retak (*Crocodile Cracking*)
- b. Pelepasan butir
- c. Lubang
- d. Kelicinan
- e. Alur

### 3.8.1 Retak Pada Perkerasan Beraspal

Retak merupakan salah satu kerusakan yang sangat penting dalam perkerasan aspal. Tujuan utama/awal perencanaan aspal adalah minimalisasi retak. Retak juga sebagai faktor penentu dalam aplikasi penanganan pemeliharaan, tanpa memperhitungkan jumlah retak maka bisa menyebabkan kebutuhan penanganan pemeliharaan bisa menjadi lebih mahal dari yang dibutuhkan (HDM IV,1995).

Retak merupakan kerusakan yang memperlemah perkerasan yang memungkinkan air meresap kedalam dan menyebabkan kerusakan bertambah parah. Melalui proses tersebut, kerusakan pada perkerasan tersebut akan berkembang cepat sejak terjadinya retak, yang ditunjukkan oleh meningkatnya alur ketidakrataaan.

Retak adalah terjadinya patahan pada permukaan perkerasan (dalam konteks indentifikasi kerusakan). Mekanisme retak dibagi dalam dua (2) fase yaitu awal terjadinya dan perkembangannya. Pada fase berikutnya fase meluas secara cepat pada permukaan dan bukaan retak bertambah lebar, dapat dilihat pada gambar berikut :



Sumber : Prediksi kerusakan pada perkerasan jalan lentur (wiyono, 2009)

Gambar 3.6 Mulai dan perkembangan Retak

### 3.8.2 Mekanisme Deformasi

Penyebab deformasi permanen dapat dikelompokkan dua yaitu, yang berkaitan dengan lalu lintas “(*Traffic associated*)” dan bukan yang berkaitan dengan lalu lintas “(*non-Traffic associated*)”

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel. 3.12 Mekanisme Deformasi

Penyebab umum	Factor yang penyebab spesifik	Contoh kerusakan
Berkaitan dengan lalu lintas ( <i>Traffic associated</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beban tunggal atau bebarapa beban berlebih.</li> <li>- Pembebanan statis yang panjang.</li> <li>- Pembebanan lalu lintas berulang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pelelahan/<i>Plastic flow</i></li> <li>- Deformasi Rangkak</li> <li>- Alur / <i>rutting</i> (akibat dari akumulasi deformasi permanen yang terkait dengan lintasan beban roda)</li> </ul>
Tidak berkaitan dengan lalu lintas ( <i>non-traffic associated</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanah dasar yang ekspansif</li> <li>- Material dibawah perkerasan yang mudah memampat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penyusutan dan penembangan</li> <li>- Penurunan akibat konsolidasi jembul / <i>heave</i></li> </ul>

Sumber : Prediksi kerusakan pada perkerasan jalan lentur (Wiyono, 2009)

### 3.8.3 Alur/*Rutting* pada permukaan perkerasan

*Rutting* adalah permanen deformasi pada laipsan perkerasan akibat lalu lintas yang berbentuk pada jejak roda secara terus menerus yang akhirnya membentuk alur (peterson, 1987) alur akan timbul akibat perlemahan material, aus permukaan atau struktur yang tidak kuat. Monitor dan control dari alur mempunyai pengaruh terhadap kinerja perkerasan jalan, karena akan berpengaruh terhadap biaya operasi kendaraan (mempengaruhi nilai traksi kendaraan), keamanan adanya genangan air dan getaran muatan.

### 3.8.4 Mekanisme Terjadinya Lubang / *Potholing*

(Wiyono, 2009), Lubang terjadi akibat disintegrasi dan serta hilangnya bahan pada lapis permukaan dan selanjutnya pada lapisan pondasi. Paterson (1987), Lubang/*potholing* adalah rongga pada permukaan jalan dengan diameter rata-rata lebih besar atau sama dengan 150 mm dan kedalaman rata-rata lebih besar atau sama dengan 25 mm. Diameter lubang tergantung pada kondisi lapis permukaan disekitarnya serta kemampuan menahan pengelupasan (*attrition*).

Lubang biasanya diukur berdasarkan tingkat keparahan dan jumlahnya.

Jumlah lubang didasarkan pada :

- Jumlah luas lubang ( $m^2$ ) persatuan panjang jalan
- Jumlah lubang persatuan panjang jalan
- Persen dari luas perkerasan jalan yang berlubang.

Sedangkan tingkat keparahan kerusakan jalan didasarkan pada :

- Rata-rata kedalaman
- Rata-rata luas area dari lubang
- Kombinasi dari kedalaman dan luas area

Tingkat/ukuran dari lubang juga ditunjukkan sebagai jumlah lubang (ukuran standar) per jalur-Km. Ukuran standar lubang yang diusulkan adalah berdiameter 300 mm ( $0.07 m^2$ ).

Tabel 3.13 Perbandingan beberapa Metode Prediksi Kinerja

Metode Bina Marga		Metode Kenedy,1987		Wiyono, 2009	
Klasifikasi (PSI)	Kenampakan	Klasiifikasi	Kenampakan	Klasifikasi (PSI)	Kenampakan Take in SNC 3 to 4
Sangat baik (4-5)	-	Bagus 1	Tidak ada retak dan tidak alur	Sangat bagus (4-5)	No crack, No Rut. (No damages)
Baik (3-4)	-	Bagus 2	tidak ada retak, alur kurang dari 10 mm	Bagus (3-4)	Crack < 14.5% Rutting < 17.3% No Ravelling No Edge Break.
Cukup(2-3)	-	Kritis 1	Tidak ada retak, alur antara 10 mm-dari 20 mm	Cukup (2-3)	14.5% <Crack <23%, 17.3<Rutting<19.35<mm, No raveling, no potholing <40 nm/km
Jelek (1-2)	-	Kritis 2	Terjadi retak tunggal pada jejakroda, alur kurang dari 20 mm	Jelek (1-2)	23 <Crack <33% Rutting <25 mm Raveling 45% Potholes 100 nm/km
Sangat Jelek (0-1)	-	Gagal 1  Gagal	Retak melebar pada seluruh jejak roda dan alur/ <i>Rutting</i> lebih besar dari 20 mm Bahaya bagi alalu lintas , disintegrasikan pada permukaan jalan	Sangat jelek (0-1)	Crack >33% Rutting > 25 mm Raveling >45 % Potholes>200 nm/Km

Sumber : Prediksi kerusakan pada perkerasan jalan lentur (Wiyono, 2009)

### 3.8.5 Truck Factor (TF)

*Truck Factor* adalah faktor penyebab utama dalam terjadinya deformasi atau kerusakan jalan sehingga menjadi *overloading*. Suatu Jalan yang mengalami *overloading* apabila nilai dari *Truck Factor* (TF) > 1 maka dapat jalan tersebut telah terjadi *overloading*. Untuk jalan pada ruas Jalan Nasional Lintas Timur Simpang Bukit Timah Km 236 Kabupaten Rokan Hilir dapat disimpulkan jalan tersebut *overload* atau tidak.

$$TF = \frac{ESAL}{N} \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan : TF : *Truck Factor*  
ESAL : *Equivalent Standart Axle Load* (Total)  
N : Jumlah Lalu Lintas Harian Truk Rata-Rata

### 3.8.6 Formula Daya Rusak Roda Kendaraan (*Damage Factor*) Akibat Beban Berlebih Terhadap Perkerasan

Helmi(2000) mengatakan *damage factor* adalah nilai daya rusak terhadap jalan yang diakibatkan oleh sumbu kendaraan yang melaluinya. Anggapan bahwa nilai daya rusak ini sebanding dengan pangkat tiga sampai pangkat enam dari beban sumbu itu sendiri.

Besaran beban sumbu dan beban sumbu yang telah di ekivalenkan kedalam *Standart single axle load* dikenal dengan nama *damage factor formula*. Setiap kendaraan mempunyai *damage factor* dari sumbu depan dan sumbu belakang sehingga konstruksi perkerasan jalan direncanakan dengan nilai daya nilai repetisi tertentu sebagai jumlah *damage factor* dalam satuan *Standart Axle Load* 18.000/ Lbs selama umur rencana tersebut.

Formula daya rusak adalah formula untuk menghitung daya rusak dari suatu beban sumbu kendaraan (*Axle Load*) yang secara umum terdapat tiga jenis formula menurut jenis sumbunya yaitu:

1. *Single Axle* (satu sumbu)
2. *Tandem Axle* (Dua Sumbu)
3. *Triple Axle* (Tiga Sumbu)

Formula daya rusak baik adalah formula daya rusak apabila dimasukan *Standart Axle Load* nilai rusaknya mencapai 1, sedangkan nilai daya rusak *Equivalent Axle Load (EAL)* suatu beban adalah jumlah batasan sumbu tunggal 18.000 Lbs (8,16) ton yang berdampak kerusakan perkerasan sama bila beban kendaraan tersebut melintas satu kali.

Konstruksi perkerasan jalan menerima beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda-roda kendaraan. Besarnya beban yang dilimpahkan tersebut tergantung dari berat beban total kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda perkerasan. Dengan demikian efek dari masing-masing kendaraan terhadap kerusakan yang ditimbulkan tidaklah sama. Oleh karena itu perlu adanya beban standar sehingga semua beban lainnya dapat diekivalensikan kebeban standar tersebut.

### **3.9 Penurunan Umur Pelayanan Jalan Berdasarkan Komposisi Lalu Lintas**

Hendarsin, (2000) Didalam perencanaan tebal lapisan perkerasan, telah ditetapkan bahwa ruas jalan yang direncanakan harus sesuai dengan standard dan peraturan yang telah ditetapkan khususnya MST yang direncanakan. Tapi ketentuan ini sering diabaikan sehingga masa pelayanan yang direncanakan tidak optimal, dan mengakibatkan kerusakan pada struktur perkerasan jalan.

Untuk mengetahui sejauh mana tingkat atau masa pelayanan suatu jalan haruslah berpedoman pada standar muatan suatu berat yang berlaku, karena kendaraan dengan beban yang berlebih memiliki daya perusak yang besar terhadap perkerasan jalan.

Perhitungan ini digunakan berdasarkan pada komposisi lalu lintas dan dapat dijadikan dasar terhadap perilaku lalu lintas di lapangan, karena akan mencakup komposisi dan nilai ekivalen tiap jenis kendaraan.

Menurut Anas, 1983 langkah-langkah perhitungan penurunan umur pelayanan jalan berdasarkan komposisi lalu lintas normal terhadap lalu lintas beban berlebih (*overload*) adalah :

1. Hitung Komposisi lalu Lintas

Komposisi lalu lintas dihitung pada setiap jenis kendaraan terhadap volume lalu lintas secara keseluruhan. Pada lalu lintas normal komposisi lalu lintas normal, komposisi volume tiap jenis kendaraan sesuai dengan berat standar yang telah ditentukan. Sedangkan pada lalu lintas beban berlebih, komposisi volume tiap jenis-jenis kendaraan sesuai dengan berat kendaraan yang terjadi pada lalu lintas terutama pada kendaraan yang melebihi muatan sumbu terberat.

Rumus yang digunakan dalam menentukan komposisi setiap jenis kendaraan adalah :

$$\frac{V_{kend}}{V_{total}} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.7)$$

2. Hitung Angka Ekuivalen Kendaraan

Untuk mendapatkan angka ekuivalen tiap jenis kendaraan dengan rumus pada persamaan (3.1 dan 3.2) yaitu :

$$E.Sb = k \left[ \frac{\text{Beban Sumbu}}{8.16} \right]^4 \dots\dots\dots(3.8)$$

$$E_{kend} = E_{sb \text{ depan}} + E_{sb \text{ Belakang}}$$

Dimana :

E sb = Nilai ekuivalen beban sumbu kendaraan

Ekend = Nilai ekuivalen beban kendaraan

K = Koefisien

3. Hitung Jumlah Ekuivalen pada Komposisi Lalu Lintas Normal

Jumlah angka ekuivalen pada komposisi lalu lintas normal didapat berdasarkan rumus :  $AE - nr = \sum (LHR - nr (\% ) \times E_{kend} ) \dots\dots\dots(3.9)$

4. Tentukan Jumlah Angka Ekuivalen pada Komposisi Lalu Lintas Beban Berlebih.

Jumlah angka ekivalen pada komposisi lalu lintas beban berlebih dengan rumus :

$$AE - bl = \sum (LHR-lb (\%)) \times E \text{ kend} ) \dots\dots\dots(3.10)$$

5. Hitung Penurunan Umur Pelayanan Jalan

Penurunan umur pelayanan jalan didapat berdasarkan rumus :

$$UP = \frac{AE-nr}{AE-bl} \times UR \dots\dots\dots(3.11)$$

Dimana: AE - nr = Total angka ekivalen komposisi lalu lintas normal.

AE-bl = Total angka ekivalen komposisi lalu lintas berlebih

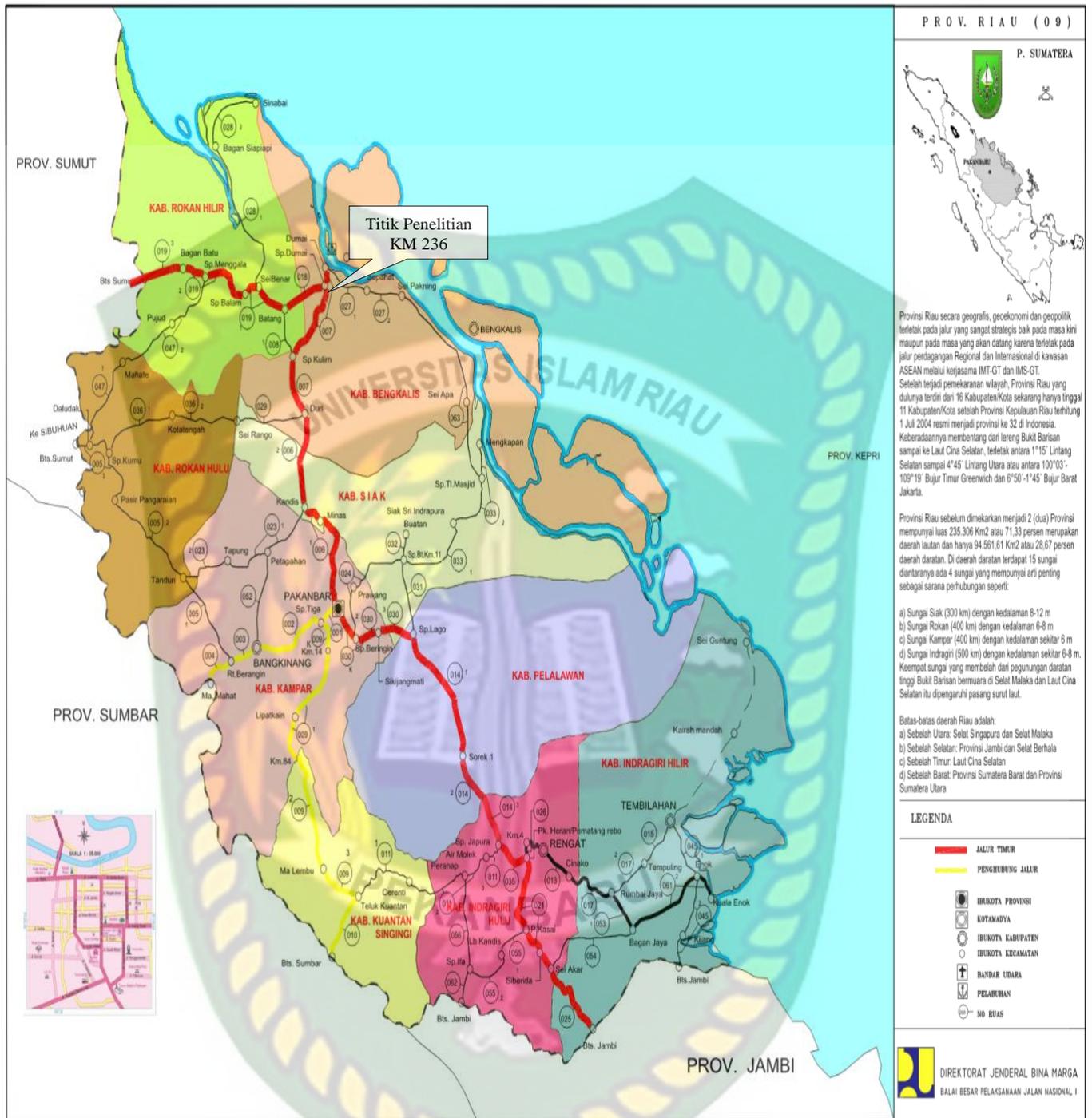
UP = Umur (masa) pelayanan (tahun)

UR = Umur (masa) Rencana (tahun)

Vkend = Volume tiap jenis kendaraan

Vtot = Volume total kendaraan





Gambar 4.2. Peta Lokasi Penelitian

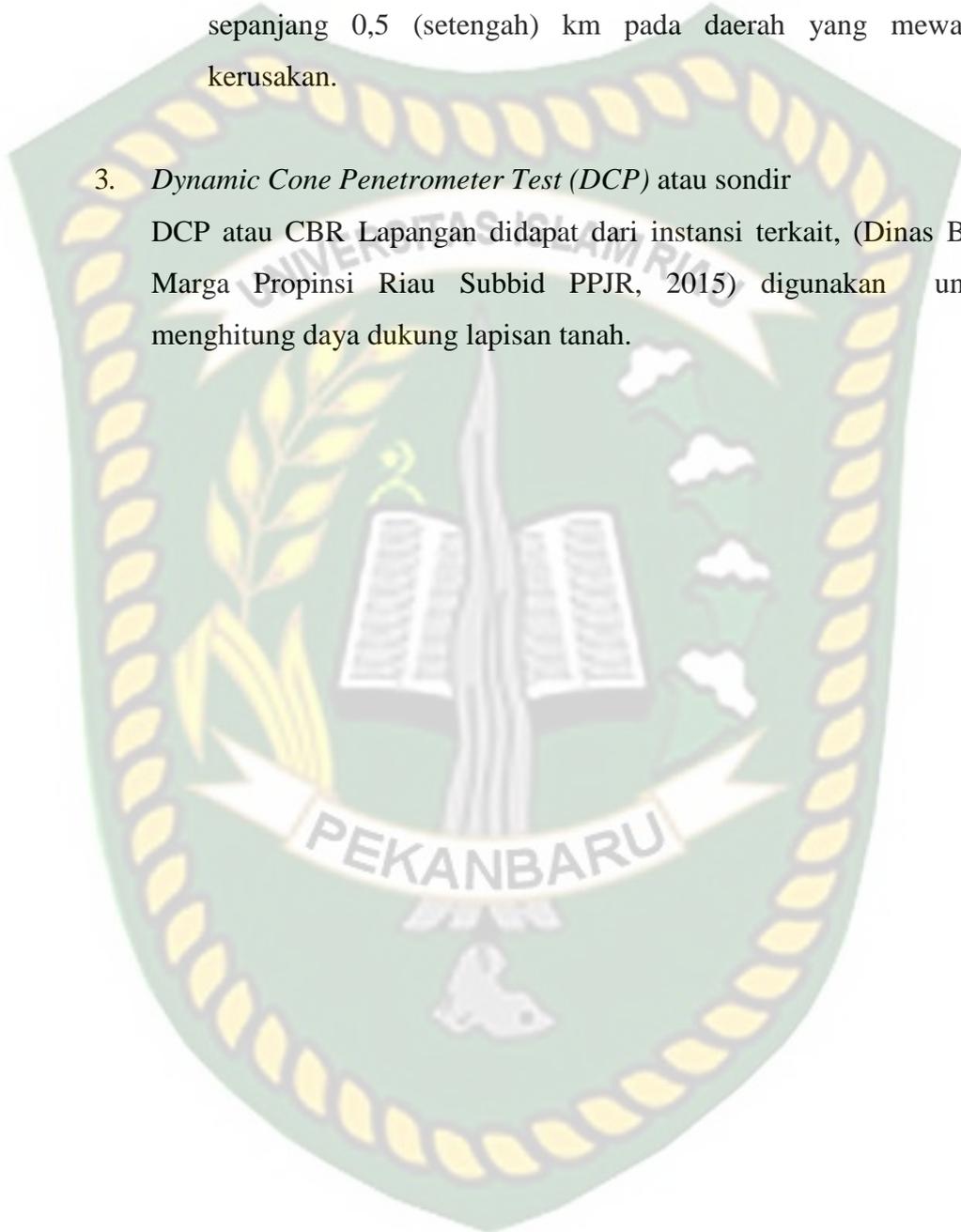
### 4.3 Teknik Pengumpulan Data

Metode penelitian yang digunakan antara lain :

1. Studi literatur yaitu berupa tinjauan pustaka yang berhubungan dengan disiplin ilmu yang berkaitan dengan kegiatan perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan jalan.
2. Data Primer diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan yaitu berupa :
  - a. Pencatatan data jenis kendaraan lalu lintas harian ( Data Survey RSPA, 2013 ) yang melintasi ruas jalan tersebut.  
Dengan cara melakukan survei lalu lintas paling sedikit 24 jam yang dilakukan mulai pukul 09.00 sampai dengan 09.00 (selama 24 jam) esok harinya. Kegiatan ini dilakukan untuk menetapkan jumlah dan jenis kendaraan yang melalui ruas jalan yang ditinjau selama 24 jam, sehingga dari data tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam merencanakan jenis perkerasan yang sesuai.
  - b. Data kerusakan meliputi pengumpulan data kerusakan pada segmen-segmen pemantauan dilakukan untuk masing-masing arah, survei kondisi tersebut pada dasarnya dilakukan secara kuantitatif dengan peralatan sederhana. Kerusakan jalan ditinjau secara visual, dengan titik tinjauan tiap 50 m dalam jarak 0,5 km tepatnya pada KM 236.

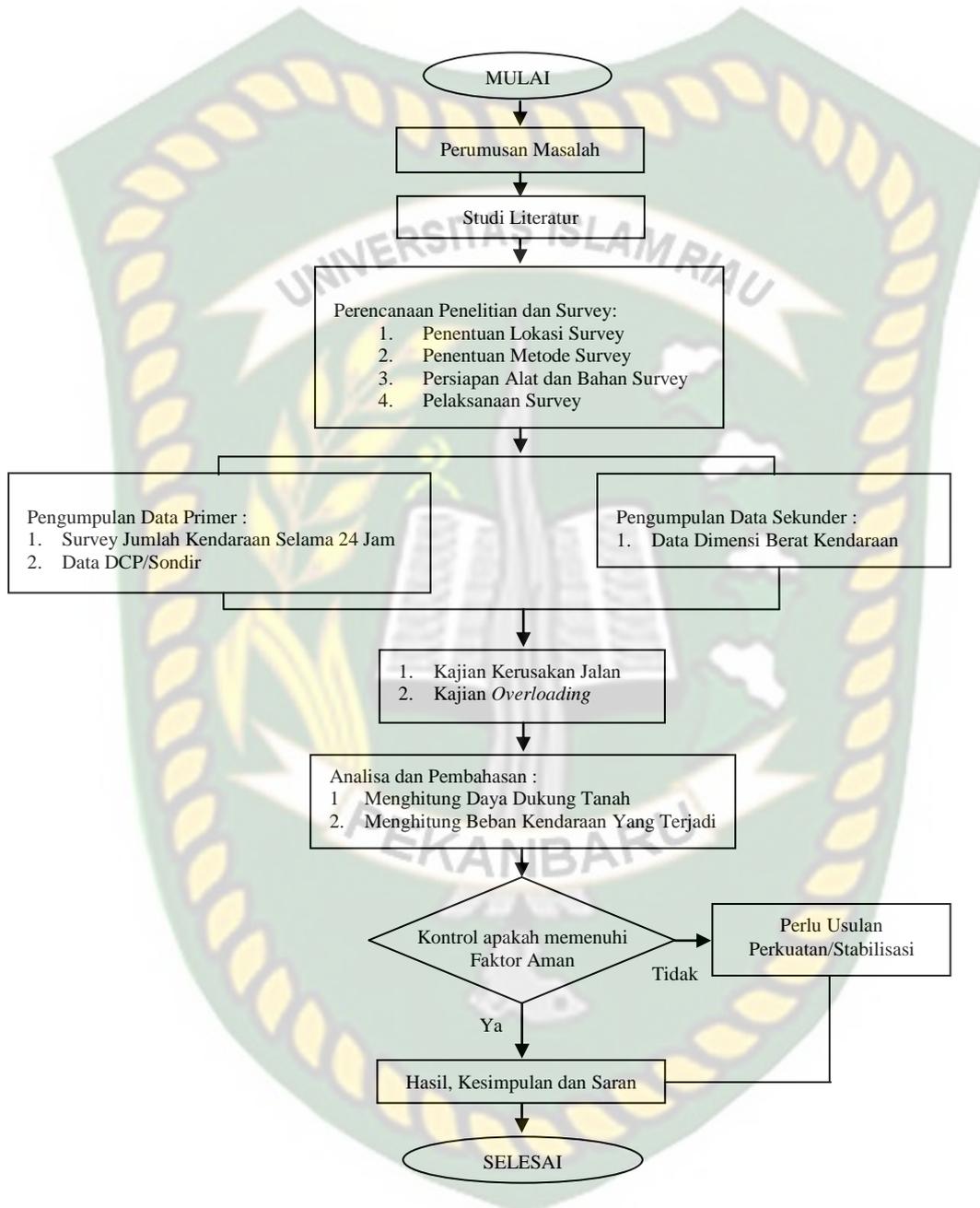
c. Apabila perkerasan mempunyai lebar dimana kendaraan (truk) dalam masing-masing arah tidak memungkinkan menggunakan pada lajur yang tetap, maka survei dilakukan untuk seluruh lebar perkerasan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan meteran sepanjang 0,5 (setengah) km pada daerah yang mewakili kerusakan.

3. *Dynamic Cone Penetrometer Test (DCP)* atau sondir DCP atau CBR Lapangan didapat dari instansi terkait, (Dinas Bina Marga Propinsi Riau Subbid PPJR, 2015) digunakan untuk menghitung daya dukung lapisan tanah.



#### 4.4 Tahapan Penelitian

Untuk lebih memudahkan pencapaian tujuan penelitian, prosedur penelitian digambarkan dalam bagan alir sebagai berikut,



Gambar 4.3 Bagan alir penelitian

#### 4.5 Prosedur Penelitian

Secara umum penelitian ini dilakukan dalam tahapan–tahapan sebagaimana disajikan berikut ini:

1. Tahap pertama, melakukan evaluasi terhadap data primer hasil penyelidikan tanah yang akan digunakan untuk analisis. Pengumpulan data hasil dilapangan dianalisis sesuai kondisi permasalahan masing-masing lokasi. Kekurangan data dilakukan korelasi mengacu dari literatur yang ada.
2. Tahap kedua, menghitung daya dukung tanah berdasar data penyelidikan tanah yang ada.
3. Tahap ketiga, menghitung beban masing – masing jenis kendaraan.
4. Selanjutnya, menentukan penyebab utama kerusakan ruas Jalan Nasional Lintas Timur Simpang Bukit Timah KM 236 Kabupaten Rokan Hilir

Dengan demikian akan didapat korelasi antara pengaruh daya dukung tanah terhadap penurunan badan jalan, sehingga dapat ditarik kesimpulan dari hasil analisis yang dilakukan dan memberikan rekomendasi agar dapat ditindak lanjuti oleh pihak terkait.

## **BAB V**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1. Umum**

Kerusakan perkerasan jalan terjadi di KM 236, dimana satu dari 2 lajur jalan mengalami penurunan arah memanjang.

Pada titik kerusakan, berdasarkan pengamatan adalah perkerasan lentur dengan lebar badan jalan 6,9 m, bahu jalan 1,5 m. Penurunan terjadi sepanjang 200 m, dengan kedalaman penurunan berkisar antara 20 cm sampai 50 cm.

Data penyelidikan tanah yang diperoleh digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menganalisis kapasitas dukung yang terjadi.

Ketelitian penyelidikan tanah tergantung dari besarnya beban yang akan bekerja, tingkat keamanan yang diinginkan, kondisi lapisan tanah dan biaya yang tersedia untuk penyelidikan. Oleh karena itu untuk bangunan – bangunan sederhana atau ringan, kadang tidak dibutuhkan penyelidikan tanah, karna kondisi tanahnya dapat diketahui berdasarkan pengalaman setempat.

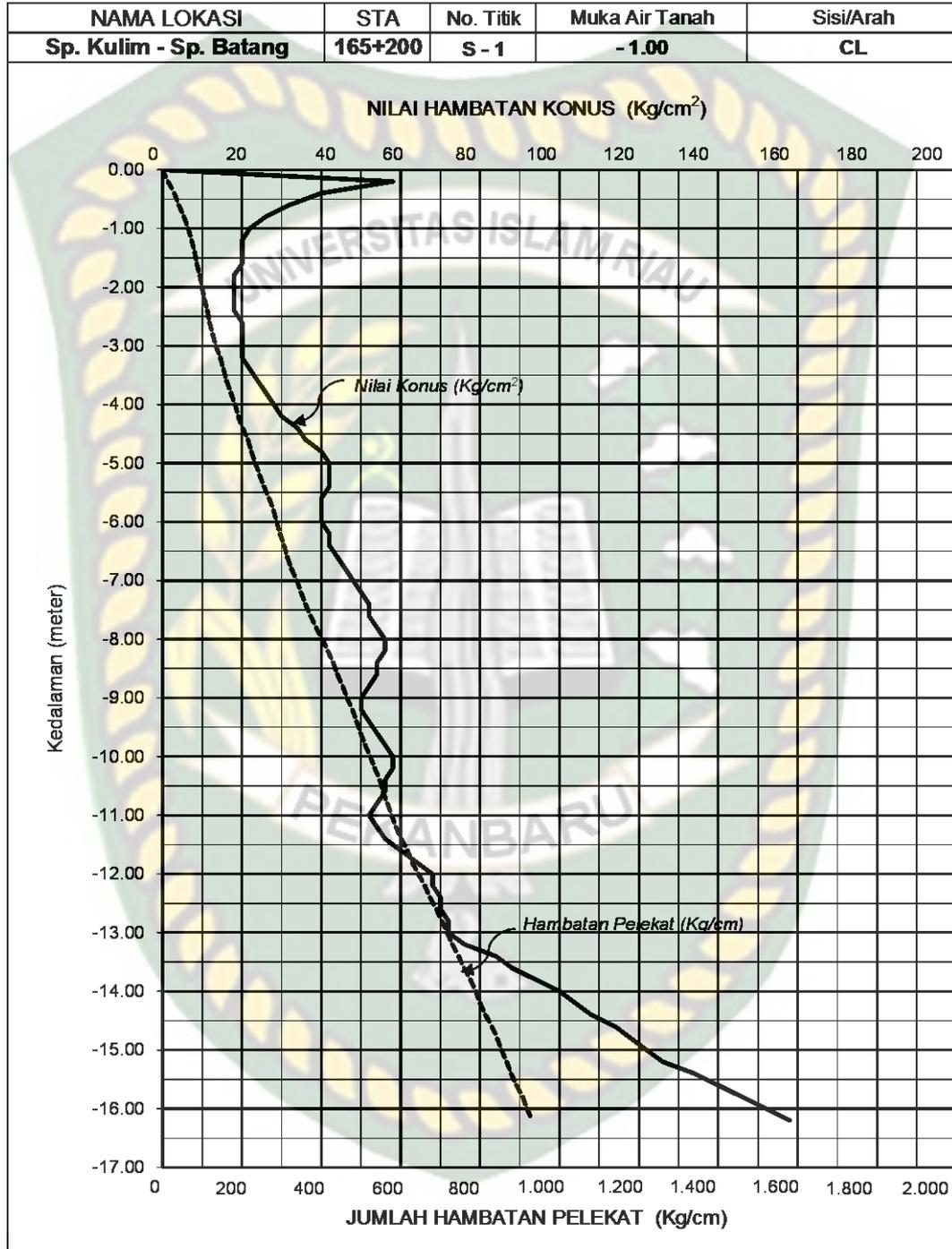
#### **5.2. Perhitungan Daya Dukung Tanah**

Untuk memenuhi stabilitas jangka panjang, perhatian harus diberikan pada perletakan dasar fondasi. Fondasi harus diletakkan pada kedalaman yang cukup untuk menanggulangi resiko erosi permukaan, gerusan, kembang susut tanah dan gangguan tanah lainnya.

Analisis kapasitas dukung, dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan – persamaan yang dibuat, dikaitkan dengan sifat – sifat tanah. Analisisnya, dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai bahan yang bersifat plastis.

### GRAFIK HASIL SONDIR

**Proyek :** **Dikerjakan oleh :** ADEK  
**Lokasi :** Sp.Kulim-Sp.Batang **Dihitung oleh :** Harun.NR  
**Tanggal :** Oktober 2012 **Diperiksa oleh :** Harun.NR



Gambar 5.1 Grafik Hasil Sondir

Dengan rumus Meyerhof bila menggunakan data sondir sebagai perhitungan, nilai  $q_c$  yang diambil pada kedalaman 2m,  $q_c = 18 \text{ Kg/cm}^2$ , hasil perhitungan sebagai berikut :

$$q_u = q_c \cdot B \left( 1 + \frac{D}{B} \right) \frac{1}{40}$$

$$q_u = 18 \cdot 1 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \frac{1}{40}$$

$$q_u = 1,35 \text{ Kg/cm}^2$$

Setelah didapat ( $q_{ult}$ ), selanjutnya menghitung daya dukung tanah ijin :

$$q = \frac{q_{ult}}{SF}$$

$$q = \frac{1,35}{3}$$

$$q = 0,45 \text{ Kg/cm}^2$$

Hasil perhitungan ini, akan dihubungkan dengan hasil perhitungan Tegangan yang terjadi untuk masing masing kendaraan. Pada semua jenis sumbu, STRT, STRG, SDRG dan STRG.

Dimana tegangan yang terjadi akibat beban kendaraan harus lebih kecil dari tegangan ijin tanah yang dihasilkan. ( $\sigma_{tanah} > \sigma_{yang \text{ terjadi}}$ ).

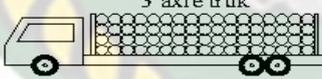
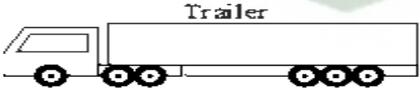
### **5.3. Perhitungan Beban Kendaraan untuk Masing – Masing Jenis Kendaraan**

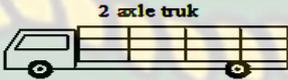
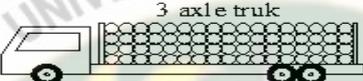
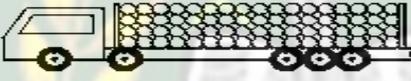
Konstruksi perkerasan jalan menerima beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda-roda kendaraan. Besarnya beban yang dilimpahkan tersebut tergantung dari berat beban total kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan perkerasan. Dengan demikian efek dari masing-masing kendaraan terhadap kerusakan yang ditimbulkan tidaklah sama.

Tercapainya atau terlampauinya batas kapasitas konstruksi (sejumlah repetisi EAL) akan menyebabkan berubahnya konstruksi perkerasan yang semula mantap menjadi tidak mantap. Kondisi tidak mantap tersebut tidak berarti kondisi *failure* ataupun *collapse*. Dengan demikian istilah *failure* atau *collapse* secara teoritis tidak boleh terjadi, karena kondisi mantap adalah kondisi yang masih baik tetapi sudah memerlukan penanganan berupa pelapisan ulang (*overlay*). Kerusakan total (*failure, collapse*) dimungkinkan terjadi di lapangan, menunjukkan bahwa konstruksi perkerasan jalan tersebut telah diperlakukan salah yaitu mengalami keterlambatan dalam penanganan pemeliharaan baik rutin maupun berkala untuk menjaga tidak terjadinya *collapse* atau *failure* dimaksud.

Direktorat Jenderal Perhubungan Darat : Panduan batasan maksimum perhitungan JBI (Jumlah berat yang diijinkan) dan JBKI (Jumlah berat kombinasi yang diijinkan) untuk mobil barang, kendaraan khusus, kendaraan penarik berikut kereta tempelan / kereta gandengan Nomor SE.02/AJ.108/DHUD/2008 tanggal 7 Mei 2008, memberikan ketentuan konfigurasi beban pada sumbu masing – masing kendaraan. Sebagai berikut :

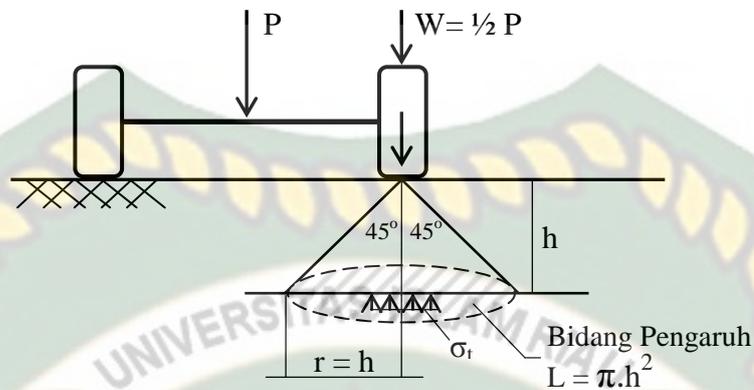
Tabel 5.1. Konfigurasi Beban Sumbu Kendaraan

No	Type Kendaraan Umum	Berat Total (Ton)	Distribusi Beban Sumbu (Ton)		
			Depan	Belakang	
				Ke 1	Ke 2
1	Kendaraan Ringan 	2	1	1	
2	Bus Kecil 	6	2.04	3.96	
3	Bus Besar 	9	3.06	5.94	
4	Truk 2 As 	18.2	6.19	12.01	
5	Truk 3 As 	25	6.25	18.75	
6	Truk Gandengan/Trailer 	42	7.56	11.76	22.68

No	Type Kendaraan Angkutan Kayu	Berat Total (Ton)	Distribusi Beban Sumbu (Ton)		
			Depan	Belakang	
				Ke 1	Ke 2
1	Truk 2 As 		3.38	14.82	
2	Truk 3 As 		4.57	27.33	
3	Truk Gandengan 		5.36	17.70	21.30

Berdasarkan tabel konfigurasi beban sumbu kendaraan di atas, didapat muatan sumbu terberat (MST) adalah : roda sumbu belakang truk angkutan kayu 3 As ( SDRG = 27.33 Ton ).

Berikut ditampilkan gambar bidang pengaruh dari beban roda kendaraan, akibat beban P yang bergerak ( dinamis ).



Gambar 5.2. Bidang Pengaruh Beban Roda

$$W = L \text{ daerah tekanan} \cdot \sigma_t$$

$$\frac{1}{2} P = \pi \cdot r^2 \cdot \sigma_t \longrightarrow r = h$$

Karena beban P bergerak berulang kali, maka beban P dinamis. Beban yang dinamis pada perhitungan dikali koefisien/factor kejut ( $\gamma$ ). Untuk muatan/beban yang berulang-ulang, Hooks menentukan besarnya nilai koefisien/factor kejut adalah :

$$\gamma = 1 + 0,7 \cdot \text{Log} n$$

Dimana,

n = Jumlah lintasan lalu lintas

$$\gamma = 1 + 0,7 \cdot \text{Log} 2$$

$$= 1 + 0,2$$

$$= 1,2$$

Sehingga untuk setiap perhitungan beban, beban P yang bekerja dikali koefisien 1,2.

$$W = L \text{ daerah tekanan} \cdot \sigma_t$$

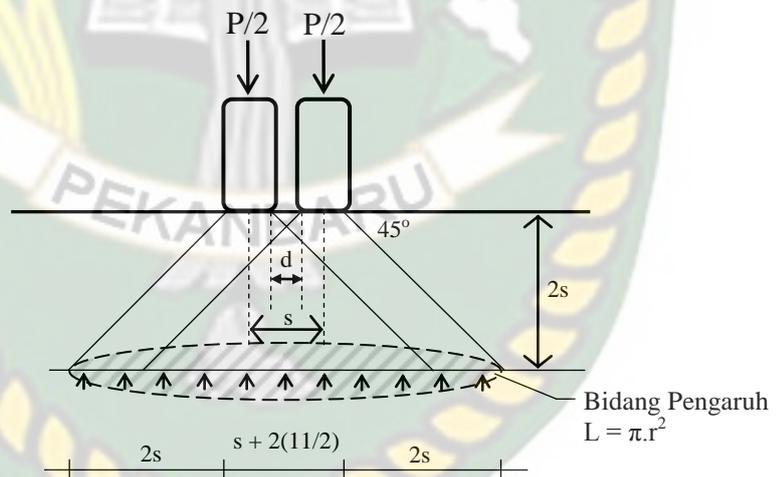
$$\begin{aligned} \frac{1}{2} P (\gamma) &= \pi \cdot r^2 \cdot \sigma_t \quad r = h \\ \frac{1}{2} P (1.2) &= \pi \cdot h^2 \cdot \sigma_t \\ 0.6 P &= \pi \cdot h^2 \cdot \sigma_t \dots \dots \dots (5.1) \end{aligned}$$

Bidang pengaruh dari beban roda kendaraan *dual wheel*, akibat beban P yang bergerak, dimana :

- s = jarak pusat beban *dual wheel*  
= 33 cm
- d = jarak tepi roda kendaraan  
= S - 2 ( jari-jari kontak/2 )  
= 33 - 2(11/2)  
= 22 cm

Diameter bidang pengaruh beban roda kendaraan *dual wheel* :

$$\begin{aligned} D &= 2s + (s + 1/2d) + 2s \\ &= 2(33) + (33 + 11) + 2(33) \\ &= 165 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 5.3. Bidang Pengaruh Beban Roda

Sumber : Perencanaan Bandar Udara Jilid 1 dan 2 Horenjef. R & Mckelvel (1993)

Nilai (h) disesuaikan dengan grafik hasil sondir, dimana pada kedalaman h = 2m nilai konus (qc) memiliki nilai minimum. Konversi kedalaman pada gambar diatas

$$\text{adalah} = \frac{2s}{D} : \frac{200}{x}$$

$$= \frac{66}{165} : \frac{200}{x}$$

$$x = 500 \text{ cm ( diameter bidang pengaruh pada kedalaman 2m )}$$

$$W = L \text{ daerah tekanan} \cdot \sigma_t$$

$$\frac{1}{2} P (\gamma) = \pi \cdot r^2 \cdot \sigma_t$$

$$\frac{1}{2} P (1.2) = \pi \cdot r^2 \cdot \sigma_t$$

$$0.6 P = \pi \cdot r^2 \cdot \sigma_t \dots \dots \dots (5.2)$$

Dengan rumus Meyerhof bila menggunakan data sondir sebagai perhitungan, didapat q = 45 Kg/m<sup>2</sup> ( daya dukung ijin tanah per m<sup>2</sup> ).

Berdasarkan tabel hasil perhitungan beban yang diterima masing – masing roda kendaraan, angka maximal hasil perhitungan dimasukkan ke persamaan. Dari hasil hitungan beban roda dapat dilihat, bahwa hanya beban kendaraan ringan dan bus kecil yang dapat didukung dengan baik oleh lapisan tanah yang ada. Sedangkan beban roda akibat jenis kendaraan lainnya, menghasilkan angka tidak aman. Dapat dilihat pada lampiran A.

#### 5.4. Penyebab Kerusakan Perkerasan

Dari hasil perhitungan daya dukung tanah yang dihubungkan dengan beban roda masing – masing jenis kendaraan, didapat hasil yang menjelaskan bahwa kerusakan yang terjadi pada Perkerasan Ruas Jalan Nasional Lintas Timur Simpang Bukit Timah KM 236 disebabkan oleh faktor utama yaitu daya dukung tanah yang sangat rendah.

## 5.5. Solusi Perkuatan Tanah

Untuk mensiasati daya dukung tanah yang sangat rendah, harus dipilih beberapa alternatif penanganan. Salah satu diantaranya adalah tiang pancang. Pondasi tiang pancang adalah bagian dari struktur jalan yang digunakan untuk menerima dan menyalurkan beban kendaraan ketanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu.

Tiang pancang dipilih sebagai solusi perkuatan tanah dikarenakan dari hasil pemeriksaan/penyelidikan tanah menunjukkan bahwa lapisan tanah kuat terletak sangat dalam.

Pondasi tiang yang dipilih adalah tiang beton pracetak. Keuntungan pemakaian tiang pancang pracetak antara lain :

1. Bahan tiang dapat diperiksa sebelum pemancangan
2. Prosedur pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah
3. Tiang dapat dipancang sampai kedalaman yang dalam

### 5.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang

Berdasar hasil hitungan kombinasi dimensi dan kedalaman tiang pancang, direncanakan Tiang Pancang dengan Spesifikasi sebagai berikut :

H = 6 m ( disesuaikan data sondir dan produksi tiang pancang )

Dimensi = P = 25cm L = 25cm

A = P . L  
= 625 cm<sup>2</sup>

qc = 40 kg/cm<sup>2</sup> ( dari data sondir )

O = 100 cm

JHP = 280 kg/cm ( dari data sondir )

**TABEL 5.1 PERHITUNGAN KOMBINASI TIANG PANCANG**

No	DIMENSI PANCANG (Cm)	H (m)	A (Cm <sup>2</sup> )	O (Cm)	qc (Kg/Cm <sup>2</sup> ) ( Sondir )	JHP (Kg/Cm) ( Sondir )	$P = \frac{A \cdot qc}{3} + \frac{O \cdot JHP}{5}$ (Kg)	JUMLAH = $\frac{VA}{P}$ (Bh)
1	20 x 20	6.0	400	80	40	280	9.81	3.49 4.00
2	20 x 20	5.0	400	80	42	240	9.44	3.63 4.00
3	20 x 20	4.0	400	80	28	180	6.61	5.18 6.00
4	20 x 20	3.0	400	80	20	140	4.91	6.98 7.00
5	25 x 25	6.0	625	100	40	280	13.93	2.46 3.00
6	25 x 25	5.0	625	100	42	240	13.55	2.53 3.00
7	25 x 25	4.0	625	100	28	180	9.43	3.63 4.00
8	25 x 25	3.0	625	100	20	140	6.97	4.92 5.00

**NB DARI KOMBINASI DIMENSI DAN KEDALAMAN TIANG PANCANG, SERTA MEMPERHATIKAN GRAFIK SONDIR YANG ADA DIDAPAT DIMENSI DAN KEDALAMAN YANG PALING EFISIEN : TIANG PANCANG 25 x 25 PANJANG 6m.**

Untuk menghitung daya dukung tiang yang diijinkan ( $\bar{P}$ ), seluruh parameter yang telah diketahui, dimasukkan ke persamaan :

$$\bar{P} = \frac{A \cdot qc}{3} + \frac{O \cdot JHP}{5}$$

$$\bar{P} = \frac{625 \times 40}{3} + \frac{100 \times 280}{5}$$

$$\bar{P} = \frac{25.000}{3} + \frac{28.000}{5}$$

$$\bar{P} = 13933,33 \text{ Kg}$$

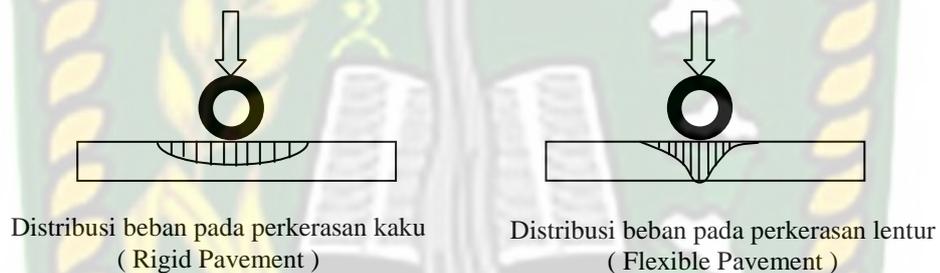
$$\bar{P} = 13,93 \text{ Ton}$$

### 5.5.2 Pembebanan Tiang Pancang

Beban yang terjadi ( P ) adalah gabungan dari :

1. Beban kendaraan ( per segmen )
2. Beban plat lantai ( lantai beton bertulang / rigid pavement )

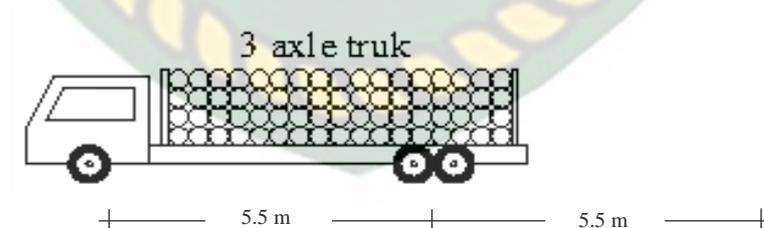
Perkerasan beton yang kaku ( rigid pavement ), memiliki modulus elastisitas yang tinggi, mendistribusikan beban dari atas menuju bidang tanah dasar yang cukup luas, dimana bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan, diperoleh dari plat sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan. Seperti gambar di bawah ini.



Gambar 5.4 Distribusi Beban Pada Perkerasan

Kendaraan yang diperhitungkan, yaitu beban kendaraan dengan muatan sumbu terberat ( MST ), berdasarkan pendekatan hasil survey adalah beban roda belakang Truk angkutan kayu 3 sumbu ( SDRG = 27.33 Ton ). Segmen yang dihitung adalah berdasarkan segmen lapangan pelaksanaan perkerasan rigid.

$P = 5.5 \text{ m}$  dan  $L = 3.5 \text{ m}$



Gambar 5.5 Segmen perkerasan kaku

Kendaraan dengan muatan sumbu terberat, menjadi dasar dalam menghitung kebutuhan tiang pancang, sehingga jenis kendaraan lain yang mempunyai muatan sumbu lebih kecil, akan dapat dilayani dengan baik.

Analisa beban yang terjadi :

1. Beban titik / terpusat (P)

Adalah beban roda sumbu kendaraan dengan muatan sumbu terberat (MST).

Yaitu beban roda belakang Truk angkutan kayu 3 sumbu  
( SDRG = 27.33 Ton )

$$\begin{aligned} P_1 = P_2 &= 27.33/2 \\ &= 13.67 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Beban roda adalah beban bergerak, pada perhitungan, beban roda (P) dikali koefisien kejut (1,2).

$$\begin{aligned} P_1 = P_2 &= (13.67) 1,2 \\ &= 16.4 \text{ Ton } (\downarrow) \end{aligned}$$

Reaksi terbesar diterima tiang pancang adalah pada saat beban persis diatas tiang pancang, sehingga beban P diletakkan tepat diatas tumpuan.

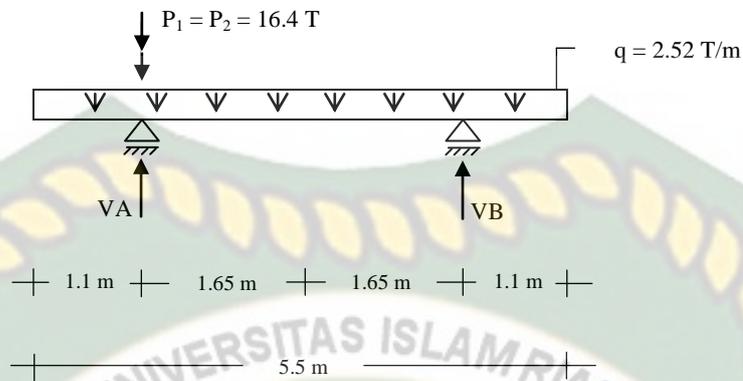
2. Beban merata (q)

Adalah beban plat lantai beton ( *rigid pavement* ). 1 (satu) segmen dengan ukuran P = 5,5m dan L = 3,5 m. Direncanakan dengan ketebalan = 30 cm.

$$\begin{aligned} q &= P \times L \times T \times 2400 \text{ Kg/m}^3 \\ &= (5,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}) 2400 \text{ Kg/m}^3 \\ &= 5,775 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ Kg/m}^3 \\ &= 13.860 \text{ Kg} \\ &= 2.520 \text{ Kg/m} \\ &= 2,52 \text{ T/m} \end{aligned}$$

Beban terpusat dan beban merata, diasumsikan terletak diatas 2 (dua) tumpuan sepanjang segmen *rigid pavement*.

Perhitungan pembebanan sebagai berikut :



$$\sum MB = 0$$

$$V_A (3,3) - P_1 (3,3) - P_2 (3,3) - q (L)(1,65) = 0$$

$$3,3V_A - 16,4 (3,3) - 16,4 (3,3) - 2,52 (5,5)(1,65) = 0$$

$$3,3V_A - 54,12 - 54,12 - 22,87 = 0$$

$$3,3V_A - 131,11 = 0$$

$$3,3V_A = 131,11$$

$$V_A = 131,11/3,3$$

$$V_A = 39,73 \text{ Ton (}\uparrow\text{)}$$

$$\sum V = 0$$

$$V_A + V_B - P_1 - P_2 - q (L) = 0$$

$$39,73 + V_B - 16,4 - 16,4 - 2,52 (5,5) = 0$$

$$V_B - 6,93 = 0$$

$$V_B = 6,93 \text{ Ton (}\uparrow\text{)}$$

Beban maksimum diterima tumpuan A, dimana beban roda sumbu terberat bekerja, sehingga perhitungan jumlah kebutuhan tiang pancang untuk masing – masing tumpuan diambil dari beban maksimum.

Daya dukung 1 tiang pancang  $\bar{P} = 13,93 \text{ Ton}$

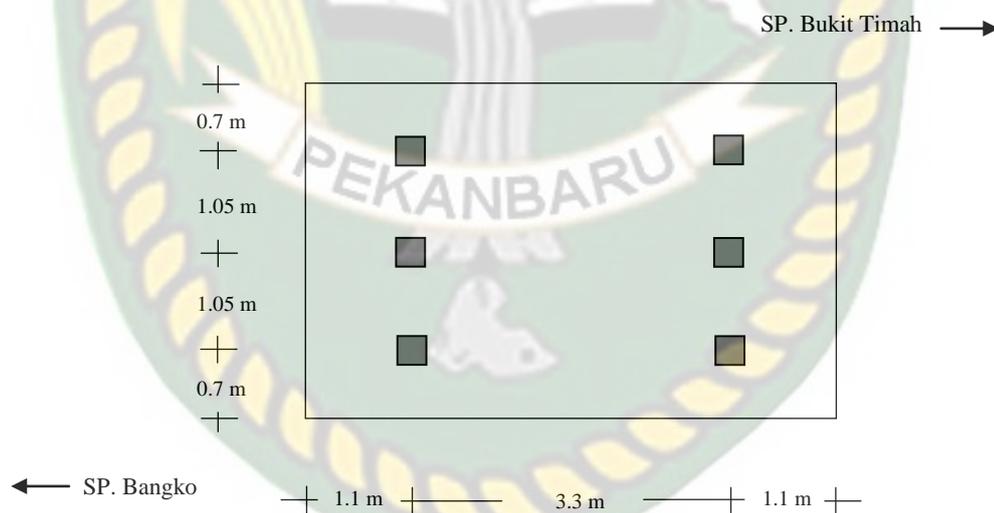
Sehingga, jumlah tiang pancang yang dibutuhkan pada masing – masing tumpuan

$$\begin{aligned} \text{adalah} &= VA / \bar{P} \\ &= 39,73 / 13,93 \\ &= 2,85 \\ &\approx 3 \text{ Buah} \end{aligned}$$

$$\bar{P} = 3 ( 13,93 ) = 41,79 \text{ Ton} \geq P ( 39,73 \text{ Ton} ) \dots \text{aman}$$

Dari hasil perhitungan dibutuhkan 3 (tiga) buah tiang pancang dalam 1 (satu) segmen. Penentuan titik tiang pancang yang menumpu segmen rigid pavement adalah berjarak 0,2 L dari setiap ujung segmen, berdasarkan trial and error, dihitung dengan pendekatan statis tertentu, diambil jarak paling efisien sehingga seluruh beban yang akan bekerja dapat dipikul dengan baik.

Direncanakan denah tiang pancang untuk segmen ruas jalan tersebut.



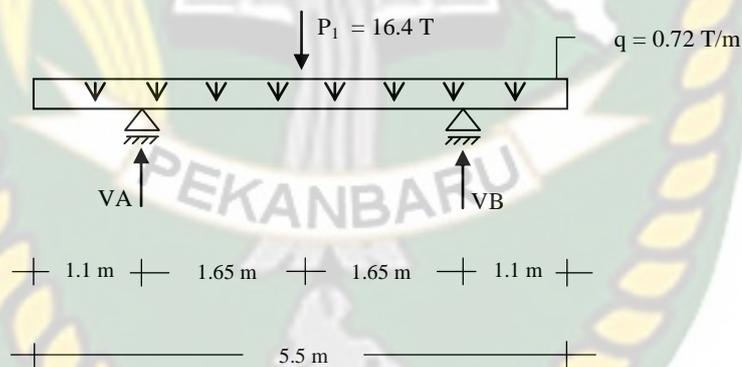
Gambar 5.6 Denah Rencana Tiang Pancang

### 5.5.3 Penulangan Plat Perkerasan

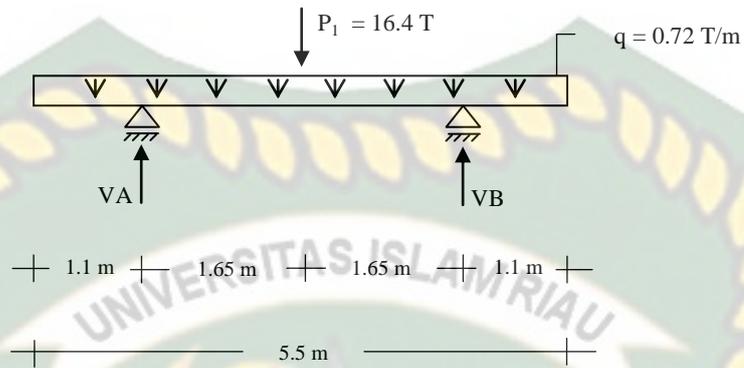
Plat lantai beton sebagai lapis perkerasan, direncanakan dengan tulangan. Kuat dukung tanah di bawah plat diabaikan, karena tanah dasar memiliki daya dukung yang sangat rendah. Akibat kondisi lingkungan (perubahan muka air tanah), tanah di bawah plat diprediksi akan mengalami penurunan. Sehingga beban kendaraan direncanakan hanya dipikul oleh plat beton bertulang dengan perkuatan tiang pancang.

Luas tulangan dihitung dengan pendekatan statis tertentu, plat dengan panjang 5.5m dan lebar 1m terletak diatas 2 tumpuan. Rincian pembebanan :

$$\begin{aligned} P_1 = P_2 &= 16.4 \text{ Ton} \\ q &= 1 \times 0.3 \times 2400 \\ &= 720 \text{ Kg/m} \\ &= 0.72 \text{ T/m} \\ \text{Titik tumpuan} &= 0.2 L \\ &= 1.1 \text{ m} \end{aligned}$$



Perhitungan pembebanan sebagai berikut :



$$\sum MB = 0$$

$$V_A (3,3) - P_1 (1,65) - q (5,5)(1,65) = 0$$

$$3,3V_A - 16,4 (1,65) - 0,72 (5,5)(1,65) = 0$$

$$3,3V_A - 27,06 - 6,534 = 0$$

$$3,3V_A - 33,59 = 0$$

$$V_A = 33,59 / 3,3$$

$$V_A = 10,18 \text{ Ton } (\uparrow)$$

$$\sum V = 0$$

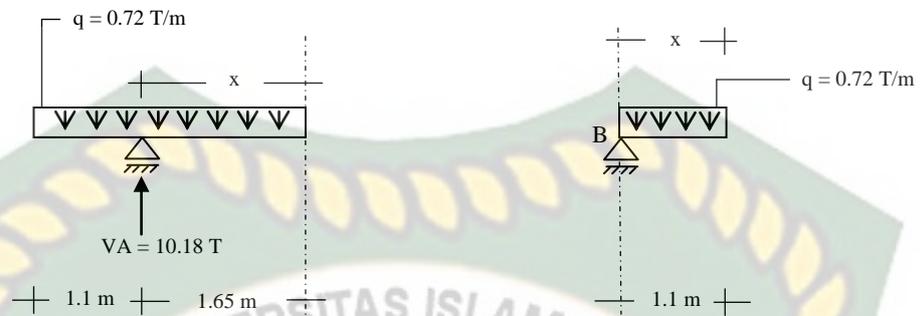
$$V_A + V_B - P_1 - q (L) = 0$$

$$10,18 + V_B - 16,4 - 0,72 (5,5) = 0$$

$$V_B - 10,18 = 0$$

$$V_B = 10,18 \text{ Ton } (\uparrow)$$

## Reaksi Momen



$$\begin{aligned}
 MA &= -q \cdot x \left( \frac{1}{2} x \right) \\
 &= -0,72 (1,1) \left( \frac{1}{2} 1,1 \right) \\
 &= -0,44 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

Momen tengah bentang

$$\begin{aligned}
 &= VA \cdot x - q (x + 1,1) \left( \frac{x+1,1}{2} \right) \\
 &= 10,18 (1,65) - [(0,72) (1,65 + 1,1) \left( \frac{1,65+1,1}{2} \right)] \\
 &= 16,79 - 2,72 \\
 &= 14,07 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MB &= -q \cdot x \left( \frac{1}{2} x \right) \\
 &= -0,72 (1,1) \left( \frac{1}{2} 1,1 \right) \\
 &= -0,44 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

Hasil reaksi pembebanan :

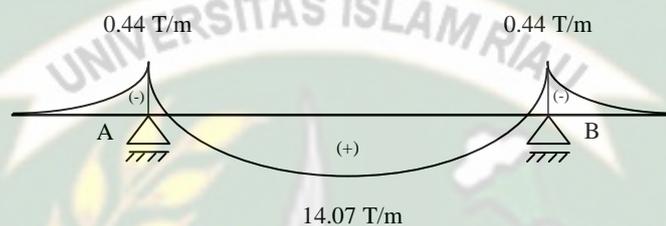
$$V_A = 10,18 \text{ Ton}$$

$$V_B = 10,18 \text{ Ton}$$

$$M_A = -0,44 \text{ Tm}$$

$$M_{\text{Tengah}} = 14,07 \text{ Tm}$$

$$M_B = -0,44 \text{ Tm}$$



Perencanaan tulangan dengan data – data sebagai berikut :

$$\text{Mutu Beton} = K - 450$$

$$f_c' = 37,35 \text{ MPa}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

$$= 30 - 5$$

$$= 25 \text{ cm}$$

$$= 250 \text{ mm}$$

$$M = \text{Perbandingan tegangan baja terhadap tegangan beton}$$

$$R_n = \text{Koefisien kapasitas penampang}$$

$$M_n = \text{Momen nominal}$$

### 5.5.3.1 Rencana Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned}d &= h - d' \\ &= 30 - 5 \\ &= 25 \text{ cm} \\ &= 250 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_u &= 0,44 \text{ Tm} \\ &= 4,4 \text{ Knm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{M_u}{0,8} \\ &= \frac{4,4}{0,8} \\ &= 5,5 \text{ Knm} \\ &= 5,5 \times 10^6 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{5,5 \times 10^6}{1000 \cdot 250^2} \\ &= 0,1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 37,35} \\ &= 12,59\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} + \left( \frac{600}{600+400} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 37,35}{400} + \left( \frac{600}{600+400} \right) \\ &= 0,66\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{mak}} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 (0,66) \\ &= 0,49\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{M} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,59} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,59 \cdot 0,1}{400}} \right) \\ &= 0,000079\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$\rho_{\text{min}} > \rho$ , maka dipakai nilai  $\rho_{\text{min}}$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 250 \\ &= 875 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas D13} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 13^2 \\ &= 132,66 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Tulangan} &= \frac{A_s}{132,66} \\ &= \frac{875}{132,66} \\ &= 6,6 \\ &\approx 7 \text{ Batang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Tulangan} &= \frac{\pi/4 \cdot D^2 \cdot b}{A_s} \\
 &= \frac{3,14/4 \cdot 13^2 \cdot 1000}{875} \\
 &= 151 \text{ mm} \\
 &\approx 15 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 7 D13 – 150 mm ( dalam 1 m ).

### **Tulangan tekan**

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,5 \cdot \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,5 \cdot 0,0035 \cdot 1000 \cdot 250 \\
 &= 437,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas D13} &= 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot 13^2 \\
 &= 132,66 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Tulangan} &= \frac{A_s}{132,66} \\
 &= \frac{437,5}{132,66} \\
 &= 3,29 \\
 &\approx 4 \text{ Batang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Tulangan} &= \frac{\pi/4 \cdot D^2 \cdot b}{A_s} \\
 &= \frac{3,14/4 \cdot 13^2 \cdot 1000}{437,5} \\
 &= 303 \text{ mm} \\
 &\approx 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 4 D13 – 300 mm ( dalam 1 m )

### 5.5.3.2 Rencana Tulangan Lapangan

$$D = 13 \text{ mm}$$

$$f_c' = 37,35 \text{ MPa}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

$$= 30 - 5$$

$$= 25 \text{ cm}$$

$$= 250 \text{ mm}$$

$$M_u = 14,07 \text{ Tm}$$

$$= 140 \text{ Knm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8}$$

$$= \frac{140}{0,8}$$

$$= 175 \text{ Knm}$$

$$= 175 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$= \frac{175 \times 10^6}{1000 \cdot 250^2}$$

$$= 2,8$$

$$M = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$= \frac{400}{0,85 \cdot 37,35}$$

$$= 12,59$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} + \left( \frac{600}{600+400} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 37,35}{400} + \left( \frac{600}{600+400} \right) \\ &= 0,66\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{mak} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 (0,66) \\ &= 0,49\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{M} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,59} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,59 \cdot 2,8}{400}} \right) \\ &= 0,0079\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$\rho_{min} < \rho < \rho_{mak}$  , maka dipakai nilai  $\rho$

$$\begin{aligned}As &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0079 \cdot 1000 \cdot 250 \\ &= 1975 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas D13} &= 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot 13^2 \\ &= 132,66 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Tulangan} &= \frac{As}{132,66} \\ &= \frac{1975}{132,66} \\ &= 15 \text{ Batang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Tulangan} &= \frac{\pi/4 \cdot D^2 \cdot b}{A_s} \\
 &= \frac{3,14/4 \cdot 13^2 \cdot 1000}{1975} \\
 &= 67 \text{ mm} \\
 &\approx 6 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 15 D13 – 60 mm ( dalam 1 m ).

### Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,5 \cdot \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,5 \cdot 0,0079 \cdot 1000 \cdot 250 \\
 &= 987,5 \text{ mm}^2 \\
 \text{Luas D13} &= 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot 13^2 \\
 &= 132,66 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Tulangan} &= \frac{A_s}{132,66} \\
 &= \frac{987,5}{132,66} \\
 &= 7,4 \text{ Batang} \\
 &\approx 8 \text{ Batang}
 \end{aligned}$$

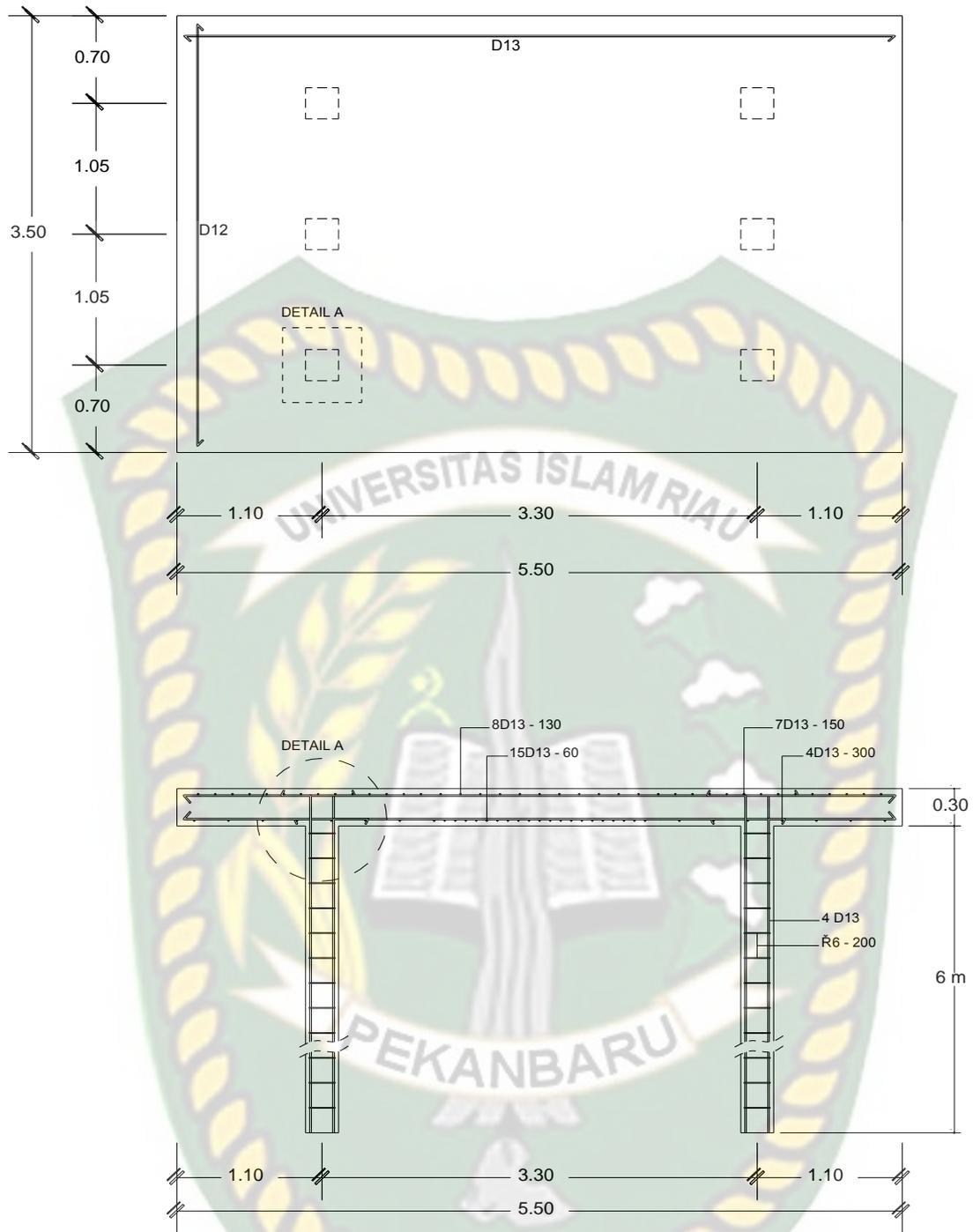
$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Tulangan} &= \frac{\pi/4 \cdot D^2 \cdot b}{A_s} \\
 &= \frac{3,14/4 \cdot 13^2 \cdot 1000}{987,5} \\
 &= 134 \text{ mm} \\
 &\approx 13 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 8 D13 – 130 mm ( dalam 1 m ).

Hasil perhitungan tulangan plat :

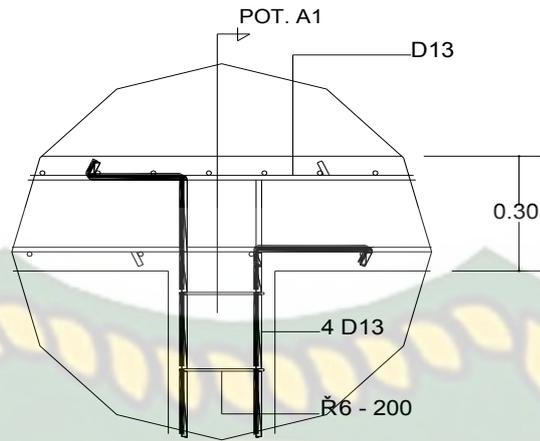
1. Tulangan tumpuan : 7 D 13 – 150 mm  
Tulangan tekan : 4 D 13 – 300 mm
2. Tulangan lapangan : 15 D 13 – 60 mm  
Tulangan tekan : 8 D 13 – 130 mm





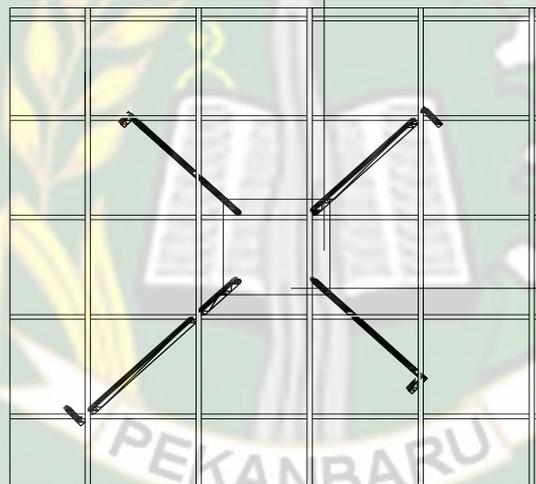
Gambar 5.8 Denah Tiang Pancang dan Potongan Penulangan

DETAIL A



POT. A1

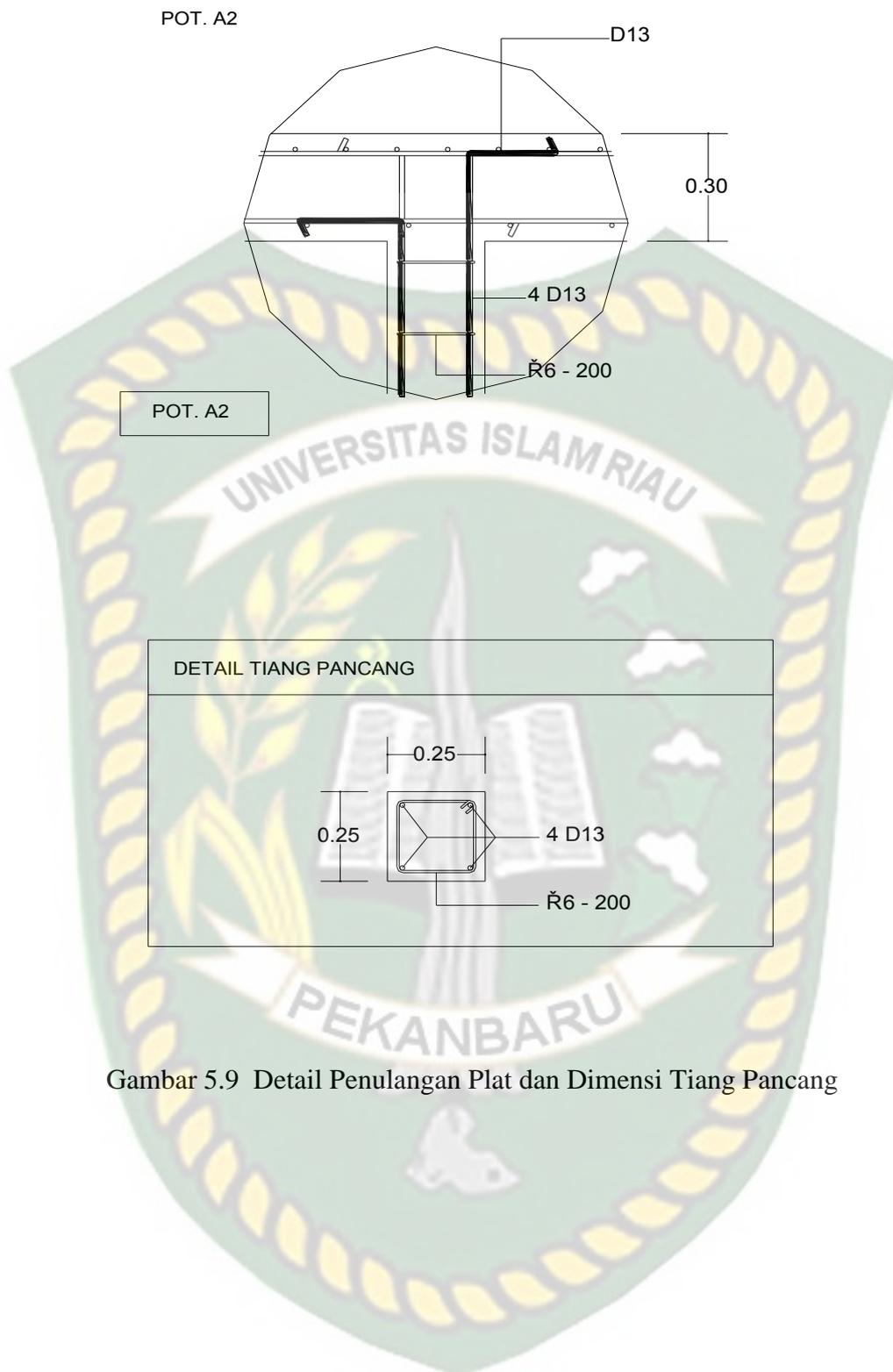
POT. A2



POT. A1

DENAH PENULANGAN PLAT LANTAI DAN  
TIANG PANCANG ( DETAIL A )

Gambar 5.8 Detail Penulangan Plat dan Tiang Pancang



Gambar 5.9 Detail Penulangan Plat dan Dimensi Tiang Pancang

## 5.6. Perhitungan Biaya Penanganan Kerusakan Perkerasan

Perhitungan biaya penanganan disesuaikan dengan kondisi kerusakan yang terjadi, yaitu sepanjang 200 m dan lebar 7 m. Dengan rincian global sebagai berikut :

PERBANDINGAN HARGA PENANGANAN KERUSAKAN PERKERASAN								
I PERKERASAN RIGID PAVEMENT + TIANG PANCANG								
No	URAIAN	PENANGANAN			Volume	Satuan	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
		P (m)	L (m)	T (m)				
1	2	3			4	5	6	7 = 4 x 6
1	BETON K400	200	7	0.3	420	M <sup>3</sup>	950,000	399,000,000
2	TULANGAN D13	200	7		67,152	Kg	12,000	805,824,552
3	TIANG PANCANG 25x25 cm	200	7		2,618	M	220,000	576,000,000
								1,780,824,552
II PERKERASAN PLEXIBLE PAVEMENT								
No	URAIAN	PENANGANAN			Volume	Satuan	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
		P (m)	L (m)	T (m)				
1	2	3			4	5	6	7 = 4 x 6
1	LAPIS PONDASI KLS A / LPA	200	7	0.3	420	M <sup>3</sup>	600,000	252,000,000
2	ASPHALT TREATED BASE / ATB	200	7	0.06	193	Ton	1,200,000	231,840,000
								483,840,000
III PERBANDINGAN HARGA								
PERBANDINGAN		=	I/II					
		=	3.7 x					

Dari hasil hitungan dapat dilihat, bahwa biaya penanganan dengan perkerasan kaku / *rigid pavement* yang didukung tiang pancang, membutuhkan biaya 3,7x lebih tinggi dibandingkan penanganan dengan perkerasan lentur / *plexibel pavement*.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan yang sudah ada pada bab terdahulu, ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor utama penyebab kerusakan ruas jalan nasional lintas timur simpang bukit timah KM 236 Kabupaten Rokan Hilir adalah daya dukung tanah yang sangat rendah. Yaitu  $q = 0.45 \text{ Kg/cm}^2$ .
2. Sebelum dipilih tiang pancang sebagai solusi perkuatan tanah, hanya beban roda kendaraan ringan dan bus kecil yang dapat didukung dengan baik oleh lapisan tanah yang ada. Sedangkan beban roda akibat jenis kendaraan lainnya, menghasilkan angka tidak aman.
3. Beban kendaraan dan beban plat beton diasumsikan menjadi beban yang terletak diatas tumpuan. Daya dukung 1 tiang pancang = 13,93 Ton (slab on pile). Dari analisa pembebanan tiang pancang, dalam 1 (satu) segmen *rigid pavement*  $P = 5,5 \text{ m}$  dan  $L = 3,3 \text{ m}$ , diperoleh beban terpusat ( $P_1$  dan  $P_2$ ) = 16,4 Ton.

Sedangkan beban merata plat beton ( $q$ ) = 2,52 T/m.

Perhitungan pembebanan menghasilkan daya dukung tumpuan = 39,73 Ton. Didapat 3 buah tiang pancang untuk masing masing tumpuan 1 (satu) segmen *rigid pavement*.

4. Rencana penulangan plat sebagai lapis perkerasan, dari hasil perhitungan dengan pendekatan statis tentu, didapat luasan tulangan pada tumpuan dan lapangan. Tulangan tumpuan menggunakan 7D13 – 150 sedangkan tulangan lapangan menggunakan 15D13 – 60.

## 6.2. Saran

1. Perlu adanya penyelidikan tanah yang lebih detail, untuk perencanaan jalan pada kondisi tanah lunak.
2. Perlu perhitungan lebih rinci tentang biaya penanganan kerusakan perkerasan, yang dikaitkan dengan umur rencana, sehingga akan didapat angka perbandingan yang lebih akurat.
3. Jalan pada kondisi tanah lunak, yang mengalami kerusakan dini, akan memerlukan penanganan dengan biaya yang sangat besar. Sehingga disarankan agar penanganan perkerasannya menggunakan perkerasan Flexibel.

## DAFTAR ISI

BAB I	PENDAHULUAN	
1.1.	Latar Belakang .....	1
1.2.	Rumusan Masalah .....	2
1.3.	Tujuan Penelitian .....	2
1.4.	Batasan Penelitian .....	2
1.5.	Manfaat Penelitian .....	3
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	
2.1.	Umum .....	4
2.2.	Penelitian Terdahulu .....	4
2.3.	Keaslian Penelitian .....	5
BAB III	LANDASAN TEORI	
3.1.	Umum .....	7
3.2	Distribusi Beban Terhadap Perkerasan .....	8
3.3	Tanah Dasar .....	10
3.3.1	Kepadatan dan Daya Dukung Tanah ( DDT ).....	11
3.3.2	Klasifikasi Tanah Dasar .....	15
3.3.2.1	Kapasitas Dukung Tanah .....	16
3.3.2.2	Daya Dukung Tiang Pancang .....	16
3.4	Agregat .....	18
3.5	Asphal .....	18
3.6	<i>Equivalent Single Axle Load ( ESAL )</i> .....	19
3.7	Klasifikasi Jalan .....	20
3.7.1	Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan .....	20
3.7.2	Klasifikasi Menurut Kelas Jalan .....	21
3.7.3	Klasifikasi Menurut Medan Jalan .....	21
3.7.4	Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan .....	22

3.8	Mekanisme dan Jenis Kerusakan Perkerasan .....	26
3.8.1	Retak Pada Perkerasan Beraspal .....	28
3.8.2	Mekanisme Deformasi .....	29
3.8.3	Alur/ <i>Rutting</i> pada Permukaan Perkerasan .....	30
3.8.4	Mekanisme Terjadinya Lubang / <i>Potholing</i> .....	30
3.8.5	Truck Faktor (TF) .....	32
3.8.6	Formula Daya Rusak Akibat Beban Berlebih .....	32
3.9	Penurunan umur Pelayanan Jalan berdasarkan Komposisi Lalu Lintas .....	33
 <b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>		
4.1.	Umum .....	36
4.2.	Tempat dan Waktu Penelitian .....	36
4.3.	Teknik Pengumpulan Data.....	36
4.4.	Tahapan Penelitian .....	40
4.5.	Prosedur Penelitian .....	41
 <b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
5.1.	Umum .....	42
5.2.	Perhitungan Daya Dukung Tanah .....	42
5.3.	Perhitungan Beban Kendaraan untuk Masing – Masing Jenis Kendaraan .....	45
5.4.	Penyebab Kerusakan Perkerasan .....	50
5.5.	Solusi Perkuatan Tanah .....	51
5.5.1	Daya Dukung Tiang Pancang .....	51
5.5.2	Pembebanan Tiang Pancang .....	53
5.5.3	Penulangan Plat Perkerasan .....	57
 <b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
6.1.	Kesimpulan .....	72
6.2.	Saran .....	73

DAFTAR PUSTAKA  
LAMPIRAN



## DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H.C., 2007, "*Pemeliharaan Jalan Raya*", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Helmi, A., 2000, "*Kajian Tentang Formula Daya Rusak Kendaraan dari Beberapa Negara dan Institusi*", Lokakarya Forum Komunikasi Mahasiswa Teknik Sipil UIR, UNRI dan UNILAK.
- <http://ilmutekniksipil.com/persiapan pemancangan tiang pancang>, 12 Desember 2017.
- <http://belajarsipil.blogspot.co.id/2012/06/caramenentukan-jenis-pondasi.html?m=1>, 12 Desember 2017
- Lubis, Z dan Mochtar, I.B. 2008 "*Evaluasi Rumusan Damage Factor (Equivalent Axle Load) Dalam perancangan Sistem Perkerasan Lentur Jalan Raya Akibat Adanya Muatan Berlebih*" Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sipil TORSI Februari 2008 Hal 19-38.
- Lubis, A.G et al, 2006, "*Analisa Pengaruh Repetisi Beban Gandar Kendaraan Sebagai Faktor Perusak (Studi Kasus : Jalan Pangkalan Kerinci – Sorek STA 64+850 – STA 99+930)*", Pekanbaru.
- Rohim, 2000, "*Analisis Kerusakan Jalan Akibat Overloading pada Jalan Lintas Sumatra di Propinsi Riau*", Tesis S-2, Magister Sistem dan Teknik Transportasi (MSTT), UGM, Yogyakarta.
- Srikandi, 2004, "*Analisis Tebal Perkerasan Jalan Akibat Beban Berlebih Pada Paket Peningkatan Ruas Jalan Kubang Raya Kota Pekanbaru*", Tugas Akhir Mahasiswa Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Sukirman, S., 1992, *Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Nova, Bandung.

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

Wiyono, S., 2009, *“Prediksi Kerusakan Pada Perkerasan Lentur”*, UIR Press, Pekanbaru.



## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Puji dan Syukur kehadiran Allah SWT yang telah begitu banyaknya melimpahkan Rahmat dan Karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini.

Tujuan penulisan Tesis ini adalah untuk memenuhi beberapa syarat guna meraih gelar Magister Teknik Jurusan Geoteknik dan Jalan Raya Program Magister (S2) Teknik Sipil Program Pasca Sarjana Universitas Islam Riau. Tesis yang berjudul *“KAJIAN KERUSAKAN PERKERASAN RUAS JALAN NASIONAL LINTAS TIMUR SIMPANG BUKIT TIMAH KM 236 KABUPATEN ROKAN HILIR”* pada intinya mengkaji kerusakan akibat daya dukung tanah yang sangat rendah. Solusi penanganan kerusakan, diarahkan pada kombinasi plat perkerasan yang didukung tiang pancang sebagai perkuatan.

Kemudian yang tidak pernah saya lupakan atas do'a, bantuan, dukungan dan semangat dari Ayahanda Amir Baron, Ibunda Martinis, Isteri Tercinta Fitriyanur, Putri dan Putra Tersayang, Najwa Defi dan Akmal Aditya, seluruh keluarga dan teman-teman seperjuangan dengan setulus hati saya ucapkan terima kasih sebesar-besarnya. Dan dengan segala kerendahan hati, bahwa penulisan Tesis ini dinilai masih belum sempurna, untuk itu diharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun, yang nantinya dapat bermanfaat dan dapat digunakan oleh semua pihak yang membutuhkan.

Pekanbaru, Januari 2018

DONALD  
163121022

