

# ANALISA KEPADATAN TANAH MENGGUNAKAN DCP PADA PEMBANGUNAN RUAS JALAN SABA DOLOK KECAMATAN KOTA NOPAN KABUPATEN MANDAILING NATAL PROVINSI SUMATERA UTARA

**Iman Hidayat Batubara, Darlina Tanjung, Jupriah Sarifah**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara

[imanhidayatbtrimaan@gmail.com](mailto:imanhidayatbtrimaan@gmail.com); [darlinatanjung@yahoo.com](mailto:darlinatanjung@yahoo.com); [jupriah.sarifah@gmail.com](mailto:jupriah.sarifah@gmail.com)

## Abstrak

Untuk rencana jalan, faktor utama yang perlu diperhatikan adalah nilai CBR (California Bearing Ratio) sesuai dengan tanah karena akan mempengaruhi tebal pengerasan perencanaan. Untuk mencari nilai CBR yang didapat sesuai dengan pengujian di lapangan yaitu dengan DCP (Dynamic Cone Penetrometer). Metode pengujian DCP ini dilakukan pada titik kiri, tengah, dan kanan setiap interval 50 meter dengan menggunakan metode zigzag. Dalam merencanakan tebal lapis pengerasan bawah & lapis pengerasan atas & lapis permukaan tanah, terlebih dahulu harus dilakukan pengujian berat jenis tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kepadatan tanah di Saba Dolok Kec. Kota Nopan Kab. Mandailing Natal, Provinsi Sumatera Utara, agar akses jalan menjadi mudah untuk dilalui sehingga dapat membantu pengguna jalan untuk mengakses jalan dengan lebih mudah. Dari hasil pengujian nilai DCP, nilai CBR, nilai CBR & DDT desain (Daya Dukung Tanah) di Jalan Saba Dolok, Kec. Kota Nopan Kab. Mandailing Natal Provinsi Sumatera Utara menunjukkan nilai DCP homogen sebesar 28,80 mm, sedangkan nilai CBR homogen yang diperoleh sebesar 6,069%, dan nilai CBR desain sebesar 5,93% mm, nilai DDT sebesar 5,07%. Nilai CBR desain/perencanaan yang diperoleh belum memenuhi standar nilai CBR yang telah ditetapkan yaitu antara 5-12%, sehingga perlu dilakukan pemadatan kembali pada tanah dasar karena tidak memenuhi standar nilai CBR yang telah ditetapkan. dipasang dan harus ditempelkan dengan pengerasan jalan.

**Kata-Kata Kunci :** Kepadatan Tanah, DCP, CBR, Lapangan, Ruas Jalan

## I. Pendahuluan

Selain ketersediaan jalan, keberlangsungan jalan sangat penting menjadi prasarana transportasi dengan memegang peranan penting pada tercapainya sasaran pada pembangunan. Dalam artian bahwa jalan tersebut dapat menampung volume kendaraan dan kekuatannya sangat cukup memadai. (Azwarman, 2015).

Seperti yang diketahui, konstruksi jalan sebagai suatu konstruksi yang terpenting karena sebagai aksesibilitas penghubung antara satu tempat ketempat lainnya, misalnya akses masuk berdasarkan jalan kesuatu lokasi gedung. Ditambah lagi menggunakan padatnnya kegiatan keluar masuk tempat tentunya membutuhkan pengerasan jalan yang baik. (Mardianus, 2018).

Kelancaran dan keselamatan transportasi sangat ditentukan dengan kondisijalan. Oleh karenanya, pengerasan jalan yang direncanakan wajib benar-benar dengan fungsinya. Secara jalan raya, terdiri atas lapis permukaan, lapis pondasi agregat, & tanah dasar. Dalam perencanaan dan pelaksanaannya harus sesuai kondisi yang ditentukan.

Tanah sebagai salah satu komponenen system lahan, tanah mempunyai beberapa fungsi esensial. Salah satunya adalah sebagai tempat hidup (habitat) organisme, dari tingkat rendah (jasad renik) sampai tingkat tinggi. Sebagai habitat organisme, tanah berperan vital dalam memasok salah satu factor penting pertumbuhan dan perkembangan, yaitu

unsure hara semakin tinggi nilai CBR, pertanda tanah dasar semakin bagus. apabila tanah orisinil memiliki tekanan daya dukung (kepadatan kering, CBR) rendah, maka konstruksi jalan akan cepat mengalami kerusakan. (Edi Barnas, 2019).

Pengujian menggunakan CBR ini menggunakan proving ring dan truk standar menggunakan beban 8 ton menjadi landasan beban ketika penetrasi dilakukan. Berbeda menggunakan CBR In-Place, DCP Test dilakukan menggunakan cara yang lebih sederhana memakai instrument tanpa melibatkan tunggangan truk menjadi beban. Data DCP Test yang diolahakan membentuk nilai CBR. Nilai CBR ini dikorelasikan menggunakan nilai CBR yang diperoleh menggunakan CBR In-Place Test. Pada penelitian ini dipakai alat DCP untuk memilih nilai CBR, cara uji ini adalah suatu mekanisme yg cepat untuk melaksanakan evaluasi kekuatan tanah dasar dan lapis fondasi jalan atau lapangan terbang, menggunakan Dynamic Cone Penetrometer, (DCP). Cara uji ini juga adalah cara pengujian CBR lapangan tidak dilakukan. Pada pengujian DCP ini sistem kerjanya yaitu menggunakan cara dipukul, pengujian tadi memberikan sebuah kekuatan lapisan bahan hingga kedalaman 80 cm pada bawah bagian atas yang terdapat menggunakan tidak melakukan penggalian hingga kedalaman yang diinginkan. (Leni, 2016).

Uji *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) telah banyak dilakukan pada Indonesia pada bidang geoteknik & transportasi, untuk mengevaluasi sifat-

sifat tanah dasar atau pun pengerasan lentur. (Priska, 2013).

Penelitian menggunakan data dari hasil percobaan pada lapangan yg mencakup pengujian alat DCP pada beberapa titik STA pada ruas jalan Saba Dolok Kec. Kota Nopan Kab. Mandailing Natal Sumatera Utara yang syarat ruas jalan yang telah rusak, & pengambilan sampel tanah dilakukan pada lokasi yang sama untuk selanjutnya dilakukan analisa hasil pada ruasjalan Saba Dolok Kec. Kota Nopan Kab. Mandailing Natal Sumatera Utara.

Tujuan berdasarkan penelitian untuk mengetahui kepadatan tanah pada ruas jalan Saba Dolok Kec. Kota Nopan Kab. Mandailing Natal Sumatera Utara menggunakan DCP (Dinamic Cone Penetrometer).

## II. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Tanah

Sifat-sifat tanah sangat penting adalah pada perencanaan suatu proyek bangunan, namun taraf kepentingannya sangat tergantung menurut maksud & tujuan bangunan itu sendiri.

Adapun sifat-sifat penting dalam tanah antara lain:

1. Permeabilitas (*Permeability*)
2. Konsolidasi (*Consolidation*)
3. Tegangan geser (*Shear Strength*)

### 2.2 CBR (*California Bearing Ratio*)

CBR (*California Bearing Ratio*) adalah suatu perbandingan yaitu antara beban percobaan dengan beban standar dan dinyatakan dalam persentase (Nurhanuddin, 2018).

Jenis CBR

Berdasarkan cara menerima model tanahnya, CBR bisa dibagi atas:

- a. CBR Lapangan

CBR lapangan menggunakan kegunaan menjadi berikut:

1. Mendapatkan CBR tanah original dilapangan sinkron dengan syarat tanah dasar.
2. Untuk mengontrol apakah kepadatan yang diperoleh telah sinkron menggunakan yang diinginkan.
3. Metode pemeriksaannya

- b. CBR Laboratorium

CBR Laboratorium bisa jua dianggap CBR Rencana Titik. CBR laboratorium dibagi sebagai dua yaitu:

1. Uji basah (*Soaked*)
2. Uji kering (*Unsoaked*)

## III. Metodologi Penelitian

### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Proyek yaitu pada jalan Saba Dolok Kota Nopan, jalan ini merupakan konstruksi jalan yang terletak di dataran yang menghubungkan Saba Dolok-Huta Padang dengan panjang lokasi proyek yakni 1800 m yang terbagi menjadi dua section,

yaitu section sepanjang 1382 m dan section kedua sepanjang 416 m dan memiliki existing 4 m dan dilakukan pengukuran kepadatan tanah dengan menggunakan alat DCP.

### 3.2 Pengumpulan Data

Untuk skripsi ini, peneliti mengambil data dari PT. Dalihan Natolu berupa data hasil :

- a. Nilai CBR dengan menggunakan alat Dynamite Cone Penetrometer (DCP)
- b. Tebal pengerasan dari nilai California Bearing Ratio (CBR)

### 3.3 Tahap Penelitian

#### A. Tahap pertama

Mengumpulkan banyak sekali jenis literatur pada bentuk kitab juga tulisan ilmiah yg berhubungan dengan Skripsi ini.

#### B. Tahap kedua

Subjek dalam penulisan skripsi ini merupakan Pengukuran Kepadatan Tanah menggunakan Menggunakan Alat DCP dalam ruas jalan Saba Dolok Kec. Kota Nopan Kab. Mandailing Natal. Adapun data-data yang diperlukan merupakan data Sondir.

#### C. Tahap ketiga

Melakukan analisa data yang diperoleh menurut lapangan menggunakan buku & jenis literatur lainnya yang berhubungan.

#### D. Tahap keempat

Pada tahap ini dilakukan aktivitas pengukuran kepadatan tanah menggunakan memakai indera DCP menggunakan mekanisme menjadi berikut :

1. Angkat palu dalam tangkai permukaan menggunakan hati-hati sebagai akibatnya menyentuh batas handel.
2. Lepaskan palu sebagai akibatnya jatuh bebas dan tertahan dalam landasan.
3. Lakukan langkah-langkah dalam Butir 1) & dua) pada atas sinkron ketentuan ketentuan menjadi berikut:
4. Cara mengangkat tangkai dan peralatan DCP
  - a. Siap kan bahwa peralatan akan diangkat atau dicabut keatas.
  - b. Angkat palu dan pukulkan beberapa kali dengan arah keatas sehingga menyentuh handel dan tangkai bawah terangkat keatas permukaan tanah.

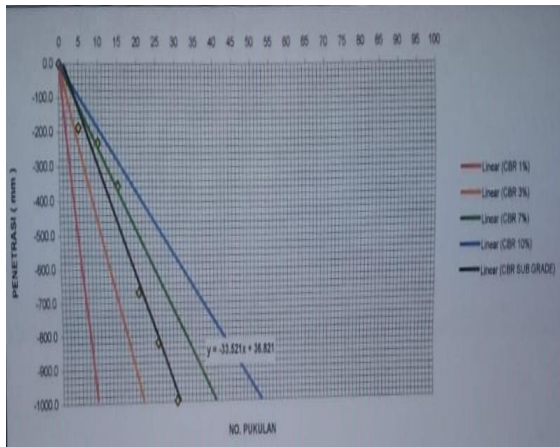
#### E. Tahap Kelima

Pada tahap ini dilakukan penentuan nilai CBR menggunakan cara menjadi berikut : Tarik garisdari titik pangkas tadi kearah kiri sebagai akibatnya nilai CBR bisa diketahui.

## IV. Hasil Dan Pembahasan

### 4.1 Perhitungan CBR Berdasarkan Nilai DCP

### 1. Nilai CBR Pada Sta.0+000 (R)



**Gambar 1. Diagram Penurunan Setiap Pukulan**  
(Sumber: Laporan Data DCP Dinas Pekerjaan Umum)

**Tabel 1. Hasil CBR Dengan Alat DCP Pada Sta.0+000 (R)**

| Banyak Tumbukan | Kumulatif Tumbukan | Penetrasi (h) (mm) | Kumulatif Penetrasi (mm) | DCP (mm / tumbukan) | CBR           |                                   |                |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|---------------|-----------------------------------|----------------|
|                 |                    |                    |                          |                     | Konus 60° (%) | $h \times \text{CBR Konus}^{1/3}$ | CBR Desain (%) |
| 0               | 0                  | 0                  | 0                        | 0                   | 0             | 0                                 | 6.56           |
| 5               | 5                  | 16                 | 16                       | 3.20                | 141.33        | 753.77                            |                |
| 5               | 10                 | 128                | 144                      | 25.60               | 9.21          | 393.16                            |                |
| 5               | 15                 | 59                 | 203                      | 11.80               | 25.48         | 501.01                            |                |
| 5               | 20                 | 108                | 311                      | 21.60               | 11.52         | 414.63                            |                |
| 5               | 25                 | 303                | 614                      | 60.60               | 2.97          | 300.22                            |                |
| 5               | 30                 | 108                | 722                      | 21.60               | 11.52         | 414.63                            |                |
| 5               | 35                 | 130                | 852                      | 26.00               | 9.03          | 391.26                            |                |
| 5               | 40                 | 139                | 991                      | 27.80               | 8.27          | 383.14                            |                |
| Total           |                    | 991                |                          |                     | 3551.83       |                                   |                |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2022)

#### A. Penetrasi (mm)

Penetrasi = kumulatif penetrasi i – kumulatif penetrasi sebelumnya

- Penetrasi di kumulatif tumbukan 5 = 16 mm – 0 mm = 16
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 10 = 144 mm – 16 mm = 128 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 15 = 203 mm – 144 mm = 59 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 20 = 311 mm – 203 mm = 108 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 25 = 614 mm – 311 mm = 303 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 30 = 722 mm – 614 mm = 108 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 35 = 852 mm – 722 mm = 130 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 40 = 991 mm – 852 mm = 139 mm

#### B. DCP ( mm/tumbukan )

DCP = penetrasi i / ( kumulatif tumbukan i – kumulatif tumbukan sebelum)

- DCP di kumulatif tumbukan 5 = 16 / (5 – 0) = 3,20 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 10 = 128 / (10 – 5) = 25,60 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 15 = 59 / (15 – 10) = 11,80 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 20 = 108 / (20 – 15) = 21,60 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 25 = 303 / (25 – 20) = 60,60 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 30 = 108 / (30 – 25) = 21,60 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 35 = 130 / (35 – 30) = 26,00 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 40 = 139 / (40 – 35) = 27,80 mm/tumbukan

#### C. CBR Konus 60° (%)

Konus alat DCP yang digunakan dengan kerucut 60°.

$$\text{CBR Konus } 60^\circ = 10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (\text{DCP } i)]\}}$$

- Konus 60° di kumulatif tumbukan 5 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (3,20)]\}} = 141,33 \%$
- Konus 60° di kumulatif tumbukan 10 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (25,60)]\}} = 9,21 \%$
- Konus 60° di kumulatif tumbukan 15 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (11,80)]\}} = 25,48 \%$
- Konus 60° di kumulatif tumbukan 20 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (21,60)]\}} = 11,52 \%$
- Konus 60° di kumulatif tumbukan 25 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (60,60)]\}} = 2,97 \%$
- Konus 60° di kumulatif tumbukan 30 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (21,60)]\}} = 11,52 \%$
- Konus 60° di kumulatif tumbukan 35 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (26,00)]\}} = 9,03 \%$
- Konus 60° di kumulatif tumbukan 40 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (27,80)]\}} = 8,27 \%$

#### D. $\text{CBR} = h \times \text{CBR konus}^{1/3}$

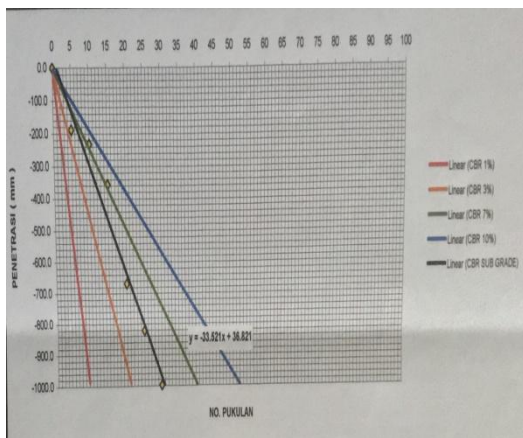
- CBR di kumulatif tumbukan 5 = 16 x  $141,33^{1/3} = 753,77$
- CBR di kumulatif tumbukan 10 = 128 x  $9,21^{1/3} = 393,16$
- CBR di kumulatif tumbukan 15 = 59 x  $25,48^{1/3} = 501,01$
- CBR di kumulatif tumbukan 20 = 108 x  $11,52^{1/3} = 414,63$
- CBR di kumulatif tumbukan 25 = 303 x  $2,97^{1/3} = 300,22$
- CBR di kumulatif tumbukan 30 = 108 x  $11,52^{1/3} = 414,63$
- CBR di kumulatif tumbukan 35 = 130 x  $9,03^{1/3} = 391,26$
- CBR di kumulatif tumbukan 40 = 139 x  $8,27^{1/3} = 383,14$

#### E. CBR Desain (%)

CBR Desain = nilai terkecil dari CBR konus 60° + (total CBR / total h)

$$\text{CBR Desain} = 2,97 \% + (3551,83 / 991) = 6,56 \%$$

## 2. Nilai CBR Pada Sta.0+200 (L)



**Gambar 2. Diagram Penurunan Setiap Pukulan**  
(Sumber: Laporan Data DCP Dinas Pekerjaan Umum)

**Tabel 2. Hasil CBR Dengan Alat DCP Pada Sta.0 +200 (L)**

| Banyak Tumbukan | Kumulatif Tumbukan | Penetrasi (h) (mm) | Kumulatif Penetrasi (mm) | DCP (mm/tumbukan) | CBR                       |                              |                |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|---------------------------|------------------------------|----------------|
|                 |                    |                    |                          |                   | Konus 60 <sup>0</sup> (%) | h x CBR Konus <sup>1/3</sup> | CBR Desain (%) |
| 0               | 0                  | 0                  | 0                        | 0                 | 0                         | 0                            | 5.19           |
| 5               | 5                  | 188                | 188                      | 37.60             | 5.56                      | 348.59                       |                |
| 5               | 10                 | 44                 | 232                      | 8.80              | 37.45                     | 549.19                       |                |
| 5               | 15                 | 124                | 356                      | 24.80             | 9.61                      | 397.09                       |                |
| 5               | 20                 | 312                | 668                      | 62.40             | 2.86                      | 297.48                       |                |
| 5               | 25                 | 153                | 821                      | 30.60             | 7.29                      | 371.81                       |                |
| 5               | 30                 | 176                | 997                      | 35.20             | 6.07                      | 355.86                       |                |
| Total           |                    | 997                |                          |                   | 2320.02                   |                              |                |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2022)

### A. Penetrasi (mm)

Penetrasi = kumulatif penetrasi i – kumulatif penetrasi sebelumnya

- Penetrasi di kumulatif tumbukan 5 = 188 mm – 0 mm = 188
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 10 = 232 mm – 188 mm = 44 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 15 = 356 mm – 232 mm = 124 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 20 = 668 mm – 356 mm = 312 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 25 = 821 mm – 668 mm = 153 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 30 = 997 mm – 821 mm = 176 mm

### B. DCP ( mm/tumbukan )

DCP = penetrasi i / ( kumulatif tumbukan i – kumulatif tumbukan sebelum)

- DCP di kumulatif tumbukan 5 = 188 / (5 – 0) = 37,60 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 10 = 44 / (10 – 5) = 8,80 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 15 = 124 / (15 – 10) = 24,80 mm/tumbukan

- DCP di kumulatif tumbukan 20 = 312 / (20 – 15) = 62,40 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 25 = 153 / (25 – 20) = 30,60 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 30 = 176 / (30 – 25) = 35,20 mm/tumbukan

### C. CBR Konus 60<sup>0</sup> (%)

Konus alat DCP yang digunakan dengan kerucut 60<sup>0</sup>.

$$\text{CBR Konus } 60^0 = 10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (\text{DCP } i)]\}}$$

- Konus 60<sup>0</sup> di kumulatif tumbukan 5 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (37,60)]\}} = 5,56 \%$
- Konus 60<sup>0</sup> di kumulatif tumbukan 10 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (8,80)]\}} = 37,45 \%$
- Konus 60<sup>0</sup> di kumulatif tumbukan 15 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (24,80)]\}} = 9,61 \%$
- Konus 60<sup>0</sup> di kumulatif tumbukan 20 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (62,40)]\}} = 2,86 \%$
- Konus 60<sup>0</sup> di kumulatif tumbukan 25 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (30,60)]\}} = 7,29 \%$
- Konus 60<sup>0</sup> di kumulatif tumbukan 30 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (35,20)]\}} = 6,07 \%$

### D. CBR = h x CBR konus<sup>1/3</sup>

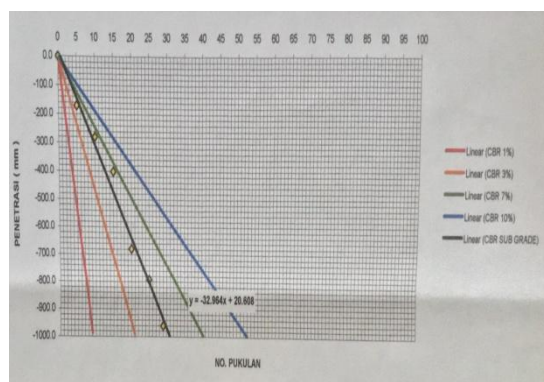
- CBR di kumulatif tumbukan 5 = 188 x  $5,56^{1/3} = 348,59$
- CBR di kumulatif tumbukan 10 = 44 x  $37,45^{1/3} = 549,19$
- CBR di kumulatif tumbukan 15 = 124 x  $9,61^{1/3} = 397,09$
- CBR di kumulatif tumbukan 20 = 312 x  $2,86^{1/3} = 297,48$
- CBR di kumulatif tumbukan 25 = 153 x  $7,29^{1/3} = 371,81$
- CBR di kumulatif tumbukan 30 = 176 x  $6,07^{1/3} = 355,86$

### E. CBR Desain (%)

CBR Desain = nilai terkecil dari CBR konus 60<sup>0</sup> + (total CBR / total h)

$$\text{CBR Desain} = 2,86 \% + (2320,02 / 997) = 5,19 \%$$

## 3. Nilai CBR Pada Sta.0+400 (R)



**Gambar 3. Diagram Penurunan Setiap Pukulan**  
(Sumber: Laporan Data DCP Dinas Pekerjaan Umum)

**Tabel 3. Hasil CBR Dengan Alat DCP Pada Sta.0 +400 (R)**

| Banyak Tumbukan | Kumulatif Tumbukan | Penetrasi (h) (mm) | Kumulatif Penetrasi (mm) | DCP (mm / tumbukan) | CBR           |                              |                |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|---------------|------------------------------|----------------|
|                 |                    |                    |                          |                     | Konus 60° (%) | h x CBR Konus <sup>1/3</sup> | CBR Desain (%) |
| 0               | 0                  | 0                  | 0                        | 0                   | 0             | 0                            | 6,68           |
| 5               | 5                  | 7                  | 7                        | 1.40                | 418.44        | 976.36                       |                |
| 5               | 10                 | 171                | 178                      | 34.20               | 6.30          | 359.09                       |                |
| 5               | 15                 | 109                | 287                      | 21.80               | 11.38         | 413.44                       |                |
| 5               | 20                 | 122                | 409                      | 24.40               | 9.81          | 399.11                       |                |
| 5               | 25                 | 277                | 686                      | 55.40               | 3.34          | 308.77                       |                |
| 5               | 30                 | 113                | 799                      | 22.60               | 10.85         | 408.80                       |                |
| 5               | 35                 | 168                | 967                      | 33.60               | 6.45          | 361.08                       |                |
| Total           |                    | 967                |                          |                     |               | 3226.65                      |                |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2022)

**A. Penetrasi (mm)**

Penetrasi = kumulatif penetrasi i – kumulatif penetrasi sebelumnya

- Penetrasi di kumulatif tumbukan 5 = 7 mm – 0 mm = 7
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 10 = 178 mm – 7 mm = 171 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 15 = 287 mm – 178 mm = 109 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 20 = 409 mm – 287 mm = 122 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 25 = 686 mm – 409 mm = 277 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 30 = 799 mm – 686 mm = 113 mm
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 35 = 967 mm – 799 mm = 168 mm

**B. DCP ( mm/tumbukan )**

DCP = penetrasi i / ( kumulatif tumbukan i – kumulatif tumbukan sebelum)

- DCP di kumulatif tumbukan 5 = 7 / (5 – 0) = 1,40 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 10 = 171 / (10 – 5) = 34,20 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 15 = 109 / (15 – 10) = 21,80 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 20 = 122 / (20 – 15) = 24,40 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 25 = 277 / (25 – 20) = 55,40 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 30 = 113 / (30 – 25) = 22,60 mm/tumbukan
- DCP di kumulatif tumbukan 35 = 168 / (35 – 30) = 33,60 mm/tumbukan

**C. CBR Konus 60° (%)**

Konus alat DCP yang digunakan dengan kerucut 60°.

$$\text{CBR Konus } 60^\circ = 10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (\text{DCP } i)]\}}$$

- Konus 60° di kumulatif tumbukan 5 =  $10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (1,40)]\}} = 141,33 \%$

- Konus 60° di kumulatif tumbukan 10 =  $10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (34,20)]\}} = 9,21 \%$
- Konus 60° di kumulatif tumbukan 15 =  $10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (21,80)]\}} = 25,48 \%$
- Konus 60° di kumulatif tumbukan 20 =  $10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (24,40)]\}} = 11,52 \%$
- Konus 60° di kumulatif tumbukan 25 =  $10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (55,40)]\}} = 2,97 \%$
- Konus 60° di kumulatif tumbukan 30 =  $10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (22,60)]\}} = 11,52 \%$
- Konus 60° di kumulatif tumbukan 35 =  $10^{\{2,8135-[1,313 \times \log (33,60)]\}} = 9,03 \%$

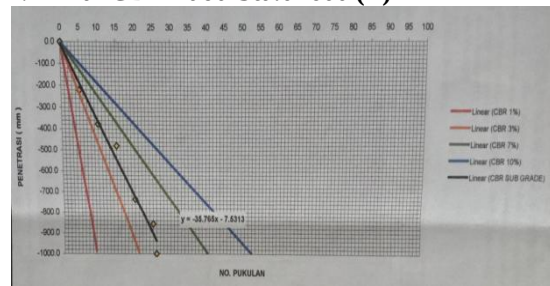
**D. CBR = h x CBR konus <sup>1/3</sup>**

- CBR di kumulatif tumbukan 5 = 7 x  $418,44^{1/3} = 753,77$
- CBR di kumulatif tumbukan 10 = 171 x  $6,30^{1/3} = 393,16$
- CBR di kumulatif tumbukan 15 = 109 x  $11,38^{1/3} = 501,01$
- CBR di kumulatif tumbukan 20 = 122 x  $9,81^{1/3} = 414,63$
- CBR di kumulatif tumbukan 25 = 277 x  $3,34^{1/3} = 300,22$
- CBR di kumulatif tumbukan 30 = 113 x  $10,85^{1/3} = 414,63$
- CBR di kumulatif tumbukan 35 = 168 x  $6,45^{1/3} = 391,26$

**E. CBR Desain (%)**

CBR Desain = nilai terkecil dari CBR konus 60° + (total CBR / total h)

$$\text{CBR Desain} = 3,34 \% + (3226,65 / 967) = 6,68 \%$$

**4. Nilai CBR Pada Sta.0+600 (L)****Gambar 4. Diagram Penurunan Setiap Pukulan**

(Sumber: Laporan Data DCP Dinas Pekerjaan Umum)

**Tabel 4. Hasil CBR Dengan Alat DCP Pada Sta.0 +600 (L)**

| Banyak Tumbukan | Kumulatif Tumbukan | Penetrasi (h) (mm) | Kumulatif Penetrasi (mm) | DCP (mm / tumbukan) | CBR           |                              |                |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|---------------|------------------------------|----------------|
|                 |                    |                    |                          |                     | Konus 60° (%) | h x CBR Konus <sup>1/3</sup> | CBR Desain (%) |
| 0               | 0                  | 0                  | 0                        | 0                   | 0             | 0                            | 5,93           |
| 5               | 5                  | 221                | 221                      | 44,20               | 4,50          | 331,38                       |                |
| 5               | 10                 | 155                | 376                      | 31,00               | 7,17          | 370,30                       |                |
| 5               | 15                 | 102                | 478                      | 20,40               | 12,42         | 422,12                       |                |
| 5               | 20                 | 256                | 734                      | 51,20               | 3,71          | 316,48                       |                |
| 5               | 25                 | 122                | 856                      | 24,40               | 9,81          | 399,11                       |                |
| 5               | 30                 | 144                | 1000                     | 28,80               | 7,89          | 378,93                       |                |
| Total           |                    | 1000               |                          |                     |               | 2218,33                      |                |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2022)

- A. Penetrasi (mm)  
 Penetrasi = kumulatif penetrasi i – kumulatif penetrasi sebelumnya
- Penetrasi di kumulatif tumbukan 5 = 221 mm – 0 mm = 221
  - Penetrasi di kumulatif tumbukan 10 = 376 mm – 221 mm = 155 mm
  - Penetrasi di kumulatif tumbukan 15 = 478 mm – 376 mm = 102 mm
  - Penetrasi di kumulatif tumbukan 20 = 734 mm – 478 mm = 256 mm
  - Penetrasi di kumulatif tumbukan 25 = 856 mm – 734 mm = 122 mm
  - Penetrasi di kumulatif tumbukan 30 = 1000 mm – 856 mm = 144 mm

- B. DCP ( mm/tumbukan )  
 DCP = penetrasi i / ( kumulatif tumbukan i – kumulatif tumbukan sebelum)
- DCP di kumulatif tumbukan 5 = 221 / (5 – 0) = 44,20 mm/tumbukan
  - DCP di kumulatif tumbukan 10 = 155 / (10 – 5) = 31,00 mm/tumbukan
  - DCP di kumulatif tumbukan 15 = 102 / (15 – 10) = 20,40 mm/tumbukan
  - DCP di kumulatif tumbukan 20 = 256 / (20 – 15) = 51,20 mm/tumbukan
  - DCP di kumulatif tumbukan 25 = 122 / (25 – 20) = 24,40 mm/tumbukan
  - DCP di kumulatif tumbukan 30 = 144 / (30 – 25) = 28,80 mm/tumbukan

- C. CBR Konus 60<sup>0</sup> (%)  
 Konus alat DCP yang digunakan dengan kerucut 60<sup>0</sup>.

$$\text{CBR Konus } 60^0 = 10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (\text{DCP } i)]\}}$$

- Konus 60<sup>0</sup> di kumulatif tumbukan 5 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (44,20)]\}} = 4,50 \%$
- Konus 60<sup>0</sup> di kumulatif tumbukan 10 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (31,00)]\}} = 7,17 \%$
- Konus 60<sup>0</sup> di kumulatif tumbukan 15 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (20,40)]\}} = 12,42 \%$
- Konus 60<sup>0</sup> di kumulatif tumbukan 20 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (51,20)]\}} = 3,71 \%$
- Konus 60<sup>0</sup> di kumulatif tumbukan 25 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (24,40)]\}} = 9,81 \%$
- Konus 60<sup>0</sup> di kumulatif tumbukan 30 =  $10^{\{2,8135 - [1,313 \times \log (28,80)]\}} = 7,89 \%$

- D.  $\text{CBR} = h \times \text{CBR konus}^{1/3}$
- CBR di kumulatif tumbukan 5 = 221 x  $4,50^{1/3} = 331,38$
  - CBR di kumulatif tumbukan 10 = 155 x  $7,17^{1/3} = 370,30$
  - CBR di kumulatif tumbukan 15 = 102 x  $12,42^{1/3} = 422,12$
  - CBR di kumulatif tumbukan 20 = 256 x  $3,71^{1/3} = 316,48$
  - CBR di kumulatif tumbukan 25 = 122 x  $9,81^{1/3} = 399,11$

$$\text{f. CBR di kumulatif tumbukan } 30 = 144 \times 7,89^{1/3} = 378,93$$

- E. CBR Desain (%)  
 CBR Desain = nilai terkecil dari CBR konus 60<sup>0</sup> + (total CBR / total h)  
 CBR Desain = 3,71 % + (2218,33 / 1000) = 5,93 %

#### 5. CBR Rata-Rata

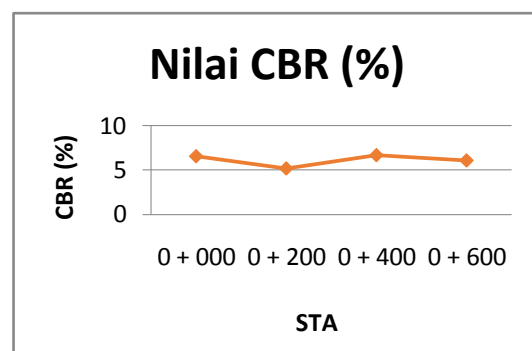
$$\text{CBR rata-rata Desain} = (6,56 \% + 5,19 \% + 6,68 \% + 5,93 \%) / 4 = 6,09 \%$$

### 4.2. Analisa Tebal Pengerasan

#### 1. Tabel Perbandingan

| No. | STA     | Nilai CBR (%) |
|-----|---------|---------------|
| 1.  | 0 + 000 | 6,56          |
| 2.  | 0 + 200 | 5,19          |
| 3.  | 0 + 400 | 6,68          |
| 4.  | 0 + 600 | 6,09          |

(Sumber : Perhitungan, 2022)



Gambar 5. Grafik Nilai CBR di Setiap STA  
 (Sumber : Dokumentasi Lapangan)

#### 2. Data-Data

##### A. Data Lalu Lintas Tahun 2021

- Kendaraan Ringan (2T) = 4328 kendaraan / hari / 2 arah
- Truk (4T) = 147 kendaraan / hari / 2 arah

##### B. Data Pendukung Lainnya

- Jalan dibuka tahun = 2022
- Perkembangan lalu lintas = 2% / tahun = 0,02 / tahun saat pengumpulan data (a)
- Umur rencana (UR) = 10 Tahun
- Faktor perkembangan lalu lintas = 4% / tahun = 0,04 / tahun (i)
- Koefisien distribusi kendaraan(C) = 0,50 (2 lajur 2 arah)

- f. Bahan pengerasan (Tabel 2.9) = Laston MS 454 kg  $a_1 = 0,32$   
Batu pecah CBR 100  $a_2 = 0,14$   
Sirtu CBR 50  $a_3 = 0,12$
- g. Indeks permukaan awal umur =  $IP_0 = 3,9 - 3,5$  (Tabel 2.6)
- h. Faktor Regional (FR) = 0,5 (kendaraan berat  $\leq 30\%$  kelandaian  $< 6\%$ ) (Tabel 2.5)

### 3. Analisis Tebal Pengerasan

#### A. Lalu Lintas Tahun 2022

##### a. Kendaraan Ringan (2T)

$$n = 2022 - 2021 = 1$$

$$\begin{aligned} LHR_{2022} &= LHR_{2021} \times (1 + a)^n \\ &= 4328 \times (1 + 0,02)^1 \\ &= 4415 \text{ kendaraan / hari / 2 arah} \end{aligned}$$

##### b. Truk (4T)

$$\begin{aligned} LHR_{2022} &= LHR_{2021} \times (1 + a)^n \\ &= 147 \times (1 + 0,02)^1 \\ &= 150 \text{ kendaraan / hari / 2 arah} \end{aligned}$$

#### B. Angka Ekuivalen (E)

##### a. Kendaraan Ringan (2T)

$$E = \left( \frac{50\% \times 2T}{8,16} \right)^4 + \left( \frac{50\% \times 2T}{8,16} \right)^4 = 0,0004$$

##### b. Truk (4T)

$$E = \left( \frac{34\% \times 4T}{8,16} \right)^4 + \left( \frac{66\% \times 4T}{8,16} \right)^4 = 0,01$$

#### C. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = LHR_{2022} \times E \times C$$

##### a. Kendaraan Ringan (2T)

$$LEP = 4415 \times 0,0004 \times 0,50 = 0,88$$

##### b. Truk (4T)

$$LEP = 150 \times 0,01 \times 0,50 = 0,75$$

$$\text{Total LEP} = 0,88 + 0,75 = 1,63$$

#### D. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

$$LEA = LEP (1 + i)^{UR}$$

##### a. Kendaraan Ringan (2T)

$$LEA = 0,88 (1 + 0,04)^{10} = 1,31$$

##### b. Truk (4T)

$$LEA = 0,75 (1 + 0,04)^{10} = 1,11$$

$$\text{Total LEA} = 1,31 + 1,11 = 2,42$$

#### E. Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

$$LER = \left( \frac{LEP + LEA}{2} \right) \times FP$$

$$FP = \left( \frac{UR}{10} \right) = \left( \frac{10}{10} \right) = 1$$

$$LER = \left( \frac{1,63 + 2,42}{2} \right) \times 1 = 2,02$$

#### F. Daya Dukung Tanah (DDT)

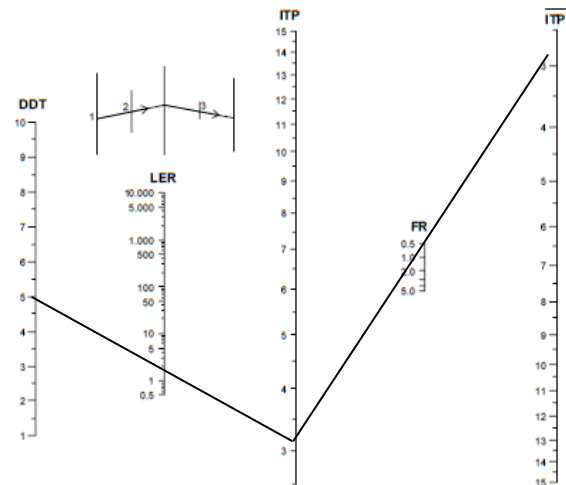
$$\begin{aligned} DDT &= 4,3 \log CBR + 1,7 \\ &= 4,3 \log 6,09 + 1,7 \\ &= 5,07 \end{aligned}$$

#### G. Indeks Tebal Pengerasan (ITP)

$$IP_0 = 3,9 - 3,5$$

$$IP_t = 1,5 \text{ (karena LER } < 10) \text{ (Tabel 2.7)}$$

Digunakan Nomogram 7.



**Gambar 6. Nomogram 7**

(Sumber : Silvia Sukirman, *Perencanaan Struktur Pengerasan Lentur*)

Berdasarkan nomogram diatas didapat ITP sebesar 3,15.

$$ITP = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3$$

D = Tebal lapis permukaan, pondasi, atau pondasi bawah

$$ITP = 2,5$$

Maka, tebal minimum laston MS 454 kg ( $D_1$ ) = 5 cm

Tebal minimum batu pecah CBR 100 ( $D_2$ ) = 20 cm

Tebal minimum sirtu CBR 50 ( $D_3$ ) = 10 cm

Memastikan tebal lapis pengerasan :

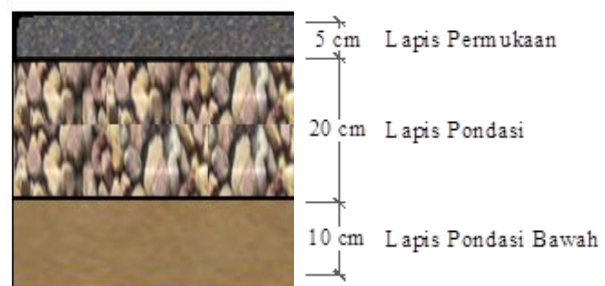
$$ITP = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3$$

$$2,5 = (0,32 \times 5) + (0,14 \times 20) + (0,12 \times 10)$$

$$2,5 = 1,6 + 2,8 + 1,2$$

$$2,5 = 5,6$$

Dikarenakan hasil penjumlahan antar tebal lapisan lebih besar dari ITP, maka tebal lapisan minimum sudah memenuhi. Dengan tebal lapis permukaan 5 cm, tebal lapis pondasi 20 cm dan tebal lapis pondasi bawah 10 cm.



**Gambar 7. Struktur Tebal Pengerasan Jalan**

(Sumber : Hasil Penelitian)

### 4.3 Pembahasan Hasil

Perncaanaan pembanguna jalan STA 0+000 sampai STA 0+600 yang mendapatkan hasil test CBR nya sebesar 6,09 melakukan urukan tindihaan pada jalan yang dibangun, jalan yang di laksanakan pengerjaan agregat lapis bawah tebalnya 20 cm tidak efektif dengan perencanaan yang sudah direncanakan agregat lapis bawah yang direncanakannya tebalnya 10 cm maka, pelaksanaan yang mereka kerjakan tidak menyesuaikan beban lalu lintas yang direncanakan maka jalan yang sudah dibangun tidak sesuai dengan umur yang direncanakan, kemungkinan kedepannya jalan yang telah dilaksanakan cepat rusak dan tidak sesuai dengan umur yang telah di rencanakan selama 10 tahun.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Umur rencana pengerasan jalan di rencanakan 10 tahun dari jalan tersebut dibuka sampai diperlukan sampai umur rencana, maka disimpulkan dari hasil perbandingan perencanaan tebal lapis aspal lentur pada perencanaan pembangunan jalan STA 0+000 sampai STA 0+600 direncanakan lapis permukaan 5 cm, lapis atas (kelas A) 15 cm dan lapis pondasi bawah (kelas B) 10 cm.

Setelah dianalisa perbandingannya adalah dalam perencanaan pembangunan jalan di rencanakan lapis aus permukaan 5 cm. dilaksanakan pengerjaan di lapangan lapis permukaan 6 cm maka, sesuai spesifikasi bina marga yang mana lapis permukaan tidak boleh kurang dari 5 cm. Pelaksanaan pondasi bawah (kelas B) 20 cm lebih tipis dan tidak sesuai dengan tebal yang direncanakan.

1. Nilai CBR STA 0+000 bagian (R) 6,56% STA 0+200 bagian (L) 5,19% CBR STA 0+400 bagian (R) 6,68% CBR STA 0+600 bagian (L) 6,09% sehingga CBR rata-rata desain sebesar 6,09%.
2. Lebih efisien apabila pengerjaan mengikuti awal rencana yang telah dibuat dan umur rencana sesuai yang diharapkan pemadatan tanah merupakan suatu proses untuk maningkatkan nilai kerapatan tanah guna meningkatkan daya dukung tanah

### 5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat diberika sebagai masukan kepada pelaksanaan proyek pada semua pihak yang terlibat pelaksanaan pembangunan proyek jalan Saba Dolok yaitu :

1. Bagi pelaksana pembanguna jalan Saba Dolok seharusnya mengerjakan jalan yang dibangun sesuai dengan perencanaan jalan dan tebal pengerasan lentur yang direncanakan.
2. Sebaiknya pada pengerjaan yang dibangun seharusnya mengikuti sesuai rencana beban lalu lintas yang direncanakan aga sesuai umur rencana.
3. Disiplin waktu pekerjaan sangat dibutuhkan jika terjadi cuaca hujan yang berkepanjangan maka pekerjaan harus ditunda dan akan berpengaruh dengan waktu pengerjaan yang akan ditambah

### Daftar Pustaka

- [1]. AASHTO, 1990, *Standard Spesification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, 15th ed. Washington, D.C
- [2]. Azwarman. 2015. *Kajian Nilai Daya Dukung Tanah Dasar Menggunakan Dynamic Cone Penetrometer Dan Cbr In Place*. Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi (JIUBJ), vol .5 no.1
- [3]. Kementrian Pekerjaan Umum. 2010. *Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- [4]. Sriharyani, Leni. 2012, *Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton (Ac-Wc) Dengan Cara Uji Marshall (Studi Kasus Proyek Peningkatan Jalan Soekarno-Hatta Kab. Lampung Timur)*. TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi). vol.2 no.1
- [5]. Sukirman, S., 1999, *Pengerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung
- [6]. Wesley, LD. 1977. *Mekanika Tanah cetakan VI*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.