

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Analisa Data

#### 4.1.1. Data Kelebihan Beban Kendaraan (*Overloading*)

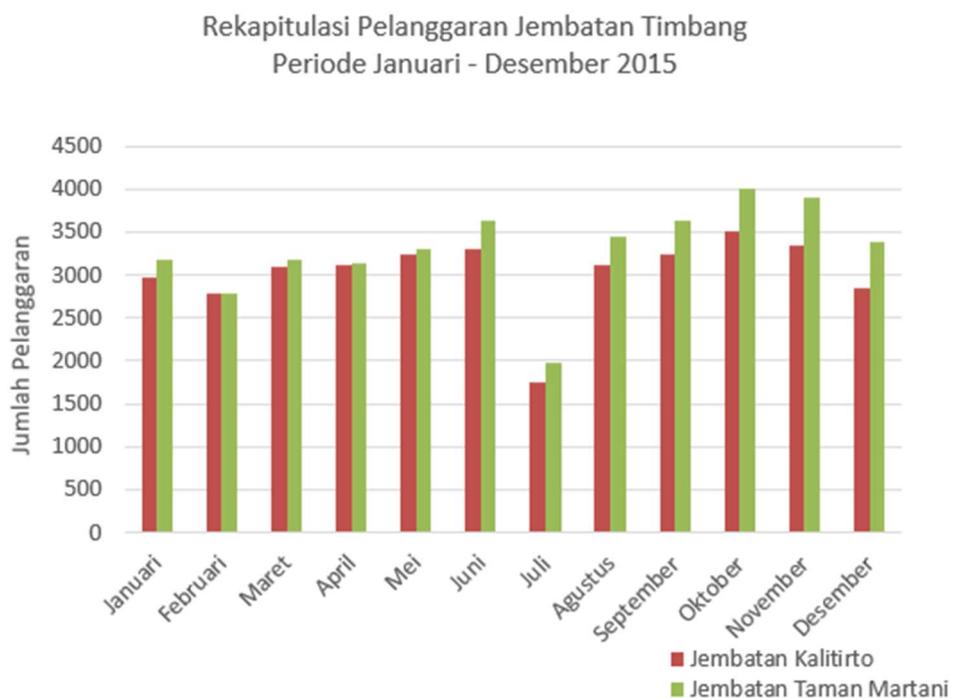
Setelah melakukan pengumpulan data dan hasil survey pada Dinas perhubungan DIY Bidang Angkutan Darat dan Jembatan Timbang. Hasil yang didapat adalah adanya sejumlah pelanggaran yang terjadi di kedua Jembatan Timbang yang berada di Ruas Jalan Raya Yogyakarta – Solo pada tahun 2015. Jumlah kendaraan yang melanggar, tidak melanggar dan jumlah yang ditimbang pada Jembatan Timbang Kalitiro dan Jembatan Timbang Taman Martani dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2 dan diagram dari pelanggaran keduanya dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Jumlah Pelanggaran Terhadap Kelebihan Beban (*Overloading*) pada Jembatan Timbang Kalitirto Tahun 2015 (Dishub DIY Bidang Angkutan Darat, 2015)

| Bulan     | Jumlah Ditimbang | Melanggar | Tidak Melanggar |
|-----------|------------------|-----------|-----------------|
| Januari   | 18475            | 2979      | 15496           |
| Februari  | 16919            | 2789      | 14130           |
| Maret     | 18798            | 3095      | 15703           |
| April     | 19144            | 3123      | 16021           |
| Mei       | 20224            | 3233      | 16991           |
| Juni      | 19789            | 3306      | 16483           |
| Juli      | 10085            | 1757      | 8328            |
| Agustus   | 19341            | 3121      | 16220           |
| September | 18942            | 3232      | 15710           |
| Oktober   | 20577            | 3512      | 17065           |
| November  | 19194            | 3340      | 15854           |
| Desember  | 17515            | 2857      | 14658           |
| Jumlah    | 219003           | 36344     | 182659          |

Tabel 4.2 Jumlah Pelanggaran Terhadap Kelebihan Beban (*Overloading*) pada Jembatan Timbang Taman Martani Tahun 2015 (Dishub DIY Bidang Angkutan Darat, 2015)

| Bulan     | Jumlah Ditimbang | Melanggar | Tidak Melanggar |
|-----------|------------------|-----------|-----------------|
| Januari   | 19221            | 3175      | 16046           |
| Februari  | 17905            | 2784      | 15121           |
| Maret     | 19788            | 3183      | 16605           |
| April     | 18499            | 3145      | 15354           |
| Mei       | 19867            | 3297      | 16570           |
| Juni      | 19614            | 3629      | 15985           |
| Juli      | 10132            | 1969      | 8163            |
| Agustus   | 19335            | 3453      | 15882           |
| September | 19868            | 3641      | 16227           |
| Oktober   | 21165            | 3998      | 17167           |
| November  | 20301            | 3894      | 16407           |
| Desember  | 19001            | 3382      | 15619           |
| Jumlah    | 224696           | 39550     | 185146          |



Gambar 4.1 Diagram Rekapitulasi Pelanggaran Jembatan Timbang Kalitirto dan Taman Martani

Dari diagram diatas dapat disimpulkan bahwa jumlah pelanggaran kelebihan beban (*overloading*) yang terjadi di Jembatan Taman Martani lebih tinggi dari pada Jembatan Kalitirto. Hal ini terlihat dari total jumlah kendaraan yang melebihi kapasitas yang diijinkan dari jumlah seharusnya di Jembatan Taman Martani sebesar 39.550 kendaraan. Sedangkan total jumlah kendaraan di Jembatan Kalitirto sebesar 36.344 kendaraan yang membawa muatan berlebih. Artinya bahwa jumlah kendaraan *overloading* yang melewati Ruas Jalan Solo-Yogyakarta Km 9-Km15 arah Solo lebih besar dibandingkan dengan yang arah Yogyakarta.

Berdasarkan data yang telah dilakukan atau rekapitulasi pelanggaran yang terjadi di Jembatan Timbang Kalitirto dan Jembatan Timbang Martani didapat jumlah pelanggaran tiap golongan JBI (jumlah beban ijin). Dari pelanggaran yang terjadi presentase pelanggaran dapat dihitung dari total jumlah pelanggaran tiap golongan JBI dan total pelanggaran kendaraan dikalikan dengan 100%. Berdasarkan golongan JBI (jumlah beban ijin), golongan kendaraan dibedakan menjadi 4 bagian adalah sebagai berikut.

- a. Golongan I, kendaraan barang yang mempunyai berat antara 2000 kg sampai 8000 kg.
- b. Golongan II, kendaraan barang yang mempunyai berat lebih besar dari 8000 kg sampai 14000 kg.
- c. Golongan III, kendaraan barang yang mempunyai berat lebih besar dari 14000 kg sampai 21000 kg.
- d. Golongan IV, kendaraan barang yang mempunyai berat lebih dari 21000 kg.

Adapun jumlah total kendaraan yang melanggar tiap JBI (jumlah beban ijin) dan persentase pelanggaran yang terjadi di Jembatan Timbang Kalitirto dan jembatan Timbang Martani dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan 4.4 dibawah ini:

Tabel 4.3 Jumlah Total Pelanggaran Tiap Golongan JBI yang Terjadi di Jembatan Timbang Kalitirto dan Taman Martani(Dishub DIY Bidang Angkutan Darat,2015)

| No. | Golongan   | Jembatan Timbang |               |
|-----|------------|------------------|---------------|
|     |            | Kalitirto        | Taman Martani |
| 1.  | Golongan I | 8650             | 11780         |

Tabel 4.3 Jumlah Total Pelanggaran Tiap Golongan JBI yang Terjadi di Jembatan Timbang Kalitirto dan Taman Martani (Dishub DIY Bidang Angkutan Darat, 2015) (Lanjutan)

| No. | Golongan     | Jembatan Timbang |               |
|-----|--------------|------------------|---------------|
|     |              | Kalitirto        | Taman Martani |
| 2.  | Golongan II  | 13723            | 13894         |
| 3.  | Golongan III | 6992             | 7302          |
| 4.  | Golongan IV  | 5564             | 5871          |

Tabel 4.4 Jumlah Presentase Pelanggaran yang Terjadi di Jembatan Timbang Kalitirto dan Taman Martani

| No. | Golongan     | Jembatan Timbang |               | Presentase rerata |
|-----|--------------|------------------|---------------|-------------------|
|     |              | Kalitirto        | Taman Martani |                   |
| 1.  | Golongan I   | 23.8 %           | 29.8 %        | 26.8 %            |
| 2.  | Golongan II  | 37.8 %           | 35.1 %        | 36.4 %            |
| 3.  | Golongan III | 19.2 %           | 18.5 %        | 18.9 %            |
| 4.  | Golongan IV  | 15.3 %           | 14.8 %        | 15.1 %            |

Dari Tabel 4.4 diatas dapat disimpulkan bahwa telah terjadinya pelanggaran yang terjadi di Jembatan Timbang Kalitirto dan Jembatan Timbang Taman Martani dengan persentase golongan I sebesar 26,8% , golongan II sebesar 36,4 %, golongan III sebesar 18,9 % dan golongan IV sebesar 15,1 %. Pelanggaran presentase yang terkecil adalah sebesar 15,1 pada golongan IV dan yang terbesar adalah sebesar 36,4 pada golongan II. Pelanggaran ini yang dilihat dengan *overloading*.

Hasil survey yang dilakukan di Jembatan Timbang Kalitirto dan Jembatan Timbang Taman Martani maka didapat rata-rata kelebihan beban (*overloading*) dapat dilihat dari Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Rata-rata Kelebihan Beban Kendaraan (*Overloading*) Setiap Golongan Berdasarkan JBI (jumlah beban ijin)

| No. | JBI Kendaraan                  | Rata-rata kelebihan beban ( <i>overloading</i> ) | Presentase <i>Overloading</i> |
|-----|--------------------------------|--|-------------------------------|
| 1.  | JBI < 8 ton                    | 2220 kg  | 24 %                          |
| 2.  | 8 ton $\leq$ JBI $\leq$ 14 ton | 5079 kg  | 31 %                          |
| 3.  | 14 ton < JBI $\leq$ 21 ton     | 14788 kg   | 35 %                          |
| 4.  | 21 ton < JBI $\leq$ 28 ton     | 17118 kg   | 39 %                          |

Berdasarkan Tabel 4.5 diatas didapat rata-rata kelebihan beban kendaraan berdasarkan presentase *overloading* kendaraan bahwa JBI (jumlah beban ijin) < 8 ton dengan rata-rata kelebihan beban 2220 kg dan presentase pelanggaran sebesar 24%, JBI (jumlah beban ijin) 8 ton ≤ JBI ≤ 14 ton dengan rata-rata kelebihan beban 5079 kg dan presentase pelanggaran sebesar 31%, JBI (jumlah beban ijin) 14 ton < JBI ≤ 21 ton dengan rata-rata kelebihan beban 14788 kg dan presentase pelanggaran sebesar 35%, dan JBI (jumlah beban ijin) 21 ton < JBI ≤ 28 ton dengan rata-rata kelebihan beban 17118 kg dan presentase pelanggaran sebesar 39%. Dari rata-rata kelebihan beban dan presentase kelebihan muatan maka dapat disimpulkan jika semakin besar angka JBI maka semakin tinggi pula tingkat pelanggaran beban kendaraan (*overloading*) yang dilakukan oleh pengemudi kendaraan berat.

#### 4.1.2. Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Lalu lintas harian rata-rata (LHR) merupakan data yang diambil dari hasil survey dan dari Dinas Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Daerah Istimewa Yogyakarta. Lalu lintas haria rata-rata digunakan dalam menganalisis pelayanan jalan dan mengetahui kendaraan yang melewati jalan tersebut. Dalam hal ini lalu lintas harian rata-rata Jalan Raya Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15 yang digunakan adalah tahun 2014 – 2018. Data lalu lintas harian rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata Jalan Raya Solo-Yogyakrta Km 9-Km 15 (Dinas Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional, 2018)

| Golongan | Jenis Kendaraan    | Volume Lalu Lintas (Kendaraan/Hari) |       |       |       |       |
|----------|--------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|          |                    | 2014                                | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  |
| 1        | Sepeda Motor       | 66870                               | 91318 | 98392 | 91318 | 99941 |
| 2        | Sedan/Jeep         | 19276                               | 29319 | 32305 | 29319 | 35787 |
| 3        | Angk. Umum Non Bus | 760                                 | 1532  | 1014  | 1532  | 708   |
| 4        | Mobil Hantaran     | 2801                                | 3690  | 3532  | 3690  | 2636  |

Tabel 4.6 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata Jalan Raya Yogyakarta – Solo (Dinas Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional, 2018) (Lanjutan)

| Golongan | Jenis Kendaraan   | Volume Lalu Lintas (Kendaraan/Hari) |      |      |      |      |
|----------|-------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|
|          |                   | 2014                                | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| 5a       | Bus Kecil         | 353                                 | 607  | 569  | 607  | 470  |
| 5b       | Bus Besar         | 927                                 | 1638 | 874  | 1638 | 1240 |
| 6a       | Truk 2 As (Kecil) | 518                                 | 1151 | 732  | 1151 | 514  |
| 6b       | Truk 2 As (Besar) | 2169                                | 2538 | 1688 | 2538 | 1305 |
| 7a       | Truk 3 As         | 582                                 | 690  | 416  | 690  | 484  |

Tabel 4.6 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata Jalan Raya Yogyakarta – Solo (Dinas Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional, 2018)

| Golongan | Jenis Kendaraan        | Volume Kendaraan/Hari |        |        |        |        |
|----------|------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
|          |                        | 2014                  | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   |
| 7b       | Truk Gandeng           | 110                   | 195    | 44     | 195    | 93     |
| 7c       | Truk Trailer           | 91                    | 118    | 53     | 118    | 64     |
| 8        | Kendaraan Tak Bermotor | 868                   | 973    | 862    | 973    | 517    |
| Jumlah   |                        | 95325                 | 133769 | 140481 | 133769 | 143759 |

Selain data yang didapatkan dari Dinas Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (PPJN) diatas, dalam penelitian ini data lalu lintas harian rata-rata (LHR) juga didapatkan melalui survey secara langsung di Ruas Jalan Jalan Raya Solo-Yogyakarta. Survey ini dilakukan selama 3 hari atau 3 x 24 jam yang dimulai dari pukul 07.00 hingga pukul 19.00 dengan interval waktu selama survey 15 menit. Hasil survey lalu lintas harian rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Data Hasil Survey Lalu Lintas Harian Rata-rata di Jalan Raya Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15

| No. | Jenis Kendaraan | Volume Kendaraan (Kendaraan/hari) |
|-----|-----------------|-----------------------------------|
| 1.  | Sepeda Motor    | 58063                             |

Tabel 4.7 Data Hasil Survey Lalu Lintas Harian Rata-rata di Jalan Raya Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15 (Lanjutan)

| No. | Jenis Kendaraan  | Volume Kendaraan<br>(Kendaraan/hari) |
|-----|------------------|--------------------------------------|
| 2.  | Sedan            | 33977                                |
| 3.  | Mobil Hantaran   | 2097                                 |
| 4.  | Angkutan Non Bus | 282                                  |
| 5.  | Bus Sedang       | 378                                  |
| 6.  | Bus Besar        | 694                                  |
| 7.  | Truk Sedang      | 1702                                 |
| 8.  | Truk Besar       | 809                                  |
| 9.  | Truk Gandeng     | 68                                   |
| 10. | Truk Trailer     | 79                                   |

#### 4.1.3. Angka Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Pertumbuhan lalu lintas berkembangnya dari lalu lintas meningkatnya jumlah kendaraan yang terjadi di Ruas Jalan Raya Yogyakarta – Solo. Lalu lintas harian rata-rata selanjutnya dikelompokkan berdasarkan jenis kendaraan. Dalam menentukan angka pertumbuhan lalu lintas dapat menggunakan Metode Eksponensial, Metode Regresi Linier dan Metode Rata-rata, pada penelitian ini menggunakan Metode Eksponensial dan Metode Rata-rata. Lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dikelompokkan berdasarkan jenis kendaraan dapat dilihat di Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.8 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata Ruas Jalan Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15 Berdasarkan Jenis Kendaraan (smp)

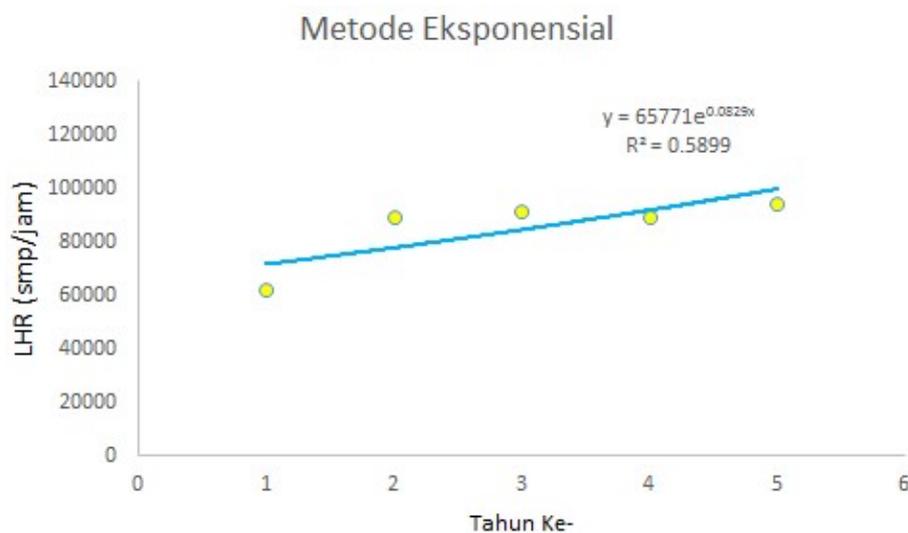
| Jenis Kendaraan                | emp | Volume Lalu Lintas (smp/hari) |       |       |       |       |
|--------------------------------|-----|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                |     | 2014                          | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  |
| Kendaraan Ringan (LV)          | 1   | 23190                         | 35148 | 37420 | 35148 | 39601 |
| Kendaraan Berat Menengah (MHV) | 1.3 | 5716                          | 8229  | 4949  | 8229  | 49971 |
| Sepeda Motor (MC)              | 0.5 | 33435                         | 45659 | 49196 | 45659 | 49971 |
| Jumlah                         |     | 62341                         | 89036 | 91565 | 89036 | 94382 |

a. Metode Eksponensial

Setelah mendapatkan lalu lintas harian rata-rata selama 5 tahun dari tahun 2014 sampai dengan tahun 2018. Angka pertumbuhan lalu lintas metode eksponensial dapat ditentukan berdasarkan LHRT,  $LHR_0$  dan umur rencana (n) dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan hubungan antara LHR dengan tahun ke-n dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.

Tabel 4.9 Perhitungan Angka Pertumbuhan Lalu Lintas Jalan Raya Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15 dengan Metode Eksponensial

| No.                               | Tahun | LHR<br>(kend/hari) | $LHR_0$<br>(smp/jam) | LHRT<br>(smp/jam) | N | i<br>(%) |
|-----------------------------------|-------|--------------------|----------------------|-------------------|---|----------|
| 1.                                | 2014  | 62341              | -                    | -                 |   |          |
| 2.                                | 2015  | 89036              | 26695                | 89036             | 1 | 3,61     |
| 3.                                | 2016  | 91565              | 2529                 | 91565             | 2 | 5,93     |
| 4.                                | 2017  | 89036              | -2529                | 89036             | 3 | -3,31    |
| 5.                                | 2018  | 94383              | 5346                 | 94382             | 4 | 2,02     |
| Angka Pertumbuhan Lalu Lintas (%) |       |                    |                      |                   |   | 8,26     |



Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara LHR dan Tahun dengan Metode Eksponensial

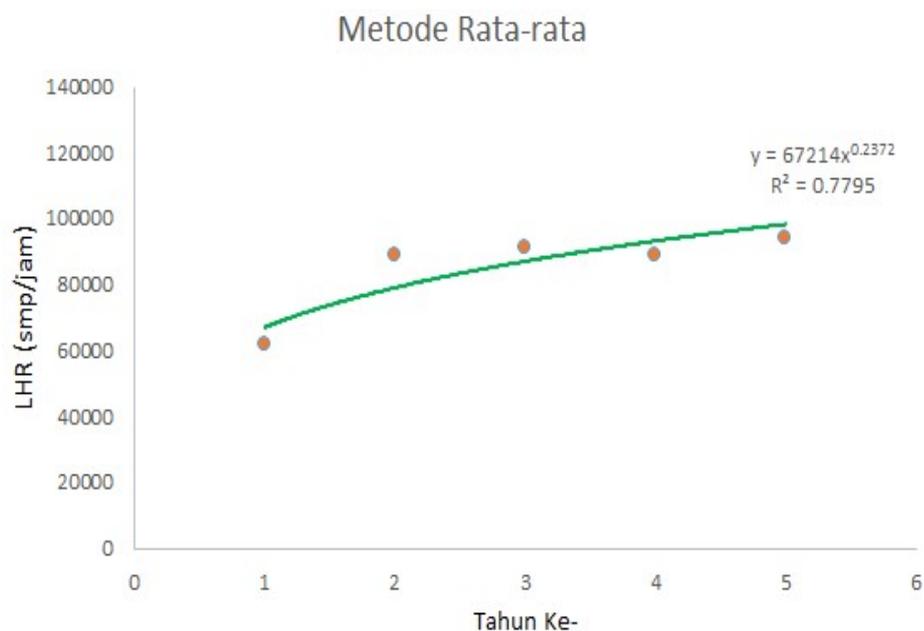
b. Metode Rata-rata

Metode rata-rata merupakan salah metode yang dapat digunakan dalam menentukan angka pertumbuhan lalu lintas. Perhitungan pertumbuhan lalu lintas metode rata-rata menggunakan data LHR (smp/hari) dari tahun 2014 sampai dengan tahun 2018 dengan LHR tahun kedua dikurangi dengan LHR tahun sebelumnya dibagi dengan tahun sebelumnya kemudian dikalikan dengan 100.

Angka pertumbuhan dengan metode rata dapat dilihat di Tabel 4.10 dan Gambar 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.10 Perhitungan Angka Pertumbuhan Lalu Lintas Jalan Raya Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15 dengan Metode Rata-rata

| No                                | Tahun | LHR   | Selisih LHR<br>(smp/hari) | Angka<br>Pertumbuhan per<br>tahun % |
|-----------------------------------|-------|-------|---------------------------|-------------------------------------|
| 1                                 | 2014  | 62341 |                           |                                     |
| 2                                 | 2015  | 89036 | 26695                     | 42,820                              |
| 3                                 | 2016  | 91565 | 2529                      | 2,840                               |
| 4.                                | 2017  | 89036 | -2529                     | -2,761                              |
| 5.                                | 2018  | 94382 | 5346                      | 6,004                               |
| Angka Pertumbuhan Lalu Lintas (%) |       |       |                           | 9,78                                |



Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara LHR dan Tahun dengan Metode Rata-rata

Dari hasil perhitungan angka pertumbuhan dengan metode eksponensial didapat angka pertumbuhan lalu lintas sebesar 8.26 %. Sedangkan dengan menggunakan metode rata-rata angka pertumbuhan lalu lintas didapat sebesar 9,78 %. Dari hasil kedua metode tersebut maka diambil angka pertumbuhan lalu lintas dengan metode rata-rata dikarenakan lebih baik dibandingkan dengan metode eksponensial.

#### 4.1.4. Angka Ekuivalen Kendaraan

Pada penelitian ini dalam mencari angka ekuivalen masing-masing kendaraan untuk metode AASHTO (1993) persamaan dapat diambil atas pengaruh dari jumlah sumbu kendaraan dan jumlah roda. Perhitungan angka ekuivalen kendaraan dapat dilihat dibawah ini.

##### a. Angka Ekuivalen Kendaraan Standar

###### 1) Jenis kendaraan golongan 2 (Mobil Penumpang)

Berat total = 2 Ton

Distribusi beban sumbu depan 50% dan belakang 50%

$$\begin{aligned} E &= \left[ \frac{50\% \times 2}{5,4} \right]^4 + \left[ \frac{50\% \times 2}{5,4} \right]^4 \\ &= 0,000118 + 0,000118 \\ &= 0,00236 \end{aligned}$$

###### 2) Jenis kendaraan golongan 3 (Mobil Box, Mobil Hantaran, Mobil Pickup)

Berat total = 3,5 Ton

Distribusi beban sumbu depan 50% dan belakang 50%

$$\begin{aligned} E &= \left[ \frac{50\% \times 3,5}{5,4} \right]^4 + \left[ \frac{50\% \times 3,5}{5,4} \right]^4 \\ &= 0,011031 + 0,011031 \\ &= 0,02206 \end{aligned}$$

###### 3) Jenis kendaraan golongan 4 (Angkutan Non Bus)

Berat total = 5 Ton

Distribusi beban sumbu depan 50% dan belakang 50%

$$\begin{aligned} E &= \left[ \frac{50\% \times 5}{5,4} \right]^4 + \left[ \frac{50\% \times 5}{5,4} \right]^4 \\ &= 0,045939 + 0,045939 \\ &= 0,09187 \end{aligned}$$

###### 4) Jenis kendaraan golongan 5a (Bus Sedang)

Berat total = 6 Ton

Distribusi beban sumbu depan 34% dan belakang 66%

$$\begin{aligned} E &= \left[ \frac{34\% \times 6}{5,4} \right]^4 + \left[ \frac{66\% \times 6}{8,16} \right]^4 \\ &= 0,020367 + 0,055466 \end{aligned}$$

$$= 0,07583$$

- 5) Jenis kendaraan golongan 5b (Bus Besar)

Berat total = 9 Ton

Distribusi beban sumbu depan 34% dan belakang 66%

$$\begin{aligned} E &= \left[ \frac{34\% \times 9}{5,4} \right]^4 + \left[ \frac{66\% \times 9}{8,16} \right]^4 \\ &= 0,103112 + 0,280792 \\ &= 0,38390 \end{aligned}$$

- 6) Jenis kendaraan golongan 6b (Truk Sedang 2 As)

Berat total = 18,2 Ton

Distribusi beban sumbu depan 34% dan belakang 66%

$$\begin{aligned} E &= \left[ \frac{34\% \times 18,2}{5,4} \right]^4 + \left[ \frac{66\% \times 18,2}{8,16} \right]^4 \\ &= 1,724353 + 3,695703 \\ &= 5,42005 \end{aligned}$$

- 7) Jenis kendaraan golongan 7a (Truk Besar 3 As)

Berat total = 25 Ton

Distribusi beban sumbu depan 25%, belakang 37,5% dan belakang 37,5%

$$\begin{aligned} E &= \left[ \frac{25\% \times 25}{5,4} \right]^4 + \left[ \frac{37,5\% \times 25}{8,16} \right]^4 + \left[ \frac{37,5\% \times 25}{8,16} \right]^4 \\ &= 0,59406 + 1,242306 + 1,24240 \\ &= 3,07918 \end{aligned}$$

- 8) Jenis kendaraan golongan 7b (Truk Gandeng)

Berat total = 31,4 Ton

Distribusi beban sumbu depan 18% , belakang 28%, belakang 27% dan belakang 27%

$$\begin{aligned} E &= \left[ \frac{18\% \times 31,4}{5,4} \right]^4 + \left[ \frac{28\% \times 31,4}{8,16} \right]^4 + \left[ \frac{27\% \times 31,4}{8,16} \right]^4 + \left[ \frac{27\% \times 31,4}{8,16} \right]^4 \\ &= 1,200145 + 1,347691 + 0,916524 + 0,91523 \\ &= 3,88088 \end{aligned}$$

- 9) Jenis kendaraan golongan 7c (Truk Trailer)

Berat total = 42 Ton

Distribusi beban sumbu depan 18% , belakang 28%, belakang 27% dan belakang 27%

$$\begin{aligned}
 E &= \left[ \frac{18\% \times 42}{5,4} \right]^4 + \left[ \frac{28\% \times 42}{8,16} \right]^4 + \left[ \frac{27\% \times 42}{8,16} \right]^4 + \left[ \frac{27\% \times 42}{8,16} \right]^4 \\
 &= 1,8416 + 2,313886 + 2,129851 + 2,129851 \\
 &= 8,41518
 \end{aligned}$$

b. Angka Ekuivalen Kendaraan Beban Berlebih (*Overloading*)

1) Jenis kendaraan golongan 3 (Mobil Box, Mobil Hantaran, Mobil Pickup)

Berat total = 3500 + 2220 = 5720 kg = 5,72 Ton

Distribusi beban sumbu depan 50% dan belakang 50%

$$\begin{aligned}
 E &= \left[ \frac{50\% \times 5,72}{5,4} \right]^4 + \left[ \frac{50\% \times 5,72}{5,4} \right]^4 \\
 &= 0,078684 + 0,078684 \\
 &= 0,15736
 \end{aligned}$$

2) Jenis kendaraan golongan 6b (Truk Sedang 2 As)

Berat total = 18200 + 5079 = 23279 kg = 23,279 Ton

Distribusi beban sumbu depan 34% dan belakang 66%

$$\begin{aligned}
 E &= \left[ \frac{34\% \times 23,279}{5,4} \right]^4 + \left[ \frac{66\% \times 23,279}{8,16} \right]^4 \\
 &= 3,61527 + 8,56817 \\
 &= 12,18345
 \end{aligned}$$

3) Jenis kendaraan golongan 7a (Truk Besar 2 As)

Berat total = 25000 + 14788 = 39788 kg = 39,788

Distribusi beban sumbu depan 25% , belakang 37.5% dan belakang 37.5%

$$\begin{aligned}
 E &= \left[ \frac{25\% \times 39,788}{5,4} \right]^4 + \left[ \frac{37,5\% \times 39,788}{8,16} \right]^4 + \left[ \frac{37,5\% \times 39,788}{8,16} \right]^4 \\
 &= 7,51313 + 9,17822 + 9,17822 \\
 &= 25,86958
 \end{aligned}$$

4) Jenis kendaraan golongan 7b (Truk Gandeng)

Berat total = 31400 + 17118 = 48518 kg = 48,518 Ton

Distribusi beban sumbu depan 18%, belakang 28%, belakang 27% dan belakang 27%

$$\begin{aligned}
 E &= \left[ \frac{18\% \times 48,518}{5,4} \right]^4 + \left[ \frac{28\% \times 48,518}{8,16} \right]^4 + \left[ \frac{27\% \times 48,518}{8,16} \right]^4 + \\
 &\quad \left[ \frac{27\% \times 48,518}{8,16} \right]^4 \\
 &= 3,84110 + 4,68215 + 0,642108 + 0,64210 \\
 &= 9,80747
 \end{aligned}$$

#### 4.1.5. Faktor Hubungan Umur Rencana dan Perkembangan Lalu Lintas (N)

Faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas menggunakan persamaan dari 2.8 dengan menghitung hingga sampai n ke 20 tahun. Untuk mencari Faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas maka diperlukan faktor perkembangan lalu lintas yang digunakan sebesar 0,098. Perhitungan menentukan nilai N adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{1}{2} \left[ 1 + (1+r)n + 2(1+r) \frac{(1+r)^{n-1} - 1}{r} \right] \\
 &= \frac{1}{2} \left[ 1 + (1+0,098)20 + 2(1+0,098) \frac{(1+0,098)^{20-1} - 1}{0,098} \right] \\
 &= 58,5952
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan menentukan nilai faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas (N) sampai ke 20 tahun sebesar 58,5952.

#### 4.1.6. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Koefisien Distribusi Kendaraan (C) pada umumnya menggunakan 0,5, faktor ini bisa berubah jika kendaraan berat yang terjadi di jalan tersebut cenderung kepada arah tertentu. Dalam metode AASHTO (1993) koefisien distribusi kendaraan menggunakan nilai sebesar 0,5, jadi nilai yang digunakan dalam penelitian dan perhitungan ini menggunakan nilai 0,5.

#### 4.1.7. Nilai CESA standar dan CESA *overloading*

Beban akibat lalu lintas yang terjadi dapat dihitung dari angka ekuivalen terhadap muatan sumbu standar kendaraan. Untuk menentukan akumulasi pada beban kendaraan khususnya sumbu lalu lintas selama umur rencana, dapat ditentukan dengan rumus CESA (*Commulative Equivalent Standard Axle*). Perhitungan untuk nilai CESA terbagi 2 (dua) yaitu nilai CESA standar dan

*overloading* yang dihitung pada 20 tahun. Perhitungan nilai CESA dapat dilihat dibawah ini.

a. CESA beban standar

Perhitungan untuk nilai CESA standar dihitung dari tahun ke 1 sampai dengan tahun ke 20, perhitungan nilai CESA didapat dari nilai LHR (lalu lintas harian rata-rata) dikalikan dengan angka ekivalen kendaraan dikalikan dengan koefesien kendaraan dikalikan dengan nilai N serta dikalikan 365 hari (1 tahun). Perhitungan nilai CESA dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11 Perhitungan Nilai CESA standar untuk umur 20 tahun

| No.               | Golongan Kendaraan | LHR  | Ekivalen | C   | N     | ESAL       |
|-------------------|--------------------|------|----------|-----|-------|------------|
| 1                 | Golongan 2         | 3397 | 0,00236  | 0,5 | 58,59 | 857476,6   |
| 2                 | Golongan 3         | 2097 | 0,02206  | 0.5 | 58,59 | 494685,5   |
| 3                 | Golongan 4         | 282  | 0,09187  | 0.5 | 58,59 | 277043,6   |
| 4                 | Golongan 5a        | 378  | 0,07583  | 0.5 | 58,59 | 306519,5   |
| 5                 | Golongan 5b        | 694  | 0,38390  | 0.5 | 58,59 | 249068,0   |
| 6                 | Golongan 6b        | 1702 | 5,42005  | 0.5 | 58,59 | 9647954    |
| 7                 | Golongan 7a        | 809  | 3,07911  | 0.5 | 58,59 | 6637906.3  |
| 8                 | Golongan 7b        | 68   | 3,88088  | 0.5 | 58,59 | 2822047,8  |
| 9                 | Golongan 7c        | 79   | 8,41518  | 0.5 | 58,59 | 7109118,2  |
| Jumlah Nilai CESA |                    |      |          |     |       | 28401819,3 |

b. CESA beban berlebih (*overloading*)

Perhitungan nilai beban berlebih (*overloading*) untuk umur 20 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12 Perhitungan Nilai CESA beban berlebih (*overloading*) untuk umur 20 tahun

| No | Golongan Kendaraan | Presentase (%) | LHR   | LHR *) | Ekivalen | C   | N     | ESAL       |
|----|--------------------|----------------|-------|--------|----------|-----|-------|------------|
| 1  | Golongan 2         | 100%           | 33977 | 33977  | 0,002360 | 0.5 | 58,59 | 857476,6   |
| 2  | Golongan 3         | 26.8%          | 2097  | 562    | 0,157360 | 0.5 | 58,59 | 945698,7   |
|    |                    | 73.2%          |       | 1535   | 0,022060 | 0.5 | 58,59 | 362109,8   |
| 3  | Golongan 4         | 100%           | 282   | 282    | 0,091870 | 0.5 | 58,59 | 277043,6   |
| 4  | Golongan 5a        | 100%           | 378   | 378    | 0,075830 | 0.5 | 58,59 | 3066518,5  |
| 5  | Golongan 5b        | 100%           | 694   | 694    | 0,383900 | 0.5 | 58,59 | 2849068,0  |
| 6  | Golongan 6b        | 36%            | 1702  | 620    | 12,18345 | 0.5 | 58,59 | 8715410,0  |
|    |                    | 64%            |       | 1082   | 5,420050 | 0.5 | 58,59 | 6740098,6  |
| 7  | Golongan 7a        | 18.9%          | 809   | 153    | 25,86958 | 0.5 | 58,59 | 4.298497,0 |
|    |                    | 81.1%          |       | 656    | 3,079110 | 0.5 | 58,59 | 2603342,0  |
| 8  | Golongan 7b        | 15.1%          | 68    | 10     | 9,80746  | 0.5 | 58,59 | 1076882,0  |

Tabel 4.12 Perhitungan Nilai CESA beban berlebih (*overloading*) untuk umur 20 tahun (Lanjutan)

| No                | Golongan Kendaraan | Presentase (%) | LHR | LHR *) | Ekivalen | C   | N     | ESAL      |
|-------------------|--------------------|----------------|-----|--------|----------|-----|-------|-----------|
|                   |                    | 84.9%          |     | 58     | 3,88088  | 0.5 | 58,59 | 2395918,5 |
| 9                 | Golongan 7c        | 100%           | 79  | 79     | 8,41518  | 0.5 | 58,59 | 7109118,2 |
| Jumlah nilai CESA |                    |                |     |        |          |     |       | 42452353  |

Keterangan: \*) LHR terkoreksi

Berdasarkan hasil perhitungan nilai CESA diatas dapat disimpulkan untuk nilai cesa standar didapat dengan hasil sebesar 28401819,3 ESAL dan perhitungan nilai CESA beban berlebih (*overloading*) sebesar 42452353 ESAL. Selisih nilai dari CESA standar dan beban berlebih (*overloading*) yang cukup besar akan mempengaruhi dan berdampak terhadap umur pelayanan jalan.

#### 5.1.8. Penurunan Umur Pelayanan

Penurunan pelayanan merupakan pengaruh dari beban maupun dari yang lainnya terhadap kinerja suatu perkerasan jalan. Dari hasil perhtiuangan CESA beban standar dan beban berlebih (*overloading*) dapat disimpulkan bahwa nilai CESA beban berlebih (*overloading*) lebih besar dan dengan hasil ini dapat mempengaruhi umur pelayanan suatu perkerasan jalan. Perhitungan penurunan umur atau pengurangan umur layanan dapat dilihat dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Sisa Umur Rencana} &= \frac{\text{Akumulasi CESA Beban Standar}}{\text{Akumulasi CESA Beban Overloading}} \times \text{Umur Rencana} \\
 &= \frac{28401819,3 \text{ ESAL}}{42452353 \text{ ESAL}} \times 20 \text{ tahun} \\
 &= 13,3 \text{ Tahun}
 \end{aligned}$$

$$\text{Penurunan Umur Layan} = 20 \text{ tahun} - 13,3 \text{ tahun} = 6,7 \text{ Tahun}$$

#### 4.1.9. Hasil Survey Kecepatan Kendaraan

Survey kecepatan rata-rata kendaraan yang dilakukan di Ruas Jalan Raya Solo-yogyakarta Km 9-Km 15selama 6 jam dengan interval waktu 15 menit, survey dilakukan dari jam 09.00 sampai dengan jam 15.00. Hasil survey kecepatan rata-rata kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.13, 4.14, 4.15 dan 4.16. Dalam menentukan kecepatan kendaraan adanya hubungan kecepatan dan waktu dalam grafik yang dapat dilihat Pada Gambar 4.4, 4.5, 4.6, 4,7 ,4.8 dan 4.9 berikut ini.

Tabel 4.13 Hasil Survey Kecepatan Kendaraan yang Melewati Ruas Jalan Raya  
Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15 dari arah Yogyakarta

| Waktu         | Kecepatan Tiap Jenis Kendaraan (Km/Jam) |              |            |             |           |
|---------------|---|--------------|------------|-------------|-----------|
|               | Trailer                                 | Truk Gandeng | Truk besar | Truk Sedang | Bus Besar |
| 09.00 - 10.00 | 40.998                                  | 20.900       | 27.089     | 36.741      | 45.033    |
| 10.00 - 11.00 | 26.192                                  | 20.889       | 28.276     | 37.768      | 42.969    |
| 11.00 - 12.00 | 40.146                                  | 25.621       | 34.536     | 43.005      | 44.837    |
| 12.00 - 13.00 | 29.414                                  | 29.970       | 35.666     | 44.314      | 45.593    |
| 13.00 - 14.00 | 29.119                                  | 34.588       | 37.954     | 44.421      | 47.687    |
| 14.00 - 15.00 | 28.696                                  | 32.144       | 44.506     | 48.895      | 40.981    |

Tabel 4.14 Hasil Survey Kecepatan Kendaraan yang Melewati Ruas Jalan Raya  
Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15 dari arah Yogyakarta

| Waktu         | Kecepatan Tiap Jenis Kendaraan (Km/Jam) |        |         |               |              |
|---------------|---|--------|---------|---------------|--------------|
|               | Bus Sedang                              | Angkot | Pick Up | Sedan, kijang | Sepeda Motor |
| 09.00 - 10.00 | 42.061                                  | 47.224 | 43.276  | 61.929        | 67.892       |
| 10.00 - 11.00 | 45.707                                  | 45.123 | 48.775  | 69.907        | 76.714       |
| 11.00 - 12.00 | 49.553                                  | 40.924 | 50.784  | 60.228        | 83.054       |
| 12.00 - 13.00 | 49.296                                  | 41.065 | 36.504  | 55.433        | 64.764       |
| 13.00 - 14.00 | 45.307                                  | 42.589 | 48.358  | 55.016        | 81.508       |
| 14.00 - 15.00 | 53.480                                  | 54.429 | 62.734  | 63.753        | 68.661       |

Tabel 4.15 Hasil Survey Kecepatan Kendaraan yang Melewati Ruas Jalan Raya  
Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15 dari arah Solo

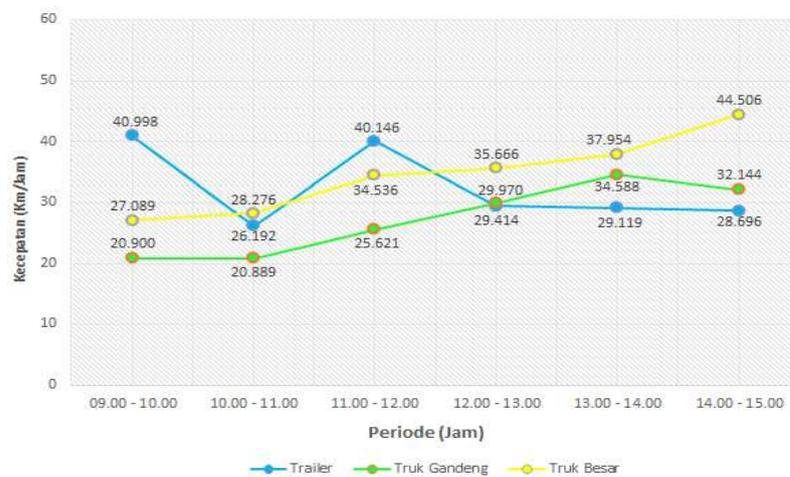
| Waktu         | Kecepatan Tiap Jenis Kendaraan (Km/Jam) |              |            |             |           |
|---------------|---|--------------|------------|-------------|-----------|
|               | Trailer                                 | Truk Gandeng | Truk besar | Truk Sedang | Bus Besar |
| 09.00 - 10.00 | 38.025                                  | 39.879       | 34.590     | 59.699      | 74.956    |
| 10.00 - 11.00 | 40.710                                  | 33.935       | 50.189     | 47.929      | 64.567    |
| 11.00 - 12.00 | 40.146                                  | 25.621       | 34.536     | 43.005      | 44.837    |
| 12.00 - 13.00 | 29.414                                  | 29.970       | 35.666     | 44.314      | 45.593    |
| 13.00 - 14.00 | 29.119                                  | 34.588       | 37.954     | 44.421      | 47.687    |
| 14.00 - 15.00 | 28.696                                  | 32.144       | 44.506     | 48.895      | 40.981    |

Tabel 4.16 Hasil Survey Kecepatan Kendaraan yang Melewati Ruas Jalan Raya  
Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15 dari arah Solo

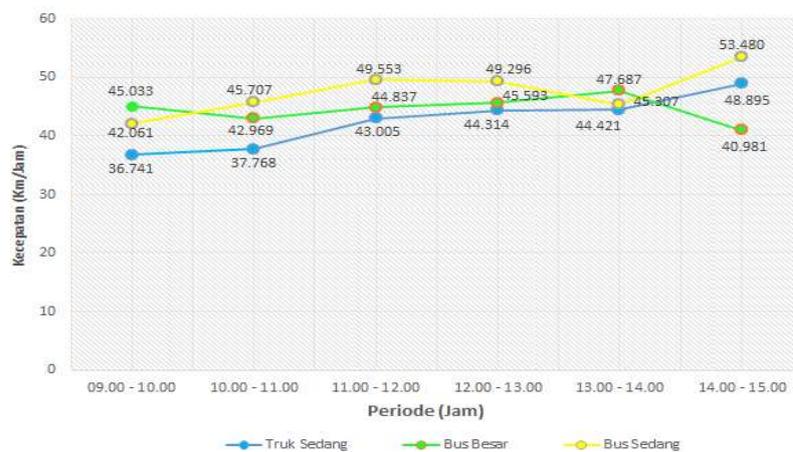
| Waktu | Kecepatan Tiap Jenis Kendaraan (Km/Jam) |        |         |               |              |
|-------|---|--------|---------|---------------|--------------|
|       | Bus Sedang                              | Angkot | Pick Up | Sedan, kijang | Sepeda Motor |

Tabel 4.16 Hasil Survey Kecepatan Kendaraan yang Melewati Ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15 dari arah Solo (Lanjutan)

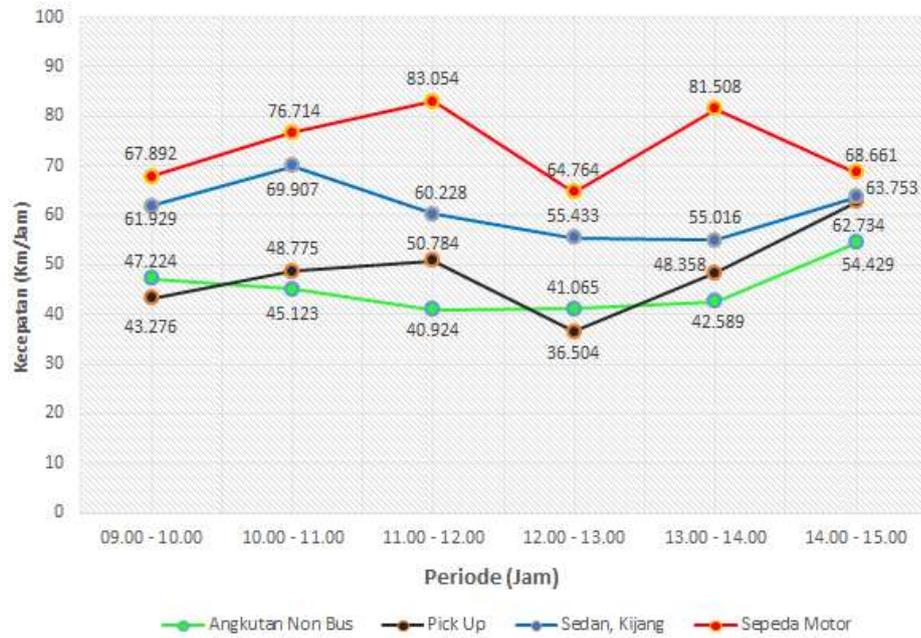
| Waktu         | Kecepatan Tiap Jenis Kendaraan (Km/Jam) |        |         |               |              |
|---------------|---|--------|---------|---------------|--------------|
|               | Bus Sedang                              | Angkot | Pick Up | Sedan, kijing | Sepeda Motor |
| 09.00 - 10.00 | 63.551                                  | 62.517 | 57.546  | 54.237        | 57.153       |
| 10.00 - 11.00 | 59.784                                  | 63.839 | 68.447  | 70.966        | 98.983       |
| 11.00 - 12.00 | 49.553                                  | 40.924 | 50.784  | 60.228        | 83.054       |
| 12.00 - 13.00 | 49.296                                  | 41.065 | 36.504  | 55.433        | 64.764       |
| 13.00 - 14.00 | 45.307                                  | 42.589 | 48.358  | 55.016        | 81.508       |
| 14.00 - 15.00 | 53.480                                  | 54.429 | 62.734  | 63.753        | 68.661       |



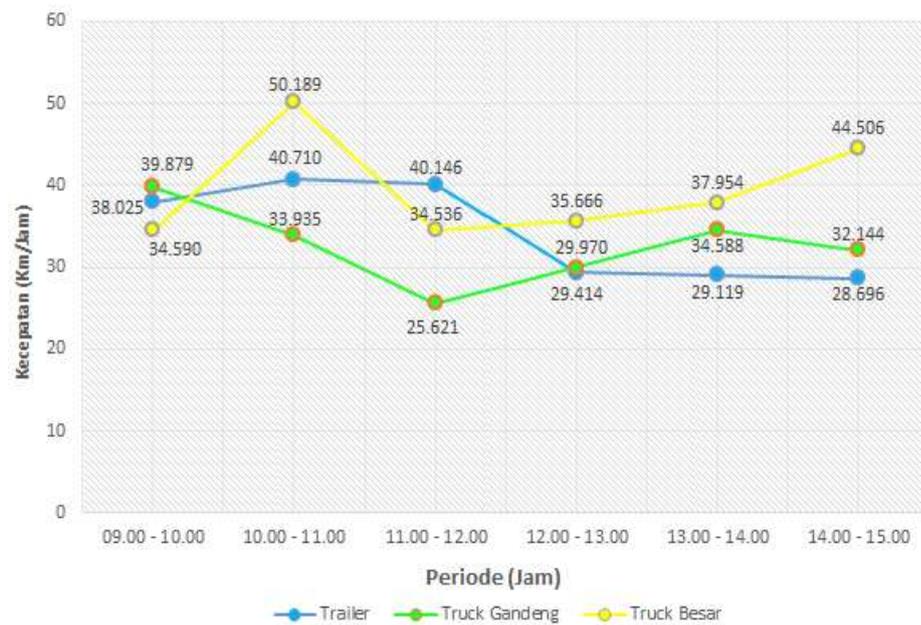
Gambar 4.4 Grafik Kecepatan Kendaraan Truk Trailer, Truk Gandeng dan Truk Besar yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta arah Yogyakarta



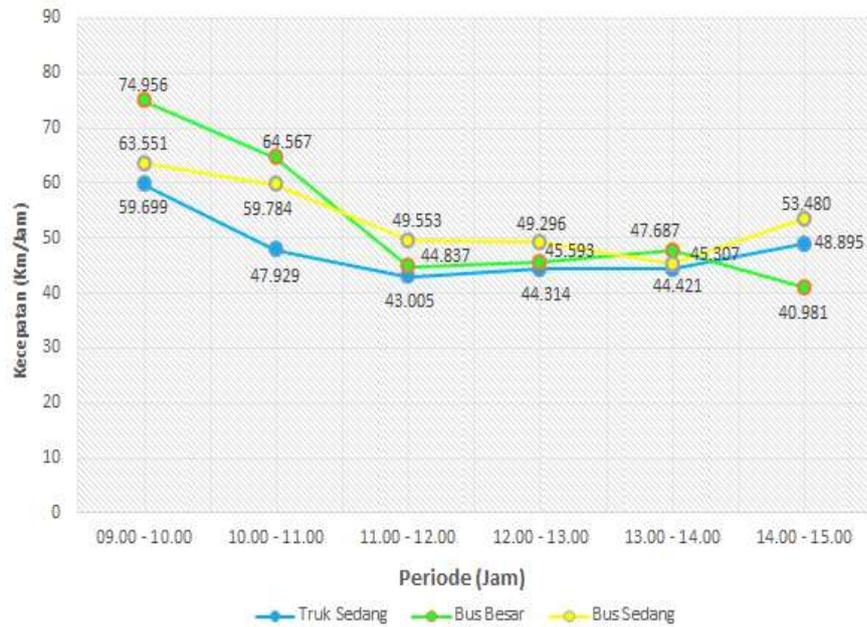
Gambar 4.5 Grafik Kecepatan Kendaraan Truk Sedang, Bus Besar dan Bus Sedang yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta arah Yogyakarta



Gambar 4.6 Grafik Kecepatan Angkutan Non Bus , Pick Up, Sedan dan Sepeda Motor yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta dari arah Yogyakarta



Gambar 4.7 Grafik Kecepatan Kendaraan Truk Trailer, Truk Gandeng dan Truk Besar yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta dari arah Solo



Gambar 4.8 Grafik Kecepatan Kendaraan Truk Sedang, Bus Besar dan Bus Sedang yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta dari arah Solo



Gambar 4.9 Grafik Kecepatan Kendaraan Pick Up, Sedan, Angkutan Non Bus dan Sepeda Motor yang Melintasi Ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta dari arah Solo

Berdasarkan grafik diatas dari hubungan antara kecepatan kendaraan dan waktu kendaraan yang melintasi Jalan Raya Yogyakarta – Solo dari arah Yogyakarta dapat disimpulkan bahwa kendaraan berat seperti Truk Trailer

kecepatan puncak terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 40,998 km/jam dan kecepatan terendah dari kendaraan berat ini terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 26,192 km/jam. Kendaraan Truk Gandeng mencapai kecepatan puncak terjadi pada pukul 13.00 – 14.00 dengan kecepatan kendaraan 34,588 km/jam dan kecepatan terendah yang dimiliki kendaraan truk gandeng terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan sebesar 20,889 km/jam. Kendaraan Truk Besar mencapai kecepatan puncak terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan kendaraan 44,506 km/jam dan kecepatan terendah kendaraan ini sebesar 27,089 km/jam yang terjadi pada pukul 09.00 – 10.00. Kendaraan Truk Sedang mencapai kecepatan puncak terjadi pada pukul 14.00 - 15.00 dengan kecepatan kendaraan 48,895 km/jam dan kecepatan terendah kendaraan ini terjadi pada pukul 09.00 - 10.00 dengan kecepatan kendaraan 36,741 km/jam. Kendaraan Bus Besar mencapai kecepatan puncak terjadi pada pukul 13.00 – 14.00 dengan kecepatan kendaraan 47,687 km/jam dan kecepatan terendah dari kendaraan ini terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan 40,981 km/jam. Kendaraan Bus Sedang kecepatan puncaknya terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 53,480 km/jam dan kecepatan terendah kendaraan ini terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 42,061 km/jam. Mobil Pick Up mencapai kecepatan puncak terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 62,734 km/jam dan kecepatan terendahnya terjadi pada pukul 12.00 – 13.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 36,504 km/jam. Kendaraan jenis Sedan atau kijang kecepatan puncaknya terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 69,907 km/jam dan kecepatan terendah kendaraan ini terjadi pada pukul 13.00 – 14.00 dengan kecepatan sebesar 55,016 km/jam. Angkutan non bus mencapai kecepatan puncak terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan kendaraan 54,429 km/jam dan kecepatan terendah kendaraan ini terjadi pada pukul 11.00 – 12.00 dengan kecepatan sebesar 40,924 km/jam. Sedangkan untuk kendaraan sepeda motor kecepatan puncak terjadi pada pukul 11.00 – 12.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 83,054 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 12.00 – 13.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 64,764 km/jam.

Adapun hubungan antara kecepatan kendaraan dan waktu kendaraan yang melintasi Jalan Raya Yogyakarta – Solo dari arah Solo dapat disimpulkan bahwa kendaraan berat seperti Truk Trailer kecepatan puncak terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 40,710 km/jam dan kecepatan terendah dari kendaraan berat ini terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 28,696 km/jam. Kendaraan Truk Gandeng mencapai kecepatan puncak terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 39,879 km/jam dan kecepatan terendah yang dimiliki kendaraan truk gandeng terjadi pada pukul 11.00 – 12.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 25,621 km/jam. Kendaraan Truk Besar mencapai kecepatan puncak terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan kendaraan 50,289 km/jam dan kecepatan terendah kendaraan ini sebesar 34,536 km/jam yang terjadi pada pukul 09.00 – 10.00. Kendaraan Truk Sedang mencapai kecepatan puncak terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 dengan kecepatan kendaraan 59,699 km/jam dan kecepatan terendah kendaraan ini terjadi pada pukul 11.00 - 12.00 dengan kecepatan kendaraan 43,005 km/jam. Kendaraan Bus Besar mencapai kecepatan puncak terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 dengan kecepatan kendaraan 74,956 km/jam dan kecepatan terendah dari kendaraan ini terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan kecepatan 40,981 km/jam. Kendaraan Bus Sedang kecepatan puncaknya terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 63,551 km/jam dan kecepatan terendah kendaraan ini terjadi pada pukul 13.00 – 14.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 45,307 km/jam. Mobil Pick Up mencapai kecepatan puncak terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 68,447 km/jam dan kecepatan terendahnya terjadi pada pukul 12.00 – 13.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 36.504 km/jam. Kendaraan jenis Sedan atau kijang kecepatan puncaknya terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 70,996 km/jam dan kecepatan terendah kendaraan ini terjadi pada pukul 13.00 – 14.00 dengan kecepatan sebesar 55,016 km/jam. Angkutan non bus mencapai kecepatan puncak terjadi pada pukul 10.00 – 11.00 dengan kecepatan kendaraan 63,839 km/jam dan kecepatan terendah kendaraan ini terjadi pada pukul 11.00 – 12.00 dengan kecepatan sebesar 40,924 km/jam. Sedangkan untuk kendaraan sepeda motor kecepatan puncak terjadi pada pukul 10.00 – 11.00

dengan kecepatan kendaraan sebesar 98,983 km/jam dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 12.00 – 13.00 dengan kecepatan kendaraan sebesar 64,764 km/jam.

Berdasarkan hasil survey yang dilakukan dengan dua arah, kecepatan kendaraan dipengaruhi oleh padatnya lalu lintas dan membawa muatan tertentu yang terjadi di Ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15. Pada waktu lalu lintas padat kecepatan kendaraan akan mengalami penurunan atau rendah, begitu pula sebaliknya jika lalu lintas tidak padat menyebabkan kecepatan kendaraan akan meningkat. Kecepatan yang rendah akan mengakibatkan lamanya pembebanan yang terjadi di jalan tersebut terhadap perkerasan jalan.

#### 4.1.10. Pengaruh Beban Terhadap Kinerja Tebal Perkerasan

Berdasarkan analisis perhitungan pengurangan umur rencana yang diakibatkan oleh beban berlebih, diketahui terjadi penurunan umur rencana jalan dari yang telah ditetapkan. Pada perhitungan pengaruh tebal perkerasan untuk mengetahui kinerja dari tebal perkerasan yang disebabkan adanya pembebanan normal dan pembebanan beban berlebih (*overloading*). Dalam menentukan dan menganalisis diperlukan adanya data-data pendukung perkerasan yang lama, perkerasan lama di Ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15 dapat dilihat pada Tabel 4.17 dibawah ini.

Tabel 4.17 Susunan Lapisan Perkerasan Lama Ruas Jalan Raya Yogyakarta – Solo (Dinas Pekerjaan Umum DIY dalam Jumadi & Salim, 1999)

| Uraian                | Material dan Ketebalan               |
|-----------------------|--------------------------------------|
| Lapisan Permukaan     | AC setebal 4 cm dan ATB setebal 5 cm |
| Lapisan Pondasi Atas  | Agregat kelas A setebal 20 cm        |
| Lapisan Pondasi Bawah | Agregat kelas B setebal 30 cm        |
| CBR Tanah Dasar       | CBR 5,4 %                            |

Menurut AASHTO (1993) dalam menentukan analisis pengaruh beban terhadap ketebalan perkerasan dapat menghitung dengan parameter-parameter, parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut.

a. CBR Tanah Dasar

Nilai CBR tanah dasar didapat dari data pendukung yang dapat dilihat pada Tabel 5,17 diatas. Nilai CBR yang digunakan dalam perhitungan ini adalah 5,4%.

b. Koefesien kekuatan relatif

Koefesien kekuatan relatif didapat dari metode yang direncanakan, adapun nilai komposisi lapisan sebagai berikut.

$$a_1 = 0,40$$

$$a_2 = 0,14$$

$$a_3 = 0,12$$

c. Modulus Resilien (MR)

Berdasarkan nilai CBR tanah dasar, maka modulus resilien tanah dasar dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} M_R (\text{psi}) &= 1500 \times \text{CBR} \\ &= 1500 \times 5.4 \\ &= 8100 \text{ psi} \end{aligned}$$

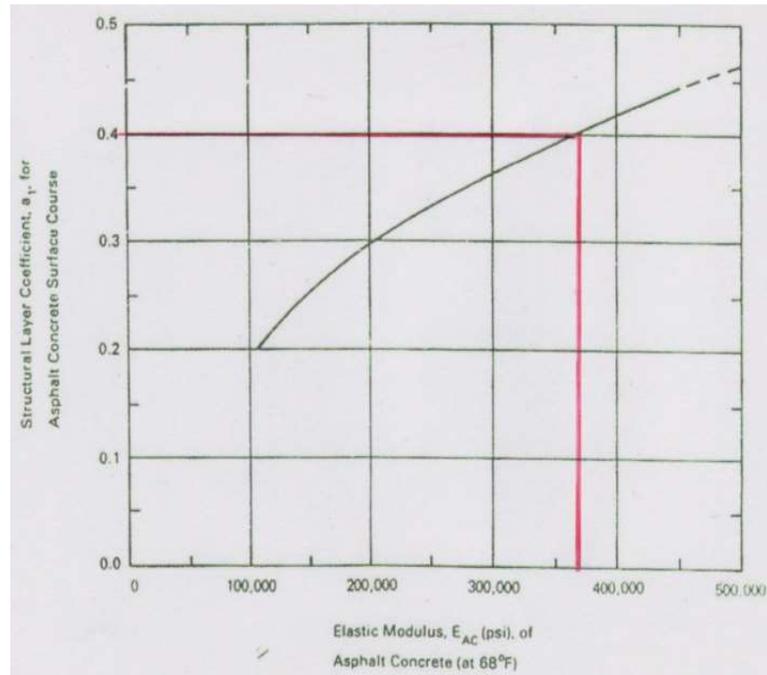
d. Modulus Elastisitas

Nilai dari modulus elastisitas untuk tiap lapisan permukaan, lapisan pondasi atas granular dan lapisan pondasi bawah granular dapat ditentukan dengan menggunakan grafik pada Gambar 5.13, 5.14 dan 5.15 dibawah ini.

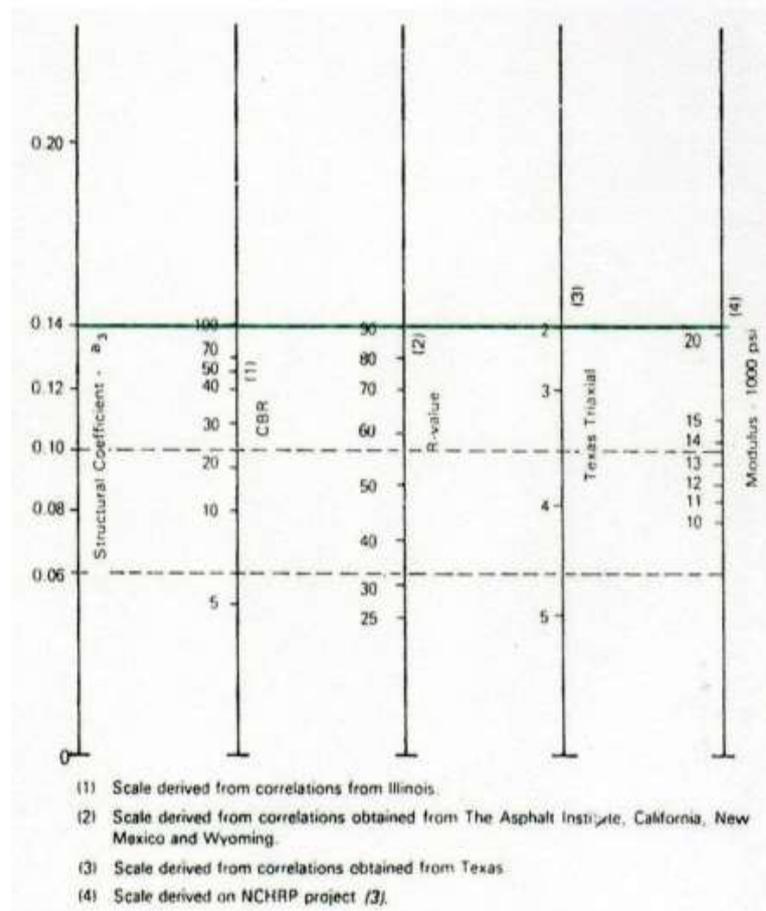
$$\text{Modulus elastisitas aspal beton } (E_{SG}) = 370000 \text{ psi}$$

$$\text{Modulus elastisitas pondasi atas granular } (E_{BS}) = 30000 \text{ psi}$$

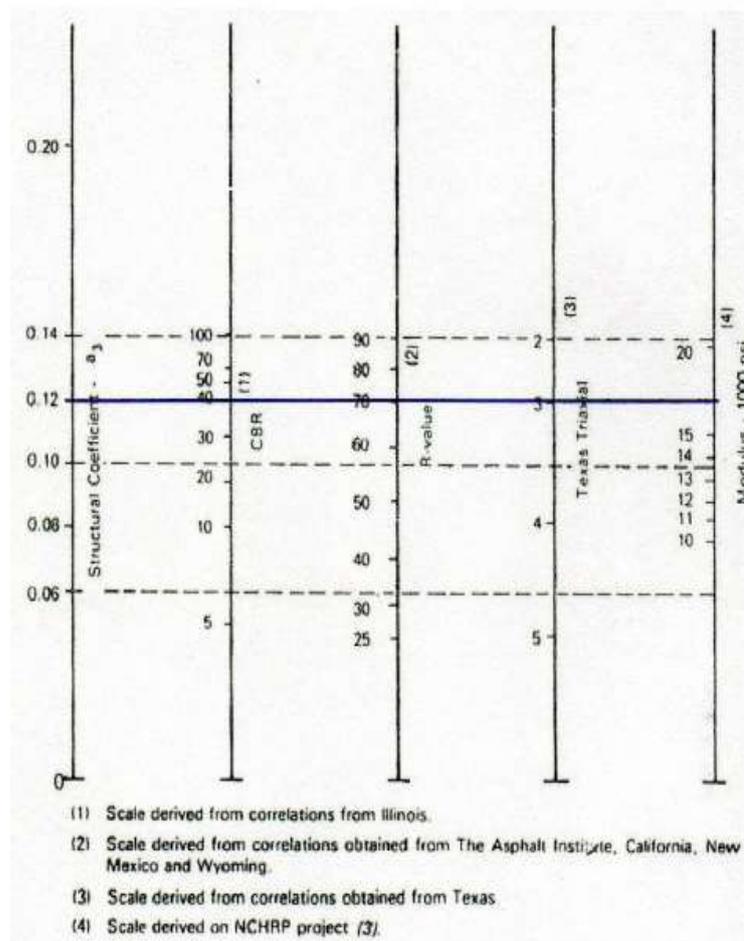
$$\text{Modulus elastisitas pondasi bawah granular } (E_{SB}) = 17000 \text{ psi}$$



Gambar 4.10 Grafik menentukan modulus elastisitas aspal beton ( $E_{SG}$ )



Gambar 4.11 Grafik menentukan modulus elastisitas pondasi atas granular ( $E_{BS}$ )



Gambar 4.12 Grafik menentukan modulus elastisitas pondasi bawah granular ( $E_{SB}$ )

e. Faktor Distribusi Arah ( $D_D$ ) dan Distribusi Lajur ( $D_L$ )

Faktor distribusi arah dan distribusi lajur tergantung dari jalan itu sendiri, Jalan Raya Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15 mempunyai tipe jalan terbagi menjadi 2 lajur dengan median, distribusi arah terbagi menjadi 2 lajur, dengan 4 lajur dan 2 arah. Sehingga distribusi arah yang digunakan sebesar 0,5 dan distribusi lajur sebesar 1,0.

f. Reliabilitas ( $R$ )

Nilai reliabilitas didapatkan berdasarkan jalan tersebut. Jalan Raya Solo-Yogyakarta Km 9-Km 15 tergolong jalan arteri dan jalan antar kota. Menurut Tabel 2.5 maka digunakan adalah 90%.

g. Standar Normal Deviasi ( $Z_R$ )

Berdasarkan nilai reliabilitas maka dari Tabel 2.6 nilai standar normal deviasi yang digunakan adalah -1,282.

h. Deviasi Standar Keseluruhan ( $S_0$ )

Nilai standar deviasi dipilih berdasarkan kondisi setempat. Sehingga nilai yang digunakan adalah 0,50.

i. Design Serviceability Loss ( $\Delta$  PSI)

Nilai *design serviceability loss* didapatkan dari hasil selisih antara indeks permukaan pada awal umur rencana ( $IP_0$ ) dan indeks permukaan pada akhir umur rencana ( $IP_t$ ). Nilai yang digunakan dalam ( $IP_0$ ) adalah 4,2 sedangkan nilai ( $IP_t$ ) adalah 2 sehingga selisih antara keduanya adalah 2,2.

j. Beban Gandar Standar Kumulatif ( $W_{18}$ )

Beban gandar standard kumulatif dapat dihitung dari persamaan 2.2 dan 2.11 menggunakan parameter beban gandar kumulatif selama setahun, perkembangan lalu lintas dan umur pelayanan. Untuk beban gandar tunggal standar kumulatif dapat dihitung dengan menggunakan beban standar dan beban berlebih (*overloading*). Perhitungan beban gandar dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan Tabel 5.19 dibawah ini.

1) Beban gandar kumulatif pertahun

$$\begin{aligned} w_{18} &= \text{LHR} \times \text{Ekivalen} \times D_D \times D_L \\ &= 33977 \times 0.00236 \times 0.5 \times 1 \\ &= 14633,9 \text{ beban gandar standard} \end{aligned}$$

2) Beban gandar tunggal standar kumulatif

$$\begin{aligned} W_t &= w_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \\ &= 14633,9 \times \frac{(1+0.075)^{20} - 1}{0.075} \\ &= 817500,79 \text{ beban gandar standar} \end{aligned}$$

Tabel 5.18 Hasil Perhitungan Jumlah Beban Gandar Tunggal Standar Kumulatif ( $W_t$ ) dengan Beban Standar

| No | Golongan Kendaraan | LHR   | Ekivalen | DD  | DL   | $\hat{w}_{18}$ setahun | $W_t$     |
|----|--------------------|-------|----------|-----|------|------------------------|-----------|
| 1  | Golongan 2         | 33977 | 0,00236  | 0.5 | 1.00 | 14633,9                | 817500,79 |
| 2  | Golongan 3         | 2097  | 0,02206  | 0.5 | 1.00 | 8442,4                 | 471623,12 |
| 3  | Golongan 4         | 282   | 0,09187  | 0.5 | 1.00 | 4728,1                 | 264127,71 |
| 4  | Golongan 5a        | 378   | 0,07583  | 0.5 | 1.00 | 5231,1                 | 292229,46 |

Tabel 5.18 Hasil Perhitungan Jumlah Beban Gandar Tunggal Standar Kumulatif (Wt) dengan Beban Standar (Lanjutan)

| No                               | Golongan Kendaraan | LHR  | Ekivalen | DD  | DL   | $\hat{w}18$ setahun | Wt          |
|----------------------------------|--------------------|------|----------|-----|------|---------------------|-------------|
| 5                                | Golongan 5b        | 694  | 0,38390  | 0.5 | 1.00 | 48622,9             | 2716243,68  |
| 6                                | Golongan 6b        | 1702 | 5,42005  | 0.5 | 1.00 | 1994163,8           | 1048959,62  |
| 7                                | Golongan 7a        | 809  | 3,07912  | 0.5 | 1.00 | 779421,0            | 2096039.93  |
| 8                                | Golongan 7b        | 68   | 3,88088  | 0.5 | 1.00 | 60539,7             | 1990483.13  |
| 9                                | Golongan 7c        | 79   | 8,41518  | 0.5 | 1.00 | 225131,9            | 6237689.18  |
| Akumulasi beban gandar kumulatif |                    |      |          |     |      |                     | 15934896,63 |

Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Jumlah Beban Gandar Tunggal Standar Kumulatif (Wt) dengan Beban *Overloading*

| No                               | Golongan Kendaraan | Presentase (%) | LHR   | LHR (*) | Ekivalen | DD  | DL  | $\hat{w}18$ setahun | Wt          |
|----------------------------------|--------------------|----------------|-------|---------|----------|-----|-----|---------------------|-------------|
| 1                                | Golongan 2         | 100%           | 33977 | 33977   | 0,00236  | 0.5 | 1.0 | 14633,9             | 817500,79   |
| 2                                | Golongan 3         | 26.8%          | 2097  | 562     | 0,15736  | 0.5 | 1.0 | 16139,5             | 901610      |
|                                  |                    | 73.2%          |       | 1535    | 0,02206  |     |     | 0.5                 | 1.0         |
| 3                                | Golongan 4         | 100%           | 282   | 282     | 0,09187  | 0.5 | 1.0 | 4728,1              | 264127,71   |
| 4                                | Golongan 5a        | 100%           | 378   | 378     | 0,07583  | 0.5 | 1.0 | 5231,1              | 292229,46   |
| 5                                | Golongan 5b        | 100%           | 694   | 694     | 0,3839   | 0.5 | 1.0 | 48622,9             | 2716243,68  |
| 6                                | Golongan 6b        | 36%            | 1702  | 620     | 12,18345 | 0.5 | 1.0 | 1377507,9           | 7152435.89  |
|                                  |                    | 64%            |       | 1082    | 5,42005  |     |     | 0.5                 | 1.0         |
| 7                                | Golongan 7a        | 18.9%          | 809   | 153     | 25,86958 | 0.5 | 1.0 | 721875,9            | 4003048.99  |
|                                  |                    | 81.1%          |       | 656     | 3,07911  |     |     | 0.5                 | 1.0         |
| 8                                | Golongan 7b        | 15.1%          | 68    | 10      | 9,80747  | 0.5 | 1.0 | 18378,3             | 1026677,49  |
|                                  |                    | 84.9%          |       | 58      | 3,88808  |     |     | 0.5                 | 1.0         |
| 9                                | Golongan 7c        | 100%           | 79    | 79      | 8,41518  | 0.5 | 1.0 | 121325,9            | 6777689,18  |
| Akumulasi beban gandar kumulatif |                    |                |       |         |          |     |     |                     | 33792335,20 |

Berdasarkan hasil perhitungan nilai dan jumlah beban gandar tunggal standard kumulatif maka didapatkan beban standar sebesar 15934896,63 sedangkan untuk beban gandar tunggal *overloading* sebesar 33792335,20.

k. Nilai *Strukctural Number* (SN)

Dengan nilai dari modulus elastisitas pada masing-masing lapisan yang sudah diketahui maka nilai SN dapat dicari dengan melalui nomogram perencanaan tebal perkerasan lentur pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 sehingga mendapatkan hasil dari beban normal dan beban berlebih (*overloading*) dibawah ini.

1) Nilai SN beban normal

$$SN_1 = 3,3$$

$$SN_2 = 3,5$$

$$SN_3 = 3,9$$

2) Nilai SN beban berlebih (*overloading*)

$$SN_1 = 3,6$$

$$SN_2 = 3,9$$

$$SN_3 = 4,5$$

1. Analisis tebal perkerasan beban standar dan beban berlebih (*overloading*) menggunakan Metode AASHTO 1993 adalah sebagai berikut.

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2 m_2 + a_3D_3 m_3$$

1) Beban normal atau standar

$$SN_1$$

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{3,3}{0,40} = 8,25 \text{ inch} = 20,1 \text{ cm}$$

$$SN_2$$

$$D_2 = \frac{SN_2 - a_1D_1}{a_2m_2} = \frac{3,5 - (0,40 \times 8,25)}{0,14 \times 1} = 1,6 \text{ inch} = 4,1 \text{ cm}$$

$$SN_3$$

$$D_3 = \frac{SN_3 - a_1D_1 + a_2m_2D_2}{a_3m_3} = \frac{3,9 - (0,40 \times 8,25) + 0,14 \times 1 \times 1,6}{0,14 \times 1} = 5,9 \text{ inch}$$

$$= 15 \text{ cm}$$

2) Beban berlebih (*overloading*)

$$SN_1$$

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{3,6}{0,40} = 9 \text{ inch} = 22,1 \text{ cm}$$

$$SN_2$$

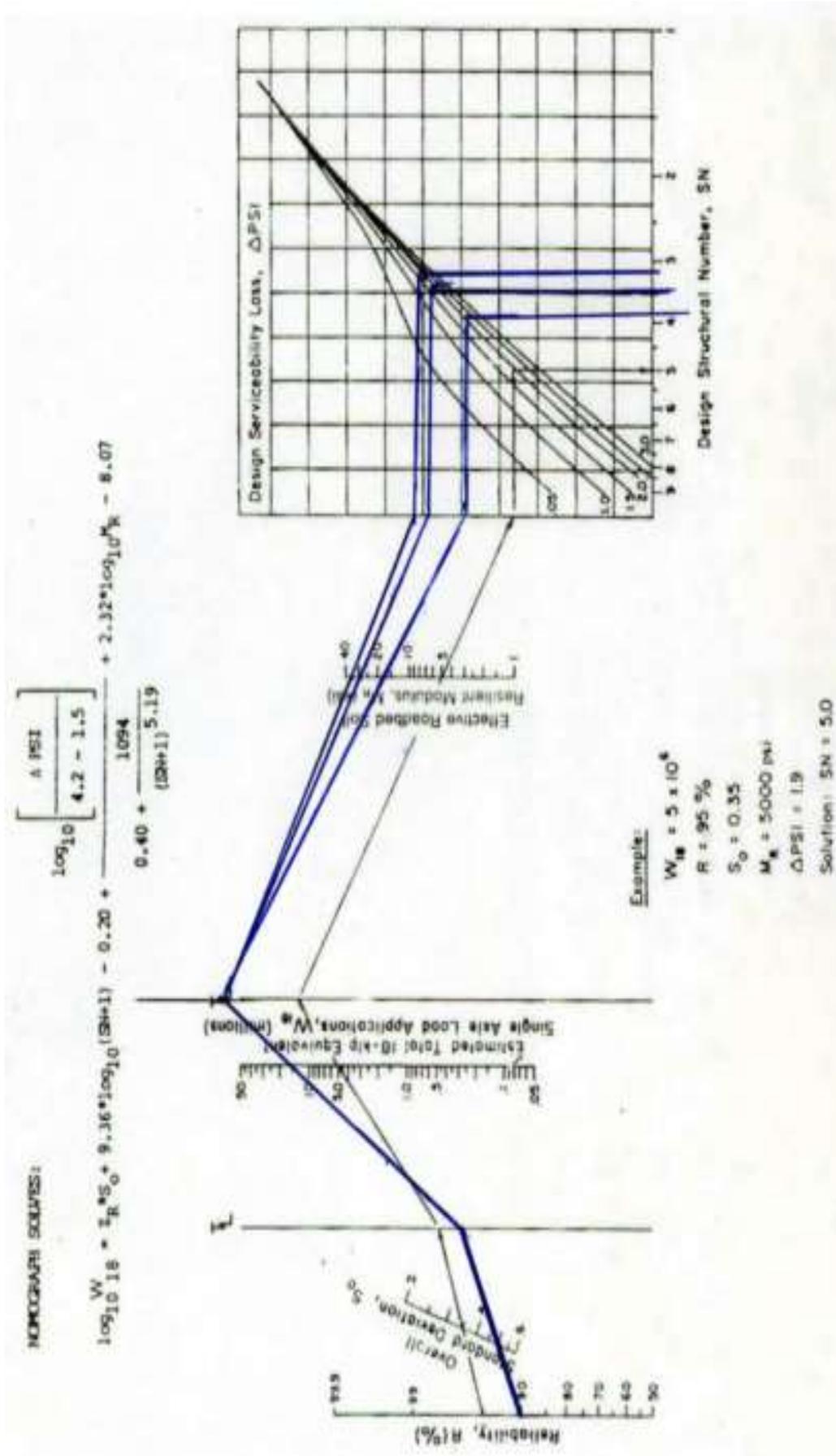
$$D_2 = \frac{SN_2 - a_1D_1}{a_2m_2} = \frac{3,9 - (0,40 \times 9)}{0,14 \times 1} = 2,2 \text{ inch} = 5,6 \text{ cm}$$

$$SN_3$$

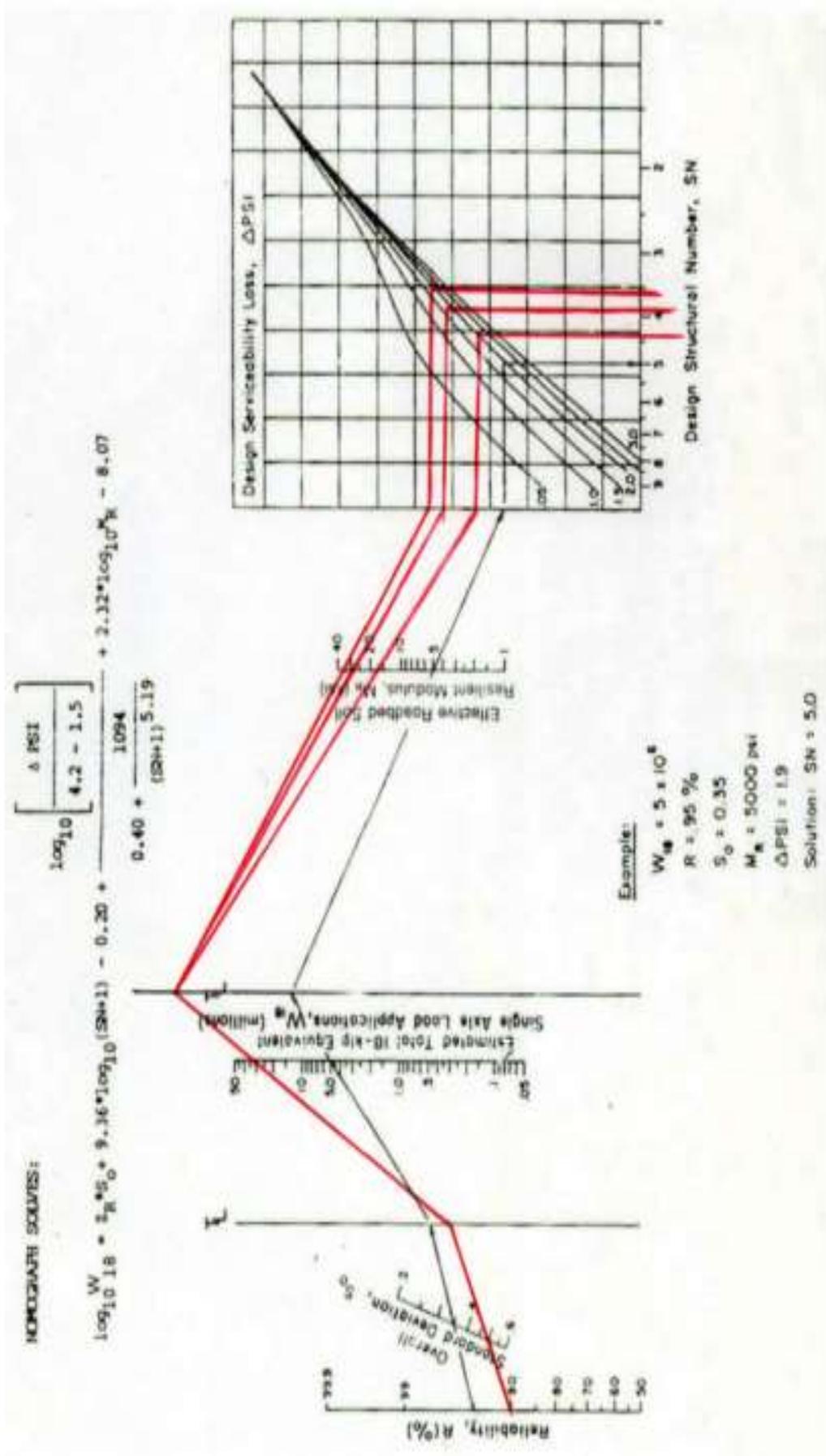
$$D_3 = \frac{SN_3 - a_1D_1 + a_2m_2D_2}{a_3m_3} = \frac{4,5 - (0,40 \times 9) + 0,14 \times 1 \times 2,2}{0,14 \times 1} = 8,7 \text{ inch}$$

$$= 22,1 \text{ cm}$$

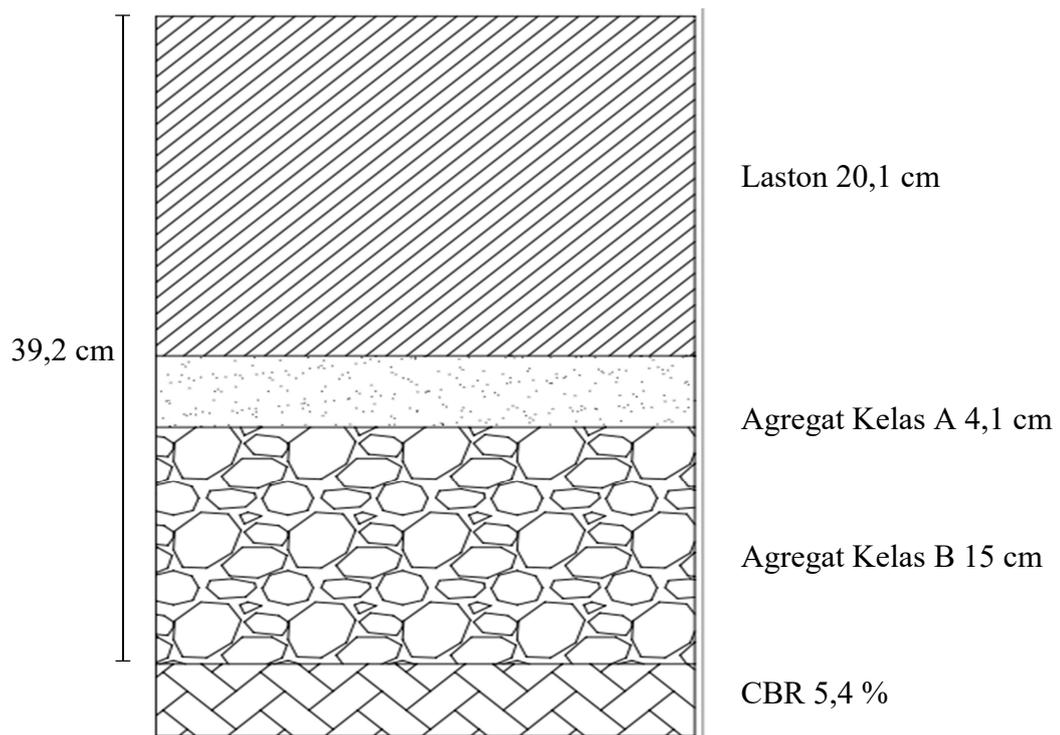
Dari perhitungan tebal lapisan perkerasan diatas pada umur rencana 20 tahun maka didapat beban standar lapisan permukaan sebesar 20,1 cm, lapisan pondasi atas sebesar 4,1 cm dan lapisan pondasi bawah sebesar 15 cm. Pada beban *overloading* didapat lapisan permukaan sebesar 22,1 cm, lapisan pondasi atas sebesar 5,6 cm, serta lapisan pondasi bawah sebesar 22,1 cm. Dari hasil inilah dapat dilihat bahwa lapisan *overloading* lebih tebal dibandingkan dengan beban standard yang dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan 4.14. Hal ini yang membuat pembiayaan lebih banyak dan berdampak kerugian.



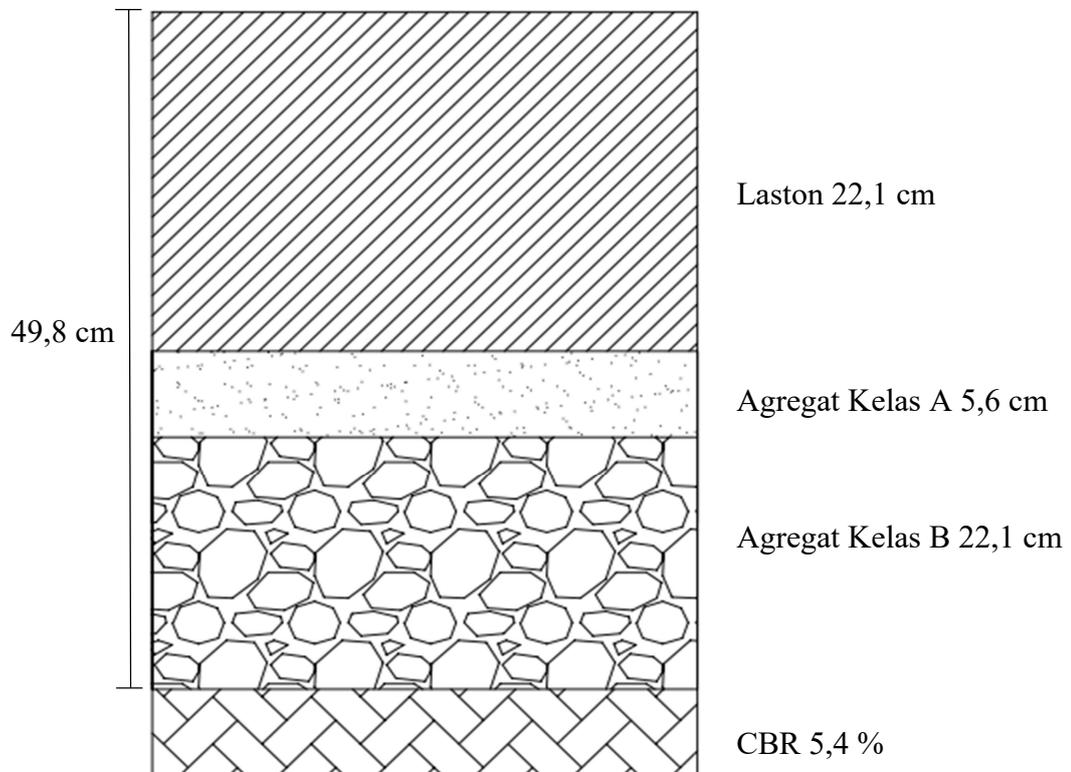
Gambar 4.13 Menentukan Parameter Nilai SN Beban Standar



Gambar 4.14 Mnetukan Parameter Nilai SN Beban Overloading



Gambar 4.15 Susunan lapisan beban standar

Gambar 4.16 Susunan lapisan beban *overloading*