

STUDI PENGARUH PENGAMBILAN ANGKA EKIVALEN BEBAN KENDARAAN PADA PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN FLEKSIBEL DI JALAN MANADO – BITUNG

Soraya Hais Abdillah,
M. J. Paransa, F. Jansen, M. R. E. Manoppo
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado
email: sorayaabdillah@yahoo.co.id

ABSTRAK

Beban as yang berbeda-beda pada masing-masing kendaraan akan menimbulkan tingkat kerusakan yang berbeda-beda pula. Kumulatif beban as tersebut selama umur rencana (W_{t18}) merupakan salah satu data yang diperlukan dalam perhitungan tebal perkerasan. Semua beban yang diterima oleh struktur perkerasan jalan diekivalenkan kedalam beban as standar. Parameter yang setara dengan beban yang diekivalenkan dengan beban as standar adalah sebesar 8,16 ton (Equivalent Standar Axle Load). Selanjutnya pada metode Bina Marga (1987) menetapkan rumus angka ekuivalen berdasarkan sumbu tunggal dan sumbu ganda, sedangkan pada metode NAASRA (1987) selain berdasarkan sumbu tunggal dan sumbu ganda juga didasarkan pada konfigurasi roda kendaraan. Sehingga perhitungan lintas ekuivalen kumulatif tentunya berbeda untuk kedua metode tersebut diatas.

Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan Manado-Bitung dengan mengambil dua jenis data, yakni data distribusi berat kendaraan yang diperoleh dari jembatan timbang Wangurer dan data survey volume lalu lintas. Survey dilakukan pada bulan Juni 2012 dan menghasilkan LHR sebesar 2383 kendaraan yang terdiri dari 32 % kendaraan ringan, 63 % kendaraan bus, dan 5 % kendaraan truk. Perhitungan Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dihitung berdasarkan LHR yang didapat dan angka ekuivalen menurut metode Bina Marga maupun metode NAASRA.

Hasil perhitungan menunjukkan perbedaan yang cukup berarti pada perhitungan LEP. Berdasarkan metode Bina Marga LEP sebesar 133,069 ESAL dan berdasarkan metode NAASRA LEP sebesar 215,954 ESAL, atau nilai W_{t18} berdasarkan metode NAASRA adalah lebih besar 1,62 kali lipat dari nilai W_{t18} berdasarkan metode Bina Marga yang tentunya menghasilkan perhitungan yang berbeda dalam mendesain tebal perkerasan. Namun, berdasarkan nilai LEP tersebut diatas pada kumulatif beban as standar (W_{t18}) dibawah 670000 ESAL pada metode Bina Marga hasil perhitungan tebal perkerasan adalah relatif sama. Hasil perhitungan tebal perkerasan menunjukkan perbedaan yang cukup berarti pada tebal perkerasan lapisan subbase bila W_{t18} lebih besar dari 1000000 ESAL.

Kata Kunci : Angka Ekuivalen, Bina Marga, dan NAASRA

PENDAHULUAN

Muatan pada tiap kendaraan berbeda-beda sehingga beban as yang dihasilkan kendaraan berbeda pula. Hal ini dapat menyebabkan tingkat kerusakan yang diterima oleh struktur perkerasan jalan berbeda-beda pula.

Kumulatif beban as standar atau W_{t18} merupakan salah satu data yang diperlukan dalam perhitungan tebal perkerasan. Oleh karena itu, semua beban yang diterima oleh struktur perkerasan jalan diekivalenkan kedalam beban as standar. Parameter yang

setara dengan beban yang diekivalenkan dengan beban as standar adalah sebesar 8,16 ton.

Angka ekuivalen menurut Manual Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam (Bina Marga, 1983) yang telah menetapkan berat kosong dan berat maksimum pada tiap jenis kendaraan sering tidak sesuai dengan kondisi di lapangan, karena tiap kendaraan memiliki berat sesuai dengan muatannya masing-masing. Begitu pula angka ekuivalen yang telah ditetapkan pada masing-masing golongan beban sumbu

pada setiap kendaraan menurut Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen (Bina Marga, 1987).

Oleh karena itu peneliti mengambil judul “*Studi pengaruh pengambilan angka ekuivalen beban kendaraan pada perhitungan tebal perkerasan fleksibel di jalan Manado-Bitung*”, dengan membandingkan metode Bina Marga (Indonesia) dan metode NAASRA (Australia). Perhitungan angka ekuivalen metode Bina Marga hanya berdasarkan pada jumlah sumbu kendaraan sedangkan pada metode NAASRA didasarkan pada jumlah sumbu dan konfigurasi roda kendaraan.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui besarnya angka ekuivalen yang berbeda pada tiap-tiap jenis kendaraan menurut metode Bina Marga dan metode NAASRA.
2. Mengetahui besarnya LEP dan W_{t18} berdasarkan metode Bina Marga dan metode NAASRA.
3. Mengetahui besarnya perbandingan tebal perkerasan jalan yang didapat dari hasil perhitungan angka ekuivalen dengan metode Bina Marga dan metode NAASRA di jalan Manado-Bitung.

Manfaat Penelitian

1. Untuk mengetahui betapa pentingnya pemilihan metode yang tepat dalam penanganan perencanaan tebal pekerasan jalan.
2. Untuk mengetahui besarnya perbedaan perhitungan tebal perkerasan jalan dalam pengambilan angka ekuivalen.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan Manado-Bitung dengan melakukan dua pengambilan data yakni pertama data sekunder, adalah data yang diperoleh dari Jembatan Timbang Wangurer selama satu bulan. Kedua data primer, adalah data yang diperoleh dengan melakukan survey volume lalu lintas selama satu hari 16 jam yaitu pada jam 06.00 – 22.00 pada hari Rabu, 13 Juni 2012. Dengan mencatat jumlah kendaraan yang melalui suatu titik tinjauan yang telah

ditetapkan dalam interval waktu tertentu untuk masing-masing jenis kendaraan.

Data primer yang diperoleh diolah menjadi rata-rata kendaraan perhari dalam satu tahun. Data sekunder yang didapatkan berupa banyaknya kendaraan, berat kosong kendaraan, dan berat muatan kendaraan. Berdasarkan data sekunder tersebut dihitung angka ekuivalen tiap kendaraan.

Perhitungan angka ekuivalen menggunakan dua metode yakni metode Bina Marga dengan rumus sumbu tunggal dan sumbu ganda, dan metode NAASRA dengan rumus berdasarkan sumbu dan roda kendaraan.

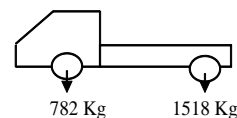
HASIL DAN PEMBAHASAN

Menghitung Angka Ekuivalen Kendaraan

Data yang diperoleh dari jembatan timbang Wangurer selama satu bulan yaitu dengan jumlah 3116 kendaraan yang terdiri dari: 376 kendaraan pick up (1.1), 3 kendaraan truck box (1.1), 22 kendaraan truck box (1.2), 46 kendaraan truk ringan (L.T) (1.2), 33 kendaraan truck (1.1), 1678 kendaraan truck (1.2), 909 kendaraan tronton (1.2.2), 42 kendaraan trailer (1.2.2), 3 kendaraan trailer (1.2-2.2), dan 4 kendaraan truk gandengan (1.2+2.2). Data berat hasil penimbangan tersebut didistribusikan ke beban as muka dan as belakang kendaraan sesuai pembagian % beban oleh Bina Marga (1983).

a. Pick Up

Diambil salah satu nilai beban as untuk sumbu muka dan belakang adalah sebesar 782 kg dan 1518 kg. Lihat Gambar 1 dengan perhitungan sebagai berikut.



Gambar 1 Kendaraan Pick Up

- Bina Marga:

$$\begin{aligned}
 E &= E_{sb.tunggal} + E_{sb.tunggal} \\
 &= \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{782}{8160}\right)^4 + \left(\frac{1518}{8160}\right)^4 \\
 &= 0,00128 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

- NAASRA :

$$\begin{aligned}
 E &= E_{sb.tunggal, ro.tunggal} + E_{sb.tunggal, ro.tunggal} \\
 &= \left(\frac{\text{beban as}}{5400}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{5400}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{782}{5400}\right)^4 + \left(\frac{1518}{5400}\right)^4 \\
 &= 0,00668 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

Dengan contoh perhitungan seperti diatas didapat jumlah seluruh angka ekivalen untuk 376 kendaraan pick up, maka dihitung angka ekivalen rata-rata sebagai berikut:

- Metode Bina Marga:

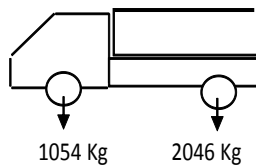
$$E = \frac{1,25373}{376} = 0,00333 \text{ ESAL}$$

- Metode NAASRA:

$$E = \frac{6,53719}{376} = 0,01739 \text{ ESAL}$$

b. Truk Box 1.1

Diambil salah satu nilai beban as untuk sumbu muka dan belakang adalah sebesar 1054 Kg dan 2046 Kg. Lihat Gambar 2 dengan perhitungan sebagai berikut.



Gambar 2 Kendaraan Truk Box 1.1

- Bina Marga:

$$\begin{aligned}
 E &= E_{sb.tunggal} + E_{sb.tunggal} \\
 &= \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{1054}{8,16}\right)^4 + \left(\frac{2046}{8160}\right)^4 \\
 &= 0,00423 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

- NAASRA:

$$\begin{aligned}
 E &= E_{sb.tunggal, ro.tunggal} + E_{sb.tunggal, ro.tunggal} \\
 &= \left(\frac{\text{beban as}}{5400}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{5400}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{1054}{5400}\right)^4 + \left(\frac{2046}{5400}\right)^4 \\
 &= 0.02206 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

Dengan contoh perhitungan seperti diatas didapat jumlah seluruh angka ekivalen untuk 3 kendaraan truck box (1.1), maka dihitung angka ekivalen rata-rata sebagai berikut:

- Metode Bina Marga:

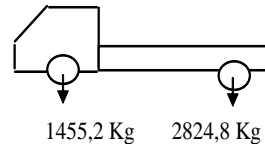
$$E = \frac{0,00542}{3} = 0,00181 \text{ ESAL}$$

- Metode NAASRA:

$$E = \frac{0,02829}{3} = 0,00963 \text{ ESAL}$$

c. Truk Box 1.2

Diambil salah satu nilai beban as untuk sumbu muka dan belakang adalah sebesar 1455,2 Kg dan 2824,8 Kg. Lihat Gambar 3 dengan perhitungan sebagai berikut.



Gambar 3 Kendaraan Truk Box 1.2

- Bina Marga:

$$\begin{aligned}
 E &= E_{sb.tunggal} + E_{sb.tunggal} \\
 &= \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{1455,2}{8160}\right)^4 + \left(\frac{2824,8}{8160}\right)^4 \\
 &= 0,01537 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

- NAASRA:

$$\begin{aligned}
 E &= E_{sb.tunggal, ro.tunggal} + E_{sb.tunggal, ro.ganda} \\
 &= \left(\frac{\text{beban as}}{5400}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{1455,2}{5400}\right)^4 + \left(\frac{2824,8}{8160}\right)^4 \\
 &= 0,01963 \text{ ESAL.}
 \end{aligned}$$

Dengan contoh perhitungan seperti diatas didapat jumlah seluruh angka ekivalen untuk 22 kendaraan truck box (1.2), maka dihitung angka ekivalen rata-rata sebagai berikut:

- Metode Bina Marga:

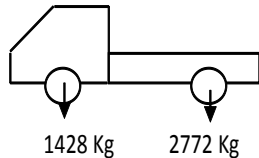
$$E = \frac{1,79286}{22} = 0,08149 \text{ ESAL}$$

- Metode NAASRA:

$$E = \frac{2,28995}{22} = 0,10409 \text{ ESAL}$$

d. Truk Ringan (Light Truck)

Diambil salah satu nilai beban as untuk sumbu muka dan belakang adalah sebesar 1428 Kg dan 2772 Kg. Lihat Gambar 4 dengan perhitungan sebagai berikut.



Gambar 4 Kendaraan Truk Ringan

- Bina Marga:

$$\begin{aligned} E &= E_{sb.tunggal} + E_{sb.tunggal} \\ &= \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\ &= \left(\frac{1428}{8160}\right)^4 + \left(\frac{2772}{8160}\right)^4 \\ &= 0,01426 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

- NAASRA:

$$\begin{aligned} E &= E_{sb.tunggal, ro.tunggal} + E_{sb.tunggal, ro.ganda} \\ &= \left(\frac{\text{beban as}}{5400}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\ &= \left(\frac{1428}{5400}\right)^4 + \left(\frac{2772}{8160}\right)^4 \\ &= 0,01821 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Dengan contoh perhitungan seperti diatas didapat jumlah seluruh angka ekivalen untuk 46 kendaraan truk ringan (L.T) (1.2), maka dihitung angka ekivalen rata-rata sebagai berikut:

- Metode Bina Marga:

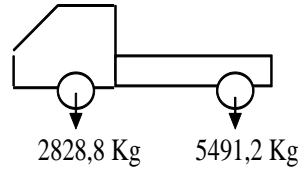
$$E = \frac{9,07481}{46} = 0,19728 \text{ ESAL}$$

- Metode NAASRA:

$$E = \frac{11,60695}{46} = 0,25233 \text{ ESAL}$$

e. Truk 1.1

Diambil salah satu nilai beban as untuk sumbu muka dan belakang adalah sebesar 2828,8 Kg dan 5491,2 Kg. Lihat Gambar 5 dengan perhitungan sebagai berikut.



Gambar 5 Kendaraan Truck 1.1

- Bina Marga:

$$\begin{aligned} E &= E_{sb.tunggal} + E_{sb.tunggal} \\ &= \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\ &= \left(\frac{2828,8}{8160}\right)^4 + \left(\frac{5491,2}{8160}\right)^4 \\ &= 0,21952 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

- NAASRA:

$$\begin{aligned} E &= E_{sb.tunggal, ro.tunggal} + E_{sb.tunggal, ro.tunggal} \\ &= \left(\frac{\text{beban as}}{5400}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{5400}\right)^4 \\ &= \left(\frac{2828,8}{5400}\right)^4 + \left(\frac{5491,2}{5400}\right)^4 \\ &= 1,14459 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Dengan contoh perhitungan seperti diatas didapat jumlah seluruh angka ekivalen untuk 33 kendaraan truck (1.1), maka dihitung angka ekivalen rata-rata sebagai berikut:

- Metode Bina Marga:

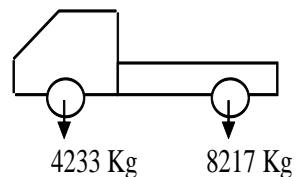
$$E = \frac{9,02028}{33} = 0,27334 \text{ ESAL}$$

- Metode NAASRA:

$$E = \frac{47,03332}{33} = 1,42525 \text{ ESAL}$$

f. Truk 1.2

Diambil salah satu nilai beban as untuk sumbu muka dan belakang adalah sebesar 4233 Kg dan 8217 Kg. Lihat Gambar 6 dengan perhitungan sebagai berikut.



Gambar 6 Kendaraan Truk 1.2

- Bina Marga:

$$E = E_{sb.tunggal} + E_{sb.tunggal}$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 &&= \left(\frac{9045}{5400}\right)^4 + \left(\frac{27135}{13760}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{4233}{8160}\right)^4 + \left(\frac{8217}{8160}\right)^4 &&= 22,9948 \text{ ESAL} \\
 &= 1,10065 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

- NAASRA:

$$\begin{aligned}
 E &= E_{\text{sb.tunggal, ro.tunggal}} + E_{\text{sb.tunggal, ro.ganda}} \\
 &= \left(\frac{\text{beban as}}{5400}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{4233}{5400}\right)^4 + \left(\frac{8217}{8160}\right)^4 \\
 &= 1,40582 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

Dengan contoh perhitungan seperti diatas didapat jumlah seluruh angka ekivalen untuk 1678 kendaraan truk (1.2), maka dihitung angka ekivalen rata-rata sebagai berikut:

- Metode Bina Marga:

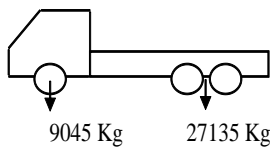
$$E = \frac{1699,83}{1678} = 1,01301 \text{ ESAL}$$

- Metode NAASRA:

$$E = \frac{2186,83}{1678} = 1,30324 \text{ ESAL}$$

g. Tronton 1.22

Diambil salah satu nilai beban as untuk sumbu muka dan belakang adalah sebesar 9045 Kg dan 27135 Kg. Lihat Gambar 7 dengan perhitungan sebagai berikut.



Gambar 7 Kendaraan Tronton

- Bina Marga:

$$\begin{aligned}
 E &= E_{\text{sb.tunggal}} + E_{\text{sb.ganda}} \\
 &= \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \times 0,086 \\
 &= \left(\frac{9045}{8160}\right)^4 + \left(\frac{27135}{8160}\right)^4 \times 0,086 \\
 &= 12,0258 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

- NAASRA :

$$\begin{aligned}
 E &= E_{\text{sb.tunggal, ro.tunggal}} + E_{\text{sb.ganda, ro.ganda}} \\
 &= \left(\frac{\text{beban as}}{5400}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{13760}\right)^4
 \end{aligned}$$

Dengan contoh perhitungan seperti diatas didapat jumlah seluruh angka ekivalen untuk 909 kendaraan tronton (1.22), maka dihitung angka ekivalen rata-rata sebagai berikut:

- Metode Bina Marga:

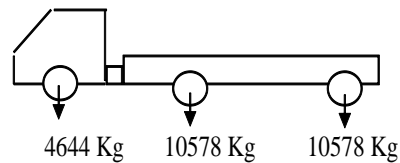
$$E = \frac{4107,349}{909} = 4,51854 \text{ ESAL}$$

- Metode NAASRA:

$$E = \frac{7899,785}{909} = 8,69063 \text{ ESAL}$$

h. Trailer 1.2-2

Diambil salah satu nilai beban as untuk sumbu muka dan belakang adalah sebesar 4644 Kg, 10578 Kg dan 10578 Kg. Lihat Gambar 8 dengan perhitungan sebagai berikut.



Gambar 8 Kendaraan Trailer 1.2-2

- Bina Marga:

$$\begin{aligned}
 E &= E_{\text{sb.tunggal}} + E_{\text{sb.tunggal}} + E_{\text{sb.tunggal}} \\
 &= \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{4644}{8160}\right)^4 + \left(\frac{10578}{8160}\right)^4 + \left(\frac{10578}{8160}\right)^4 \\
 &= 5,75276 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

- NAASRA:

$$\begin{aligned}
 E &= E_{\text{sb.tunggal, ro.tunggal}} + E_{\text{sb.tunggal, ro.ganda}} \\
 &\quad + E_{\text{sb.tunggal, ro.ganda}} \\
 &= \left(\frac{\text{beban as}}{5,4}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8,16}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8,16}\right)^4 \\
 &= \left(\frac{4644}{5400}\right)^4 + \left(\frac{10578}{8160}\right)^4 + \left(\frac{10578}{8160}\right)^4 \\
 &= 6,19486 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

Dengan contoh perhitungan seperti diatas didapat jumlah seluruh angka ekivalen untuk 42 kendaraan trailer (1.2-

2), maka dihitung angka ekivalen rata-rata sebagai berikut:

- Metode Bina Marga:

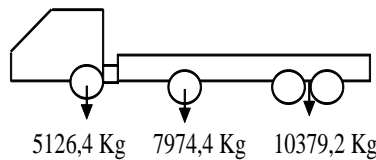
$$E = \frac{216,297}{42} = 5,14993 \text{ ESAL}$$

- Metode NAASRA:

$$E = \frac{235,104}{42} = 5,59771 \text{ ESAL.}$$

i. Trailer 1.2-2.2

Diambil salah satu nilai beban as untuk sumbu muka dan belakang adalah sebesar 5126,4 Kg, 7974,4 Kg, dan 10379,2 Kg. Lihat Gambar 9 dengan perhitungan sebagai berikut.



Gambar 9 Kendaraan Trailer 1.2-2.2

- Bina Marga :

$$\begin{aligned} E &= E_{sb.tunggal} + E_{sb.ganda} + E_{sb.ganda} \\ &= \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\ &\quad \times 0,086 \\ &= \left(\frac{5126,4}{8160}\right)^4 + \left(\frac{7974,4}{8160}\right)^4 + \left(\frac{10379,2}{8160}\right)^4 \times 0,086 \\ &= 1,29296 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

- NAASRA:

$$\begin{aligned} E &= E_{sb.tunggal,ro.tunggal} + E_{sb.tunggal,ro.ganda} \\ &\quad + E_{sb.ganda,ro.ganda} \\ &= \left(\frac{\text{beban as}}{5400}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{13760}\right)^4 \\ &= \left(\frac{5126,4}{5400}\right)^4 + \left(\frac{7974,4}{8160}\right)^4 + \left(\frac{10379,2}{13760}\right)^4 \\ &= 2,04803 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Dengan contoh perhitungan seperti diatas didapat jumlah seluruh angka ekivalen untuk 3 kendaraan trailer (1.2-2.2), maka dihitung angka ekivalen rata-rata sebagai berikut:

- Metode Bina Marga:

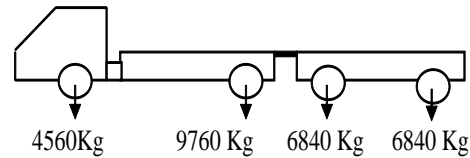
$$E = \frac{1,74358}{3} = 0,58119 \text{ ESAL}$$

- Metode NAASRA:

$$E = \frac{2,95456}{3} = 0,98486 \text{ ESAL}$$

j. Truk Gandengan 1.2+2.2

Diambil salah satu nilai beban as untuk sumbu muka dan belakang adalah sebesar 4560 Kg, 9760 Kg, 6840 Kg, dan 6840 Kg. Lihat Gambar 10 dengan perhitungan sebagai berikut.



Gambar 10 Kendaraan Truk Gandengan

- Bina Marga:

$$\begin{aligned} E &= E_{sb.tunggal} + E_{sb.tunggal} + E_{sb.tunggal} \\ &\quad + E_{sb.tunggal} \\ &= \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\ &\quad + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\ &= \left(\frac{4560}{8160}\right)^4 + \left(\frac{9760}{8160}\right)^4 + \left(\frac{6840}{8160}\right)^4 + \left(\frac{6840}{8160}\right)^4 \\ &= 3,13155 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

- NAASRA:

$$\begin{aligned} E &= E_{sb.tunggal,ro.tunggal} + E_{sb.tunggal,ro.ganda} \\ &\quad + E_{sb.tunggal,ro.ganda} + E_{sb.tunggal,ro.ganda} \\ &= \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\ &\quad + \left(\frac{\text{beban as}}{8160}\right)^4 \\ &= \left(\frac{4560}{5400}\right)^4 + \left(\frac{9760}{8160}\right)^4 + \left(\frac{6840}{8160}\right)^4 + \left(\frac{6840}{8160}\right)^4 \\ &= 3,54252 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Dengan contoh perhitungan seperti diatas didapat jumlah seluruh angka ekivalen untuk 4 kendaraan truk gandengan (1.2+2.2), maka dihitung angka ekivalen rata-rata sebagai berikut:

- Metode Bina Marga:

$$E = \frac{15,35705}{4} = 3,83926 \text{ ESAL}$$

- Metode NAASRA:

$$E = \frac{17,777985}{4} = 4,44496 \text{ ESAL}$$

Tabel hasil perhitungan angka ekivalen untuk tiap-tiap jenis kendaraan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Rekapitulasi Angka Ekivalen pada Tiap Jenis Kendaraan

| No | Jenis Kendaraan | Angka Ekivalen (ESAL) | | |
|----|------------------------|-----------------------|---------|------------|
| | | Bina Marga (Data JT) | NAASRA | Bina Marga |
| 1 | Pick Up | 0,00333 | 0,01739 | 0,00040 |
| 2 | Truk Box 1.1 | 0,00181 | 0,00963 | 106,480 |
| 3 | Truk Box 1.2 | 0,08149 | 0,10409 | 106,480 |
| 4 | Truk Ringan (L.T) | 0,19728 | 0,25233 | 0,21740 |
| 5 | Truk 1.1 | 0,27334 | 142,525 | 106,480 |
| 6 | Truk 1.2 | 101,301 | 130,324 | 106,480 |
| 7 | Tronton 1.22 | 451,854 | 869,063 | 103,750 |
| 8 | Trailer 1.2-2 | 514,993 | 559,771 | 465,200 |
| 9 | Trailer 1.2-2.2 | 0,58119 | 0,98486 | 838,770 |
| 10 | Truk Gandengan 1.2+2.2 | 383,926 | 444,496 | 452,620 |

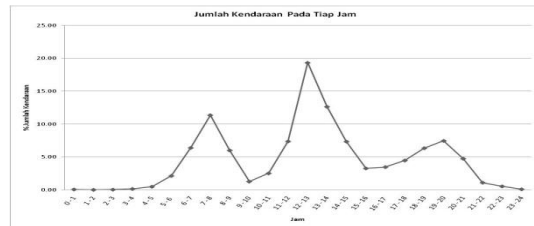
Dari hasil perhitungan diperoleh nilai yang berbeda antara kedua metode tersebut, untuk metode Bina Marga dengan hasil yang lebih kecil dibandingkan metode NAASRA yang besarnya 1 sampai 2 kali lipat daripada metode Bina Marga tersebut. Hal ini terjadi karena rumus angka ekivalen untuk metode Bina Marga lebih mengutamakan pada jumlah as/sumbu kendaraan sedangkan pada metode NAASRA dengan menambah konfigurasi roda kendaraan.

Jika kedua metode tersebut diperbandingkan dengan angka ekivalen yang telah ditetapkan menurut Bina Marga (1987), ada beberapa nilai angka ekivalen yang lebih besar 1 sampai 8 kali lipat dan lebih kecil 1 kali lipat kecuali pada kendaraan pick up dan trailer 1.2-2. Hal ini karena pada Bina Marga (1987) menghitung angka ekivalen berdasarkan masing-masing golongan beban sumbu pada setiap kendaraan dengan beban muatan yang sangat besar. Padahal kenyataannya jauh berbeda pada keadaan di lapangan karena pada tiap-tiap kendaraan memiliki berat sesuai muatannya masing-masing.

Menghitung Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Berdasarkan hasil survey diperoleh jumlah seluruh kendaraan dalam satu hari adalah 7470 kendaraan. Untuk LHR pada perhitungan ini tanpa sepeda motor dan kendaraan tidak bermotor dengan jumlah seluruh kendaraan adalah 3886 kendaraan. Dari nilai tersebut dapat diperoleh banyaknya kendaraan rata-rata perhari dari jumlah

kendaraan dalam satu tahun yakni 2383 kendaraan/hari.



Gambar 1. Hasil Perhitungan Volume Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Manado-Bitung (Rabu, 13 Juni 2012)

Menghitung Jumlah Lintas Ekivalen

Perhitungan jumlah lintas ekivalen dengan data sebagai berikut:

Diketahui:

Tipe jalan = 2 lajur 2 arah

Umur rencana (n) = 10 tahun

Pertumbuhan lalu lintas (i) = 7 %

Menghitung LEP (Lintas Ekivalen Permulaan) menggunakan Persamaan (1), sumber Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen.

$$LEP = \sum_{j=1}^n (LHR_j \times C_j \times E_j) \quad (1)$$

Tabel 2. Perhitungan LEP (Lintas Ekivalen Permulaan)

| No | Jenis Kendaraan | LHR tahun 2012 | c | Angka Ekivalen (ESAL) | | | LEP (ESAL) | | |
|---------------|------------------------|----------------|-----|-----------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| | | | | BM (Data JT) | | | BM (Lapangan) | | |
| | | | | NAASRA | BM (1987) | BM (Lapangan) | NAASRA | BM (1987) | |
| 2, 3, 4a | Mobil Penumpang | 2122 | 0,5 | 0,0004 | 0,00235 | 0,0004 | 0,424 | 2,493 | 0,424 |
| 4b | Pick Up | 17 | 0,5 | 0,00333 | 0,01739 | 0,0004 | 0,028 | 0,148 | 0,003 |
| 5a | Bus Kecil | 26 | 0,5 | 0,02188 | 0,03709 | 0,0219 | 0,284 | 0,482 | 0,285 |
| 5b | Bus Besar | 92 | 0,5 | 0,3006 | 0,3839 | 0,1493 | 13,828 | 17,659 | 7,328 |
| 6a | Truk 2 Sumbu 4 Roda | 4 | 0,5 | 0,27334 | 1,42525 | 1,0648 | 0,547 | 2,851 | 2,13 |
| 6b | Truk 2 Sumbu 6 Roda | 89 | 0,5 | 1,01301 | 1,30324 | 1,0648 | 45,079 | 57,994 | 47,384 |
| 7a | Truk 3 Sumbu | 29 | 0,5 | 4,51854 | 8,69683 | 1,0375 | 65,519 | 126,014 | 15,044 |
| 7b | Truk Gandengan 1.2+2.2 | 1 | 0,5 | 3,83926 | 4,44496 | 4,5262 | 1,92 | 2,222 | 2,263 |
| 7c1 | Trailer 1.2-2 | 2 | 0,5 | 5,14993 | 5,59771 | 4,652 | 5,15 | 5,598 | 4,652 |
| 7c2 | Trailer 1.2-2.2 | 1 | 0,5 | 0,58119 | 0,98386 | 8,3877 | 0,291 | 0,492 | 4,194 |
| Jumlah | | 2383 | | | Jumlah | | 133,069 | 215,954 | 83,706 |

Dari hasil perhitungan LEP dapat dilihat tingkat perbedaaan nilai dari ketiga metode tersebut. Hal ini karena pengaruh pengambilan angka ekivalen yang berbeda dari ketiga metode tersebut.

Dari hasil yang didapatkan kemudian dapat dihitung nilai jumlah lintas ekivalen atau W_{t18} menggunakan Persamaan (2) sebagai berikut:

$$W_{t18} = \sum LEP \times \frac{((1+i)^n) - 1}{i} \times 365 \quad (2)$$

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Perhitungan W_{t18}

| Metode | W_{t18} (ESAL) |
|------------------------------------|------------------|
| Bina Marga (Data Jembatan Timbang) | 671069,224 |
| NAASRA | 1089055,115 |
| Bina Marga (1987) | 422130,660 |

Menghitung Tebal Perkerasan

Untuk perhitungan perkerasan diketahui nilai $P_o = 4,2$ dan $P_t = 2,5$, $FR = 1,0$ (berdasarkan kelandaian 6%, curah hujan untuk daerah Bitung pada bulan juni 151-200 mm/thn, dan % kendaraan berat $\leq 30\%$), CBR tanah dasar 5 %, dan bahan-bahan perkerasan yaitu lapis permukaan adalah Laston, lapis pondasi atas adalah Batu Pecah CBR 100 %, dan lapis pondasi bawah adalah Sirtu CBR 50 %.

Langkah-langkah perhitungan:

- 1) Menghitung Daya Dukung Tanah (DDT)

Dengan menggunakan Persamaan (3) maka Daya Dukung Tanah (DDT) dihitung sebagai berikut:

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

- Lapisan Pondasi Atas
CBR 100%: $DDT = 4,3 \log (100) + 1,7 = 10,3$
- Lapisan Pondasi Bawah
CBR 20%: $DDT = 4,3 \log (20) + 1,7 = 9,0$
- Lapisan Tanah Dasar
CBR 5%: $DDT = 4,3 \log (5) + 1,7 = 4,7$

- 2) Menghitung Indeks Tebal Perkerasan
ITP dihitung pada masing-masing lapisan dengan menggunakan Persamaan (4) dengan cara coba-coba.

$$\begin{aligned} \log W_{t18} = 9,36 \log \left(\frac{ITP}{2,54} + 1 \right) - 0,20 + \\ \frac{\log \frac{IP_o - IPT}{4,2 - 2,5}}{\left[0,40 + \left[\frac{1094}{\left(\frac{ITP}{2,54} + 1 \right)^{5,19}} \right] \right]} + \log \frac{1}{FR} + \\ 0,372 (DDT - 3) \end{aligned} \quad (4)$$

- a. Analisa W_{t18} berdasarkan metode Bina Marga (Data Jembatan Timbang)

$$\log 671069.224 = 9,36 \log \left(\frac{ITP}{2,54} + 1 \right) -$$

$$\begin{aligned} 0,20 + \frac{\log \frac{4,2 - 2,5}{4,2 - 2,5}}{\left[0,40 + \left[\frac{1094}{\left(\frac{ITP}{2,54} + 1 \right)^{5,19}} \right] \right]} + \log \frac{1}{1,0} + \\ 0,372 (DDT - 3) \end{aligned}$$

- Lapis permukaan (DDT = 10,3),
didapat ITP = 3,196
- Lapis pondasi atas (DDT = 9,0),
didapat ITP = 3,917
- Lapis pondasi bawah (DDT = 4,7),
didapat ITP = 7,030

- b. Analisa W_{t18} berdasarkan metode NAASRA

$$\begin{aligned} \log 1089055.115 = 9,36 \left(\frac{ITP}{2,54} + 1 \right) - \\ 0,20 + \frac{\log \frac{4,2 - 2,5}{4,2 - 2,5}}{\left[0,40 + \left[\frac{1094}{\left(\frac{ITP}{2,54} + 1 \right)^{5,19}} \right] \right]} + \log \frac{1}{1,0} + \\ 0,372 (DDT - 3) \end{aligned}$$

- Lapis permukaan (DDT = 10,3),
didapat ITP = 3,500
- Lapis pondasi atas (DDT = 9,0),
didapat ITP = 4,259
- Lapis pondasi bawah (DDT = 4,7),
didapat ITP = 7,539

- c. Analisa W_{t18} berdasarkan metode Bina Marga (1987)

$$\begin{aligned} \log 422130,660 = 9,36 \left(\frac{ITP}{2,54} + 1 \right) - \\ 0,20 + \frac{\log \frac{4,2 - 2,5}{4,2 - 2,5}}{\left[0,40 + \left[\frac{1094}{\left(\frac{ITP}{2,54} + 1 \right)^{5,19}} \right] \right]} + \log \frac{1}{1,0} + \\ + 0,372 (DDT - 3) \end{aligned}$$

- Lapis permukaan (DDT = 10,3),
didapat ITP = 2,918
- Lapis pondasi atas (DDT = 9,0),
didapat ITP = 3,600
- Lapis pondasi bawah (DDT = 4,7),
didapat ITP = 6,566

- 3) Menghitung Tebal Perkerasan Masing-Masing Lapisan

Sebelum menghitung tebal perkerasan terlebih dahulu menentukan koefisien relatif (a) berdasarkan bahan-bahan perkerasan.

Bahan-bahan perkerasan:

- Laston : $a_1 = 0,40$
- Batu pecah (CBR 100 %) : $a_2 = 0,14$
- Sirtu (CBR 50 %) : $a_3 = 0,12$

- a. Metode Bina Marga (Data Jembatan Timbang)

Lapis permukaan (Laston):

$$\begin{aligned} ITP &= a_1 D_1 \\ 3,196 &= 0,40 \times D_1 \\ D_1 &= 7,99 \text{ cm} \approx 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapis pondasi atas (Batu Pecah):

$$\begin{aligned} ITP &= a_1 D_1 + a_2 D_2 \\ 5,012 &= 0,40 \times 8 + 0,14 \times D_2 \\ D_2 &= 5,15 \text{ cm} < \text{batas} \\ &\text{minimal, maka } D_2 = 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapis pondasi bawah (Sirtu)

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

$$7,030 = 0,40 \times 8 + 0,14 \times 20 + 0,12 \times d_3$$

$$D_3 = 8,62 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

b. Metode NAASRA

Lapis permukaan (Laston):

$$ITP = a_1 D_1$$

$$3,500 = 0,40 \times d_1$$

$$D_1 = 8,75 \text{ cm} \approx 9 \text{ cm}$$

Lapis pondasi atas (Batu Pecah):

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2$$

$$5,412 = 0,40 \times 9 + 0,14 \times D_2$$

$$D_2 = 5,42 \text{ cm} < \text{batas minimal, maka } D_2 = 20 \text{ cm}$$

Lapis pondasi bawah (Sirtu)

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

$$7,539 = 0,40 \times 9 + 0,14 \times 20 + 0,12 \times D_3$$

$$D_3 = 10,33 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

c. Metode Bina Marga (1987)

Lapis permukaan (Laston):

$$ITP = a_1 D_1$$

$$2,918 = 0,40 \times D_1$$

$$D_1 = 7,30 \text{ cm} \approx 7 \text{ cm}$$

Lapis pondasi atas (Batu Pecah):

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2$$

$$4,646 = 0,40 \times 8 + 0,14 \times D_2$$

$$D_2 = 4,87 \text{ cm} < \text{batas minimal, maka } D_2 = 20 \text{ cm}$$

Lapis pondasi bawah (Sirtu)

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

$$6,566 = 0,40 \times 8 + 0,14 \times 20 + 0,12 \times d_3$$

$$D_3 = 7,07 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

NAASRA. Sedangkan jika kedua metode tersebut diperbandingkan dengan angka ekivalen yang ditetapkan oleh Bina Marga (1987), lebih besar 1 sampai 8 kali lipat dan lebih kecil 1 kali lipat kecuali pada kendaraan pick up dan trailer 1.2-2.

2. Pada perhitungan LEP (Lintas Ekivalen Permulaan) untuk metode Bina Marga (Data Jembatan Timbang) menghasilkan nilai yang lebih kecil yaitu sebesar 133,069 ESAL sedangkan pada metode NAASRA yaitu 215,954 ESAL, dan pada metode Bina Marga (1987) adalah sebesar 83,706 ESAL.
3. Dari hasil suvey didapatkan LHR adalah sebesar 2383 kendaraan / hari / 2 arah dengan nilai angka ekivalen berdasarkan tiga metode maka dari analisa diperoleh nilai Wt_{18} yang lebih besar pada metode NAASRA yakni sebesar 1089055.115 ESAL dan metode Bina Marga sebesar 671069.224 ESAL. Metode Bina Marga (1987) jauh lebih kecil nilainya dibandingkan dengan kedua metode yang disebutkan sebelumnya, yaitu sebesar 422130,660 ESAL.
4. Nilai total tebal perkerasan yang didapat pada metode Bina Marga (Data Jembatan Timbang) sebesar 38 cm, metode NAASRA sebesar 39 cm, dan metode Bina Marga (1987) sebesar 37 cm.

Saran

1. Sebaiknya memilih metode yang baik setelah ada perhitungan volume lalu lintas dan data jembatan timbang yang dicatat untuk evaluasi perhitungan apakah sesuai dengan perencanaan, sehingga dapat memilih metode mana yang paling tepat dan sesuai dengan yang direncanakan. Namun pada metode Bina Marga mulai mengacu dengan menambah konfigurasi roda pada rumus angka ekivalen yang ditetapkannya. Kecuali ada alat otomatis yang dapat mendeteksi Wt_{18} sehingga kita tidak perlu mengevaluasi lagi angka ekivalen untuk memilih metode angka ekivalen yang cocok sesuai jalan yang direncanakan.
2. Sebaiknya pada saat pengambilan data kendaraan berat dari jembatan timbang harus memperhatikan berat sumbu muka dan sumbu belakang serta tipe roda kendaraan.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan

| Metode | ITP | | | Tebal Perkerasan (Cm) | | | | | | D _{total} (cm) |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------------|
| | Lapis Permukaan (Surface) | Lapis Pondasi Atas (Base) | Lapis Pondasi Bawah (sub-base) | D ₁ | D _{1s} | D ₂ | D _{2s} | D ₃ | D _{3s} | |
| Bina Marga (Data JT) | 3,196 | 5,012 | 7,030 | 7,99 | 8 | 5,15 | 20 | 8,62 | 10 | 38 |
| NAASRA | 3,500 | 5,412 | 7,539 | 8,75 | 9 | 5,42 | 20 | 10,33 | 10 | 39 |
| Bina Marga (1987) | 2,918 | 4,646 | 6,566 | 7,30 | 7 | 4,87 | 20 | 7,07 | 10 | 37 |

PENUTUP

Kesimpulan

1. Dari hasil analisa angka ekivalen di jembatan timbang dengan 10 jenis kendaraan dan jumlah 3116 kendaraan, diperoleh nilai angka ekivalen dengan metode Bina Marga lebih kecil dengan perbandingan 1 sampai 2 kali lipat dibandingkan angka ekivalen metode

3. Dari hasil analisa untuk jalan Manado- Bitung nilai W_{t18} tidaklah berpengaruh pada perhitungan tebal perkerasan untuk semua metode karena lalu lintas beban ESAL yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1983. *Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam.*, Bina Marga, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, 1987. *Petunjuk Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen.*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.

Garber, Nicholas.J dan Hoel, Lester.A., 2001. *Traffic and Highway Engineering*, Third Edition. University of Virginia. USA.

NAASRA, 1987. *Pavement Design, A Guide to The Structural Design of Road Pavements*, Australia.

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