

Koefisien Kekuatan Relatif Sebagai Fungsi Modulus Kekakuan

Sumbangan



oleh

Aloysius Tjan

dan

Agus Anggawidjaja

46867 IT

$\frac{13}{2} - 90$

625.8
TJA
K

Universitas Katolik Parahyangan
Fakultas Teknik Jurusan Sipil
1990

KOEFSISIEN KEKUATAN RELATIF SEBAGAI
FUNGSI MODULUS KEKAKUAN
Aloysius Tjan*) dan Agus Anggawidjaja**)

I. Abstrak

Pada perancangan tebal perkerasan lentur metode AASHTO 1972, 1981 maupun 1986 dikenal koefisien kekuatan relatif campuran berbitumen yang besarnya diambil konstan dan tidak tergantung dari temperatur setempat dimana perkerasan itu akan dibuat dan jenis campuran yang akan dipakai.

Di sini diperlihatkan hubungan antara koefisien kekuatan relatif dengan modulus kekakuan campuran berbitumen. Sehingga jika modulus kekakuan campuran berbitumen pada perkerasan diketahui, baik dengan percobaan di laboratorium atau dengan memakai rumus, dapat ditentukan koefisien kekuatan relatif yang lebih mencerminkan keadaan yang sesungguhnya.

Metode penentuan hubungan koefisien kekuatan relatif dengan modulus kekakuan campuran berbitumen ini dilakukan dengan metode The Asphalt Institute (1981). Perhitungan dilakukan baik untuk perkerasan dua lapis maupun perkerasan tiga lapis.

II. Pendahuluan

Untuk perancangan tebal perkerasan lentur, terdapat berbagai macam metode yang tersedia pada saat ini, seperti antara lain AASHTO (1972), AASHTO (1986), The Asphalt Institute (1981), Shell (1978), RRL (1980), TRRL (1977), Powell et al. (1984), Brown dan Brunton (1984) dan Thompson (1987). Indonesia mempunyai metode perancangan tebal perkerasan yaitu metode Bina Marga 1987 (Departemen Pekerjaan Umum 1987). Perancangan tebal perkerasan metode Bina Marga 1987 ini sangat mirip dengan perancangan tebal perkerasan metode AASHTO (1972), karena pada dasarnya perancangan metode Bina Marga 1987 mengacu pada metode AASHTO (1972) ini.

*) Tenaga Pengajar Tetap Fakultas Teknik jurusan Sipil
Universitas Katolik Parahyangan (UNPAR), Bandung

***) Alumnus Fakultas Teknik jurusan Sipil UNPAR

Metode AASHTO (1972) ini sebenarnya sekarang sudah ketinggalan jaman, karena metode ini sudah diganti dengan metode yang lebih baru yaitu AASHTO (1986). Ke dua metode AASHTO ini mempunyai pendekatan yang hampir sama, yaitu pendekatan empiris berdasarkan AASHO Road Test. Tetapi metode AASHTO yang baru mulai memasukkan parameter material yang mendasar yaitu modulus kekakuan dan modulus resilien dari lapis perkerasan, serta tingkat keandalan yang diinginkan. Sebenarnya modulus kekakuan dan modulus resilien ini banyak dipakai pada metode perancangan mekanistik-empiris (mechanistic-empirical). Sehingga dengan metode AASHTO (1986) ini walaupun masih empiris akan tetapi mulai menuju ke arah mekanistik-empiris yang dipercaya oleh para ahli sebagai cara perancangan yang lebih baik daripada perancangan berdasarkan pendekatan empiris saja.

Berdasarkan pendekatan mekanistik-empiris, maka diketahui bahwa tebal perkerasan antara lain ditentukan oleh modulus kekakuan lapis permukaan. Lapis permukaan ini pada perkerasan lentur merupakan campuran agregat bergradasi tertentu dengan bitumen sebagai bahan pengikat. Bitumen sebagai bahan pengikat ini mempunyai sifat visko-elastik, sehingga modulus kekakuan campuran berbitumen ini juga bersifat visko-elastik. Modulus kekakuan campuran berbitumen ini menjadi berubah-ubah besarnya selama umur pelayanan

III. Tujuan

Menentukan koefisien kekuatan relatif lapis berbitumen sebagai fungsi modulus kekakuan lapis berbitumen.

IV. Dasar Perancangan AASHTO

Pada perancangan tebal perkerasan lentur metode AASHO/AASHTO tidak pernah secara langsung didapat tebal perkerasan, akan tetapi yang didapat adalah SN (structural number atau dalam Bina Marga diberi nama Indeks Tebal Perkerasan, ITP). Dari angka SN ini kemudian dapat ditentukan tebal masing-masing lapis pembentuk perkerasan dengan rumus:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_1 + a_3 D_3 m_2 \quad (1)$$

dengan:

- SN = structural number (indeks tebal perkerasan)
- a_1 = koefisien kekuatan relatif lapis berbitumen
- a_2 = koefisien kekuatan relatif lapis batu pecah (base)
- a_3 = koefisien kekuatan relatif lapis batu pecah (subbase)
- D_1 = tebal lapis berbitumen [in]
- D_2 = tebal lapis batu pecah (base) [in]
- D_3 = tebal lapis batu pecah (subbase) [in]
- m_1 = koefisien drainage lapis batu pecah (base)
- m_2 = koefisien drainage lapis batu pecah (subbase)

Rumus (1) untuk berbagai perkembangan metode AASHO/AASHTO ini selalu sama, kecuali koefisien drainage m_i yang baru diperkenalkan pada AASHTO (1986). Besarnya SN didapat berdasarkan data empiris percobaan di Ottawa, Illinois, yang dikenal dengan AASHO Road Test. AASHO Road Test adalah percobaan di lapangan dengan skala penuh dengan berbagai macam tebal susunan perkerasan dan dibebani dengan kendaraan yang lewat di atasnya serta dimonitor terus keadaannya. Percobaan ini dilakukan pada akhir tahun 1950-an sampai awal 1960-an.

Rangkaian perkembangan metode AASHO/AASHTO ini dapat dilihat dari AASHO Interim Guide 1961 yang tidak dipublikasikan, kemudian disempurnakan berturut-turut oleh AASHO (1972), AASHTO (1981) dan terakhir AASHTO (1986). Dari semua publikasi itu ternyata metode ini berpegang teguh pada kriteria kerusakan perkerasan yang dinilai dari kenyamanan pengguna jalan. Kenyamanan ini lebih dikenal dengan istilah Serviceability Index atau Present Serviceability Index (PSI).

Pada mulanya dalam menentukan PSI ini dibentuk suatu panelis penilai tingkat kenyamanan yang melalui berbagai bagian jalan. Tiap anggota panel memberikan penilaian dengan angka 0 untuk kondisi terburuk dan angka 5 untuk kondisi yang sangat baik, lihat Tabel 1. Dari hasil penilai anggota panel ini dicari korelasi dengan keadaan struktur perkerasan yang ada pada ruas-ruas jalan tadi. Berdasarkan hasil penelitian Carey dan Irick (1962), maka unsur yang menentukan kenyamanan itu adalah: (a) jumlah retak dan tambalan; (b) kerataan memanjang (slope

variance); dan (c) alur pada tapak roda (rutting). Hubungan PSI dengan ke tiga unsur itu didapat sebagai berikut:

$$PSI = 5,03 - 1,91 \log (1 + SV) - 1,38 (RD)^2 - 0,01 (C + P)^{0,5} \quad (2)$$

dengan:

PSI = present serviceability index

SV = slope variance ($\times 10^6$)

RD = rut depth (kedalaman alur pada lajur roda) yang diukur dengan penggaris (straight-edge) sepanjang 4 ft [in]

C = jumlah luas daerah retak tiap 1000 ft² [ft²]

P = jumlah luas tambalan tiap 1000 ft² [ft²]

Ternyata jika data perkerasan dimasukkan kedalam rumus (2) bisa didapat PSI yang < 0 dan > 5, sehingga Painter (1962) melakukan penyempurnaan rumus (2) menjadi:

$$\log PSI = \log 5 - 0,07014 (SV)^{0,5} - 0,2157 (RD)^2 - 0,001209 (C + P)^{0,5} \quad (3)$$

atau

$$\log PSI = \log 5 - 0,00177 R - 0,2157 (RD)^2 - 0,001209 (C + P)^{0,5} \quad (4)$$

dengan:

R = hasil pengukuran dengan roughometer [in/mil]

Tabel 1. Pembagian Tingkat Pelayanan (PSI)

| PSI | Tingkat Pelayanan |
|-------|-------------------|
| 0 - 1 | sangat buruk |
| 1 - 2 | buruk |
| 2 - 3 | cukup |
| 3 - 4 | baik |
| 4 - 5 | sangat baik |

Sumber: Shook dan Finn (1962)

Berdasarkan data dari panelis itu juga maka ditentukan kondisi perkerasan rusak tidak dapat diterima oleh pengguna jalan, yaitu disebut terminal serviceability index, p_t . Besarnya p_t ini ditentukan berdasarkan jenis jalan. Besarnya SN berdasarkan data AASHO Road Test ini tergantung dari p_t , R_1 , S_1 dan W_{18} , sehingga dapat ditulis sebagai berikut (AASHTO, 1981):

$$\begin{aligned} \log W_{18} = & 9,36 - \log (SN + 1) - 0,20 \\ & \log \{(4,2 - p_t)/(4,2 - 1,5)\} \\ & + \frac{\phantom{0,40 + 1094/(SN + 1)^{5,19}}}{0,40 + 1094/(SN + 1)^{5,19}} + \log (1/R_1) \\ & + 0,372 (S_1 - 3,0) \end{aligned} \quad (5)$$

Kemudian pada AAHTO (1986) rumus (5) disempurnakan dengan memasukkan parameter modulus resilien tanah dasar M_r sebagai pengganti S_1 serta memasukkan unsur tingkat keandalan dari perancangan, sehingga rumusnya menjadi:

$$\begin{aligned} \log W_{18} = & Z_r S_o + 9,36 \log (SN + 1) - 0,20 \\ & \log \{(\delta_{PSI})/(4,2 - 1,5)\} \\ & + \frac{\phantom{0,40 + 1094/(SN + 1)^{5,19}}}{0,40 + 1094/(SN + 1)^{5,19}} + 2,32 \log M_r - 8,07 \end{aligned} \quad (6)$$

dengan:

- W_{18} = jumlah pengulangan beban standar (80 kN atau 18 kip) dari awal pembukaan perkerasan sampai terjadi p_t
- SN = structural number (indeks tebal perkerasan)
- p_t = terminal serviceability index (tingkat pelayanan akhir)
- R_1 = faktor regional
- S_1 = nilai daya dukung tanah dasar
- Z_r = simpangan baku normal
- S_o = gabungan kesalahan baku dari prakiraan jumlah beban W_{18} dan prakiraan kinerja perkerasan
- δ_{PSI} = perbedaan tingkat pelayanan awal, p_o , dengan tingkat pelayanan akhir, p_t
- M_r = modulus resilien tanah dasar [psi]

Setelah besarnya SN ditentukan dari rumus (5) atau (6), maka koefisien kekuatan relatif diperlukan untuk menentukan tebal masing-masing lapis. Dalam metode-metode AASHO/AASHTO sampai dengan tahun 1981 telah dianjurkan besarnya koefisien kekuatan relatif yang dapat dipakai. Angka-angka tersebut tidak tergantung dari modulus kekakuan atau modulus resilien bahan perkerasan. Demikian juga George (1983) menganjurkan angka tertentu. Koefisien kekuatan relatif yang dianjurkan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Pada metode Bina Marga 1987 juga terdapat koefisien kekuatan relatif yang dapat dipakai seperti pada Tabel 3

Tabel 2. Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Berbitumen

| Jenis Lapis Berbitumen | George (1983) | AASHTO (1972) |
|---------------------------------|---------------|---------------|
| Plant Mix Asphalt Surface AC-20 | 0,44 | 0,44 |
| Plant Mix Asphalt Base AC-40 | 0,38 | 0,34 |

Tabel 3. Koefisien Kekuatan Relatif dari Bina Marga 1987

| Jenis Lapis Berbitumen | Stabilitas Marshall [kg] | a ₁ |
|------------------------|-----------------------------|----------------|
| LASTON | 744 | 0,44 |
| | 590 | 0,35 |
| | 454 | 0,32 |
| | 340 | 0,30 |
| LASBUTAG | 744 | 0,35 |
| | 590 | 0,31 |
| | 454 | 0,28 |
| | 340 | 0,26 |
| HRA | 340 | 0,30 |
| Aspal Macadam | 340 | 0,26 |
| LAPEN (mekanis) | - | 0,25 |
| LAPEN (manual) | - | 0,20 |

Pada AASHTO (1986) koefisien kekuatan relatif yang dianjurkan telah dihubungkan dengan modulus kekakuan untuk lapis berbitumen dan modulus resilien bagi lapis batu pecah. Hal ini sudah merupakan kemajuan yang sangat berarti, sehingga dapat mencerminkan keadaan yang sesungguhnya. Menurut van Til et al. (1972) dan dikutip oleh AASHTO (1986) menunjukkan hubungan angka kekuatan relatif dan modulus kekakuan lapis berbitumen seperti pada Gambar 1. Modulus kekakuan lapis berbitumen yang tercantum pada Gambar 1 itu adalah modulus kekakuan pada temperatur 68°F. Sehingga bagi campuran yang mempunyai modulus kekakuan tertentu pada 68°F dapat dicari koefisien kekuatan relatif yang dipakai. Dalam menentukan koefisien kekuatan relatif ini sudah termasuk pengaruh perubahan temperatur untuk kondisi di Amerika Serikat. Hal ini tentunya tidak berlaku untuk kondisi di Indonesia, mengingat kondisi temperatur yang sangat berbeda. Seperti ditunjukkan oleh Tjan (1989) bahwa dengan metode yang sama yaitu metode The Asphalt Institute, untuk kondisi temperatur di Amerika Serikat dan kondisi temperatur di Indonesia memberikan tebal perkerasan yang berbeda.

Untuk lapis batu pecah, menurut Rada et al. (1981) yang dikutip oleh AASHTO (1986), dibagi menjadi 2 golongan, yaitu lapis batu pecah sebagai lapis base (pondasi) dan lapis subbase (pondasi bawah). Hubungan koefisien kekuatan relatif bagi batu pecah tersebut adalah sebagai berikut:

- untuk lapis base (pondasi):

$$a_2 = 0,249 \log E_2 - 0,977 \quad (7)$$

dengan:

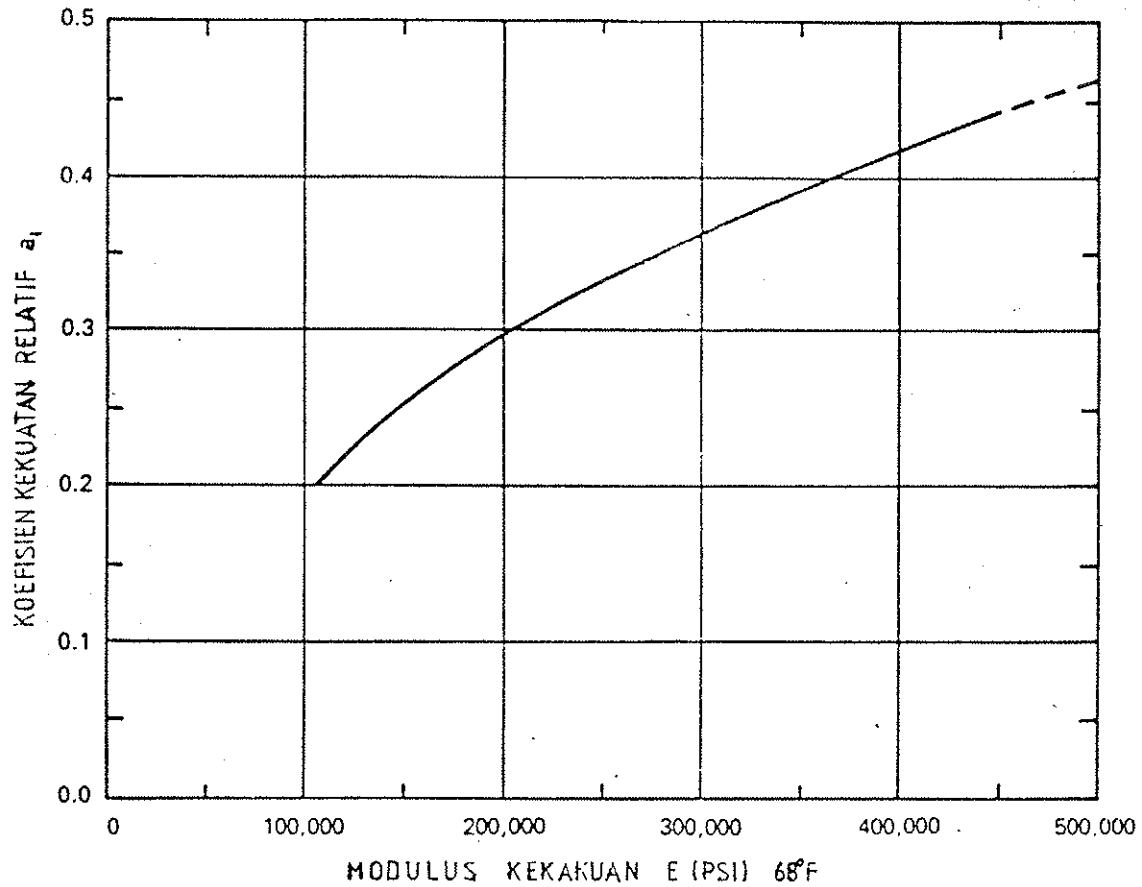
a_2 = koefisien kekuatan relatif untuk lapis pondasi (batu pecah)

E_2 = modulus resilien lapis pondasi (batu pecah). Modulus resilien ini dapat ditentukan dengan percobaan AASHTO T274, atau dengan rumus sebagai berikut:

$$E_2 = k_1 \theta^{k_2} \quad (8)$$

θ = total tegangan-tegangan utama [psi]

$$= \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \quad (9)$$



Gambar 1. Hubungan Antara Koefisien Kekuatan Relatif dengan Modulus Kekakuan Campuran Berbitumen pada 68°F.
 Sumber: van Til, et al. (1972)

Perencanaan
 Universitas
 II.
 SANDO

k_1 = koefisien yang tergantung dari jenis batu pecah yang dipakai.

$$= 3000 - 8000$$

k_2 = koefisien dengan rentang antara 0,5 - 0,7

- untuk lapis pondasi bawah (batu pecah):

$$a_3 = 0,227 \log E_3 - 0,839 \quad (10)$$

dengan:

a_3 = koefisien kekuatan lapis pondasi bawah (batu pecah)

E_3 = modulus resilien lapis pondasi bawah (batu pecah) yang dapat ditentukan berdasarkan uji AASHTO T274 atau dengan rumus (8) dengan ketentuan $k_1 = 1500 - 6000$ dan $k_2 = 0,4 - 0,6$.

V. Metode Penentuan Kekuatan Relatif

Penentuan koefisien kekuatan relatif bagi lapis berbitumen dilakukan dengan perhitungan perkerasan dua lapis dan perhitungan untuk perkerasan 3 lapis. Perhitungan koefisien kekuatan relatif AASHTO ini dihitung dengan asumsi:

- (a) berlaku perhitungan regangan banyak lapis Chevron-N Layer yang dimodifikasi oleh The Asphalt Institute yaitu program DAMA, dengan angka Poisson lapis berbitumen dan lapis batu pecah = 0,35, angka Poisson lapis tanah dasar = 0,45 dengan $k_1 = 8000$.
- (b) jenis perkerasan yang dipakai dalam perhitungan disesuaikan dengan jenis campuran yang dipakai dalam AASHO Road Test, yaitu $n_{70}^{OP} = 2,5 (10)^6$ poise, $V_b = 11,2\%$, $V_v = 3,8$, agregat lolos # 200 = 5%.
- (c) tebal perkerasan yang dihitung dengan metode The Asphalt Institute memberikan tingkat keandalan 99% jika dihitung dengan AASHTO (1986) untuk umur perkerasan yang sama (Suhcrlan, 1989).
- (d) hubungan retak kelelahan berlaku seperti rumus berikut:

$$N_f = 18,4 (10)^M (4,32)10^{-3} \epsilon_t^{-3,29} E_1^{-0,854} \quad (11)$$

$$M = 4,84 \{V_b / (V_v + V_b)\} \quad (12)$$

dengan:

N_f = jumlah pengulangan beban standar 80 kN (18 kip) sehingga terjadi retak kelelahan

ϵ_t = regangan tarik di bagian bawah lapis berbitumen

E_1 = modulus kekakuan lapis berbitumen [psi]

V_b = perbandingan volume bitumen terhadap volume total [%]

V_v = perbandingan volume rongga terhadap volume total [%]

(e) hubungan kerusakan akibat deformasi permanen berlaku seperti:

$$N_d = 1,365 (10)^{-9} \epsilon_c^{-4,477} \quad (13)$$

dengan:

N_d = jumlah pengulangan beban standar 80 kN (18 kip) sehingga terjadi kerusakan akibat deformasi permanen

ϵ_c = regangan tekan pada lapis tanah dasar

(f) hipotesa Miner, yaitu kumulasi kerusakan linier berlaku selama umur perkerasan.

Berdasarkan asumsi itu maka metode penentuan koefisien kekuatan relatif berdasarkan perkerasan 2 lapis adalah sebagai berikut:

(a) h_1 (tebal lapis berbitumen), E_1 (modulus kekakuan lapis berbitumen) dan E_3 (modulus resilien tanah dasar) ditentukan.

(b) Regangan tarik, ϵ_t dan regangan tekan, ϵ_c dihitung dengan program DAMA.

(c) Umur perkerasan, N , dihitung dengan rumus (11) dan (12), dan diambil yang paling kecil sama dengan N .

(d) SN pada rumus (6) dihitung dengan mengambil tingkat keandalan = 99 % dan $W_{18} = N$, $M_r = E_3$ dan $\delta_{PSI} = 1,7$.

(e) Koefisien kekuatan relatif $a_1 = SN/h_1$

(f) Dengan memvariasikan h_1 yaitu dari 100, 150, 200 dan 250 mm, E_1 yaitu dari 100, 1600, 3100, 4600, 6100 dan 7600 MPa serta E_3 yaitu dari 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150 dan 170 MPa maka didapat berbagai harga a_1 .

Berdasarkan perhitungan pada perkerasan tiga lapis, maka dilakukan langkah-langkah berikut:

- (a) Data perkerasan pada umumnya sama dengan perkerasan dua lapis, kecuali ada tambahan untuk tebal h_2 yaitu tebal batu pecah dengan variasi $h_2/h_1 = 1, 2$ dan 3 .
- (b) Proses perhitungan SN sama dengan perkerasan 2 lapis.
- (c) a_2 diambil dari rumus (7) dengan mengambil E_2 dari hasil perhitungan DAMA.
- (d) $a_1 = (SN - a_2 h_2)/h_1$
- (e) Dengan memvariasikan $h_1, h_2/h_1, E_1, E_3$ maka didapat beberapa harga a_1 .

VI. Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan untuk perkerasan dua lapis dapat dilihat pada Tabel 4 sampai dengan Tabel 7. Sedangkan untuk hasil perhitungan untuk perkerasan 3 lapis terdapat pada Tabel 8 sampai dengan Tabel 16.

Dari hasil perhitungan pada perkerasan dua lapis, dihitung besarnya a_1 pada perkerasan dua lapis dengan melakukan regresi seperti berikut:

$$a_1 = a + b \log E_1 + c (\log E_1)^2 \quad (14)$$

Regresi hasil perhitungan dibedakan berdasarkan:

- (a) modulus resilien tanah dasar yang sama untuk berbagai ketebalan h_1 , dengan hasil seperti pada Tabel 18. Hasil Regresi itu jika digambarkan antara a_1 dan E_1 dapat dilihat pada Gambar 2.
- (b) ketebalan h_1 yang sama tanpa memperhatikan modulus resilien tanah dasarnya, dengan hasil seperti pada Tabel 18. Jika hasil regresi itu digambarkan antara a_1 dan E_1 maka terlihat pada Gambar 3.
- (c) seluruh data diregresi tanpa memperhatikan modulus resilien tanah dasar dan tebal h_1 , dengan hasil:

$$a_1 = 0,6989 - 0,5529 \log E_1 + 0,1461 (\log E_1)^2 \quad (15)$$

dengan $r^2 = 0,9006$.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Dua Lapis Untuk $h_1 = 100$ mm

| n | Mr [psi] | E1 [psi] | ϵ_t | Nf | ϵ_c | Nd | W1B | SN | W10 ^m | ERR [%] | a1 |
|-----|-------------|-------------|--------------|---------|--------------|--------|--------|------|------------------|------------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) |
| 1 | 4351 | 14492 | 2.979E-03 | 8536 | 6.679E-03 | 7 | 7 | 0.54 | 8 | 0.60 | 0.14 |
| 2 | | 231552 | 7.856E-04 | 64261 | 1.876E-03 | 2202 | 2202 | 1.84 | 2127 | 3.48 | 0.47 |
| 3 | | 448181 | 5.115E-04 | 158812 | 1.286E-03 | 11942 | 11942 | 2.45 | 11598 | 2.88 | 0.62 |
| 4 | | 666124 | 3.889E-04 | 263442 | 1.016E-03 | 34298 | 34298 | 2.91 | 32662 | 4.77 | 0.74 |
| 5 | | 884683 | 3.175E-04 | 482972 | 8.551E-04 | 74215 | 74215 | 3.31 | 71898 | 4.20 | 0.84 |
| 6 | | 1099392 | 2.788E-04 | 564950 | 7.472E-04 | 135755 | 135755 | 3.65 | 129242 | 4.80 | 0.93 |
| 7 | 7252 | 14492 | 2.014E-03 | 30946 | 4.581E-03 | 48 | 48 | 0.62 | 39 | 2.37 | 0.16 |
| 8 | | 231552 | 6.413E-04 | 125293 | 1.487E-03 | 6233 | 6233 | 1.79 | 5936 | 4.76 | 0.45 |
| 9 | | 448181 | 4.291E-04 | 267368 | 1.035E-03 | 31568 | 31568 | 2.36 | 30310 | 3.98 | 0.60 |
| 10 | | 666124 | 3.315E-04 | 445514 | 8.246E-04 | 87320 | 87320 | 2.80 | 84720 | 2.98 | 0.71 |
| 11 | | 884683 | 2.734E-04 | 659898 | 6.982E-04 | 183923 | 183923 | 3.16 | 175656 | 4.49 | 0.80 |
| 12 | | 1099392 | 2.358E-04 | 908763 | 6.133E-04 | 328648 | 328648 | 3.48 | 315491 | 4.80 | 0.88 |
| 13 | 10152 | 14492 | 1.519E-03 | 78278 | 3.496E-03 | 136 | 136 | 0.70 | 135 | 0.40 | 0.18 |
| 14 | | 231552 | 5.566E-04 | 199674 | 1.267E-03 | 12764 | 12764 | 1.77 | 12146 | 4.85 | 0.45 |
| 15 | | 448181 | 3.774E-04 | 487895 | 8.916E-04 | 61549 | 61549 | 2.32 | 59710 | 2.99 | 0.59 |
| 16 | | 666124 | 2.951E-04 | 653211 | 7.146E-04 | 165765 | 165765 | 2.73 | 158754 | 4.23 | 0.69 |
| 17 | | 884683 | 2.452E-04 | 942951 | 6.073E-04 | 343428 | 343428 | 3.08 | 328366 | 4.39 | 0.78 |
| 18 | | 1099392 | 2.119E-04 | 1266057 | 5.351E-04 | 685242 | 685242 | 3.38 | 576418 | 4.76 | 0.86 |
| 19 | 13853 | 14492 | 1.216E-03 | 162755 | 2.826E-03 | 352 | 352 | 0.76 | 335 | 4.88 | 0.19 |
| 20 | | 231552 | 4.967E-04 | 290488 | 1.119E-03 | 22268 | 22268 | 1.77 | 21760 | 2.24 | 0.45 |
| 21 | | 448181 | 3.411E-04 | 568913 | 7.949E-04 | 182984 | 182984 | 2.29 | 98962 | 3.83 | 0.58 |
| 22 | | 666124 | 2.687E-04 | 889122 | 6.480E-04 | 271559 | 271559 | 2.69 | 268248 | 4.17 | 0.68 |
| 23 | | 884683 | 2.248E-04 | 1254879 | 5.457E-04 | 554357 | 554357 | 3.03 | 537004 | 3.85 | 0.77 |
| 24 | | 1099392 | 1.951E-04 | 1661413 | 4.817E-04 | 969840 | 969840 | 3.32 | 926245 | 4.42 | 0.84 |

Tabel 4 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Dua Lapis Untuk $h_1 = 100$ mm (Lanjutan)

| n | Mr [psi] | E1 [psi] | ϵ_t | Nf | ϵ_c | Nd | W18 | SN | W18 ⁿ | ERR [%] | a1 |
|-----|-------------|-------------|--------------|---------|--------------|---------|---------|------|------------------|------------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) |
| 25 | 15954 | 14492 | 1.012E-03 | 297797 | 2.370E-03 | 773 | 773 | 0.83 | 766 | 0.89 | 0.21 |
| 26 | | 231552 | 4.512E-04 | 398368 | 1.010E-03 | 35220 | 35220 | 1.76 | 33555 | 4.73 | 0.45 |
| 27 | | 448181 | 3.144E-04 | 743891 | 7.235E-04 | 156829 | 156829 | 2.27 | 149588 | 4.62 | 0.58 |
| 28 | | 666124 | 2.483E-04 | 1152866 | 5.849E-04 | 406357 | 406357 | 2.66 | 387509 | 4.64 | 0.68 |
| 29 | | 884683 | 2.088E-04 | 1599920 | 4.999E-04 | 828791 | 828791 | 2.99 | 783698 | 4.52 | 0.76 |
| 30 | | 1099392 | 1.819E-04 | 2092061 | 4.422E-04 | 1421339 | 1421339 | 3.28 | 1378906 | 3.55 | 0.83 |
| 31 | 18654 | 14492 | 8.657E-04 | 497767 | 2.040E-03 | 1513 | 1513 | 0.88 | 1451 | 4.10 | 0.22 |
| 32 | | 231552 | 4.148E-04 | 525374 | 9.246E-04 | 52307 | 52307 | 1.77 | 51068 | 2.37 | 0.45 |
| 33 | | 448181 | 2.928E-04 | 948174 | 6.679E-04 | 224336 | 224336 | 2.26 | 214643 | 4.32 | 0.57 |
| 34 | | 666124 | 2.321E-04 | 1439398 | 5.419E-04 | 571974 | 571974 | 2.64 | 545551 | 4.62 | 0.67 |
| 35 | | 884683 | 1.959E-04 | 1973414 | 4.642E-04 | 1143652 | 1143652 | 2.96 | 1006495 | 5.00 | 0.75 |
| 36 | | 1099392 | 1.712E-04 | 2553857 | 4.113E-04 | 1965822 | 1965822 | 3.24 | 1875024 | 4.62 | 0.82 |
| 37 | 21755 | 14492 | 7.555E-04 | 779064 | 1.790E-03 | 2717 | 2717 | 0.93 | 2582 | 4.98 | 0.24 |
| 38 | | 231552 | 3.049E-04 | 671991 | 8.557E-04 | 73983 | 73983 | 1.77 | 71179 | 3.79 | 0.45 |
| 39 | | 448181 | 2.749E-04 | 1157823 | 6.228E-04 | 306785 | 306785 | 2.26 | 299169 | 2.48 | 0.57 |
| 40 | | 666124 | 2.192E-04 | 1737348 | 5.070E-04 | 770578 | 770578 | 2.63 | 743221 | 3.55 | 0.67 |
| 41 | | 884683 | 1.850E-04 | 2382410 | 4.352E-04 | 1526598 | 1526598 | 2.94 | 1453740 | 4.77 | 0.75 |
| 42 | | 1099392 | 1.622E-04 | 3050399 | 3.861E-04 | 2609021 | 2609021 | 3.22 | 2517202 | 3.52 | 0.82 |
| 43 | 24656 | 14492 | 6.696E-04 | 1158862 | 1.594E-03 | 4567 | 4567 | 0.98 | 4378 | 4.13 | 0.25 |
| 44 | | 231552 | 3.596E-04 | 840450 | 7.984E-04 | 180908 | 180908 | 1.78 | 98295 | 2.58 | 0.45 |
| 45 | | 448181 | 2.596E-04 | 1396898 | 5.851E-04 | 485736 | 485736 | 2.25 | 389524 | 4.00 | 0.57 |
| 46 | | 666124 | 2.061E-04 | 2127824 | 4.779E-04 | 1004816 | 1004816 | 2.62 | 971150 | 3.27 | 0.66 |
| 47 | | 884683 | 1.759E-04 | 2812464 | 4.109E-04 | 1974404 | 1974404 | 2.93 | 1904122 | 3.56 | 0.74 |
| 48 | | 1099392 | 1.545E-04 | 3579721 | 3.651E-04 | 3351312 | 3351312 | 3.20 | 3241054 | 3.29 | 0.81 |

Tabel 5 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Dua Lapis Untuk $h_1 = 150$ mm

| n | Mr [psi] | E1 [psi] | ϵ_t | Nf | ϵ_c | Nd | W18 | SN | W18 ^m | ERR [%] | al |
|-----|-------------|-------------|--------------|---------|--------------|---------|---------|------|------------------|------------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) |
| 1 | 4351 | 14497 | 2.334E-03 | 19045 | 4.780E-03 | 33 | 33 | 0.80 | 32 | 2.85 | 0.14 |
| 2 | | 231125 | 5.084E-04 | 269418 | 1.156E-03 | 19243 | 19243 | 2.65 | 16591 | 3.39 | 0.45 |
| 3 | | 449752 | 3.145E-04 | 740896 | 7.579E-04 | 127383 | 127383 | 3.62 | 122831 | 3.57 | 0.61 |
| 4 | | 667258 | 2.329E-04 | 1421130 | 5.832E-04 | 411687 | 411687 | 4.35 | 393462 | 4.43 | 0.74 |
| 5 | | 881856 | 1.874E-04 | 2289743 | 4.824E-04 | 962760 | 962760 | 4.93 | 916331 | 4.82 | 0.83 |
| 6 | | 1102158 | 1.575E-04 | 3353042 | 4.136E-04 | 1917351 | 1917351 | 5.44 | 1845468 | 3.75 | 0.92 |
| 7 | 7252 | 14497 | 1.646E-03 | 60087 | 3.400E-03 | 154 | 154 | 0.87 | 150 | 2.09 | 0.15 |
| 8 | | 231125 | 4.301E-04 | 467089 | 9.423E-04 | 48049 | 48049 | 2.53 | 46023 | 4.22 | 0.43 |
| 9 | | 449752 | 2.736E-04 | 1171702 | 6.302E-04 | 290983 | 290983 | 3.41 | 276713 | 4.22 | 0.58 |
| 10 | | 667258 | 2.057E-04 | 2138359 | 4.905E-04 | 893597 | 893597 | 4.00 | 850089 | 4.07 | 0.69 |
| 11 | | 881856 | 1.669E-04 | 3352102 | 4.086E-04 | 2024650 | 2024650 | 4.63 | 1949652 | 3.70 | 0.78 |
| 12 | | 1102158 | 1.407E-04 | 4859643 | 3.521E-04 | 3941938 | 3941938 | 5.09 | 3749356 | 4.09 | 0.86 |
| 13 | 10152 | 14497 | 1.276E-03 | 130063 | 2.655E-03 | 465 | 465 | 0.94 | 462 | 0.63 | 0.16 |
| 14 | | 231125 | 3.001E-04 | 701421 | 8.166E-04 | 91215 | 91215 | 2.48 | 89517 | 1.06 | 0.42 |
| 15 | | 449752 | 2.468E-04 | 1644002 | 5.534E-04 | 520651 | 520651 | 3.30 | 498376 | 4.20 | 0.56 |
| 16 | | 667258 | 1.876E-04 | 2095245 | 4.341E-04 | 1543985 | 1543985 | 3.94 | 1406349 | 3.73 | 0.67 |
| 17 | | 881856 | 1.533E-04 | 4433606 | 3.636E-04 | 3413655 | 3413655 | 4.45 | 3263491 | 4.40 | 0.75 |
| 18 | | 1102158 | 1.299E-04 | 6320012 | 3.146E-04 | 6526298 | 6320012 | 4.07 | 6009700 | 4.91 | 0.82 |
| 19 | 13053 | 14497 | 1.041E-03 | 271284 | 2.182E-03 | 1120 | 1120 | 1.00 | 1099 | 1.85 | 0.17 |
| 20 | | 231125 | 3.437E-04 | 976815 | 7.303E-04 | 150396 | 150396 | 2.44 | 144757 | 3.75 | 0.41 |
| 21 | | 449752 | 2.271E-04 | 2162593 | 5.001E-04 | 819323 | 819323 | 3.23 | 784130 | 4.29 | 0.55 |
| 22 | | 667258 | 1.740E-04 | 3708637 | 3.945E-04 | 2369355 | 2369355 | 3.84 | 2265792 | 4.37 | 0.65 |
| 23 | | 881856 | 1.430E-04 | 5573693 | 3.319E-04 | 5135505 | 5135505 | 4.33 | 4883187 | 4.91 | 0.73 |
| 24 | | 1102158 | 1.217E-04 | 7832240 | 2.800E-04 | 9692426 | 7832240 | 4.62 | 7512875 | 4.08 | 0.78 |

Tabel 5: Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Dua Lapis Untuk $h_1 = 150 \text{ mm}$ (Lanjutan)

| n | M_r [psi] | EI [psi] | ξt | NF | ϵc | Nd | W18 | SN | W18 ^m | ERR [%] | al |
|-----|----------------|-------------|-----------|----------|--------------|----------|----------|------|------------------|------------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) |
| 25 | 15954 | 14497 | 8.788E-04 | 473629 | 1.853E-03 | 2327 | 2327 | 1.86 | 2303 | 1.85 | 0.18 |
| 26 | | 231125 | 3.155E-04 | 1294598 | 6.659E-04 | 227369 | 227369 | 2.42 | 219477 | 3.47 | 0.41 |
| 27 | | 449752 | 2.115E-04 | 2733116 | 4.600E-04 | 1191148 | 1191148 | 3.18 | 1136631 | 4.58 | 0.54 |
| 28 | | 667258 | 1.633E-04 | 4569796 | 3.646E-04 | 3371937 | 3371937 | 3.77 | 3217920 | 4.57 | 0.64 |
| 29 | | 881856 | 1.349E-04 | 6752418 | 3.077E-04 | 7207520 | 6752418 | 4.21 | 6478193 | 4.06 | 0.71 |
| 30 | | 1102158 | 1.152E-04 | 9302387 | 2.677E-04 | 13444693 | 9302387 | 4.43 | 9848322 | 3.65 | 0.75 |
| 31 | 18854 | 14497 | 7.681E-04 | 763435 | 1.611E-03 | 4355 | 4355 | 1.11 | 4237 | 2.71 | 0.19 |
| 32 | | 231125 | 2.926E-04 | 1658025 | 6.150E-04 | 324593 | 324593 | 2.41 | 315489 | 2.03 | 0.41 |
| 33 | | 449752 | 1.988E-04 | 3358729 | 4.282E-04 | 1641536 | 1641536 | 3.15 | 1581324 | 3.67 | 0.53 |
| 34 | | 667258 | 1.545E-04 | 5483358 | 3.408E-04 | 4561756 | 4561756 | 3.72 | 4363532 | 4.35 | 0.63 |
| 35 | | 881856 | 1.281E-04 | 8005012 | 2.884E-04 | 9632386 | 8005012 | 4.07 | 7679465 | 4.07 | 0.69 |
| 36 | | 1102158 | 1.097E-04 | 11020776 | 2.515E-04 | 17779685 | 11020776 | 4.28 | 10622796 | 3.61 | 0.72 |
| 37 | 21755 | 14497 | 6.693E-04 | 1160230 | 1.425E-03 | 7542 | 7542 | 1.16 | 7334 | 2.77 | 0.20 |
| 38 | | 231125 | 2.745E-04 | 2046627 | 5.735E-04 | 443791 | 443791 | 2.40 | 428784 | 3.38 | 0.41 |
| 39 | | 449752 | 1.881E-04 | 4019667 | 4.023E-04 | 2170512 | 2170512 | 3.12 | 2080277 | 4.16 | 0.53 |
| 40 | | 667258 | 1.470E-04 | 6458733 | 3.212E-04 | 5947009 | 5947009 | 3.68 | 5688140 | 4.35 | 0.62 |
| 41 | | 881856 | 1.223E-04 | 9323212 | 2.724E-04 | 12436852 | 9323212 | 3.96 | 8993842 | 3.53 | 0.67 |
| 42 | | 1102158 | 1.051E-04 | 12608756 | 2.380E-04 | 22761329 | 12608756 | 4.15 | 12125789 | 4.44 | 0.78 |
| 43 | 24656 | 14497 | 5.976E-04 | 1604402 | 1.277E-03 | 12323 | 12323 | 1.21 | 12113 | 1.70 | 0.20 |
| 44 | | 231125 | 2.590E-04 | 2477917 | 5.387E-04 | 587344 | 587344 | 2.39 | 559092 | 4.81 | 0.40 |
| 45 | | 449752 | 1.788E-04 | 4749415 | 3.804E-04 | 2788662 | 2788662 | 3.10 | 2675378 | 4.06 | 0.52 |
| 46 | | 667258 | 1.485E-04 | 7494987 | 3.047E-04 | 7530706 | 7494987 | 3.65 | 7229972 | 3.53 | 0.62 |
| 47 | | 881856 | 1.173E-04 | 10695674 | 2.590E-04 | 15587972 | 10695674 | 3.86 | 10236708 | 4.29 | 0.65 |
| 48 | | 1102158 | 1.018E-04 | 14463542 | 2.266E-04 | 28355287 | 14463542 | 4.05 | 13867845 | 4.12 | 0.69 |

Tabel 6 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Dua Lapis Untuk $h_1 = 200$ mm

| n | Mr [psi] | E1 [psi] | ξt | Nf | ζc | Nd | W18 | SN | W18 ^m | ERR [%] | ai |
|-----|-------------|-------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|------|------------------|------------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) |
| 1 | 4351 | 14556 | 1.791E-03 | 45357 | 3.482E-03 | 138 | 138 | 1.18 | 135 | 2.24 | 0.14 |
| 2 | | 231810 | 3.521E-04 | 899941 | 7.769E-04 | 114817 | 114817 | 3.55 | 108942 | 4.45 | 0.45 |
| 3 | | 449316 | 2.135E-04 | 2651978 | 4.957E-04 | 852388 | 852388 | 4.85 | 818154 | 4.02 | 0.62 |
| 4 | | 666392 | 1.565E-04 | 5262080 | 3.768E-04 | 2937762 | 2937762 | 5.76 | 2809876 | 4.35 | 0.73 |
| 5 | | 885823 | 1.243E-04 | 8804898 | 3.075E-04 | 7228531 | 7228531 | 6.48 | 6879182 | 4.83 | 0.82 |
| 6 | | 1098457 | 1.848E-04 | 13173459 | 2.642E-04 | 14268654 | 13173459 | 7.88 | 12600828 | 4.35 | 0.89 |
| 7 | 7252 | 14556 | 1.273E-03 | 139458 | 2.495E-03 | 614 | 614 | 1.17 | 598 | 2.68 | 0.15 |
| 8 | | 231810 | 3.053E-04 | 1438779 | 6.469E-04 | 258838 | 258838 | 3.35 | 250186 | 3.34 | 0.43 |
| 9 | | 449316 | 1.887E-04 | 3981866 | 4.217E-04 | 1757889 | 1757889 | 4.53 | 1683661 | 4.22 | 0.58 |
| 10 | | 666392 | 1.482E-04 | 7556176 | 3.225E-04 | 5848434 | 5848434 | 5.38 | 5670798 | 4.62 | 0.68 |
| 11 | | 885823 | 1.124E-04 | 12268638 | 2.645E-04 | 14188383 | 12268638 | 5.95 | 11720398 | 4.41 | 0.76 |
| 12 | | 1098457 | 9.475E-05 | 17897562 | 2.274E-04 | 27911489 | 17897562 | 6.25 | 17832432 | 4.83 | 0.79 |
| 13 | 10152 | 14556 | 9.972E-04 | 311413 | 1.959E-03 | 1814 | 1814 | 1.24 | 1751 | 3.58 | 0.16 |
| 14 | | 231810 | 2.742E-04 | 2848818 | 5.674E-04 | 465554 | 465554 | 3.24 | 445934 | 4.21 | 0.41 |
| 15 | | 449316 | 1.738E-04 | 5298865 | 3.759E-04 | 2941263 | 2941263 | 4.35 | 2889157 | 4.49 | 0.55 |
| 16 | | 666392 | 1.291E-04 | 9911872 | 2.897E-04 | 9448375 | 9448375 | 5.16 | 9813356 | 4.52 | 0.66 |
| 17 | | 885823 | 1.042E-04 | 15738748 | 2.387E-04 | 22464815 | 15738748 | 5.54 | 15848728 | 4.34 | 0.78 |
| 18 | | 1098457 | 8.826E-05 | 22683526 | 2.056E-04 | 43825632 | 22683526 | 5.82 | 21672653 | 4.12 | 0.74 |
| 19 | 13853 | 14556 | 8.199E-04 | 593883 | 1.616E-03 | 4295 | 4295 | 1.31 | 4165 | 3.83 | 0.17 |
| 20 | | 231810 | 2.511E-04 | 2736842 | 5.114E-04 | 741329 | 741329 | 3.18 | 713526 | 3.75 | 0.40 |
| 21 | | 449316 | 1.611E-04 | 6697992 | 3.432E-04 | 4428664 | 4428664 | 4.24 | 4258239 | 3.67 | 0.54 |
| 22 | | 666392 | 1.211E-04 | 12233727 | 2.663E-04 | 13764848 | 12233727 | 4.93 | 11721242 | 4.19 | 0.63 |
| 23 | | 885823 | 9.796E-05 | 19274515 | 2.284E-04 | 32185125 | 19274515 | 5.26 | 18517648 | 3.93 | 0.67 |
| 24 | | 1098457 | 8.329E-05 | 27351994 | 1.983E-04 | 61956260 | 27351994 | 5.52 | 26257457 | 4.88 | 0.78 |

Tabel 6 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Dua Lapis Untuk $h_1 = 200$ mm (Lanjutan)

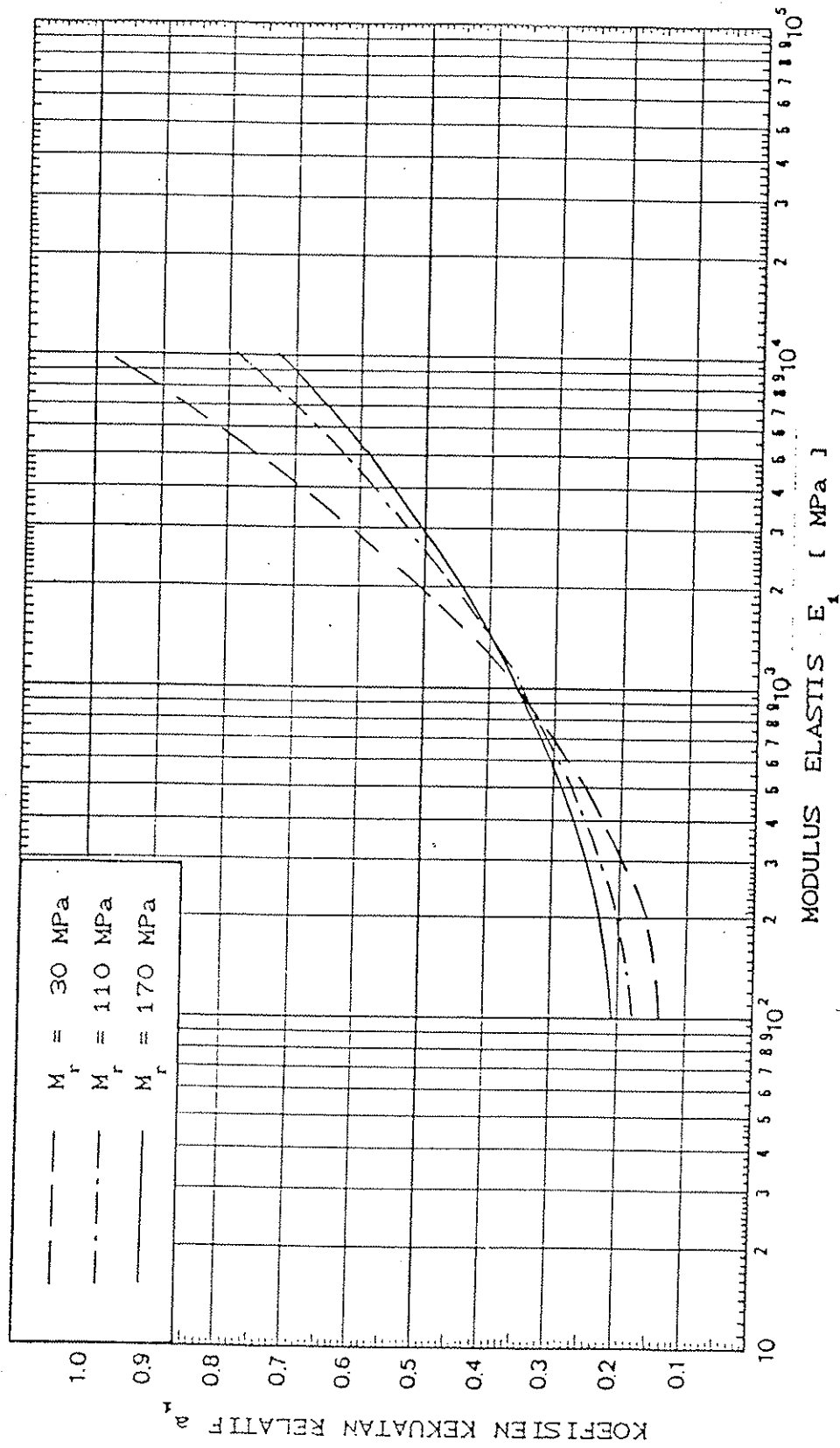
| n | Mr [psi] | E1 [psi] | ϵ_t | Nf | ϵ_c | Nd | W18 | SN | W18 ^m | ERR [%] | a1 |
|-----|-------------|-------------|--------------|----------|--------------|-----------|----------|------|------------------|------------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) |
| 25 | 15954 | 14556 | 6.959E-04 | 1017071 | 1.377E-03 | 8793 | 8793 | 1.37 | 8397 | 4.50 | 0.17 |
| 26 | | 231810 | 2.329E-04 | 3505563 | 4.689E-04 | 1093217 | 1893217 | 3.14 | 1852932 | 3.69 | 0.40 |
| 27 | | 449316 | 1.515E-04 | 8198443 | 3.188E-04 | 6219657 | 6219657 | 4.28 | 6379308 | 2.57 | 0.53 |
| 28 | | 666392 | 1.148E-04 | 14584589 | 2.483E-04 | 18828767 | 14584589 | 4.73 | 14038635 | 3.74 | 0.60 |
| 29 | | 865823 | 9.313E-05 | 22762982 | 2.062E-04 | 43257590 | 22762982 | 5.04 | 21785396 | 4.29 | 0.64 |
| 30 | | 1098457 | 7.920E-05 | 32172968 | 1.785E-04 | 82517933 | 32172968 | 5.29 | 30726151 | 4.50 | 0.67 |
| 31 | 18654 | 14556 | 6.044E-04 | 1617234 | 1.208E-03 | 16279 | 16279 | 1.43 | 15558 | 4.43 | 0.18 |
| 32 | | 231810 | 2.179E-04 | 4363943 | 4.350E-04 | 1529735 | 1529735 | 3.11 | 1463871 | 4.31 | 0.40 |
| 33 | | 449316 | 1.435E-04 | 9000454 | 2.978E-04 | 8343962 | 8343962 | 4.18 | 8048651 | 3.54 | 0.52 |
| 34 | | 666392 | 1.094E-04 | 17089762 | 2.337E-04 | 24697193 | 17089762 | 4.57 | 16386996 | 4.11 | 0.58 |
| 35 | | 865823 | 8.916E-05 | 26270869 | 1.947E-04 | 55929545 | 26270869 | 4.87 | 25269065 | 3.81 | 0.62 |
| 36 | | 1098457 | 7.602E-05 | 36939144 | 1.690E-04 | 105410500 | 36939144 | 5.11 | 35372062 | 4.24 | 0.65 |
| 37 | 21755 | 14556 | 5.340E-04 | 2430634 | 1.063E-03 | 20012 | 20012 | 1.49 | 27101 | 3.25 | 0.19 |
| 38 | | 231810 | 2.053E-04 | 5308670 | 4.071E-04 | 2058263 | 2058263 | 3.09 | 1962417 | 4.66 | 0.39 |
| 39 | | 449316 | 1.367E-04 | 11497608 | 2.810E-04 | 10821176 | 10821176 | 4.05 | 18372551 | 4.15 | 0.51 |
| 40 | | 666392 | 1.048E-04 | 19604047 | 2.214E-04 | 31460996 | 19604047 | 4.44 | 18842808 | 4.27 | 0.56 |
| 41 | | 865823 | 8.574E-05 | 29878603 | 1.851E-04 | 70130119 | 29878603 | 4.72 | 28414454 | 4.90 | 0.60 |
| 42 | | 1098457 | 7.329E-05 | 41662216 | 1.610E-04 | 130970415 | 41662216 | 4.96 | 39995336 | 4.00 | 0.63 |
| 43 | 24656 | 14556 | 4.701E-04 | 3497145 | 9.540E-04 | 45297 | 45297 | 1.54 | 43436 | 4.11 | 0.20 |
| 44 | | 231810 | 1.943E-04 | 6363116 | 3.035E-04 | 2609150 | 2609150 | 3.00 | 2572000 | 4.32 | 0.39 |
| 45 | | 449316 | 1.308E-04 | 13293009 | 2.667E-04 | 13671860 | 13293009 | 4.00 | 12814665 | 3.60 | 0.51 |
| 46 | | 666392 | 1.000E-04 | 22372672 | 2.110E-04 | 39022950 | 22372672 | 4.33 | 21355000 | 4.55 | 0.55 |
| 47 | | 865823 | 8.272E-05 | 33619014 | 1.768E-04 | 86130024 | 33619014 | 4.61 | 32379822 | 3.69 | 0.59 |
| 48 | | 1098457 | 7.000E-05 | 46500000 | 1.541E-04 | 159345659 | 46500000 | 4.83 | 44483344 | 4.35 | 0.61 |

Tabel 7 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Dua Lapis Untuk $h_1 = 250$ mm

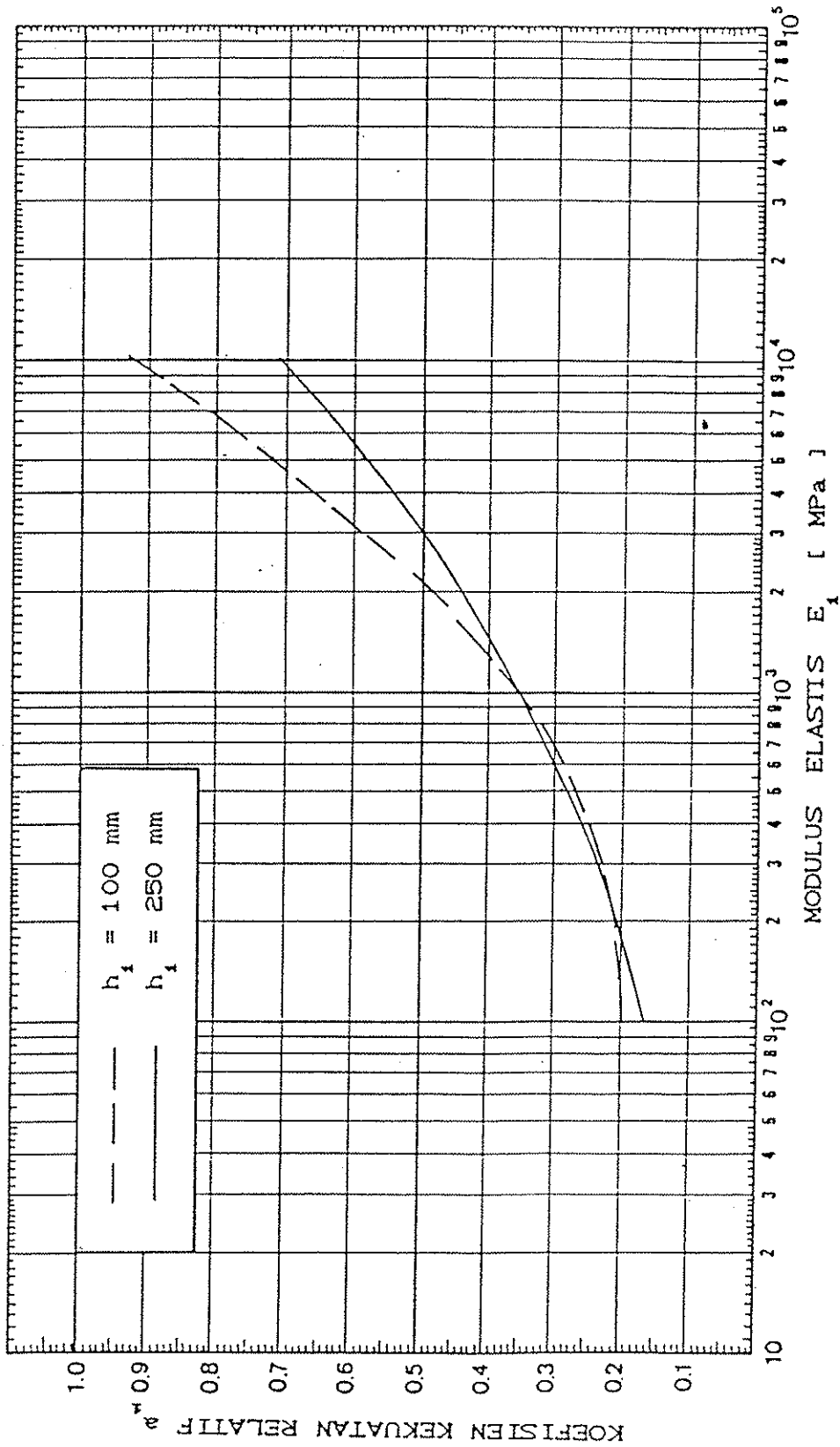
| n | Mr [psi] | E1 [psi] | ϵ_t | Nf | ϵ_c | Md | W18 | SN | W18 ^m | ERR [%] | a1 |
|-----|-------------|-------------|--------------|----------|--------------|-----------|----------|------|------------------|------------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) |
| 1 | 4351 | 14534 | 1.433E-03 | 94589 | 2.631E-03 | 484 | 484 | 1.40 | 462 | 4.53 | 0.14 |
| 2 | | 231358 | 2.592E-04 | 2469506 | 5.564E-04 | 508200 | 588200 | 4.49 | 485895 | 4.55 | 0.46 |
| 3 | | 449869 | 1.538E-04 | 7793749 | 3.522E-04 | 3936921 | 3936921 | 5.99 | 3768356 | 4.28 | 0.61 |
| 4 | | 667463 | 1.112E-04 | 16174194 | 2.654E-04 | 13974241 | 13974241 | 7.05 | 13332740 | 4.59 | 0.72 |
| 5 | | 884269 | 8.766E-05 | 27820718 | 2.174E-04 | 34136712 | 27820718 | 7.68 | 26492314 | 4.77 | 0.78 |
| 6 | | 1098842 | 7.276E-05 | 42656241 | 1.865E-04 | 67811524 | 42656241 | 8.10 | 40872605 | 4.18 | 0.82 |
| 7 | 7252 | 14534 | 1.035E-03 | 275891 | 1.892E-03 | 2120 | 2120 | 1.48 | 2042 | 3.66 | 0.15 |
| 8 | | 231358 | 2.269E-04 | 3826254 | 4.684E-04 | 1098451 | 1098451 | 4.22 | 1056168 | 3.85 | 0.43 |
| 9 | | 449869 | 1.382E-04 | 11080549 | 3.012E-04 | 7930471 | 7930471 | 5.61 | 7561458 | 4.65 | 0.57 |
| 10 | | 667463 | 1.014E-04 | 21910008 | 2.295E-04 | 26786842 | 21910008 | 6.42 | 20940635 | 4.42 | 0.65 |
| 11 | | 884269 | 8.067E-05 | 36568108 | 1.877E-04 | 65892063 | 36568108 | 6.86 | 35138561 | 3.91 | 0.70 |
| 12 | | 1098842 | 6.738E-05 | 54921517 | 1.607E-04 | 132060599 | 54921517 | 7.22 | 52730005 | 3.99 | 0.73 |
| 13 | 10152 | 14534 | 8.131E-04 | 610264 | 1.487E-03 | 6233 | 6233 | 1.56 | 5954 | 4.48 | 0.16 |
| 14 | | 231358 | 2.055E-04 | 5300518 | 4.150E-04 | 1008562 | 1008562 | 4.06 | 1797946 | 4.80 | 0.41 |
| 15 | | 449869 | 1.274E-04 | 14481892 | 2.694E-04 | 13069008 | 13069008 | 5.40 | 12408800 | 4.44 | 0.55 |
| 16 | | 667463 | 9.439E-05 | 27733260 | 2.069E-04 | 42606213 | 27733260 | 5.98 | 26567303 | 4.20 | 0.61 |
| 17 | | 884269 | 7.566E-05 | 45155942 | 1.704E-04 | 101588207 | 45155942 | 6.37 | 43023902 | 4.72 | 0.65 |
| 18 | | 1098842 | 6.352E-05 | 66685901 | 1.461E-04 | 202298953 | 66685901 | 6.70 | 63707871 | 4.47 | 0.68 |
| 19 | 13053 | 14534 | 6.694E-04 | 1157130 | 1.226E-03 | 14682 | 14682 | 1.64 | 14104 | 3.94 | 0.17 |
| 20 | | 231358 | 1.897E-04 | 6896484 | 3.767E-04 | 2913401 | 2913401 | 3.97 | 2793718 | 4.11 | 0.40 |
| 21 | | 449869 | 1.192E-04 | 18025356 | 2.474E-04 | 19137368 | 18025356 | 5.21 | 17295727 | 4.85 | 0.53 |
| 22 | | 667463 | 8.900E-05 | 33652264 | 1.903E-04 | 61956260 | 33652264 | 5.67 | 31980090 | 4.97 | 0.58 |
| 23 | | 884269 | 7.172E-05 | 53842924 | 1.577E-04 | 143694505 | 53842924 | 6.04 | 51330270 | 4.67 | 0.61 |
| 24 | | 1098842 | 6.046E-05 | 78447542 | 1.357E-04 | 281561113 | 78447542 | 6.35 | 75237055 | 4.89 | 0.65 |

Tabel 7 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Dua Lapis Untuk $h_1 = 250$ mm (Lanjutan)

| n | Mr [psi] | E1 [psi] | ϵ_t | Nf | ϵ_c | Nd | N18 | SN | W18~ | ERR [%] | a1 |
|-----|-------------|-------------|--------------|-----------|--------------|-----------|-----------|------|-----------|------------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) |
| 25 | 15954 | 14534 | 5.687E-04 | 1978452 | 1.047E-03 | 29900 | 29900 | 1.72 | 29424 | 1.86 | 0.17 |
| 26 | | 231358 | 1.771E-04 | 8646298 | 3.478E-04 | 4288018 | 4288018 | 3.91 | 4842596 | 3.93 | 0.40 |
| 27 | | 449069 | 1.127E-04 | 21677193 | 2.307E-04 | 26167882 | 21677193 | 5.00 | 28681545 | 4.96 | 0.51 |
| 28 | | 667463 | 8.463E-05 | 39714795 | 1.781E-04 | 83350898 | 39714795 | 5.45 | 38189813 | 4.84 | 0.55 |
| 29 | | 884269 | 6.849E-05 | 62657315 | 1.476E-04 | 193256819 | 62657315 | 5.80 | 68285835 | 3.79 | 0.59 |
| 30 | | 1898842 | 5.793E-05 | 98293591 | 1.275E-04 | 372189818 | 98293591 | 6.08 | 85964580 | 4.79 | 0.62 |
| 31 | 18854 | 14534 | 4.942E-04 | 3148157 | 9.124E-04 | 55512 | 55512 | 1.78 | 52748 | 4.98 | 0.18 |
| 32 | | 231358 | 1.667E-04 | 10551182 | 3.231E-04 | 5792834 | 5792834 | 3.87 | 5583173 | 3.61 | 0.39 |
| 33 | | 449069 | 1.072E-04 | 25555942 | 2.171E-04 | 34348489 | 25555942 | 4.85 | 24568921 | 3.89 | 0.49 |
| 34 | | 667463 | 8.096E-05 | 45951265 | 1.683E-04 | 187387582 | 45951265 | 5.27 | 44853981 | 4.13 | 0.54 |
| 35 | | 884269 | 6.576E-05 | 71629319 | 1.397E-04 | 247222698 | 71629319 | 5.68 | 68482121 | 4.39 | 0.57 |
| 36 | | 1898842 | 5.577E-05 | 102317851 | 1.288E-04 | 473935223 | 102317851 | 5.88 | 98398334 | 3.83 | 0.68 |
| 37 | 21755 | 14534 | 4.368E-04 | 4713695 | 8.888E-04 | 95228 | 95228 | 1.85 | 91857 | 3.53 | 0.19 |
| 38 | | 231358 | 1.578E-04 | 12638549 | 3.833E-04 | 7687584 | 7687584 | 3.84 | 7411552 | 3.59 | 0.39 |
| 39 | | 449069 | 1.825E-04 | 29617692 | 2.857E-04 | 43738327 | 29617692 | 4.72 | 28414454 | 4.86 | 0.48 |
| 40 | | 667463 | 7.788E-05 | 52382297 | 1.682E-04 | 133924854 | 52382297 | 5.12 | 49988894 | 4.57 | 0.52 |
| 41 | | 884269 | 6.348E-05 | 88781423 | 1.331E-04 | 387834726 | 88781423 | 5.44 | 77217729 | 4.41 | 0.55 |
| 42 | | 1898842 | 5.398E-05 | 114467578 | 1.151E-04 | 588434986 | 114467578 | 5.78 | 188775738 | 4.97 | 0.58 |
| 43 | 24656 | 14534 | 3.912E-04 | 6774841 | 7.263E-04 | 154148 | 154148 | 1.91 | 147865 | 4.87 | 0.19 |
| 44 | | 231358 | 1.588E-04 | 14932379 | 2.863E-04 | 9952759 | 9952759 | 3.82 | 9598779 | 3.64 | 0.39 |
| 45 | | 449069 | 9.858E-05 | 33761951 | 1.959E-04 | 54411974 | 33761951 | 4.61 | 32379822 | 4.89 | 0.47 |
| 46 | | 667463 | 7.584E-05 | 58992122 | 1.532E-04 | 163579687 | 58992122 | 5.80 | 56559143 | 4.12 | 0.51 |
| 47 | | 884269 | 6.133E-05 | 98183385 | 1.276E-04 | 378884926 | 98183385 | 5.31 | 86673986 | 3.81 | 0.54 |
| 48 | | 1898842 | 5.224E-05 | 126875892 | 1.185E-04 | 786317119 | 126875892 | 5.56 | 121868653 | 4.58 | 0.57 |



Gambar 2 Penentuan Koefisien Kekuatan Relatif a_1 Pada Perkerasan Dua Lapis Untuk $M_r = 30, 110, 170 \text{ MPa}$



Gambar 3. Penentuan Koeffisien Kekuatan Relatif a_1 Pada Perkerasaan Dua Lapis Untuk $h_1 = 100, 250 \text{ mm}$

Tabel 8 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk $h_1 = 100$ mm Dan $h_2 = 100$ mm

| n | σ_1 [psi] | σ_2 [psi] | σ_3 [psi] | σ_4 [psi] | σ_5 [psi] | σ_6 [psi] | σ_7 [psi] | σ_8 [psi] | σ_9 [psi] | σ_{10} [psi] | σ_{11} [psi] | σ_{12} [psi] | σ_{13} [psi] | σ_{14} [psi] |
|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 4351 | 14492 | 36971 | 6.888E-04 | 165553 | 2.659E-03 | 465 | 1.39 | 445 | 4.31 | 0.19 | 0.16 | | |
| 2 | 231552 | 25152 | 22946 | 3.886E-04 | 378478 | 1.355E-03 | 3800 | 2.82 | 3671 | 3.68 | 0.39 | 0.12 | | |
| 3 | 448181 | 22946 | 21716 | 3.192E-04 | 584528 | 1.168E-03 | 9458 | 2.35 | 9832 | 4.42 | 0.49 | 0.11 | | |
| 4 | 666124 | 21716 | 20876 | 2.719E-04 | 671126 | 1.822E-03 | 18948 | 2.64 | 18173 | 4.89 | 0.57 | 0.18 | | |
| 5 | 884683 | 20876 | 26255 | 2.382E-04 | 861568 | 9.191E-04 | 33486 | 2.98 | 31991 | 4.23 | 0.64 | 0.18 | | |
| 6 | 1699392 | 26255 | 42889 | 6.172E-04 | 1515177 | 1.917E-03 | 53723 | 3.14 | 51674 | 3.81 | 0.78 | 0.18 | | |
| 7 | 7252 | 14492 | 29124 | 4.191E-04 | 507847 | 1.234E-03 | 1999 | 1.47 | 1968 | 1.53 | 0.28 | 0.18 | | |
| 8 | 231552 | 29124 | 26569 | 3.294E-04 | 638141 | 1.809E-03 | 14365 | 2.87 | 13874 | 3.42 | 0.39 | 0.13 | | |
| 9 | 448181 | 26569 | 25145 | 2.736E-04 | 837888 | 8.767E-04 | 35376 | 2.41 | 34372 | 2.84 | 0.49 | 0.12 | | |
| 10 | 666124 | 25145 | 24173 | 2.351E-04 | 1882985 | 7.885E-04 | 66373 | 2.67 | 63655 | 4.13 | 0.56 | 0.12 | | |
| 11 | 884683 | 24173 | 23454 | 2.874E-04 | 1558699 | 7.881E-04 | 111681 | 2.91 | 106858 | 4.33 | 0.62 | 0.11 | | |
| 12 | 1699392 | 23454 | 47140 | 6.232E-04 | 1467718 | 1.529E-03 | 172687 | 3.13 | 165828 | 3.98 | 0.68 | 0.11 | | |
| 13 | 14492 | 14492 | 32876 | 3.724E-04 | 749894 | 1.803E-03 | 5562 | 1.53 | 5348 | 2.81 | 0.28 | 0.19 | | |
| 14 | 231552 | 32876 | 29262 | 2.959E-04 | 988155 | 8.178E-04 | 36334 | 2.12 | 34879 | 4.88 | 0.39 | 0.15 | | |
| 15 | 448181 | 29262 | 27694 | 2.461E-04 | 1187121 | 7.168E-04 | 98617 | 2.47 | 86949 | 4.85 | 0.49 | 0.14 | | |
| 16 | 666124 | 27694 | 26623 | 2.128E-04 | 1583898 | 6.425E-04 | 163499 | 2.73 | 158754 | 2.98 | 0.56 | 0.13 | | |
| 17 | 884683 | 26623 | 25831 | 1.884E-04 | 1663836 | 5.868E-04 | 268861 | 2.96 | 258359 | 3.17 | 0.63 | 0.12 | | |
| 18 | 1699392 | 25831 | 58675 | 6.255E-04 | 1458829 | 1.283E-03 | 482954 | 3.16 | 383355 | 4.86 | 0.68 | 0.12 | | |
| 19 | 14492 | 14492 | 34475 | 3.418E-04 | 1088913 | 8.535E-04 | 12867 | 1.59 | 11859 | 1.73 | 0.21 | 0.19 | | |
| 20 | 231552 | 34475 | 31451 | 2.731E-04 | 1182382 | 6.968E-04 | 74848 | 2.17 | 71775 | 4.89 | 0.48 | 0.15 | | |
| 21 | 448181 | 31451 | 29766 | 2.275E-04 | 1537388 | 6.112E-04 | 185563 | 2.53 | 179955 | 3.83 | 0.58 | 0.14 | | |
| 22 | 666124 | 29766 | 28814 | 1.971E-04 | 1934161 | 5.585E-04 | 33326 | 2.78 | 317269 | 4.93 | 0.57 | 0.14 | | |
| 23 | 884683 | 28814 | 27763 | 1.751E-04 | 2371442 | 5.848E-04 | 533843 | 3.01 | 512148 | 3.92 | 0.63 | 0.13 | | |
| 24 | 1699392 | 27763 | | | | | 791318 | 3.21 | 755214 | 4.56 | 0.69 | 0.13 | | |

Tabel 8 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk $h_1 = 100$ mm Dan $h_2 = 100$ mm (Lanjutan)

| n | Nr | E1 | E2 | E t | Nf | ϵ_c | Nd | H10 | SN | H10 ² | ERR | a1 | a2 |
|-----|-------|---------|-------|-----------|---------|--------------|---------|---------|------|------------------|------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| | (psi) | (psi) | (psi) | | | | | | | | (%) | | |
| 25 | 15954 | 14492 | 53679 | 6.262E-04 | 1444703 | 1.111E-03 | 22906 | 22906 | 1.64 | 22468 | 2.26 | 0.22 | 0.28 |
| 26 | | 231552 | 36519 | 3.161E-04 | 1258125 | 7.471E-04 | 135036 | 135036 | 2.22 | 138959 | 3.59 | 0.40 | 0.16 |
| 27 | | 448181 | 33316 | 2.562E-04 | 1450826 | 6.120E-04 | 331777 | 331777 | 2.58 | 322468 | 2.81 | 0.51 | 0.15 |
| 28 | | 666124 | 31538 | 2.141E-04 | 1877255 | 5.551E-04 | 685242 | 685242 | 2.05 | 567045 | 3.01 | 0.58 | 0.14 |
| 29 | | 884683 | 30311 | 1.854E-04 | 2365541 | 4.838E-04 | 958350 | 958350 | 3.07 | 918956 | 3.38 | 0.64 | 0.14 |
| 30 | | 1099392 | 29489 | 1.651E-04 | 2877637 | 4.442E-04 | 1392911 | 1392911 | 3.27 | 1345772 | 3.38 | 0.69 | 0.14 |
| 31 | 18854 | 14492 | 56315 | 6.262E-04 | 1444703 | 9.831E-04 | 39744 | 39744 | 1.68 | 37924 | 4.58 | 0.22 | 0.21 |
| 32 | | 231552 | 36312 | 3.084E-04 | 1518888 | 6.668E-04 | 225998 | 225998 | 2.27 | 228382 | 2.49 | 0.41 | 0.16 |
| 33 | | 448181 | 34952 | 2.429E-04 | 1738483 | 5.476E-04 | 545798 | 545798 | 2.62 | 521149 | 4.52 | 0.51 | 0.15 |
| 34 | | 666124 | 33079 | 2.036E-04 | 2214998 | 4.772E-04 | 1018627 | 1018627 | 2.98 | 968381 | 4.97 | 0.59 | 0.15 |
| 35 | | 884683 | 31799 | 1.761E-04 | 2881969 | 4.320E-04 | 1564857 | 1564857 | 3.12 | 1492528 | 4.62 | 0.65 | 0.14 |
| 36 | | 1099392 | 30853 | 1.571E-04 | 3388475 | 3.983E-04 | 2269818 | 2269818 | 3.32 | 2173772 | 4.23 | 0.70 | 0.14 |
| 37 | 21755 | 14492 | 56676 | 6.257E-04 | 1448585 | 8.034E-04 | 64148 | 64148 | 1.73 | 62458 | 2.65 | 0.23 | 0.21 |
| 38 | | 231552 | 35918 | 2.861E-04 | 1783268 | 6.836E-04 | 352954 | 352954 | 2.31 | 341888 | 3.39 | 0.42 | 0.17 |
| 39 | | 448181 | 36417 | 2.322E-04 | 2016231 | 4.967E-04 | 844732 | 844732 | 2.67 | 813096 | 3.65 | 0.52 | 0.16 |
| 40 | | 666124 | 34466 | 1.958E-04 | 2552927 | 4.315E-04 | 1586875 | 1586875 | 2.96 | 1514359 | 4.52 | 0.60 | 0.15 |
| 41 | | 884683 | 33133 | 1.698E-04 | 3208221 | 3.922E-04 | 2432199 | 2432199 | 3.18 | 2333998 | 4.84 | 0.66 | 0.15 |
| 42 | | 1099392 | 32147 | 1.585E-04 | 3982374 | 3.617E-04 | 3494672 | 3494672 | 3.38 | 3378118 | 3.34 | 0.71 | 0.15 |
| 43 | 74656 | 14492 | 68822 | 6.251E-04 | 1453884 | 8.833E-04 | 98174 | 98174 | 1.77 | 95165 | 3.86 | 0.24 | 0.21 |
| 44 | | 231552 | 41379 | 2.743E-04 | 2040389 | 5.524E-04 | 524884 | 524884 | 2.35 | 505282 | 3.73 | 0.42 | 0.17 |
| 45 | | 448181 | 37749 | 2.235E-04 | 2292889 | 4.553E-04 | 1247194 | 1247194 | 2.71 | 1198045 | 4.58 | 0.53 | 0.16 |
| 46 | | 666124 | 35726 | 1.878E-04 | 2689387 | 3.961E-04 | 2326887 | 2326887 | 3.01 | 2239757 | 3.74 | 0.61 | 0.16 |
| 47 | | 884683 | 34345 | 1.630E-04 | 3613386 | 3.591E-04 | 3689386 | 3689386 | 3.23 | 3429295 | 4.99 | 0.67 | 0.15 |
| 48 | | 1099392 | 33323 | 1.458E-04 | 4418859 | 3.318E-04 | 5142438 | 4418859 | 3.34 | 4281288 | 4.75 | 0.78 | 0.15 |

Tabel 9 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk h1 = 100 mm Dan h2 = 200 mm

| n | Er | E1 | E2 | ϵ t | Hf | ϵ c | Nd | H18 | SN | H18 | ERR | a1 | a2 |
|-----|-------|---------|-------|--------------|---------|--------------|---------|---------|------|---------|------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| 1 | 4351 | 14492 | 30937 | 4.312E-04 | 4930280 | 1.516E-03 | 5717 | 5717 | 2.16 | 5459 | 4.51 | 0.23 | 0.16 |
| 2 | | 231552 | 24448 | 4.030E-04 | 573946 | 1.228E-03 | 14682 | 14682 | 2.53 | 14868 | 4.18 | 0.41 | 0.12 |
| 3 | | 448181 | 22304 | 3.253E-04 | 664986 | 1.884E-03 | 25663 | 25663 | 2.70 | 24803 | 3.35 | 0.49 | 0.11 |
| 4 | | 666124 | 21189 | 2.737E-04 | 836793 | 9.751E-04 | 41225 | 41225 | 3.80 | 39242 | 4.81 | 0.56 | 0.18 |
| 5 | | 884683 | 20292 | 2.382E-04 | 1037225 | 8.895E-04 | 62188 | 62188 | 3.21 | 59848 | 4.94 | 0.62 | 0.18 |
| 6 | | 1099392 | 19689 | 2.118E-04 | 1260824 | 8.223E-04 | 88418 | 88418 | 3.41 | 85197 | 3.64 | 0.68 | 0.89 |
| 7 | 7252 | 14492 | 41612 | 4.758E-04 | 3566467 | 1.894E-03 | 24629 | 24629 | 2.27 | 24816 | 2.49 | 0.23 | 0.17 |
| 8 | | 231552 | 28389 | 3.038E-04 | 893264 | 9.814E-04 | 58689 | 58689 | 2.62 | 56792 | 3.18 | 0.48 | 0.13 |
| 9 | | 448181 | 25826 | 2.866E-04 | 1088761 | 8.837E-04 | 97955 | 97955 | 2.85 | 94249 | 3.70 | 0.48 | 0.12 |
| 10 | | 666124 | 24442 | 2.489E-04 | 1273538 | 7.278E-04 | 152723 | 152723 | 3.87 | 147536 | 3.40 | 0.55 | 0.12 |
| 11 | | 884683 | 23497 | 2.167E-04 | 1552942 | 6.678E-04 | 224487 | 224487 | 3.27 | 216861 | 3.75 | 0.61 | 0.11 |
| 12 | | 1099392 | 22798 | 1.881E-04 | 1873634 | 6.288E-04 | 313837 | 313837 | 3.45 | 299247 | 4.41 | 0.66 | 0.11 |
| 13 | 18152 | 14492 | 45829 | 5.825E-04 | 2988874 | 8.754E-04 | 66815 | 66815 | 2.35 | 64407 | 3.48 | 0.23 | 0.18 |
| 14 | | 231552 | 31178 | 3.235E-04 | 1198343 | 7.263E-04 | 154148 | 154148 | 2.78 | 148538 | 3.63 | 0.48 | 0.14 |
| 15 | | 448181 | 28444 | 2.639E-04 | 1323481 | 6.505E-04 | 252479 | 252479 | 2.93 | 243815 | 3.75 | 0.48 | 0.13 |
| 16 | | 666124 | 26919 | 2.226E-04 | 1631568 | 5.917E-04 | 385864 | 385864 | 3.14 | 368929 | 4.39 | 0.55 | 0.13 |
| 17 | | 884683 | 25878 | 1.941E-04 | 2034265 | 5.448E-04 | 558469 | 558469 | 3.34 | 536183 | 3.99 | 0.68 | 0.12 |
| 18 | | 1099392 | 25188 | 1.737E-04 | 2434988 | 5.872E-04 | 769218 | 769218 | 3.52 | 738385 | 4.81 | 0.66 | 0.12 |
| 19 | 13853 | 14492 | 49257 | 5.288E-04 | 2649215 | 7.361E-04 | 145163 | 145163 | 2.43 | 141231 | 2.71 | 0.23 | 0.19 |
| 20 | | 231552 | 33511 | 3.834E-04 | 1478833 | 6.132E-04 | 328888 | 328888 | 2.78 | 317269 | 3.53 | 0.41 | 0.15 |
| 21 | | 448181 | 30572 | 2.462E-04 | 1619387 | 5.511E-04 | 538458 | 538458 | 3.61 | 512148 | 3.45 | 0.48 | 0.14 |
| 22 | | 666124 | 28933 | 2.890E-04 | 2086837 | 5.839E-04 | 799897 | 799897 | 3.22 | 769561 | 3.70 | 0.55 | 0.13 |
| 23 | | 884683 | 27814 | 1.826E-04 | 2486998 | 4.643E-04 | 1142549 | 1142549 | 3.41 | 1089791 | 4.62 | 0.61 | 0.13 |
| 24 | | 1099392 | 26987 | 1.637E-04 | 2959481 | 4.331E-04 | 1568818 | 1568818 | 3.59 | 1492769 | 4.31 | 0.66 | 0.13 |

Tabel 9 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk $h_1 = 100$ mm Dan $h_2 = 200$ mm (Lanjutan)

| n | Nr | E1 | E2 | Zt | Nf | Ec | Nd | U18 | SN | U18' | ERR | a1 | a2 |
|-----|-------|---------|-------|-----------|---------|-----------|----------|---------|------|---------|------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| | | [psi] | [psi] | | | | | | | | [%] | | |
| 25 | 15954 | 14492 | 52176 | 5.342E-04 | 2436794 | 6.385E-04 | 274427 | 274427 | 2.58 | 266627 | 2.77 | 0.24 | 0.26 |
| 26 | | 231552 | 35497 | 2.884E-04 | 1736897 | 5.331E-04 | 615475 | 615475 | 2.85 | 587845 | 4.62 | 0.41 | 0.16 |
| 27 | | 448181 | 32384 | 2.365E-04 | 1698115 | 4.804E-04 | 988635 | 988635 | 3.88 | 937166 | 4.45 | 0.49 | 0.15 |
| 28 | | 666124 | 30649 | 2.882E-04 | 2341183 | 4.395E-04 | 1468858 | 1468858 | 3.29 | 1396439 | 4.41 | 0.56 | 0.14 |
| 29 | | 884683 | 29463 | 1.744E-04 | 2892835 | 4.865E-04 | 2871899 | 2871899 | 3.49 | 1999857 | 3.40 | 0.61 | 0.14 |
| 30 | | 1699392 | 28587 | 1.562E-04 | 3453133 | 3.798E-04 | 2888448 | 2888448 | 3.66 | 2678352 | 4.63 | 0.66 | 0.13 |
| 31 | 18854 | 14492 | 54748 | 5.446E-04 | 2287816 | 5.657E-04 | 471858 | 471858 | 2.56 | 453353 | 3.92 | 0.24 | 0.28 |
| 32 | | 231552 | 37248 | 2.767E-04 | 1998436 | 4.729E-04 | 1852423 | 1852423 | 2.92 | 1888979 | 4.89 | 0.42 | 0.16 |
| 33 | | 448181 | 33974 | 2.274E-04 | 2159665 | 4.278E-04 | 1662291 | 1662291 | 3.15 | 1581324 | 4.87 | 0.58 | 0.15 |
| 34 | | 666124 | 32153 | 1.926E-04 | 2659898 | 3.915E-04 | 2451729 | 2451729 | 3.36 | 2337774 | 4.65 | 0.56 | 0.15 |
| 35 | | 884683 | 38918 | 1.660E-04 | 3271478 | 3.627E-04 | 3451741 | 3271478 | 3.53 | 3159188 | 3.43 | 0.61 | 0.14 |
| 36 | | 1699392 | 29998 | 1.582E-04 | 3928876 | 3.393E-04 | 4652739 | 3928876 | 3.63 | 3758576 | 4.52 | 0.65 | 0.14 |
| 37 | 21755 | 14492 | 57035 | 5.529E-04 | 2175992 | 5.889E-04 | 757773 | 757773 | 2.62 | 726379 | 4.14 | 0.25 | 0.21 |
| 38 | | 231552 | 38882 | 2.672E-04 | 2232885 | 4.257E-04 | 1685139 | 1685139 | 2.99 | 1682951 | 4.5 | 0.43 | 0.17 |
| 39 | | 448181 | 35399 | 2.199E-04 | 2411684 | 3.851E-04 | 2639498 | 2411684 | 3.18 | 2333990 | 3.22 | 0.58 | 0.16 |
| 40 | | 666124 | 33502 | 1.865E-04 | 2956898 | 3.537E-04 | 3862722 | 2956898 | 3.28 | 2815058 | 4.77 | 0.53 | 0.15 |
| 41 | | 884683 | 32286 | 1.627E-04 | 3635352 | 3.218E-04 | 5897527 | 3635352 | 3.48 | 3581597 | 3.68 | 0.57 | 0.15 |
| 42 | | 1699392 | 31248 | 1.453E-04 | 4388968 | 3.873E-04 | 7249617 | 4388968 | 3.58 | 4179843 | 4.61 | 0.68 | 0.14 |
| 43 | 24656 | 14492 | 59121 | 5.598E-04 | 2888988 | 4.633E-04 | 1153632 | 1153632 | 2.68 | 1112928 | 3.53 | 0.26 | 0.21 |
| 44 | | 231552 | 48221 | 2.592E-04 | 2467739 | 3.876E-04 | 2564121 | 2467739 | 3.04 | 2377783 | 3.65 | 0.43 | 0.17 |
| 45 | | 448181 | 36694 | 2.136E-04 | 2653621 | 3.512E-04 | 3987357 | 2653621 | 3.87 | 2522887 | 4.93 | 0.46 | 0.16 |
| 46 | | 666124 | 34727 | 1.813E-04 | 3244318 | 3.238E-04 | 5888866 | 3244318 | 3.18 | 3128487 | 3.82 | 0.58 | 0.15 |
| 47 | | 884683 | 33384 | 1.583E-04 | 3978588 | 3.888E-04 | 8873488 | 3978588 | 3.29 | 3633762 | 3.64 | 0.54 | 0.15 |
| 48 | | 1699392 | 32391 | 1.413E-04 | 4882377 | 2.812E-04 | 18786762 | 4882377 | 3.39 | 4598369 | 4.25 | 0.57 | 0.15 |

J. B. RINDUNG
 DPT. TEKNIK SIPIL
 DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS BINA SARANA INOVASI

Tabel 110 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk $h_1 = 100$ mm Dan $h_2 = 300$ mm

| n | Hr | E1 | E2 | ϵ_1 | Nf | ϵ_c | Nd | U10 | SH | U10' | ERR | a1 | a2 |
|-----|-------|---------|-------|--------------|---------|--------------|---------|---------|------|---------|------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| 1 | 4351 | 14492 | 35344 | 4.253E-04 | 9158923 | 1.851E-03 | 29473 | 29473 | 2.64 | 28286 | 4.38 | 8.25 | 8.16 |
| 2 | | 231552 | 24045 | 3.603E-04 | 775495 | 9.150E-04 | 54889 | 54889 | 3.15 | 52676 | 3.89 | 8.46 | 8.11 |
| 3 | | 448181 | 21936 | 2.967E-04 | 986124 | 8.384E-04 | 81866 | 81866 | 3.36 | 77874 | 3.94 | 8.54 | 8.18 |
| 4 | | 666124 | 26768 | 2.497E-04 | 1131736 | 7.754E-04 | 115887 | 115887 | 3.56 | 118838 | 3.63 | 8.61 | 8.18 |
| 5 | | 884683 | 19957 | 2.186E-04 | 1375823 | 7.233E-04 | 157823 | 157823 | 3.74 | 158272 | 4.38 | 8.67 | 8.89 |
| 6 | | 1897392 | 19364 | 1.953E-04 | 1658235 | 6.803E-04 | 286681 | 286681 | 3.91 | 198394 | 3.97 | 8.72 | 8.89 |
| 7 | 7252 | 14492 | 48925 | 4.785E-04 | 3788356 | 7.663E-04 | 121249 | 121249 | 2.95 | 116811 | 4.32 | 8.24 | 8.17 |
| 8 | | 231552 | 27842 | 3.383E-04 | 1111682 | 6.779E-04 | 289896 | 289896 | 3.23 | 288542 | 4.46 | 8.43 | 8.13 |
| 9 | | 448181 | 25488 | 2.675E-04 | 1264147 | 6.237E-04 | 384888 | 384888 | 3.44 | 293595 | 3.55 | 8.51 | 8.12 |
| 10 | | 666124 | 24839 | 2.258E-04 | 1575798 | 5.789E-04 | 425556 | 425556 | 3.63 | 488718 | 3.96 | 8.58 | 8.11 |
| 11 | | 884683 | 23189 | 1.973E-04 | 1927718 | 5.417E-04 | 572928 | 572928 | 3.81 | 551756 | 3.69 | 8.64 | 8.11 |
| 12 | | 1897392 | 22421 | 1.768E-04 | 2297243 | 5.188E-04 | 745235 | 745235 | 3.97 | 714491 | 4.13 | 8.69 | 8.11 |
| 13 | 18152 | 14492 | 45873 | 4.971E-04 | 3007918 | 6.146E-04 | 325548 | 325548 | 3.85 | 389538 | 4.92 | 8.23 | 8.18 |
| 14 | | 231552 | 30664 | 3.875E-04 | 1486527 | 5.486E-04 | 541358 | 541358 | 3.32 | 516885 | 4.58 | 8.42 | 8.14 |
| 15 | | 448181 | 27974 | 2.581E-04 | 1579185 | 5.868E-04 | 777411 | 777411 | 3.53 | 751525 | 3.36 | 8.51 | 8.13 |
| 16 | | 666124 | 26475 | 2.114E-04 | 1957297 | 4.786E-04 | 1875648 | 1875648 | 3.72 | 1837272 | 3.52 | 8.57 | 8.12 |
| 17 | | 884683 | 25451 | 1.843E-04 | 2412318 | 4.411E-04 | 1437276 | 1437276 | 3.89 | 1371587 | 4.58 | 8.63 | 8.12 |
| 18 | | 1897392 | 24694 | 1.655E-04 | 2854819 | 4.166E-04 | 1856386 | 1856386 | 4.05 | 1769898 | 4.65 | 8.68 | 8.12 |
| 19 | 13853 | 14492 | 48444 | 5.153E-04 | 2743385 | 5.176E-04 | 782393 | 782393 | 3.15 | 673882 | 4.87 | 8.23 | 8.19 |
| 20 | | 231552 | 32958 | 2.916E-04 | 1674972 | 4.640E-04 | 1137857 | 1137857 | 3.41 | 1889791 | 4.16 | 8.42 | 8.15 |
| 21 | | 448181 | 38867 | 2.388E-04 | 1859848 | 4.294E-04 | 1621898 | 1621898 | 3.61 | 1544661 | 4.72 | 8.58 | 8.14 |
| 22 | | 666124 | 26456 | 2.814E-04 | 2295682 | 3.999E-04 | 2229442 | 2229442 | 3.88 | 2122328 | 4.88 | 8.57 | 8.13 |
| 23 | | 884683 | 27355 | 1.757E-04 | 2823818 | 3.753E-04 | 2962374 | 2823818 | 3.95 | 2788941 | 4.15 | 8.62 | 8.13 |
| 24 | | 1897392 | 26541 | 1.575E-04 | 3368245 | 3.548E-04 | 3889395 | 3368245 | 4.86 | 3221253 | 4.14 | 8.66 | 8.12 |

ONDUT B
 Co. Indonesia
 PT. ONDUT B
 Jember

Tabel 10 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk h1 = 180 mm Dan h2 = 300 mm (Lanjutan)

| n | Nr | E1 | E2 | f t | Nf | Ec | Md | M10 | SN | M10 ^m | ERR | a1 | a2 |
|-----|-------|---------|-------|-----------|---------|-----------|----------|---------|------|------------------|------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| | (psi) | (psi) | (psi) | | | | | | | | (%) | | |
| 25 | 15954 | 14492 | 51317 | 5.208E-04 | 2519624 | 4.454E-04 | 1322192 | 1322192 | 3.24 | 1272706 | 3.74 | 0.24 | 0.20 |
| 26 | | 231552 | 34912 | 2.797E-04 | 1921057 | 4.852E-04 | 2181825 | 1921057 | 3.44 | 1031199 | 4.68 | 0.41 | 0.15 |
| 27 | | 448181 | 31856 | 2.268E-04 | 2116492 | 3.740E-04 | 2980187 | 2116492 | 3.56 | 2635154 | 3.84 | 0.46 | 0.14 |
| 28 | | 666124 | 30143 | 1.939E-04 | 2688805 | 3.495E-04 | 4074925 | 2688805 | 3.62 | 2582873 | 3.77 | 0.58 | 0.14 |
| 29 | | 684683 | 28977 | 1.692E-04 | 3195762 | 3.283E-04 | 5392472 | 3195762 | 3.74 | 3662017 | 4.19 | 0.55 | 0.13 |
| 30 | | 1699392 | 28115 | 1.515E-04 | 3618266 | 3.186E-04 | 6911893 | 3618266 | 3.85 | 3668594 | 3.92 | 0.59 | 0.13 |
| 31 | 10854 | 14492 | 53036 | 5.393E-04 | 2561797 | 3.984E-04 | 2267269 | 2267269 | 3.32 | 2173772 | 4.12 | 0.24 | 0.20 |
| 32 | | 231552 | 36626 | 2.701E-04 | 2154976 | 3.683E-04 | 3555877 | 2154976 | 3.29 | 2857315 | 4.53 | 0.36 | 0.16 |
| 33 | | 448181 | 33413 | 2.215E-04 | 2354764 | 3.336E-04 | 5019375 | 2354764 | 3.34 | 2254498 | 4.26 | 0.40 | 0.15 |
| 34 | | 666124 | 31623 | 1.870E-04 | 2689387 | 3.113E-04 | 6841790 | 2689387 | 3.45 | 2746021 | 4.96 | 0.45 | 0.14 |
| 35 | | 684683 | 30408 | 1.641E-04 | 3534387 | 2.927E-04 | 9814842 | 3534387 | 3.57 | 3385131 | 4.22 | 0.49 | 0.14 |
| 36 | | 1699392 | 29495 | 1.467E-04 | 4244914 | 2.771E-04 | 11515986 | 4244914 | 3.68 | 4001026 | 3.86 | 0.53 | 0.14 |
| 37 | 21755 | 14492 | 56894 | 5.477E-04 | 2244784 | 3.586E-04 | 3631971 | 2244784 | 3.14 | 2162121 | 3.60 | 0.10 | 0.21 |
| 38 | | 231552 | 36162 | 2.623E-04 | 2373876 | 3.250E-04 | 5641971 | 2373876 | 3.17 | 2209977 | 3.50 | 0.31 | 0.16 |
| 39 | | 448181 | 34014 | 2.154E-04 | 2581368 | 3.012E-04 | 7938471 | 2581368 | 3.21 | 2470354 | 4.38 | 0.35 | 0.15 |
| 40 | | 666124 | 32949 | 1.829E-04 | 3151876 | 2.813E-04 | 10769685 | 3151876 | 3.32 | 3029887 | 3.87 | 0.40 | 0.15 |
| 41 | | 684683 | 31674 | 1.590E-04 | 3656956 | 2.646E-04 | 14164392 | 3656956 | 3.43 | 3694883 | 4.22 | 0.44 | 0.14 |
| 42 | | 1699392 | 30732 | 1.429E-04 | 4627729 | 2.507E-04 | 16035186 | 4627729 | 3.53 | 4403170 | 4.85 | 0.40 | 0.14 |
| 43 | 24656 | 14492 | 58146 | 5.540E-04 | 2151571 | 3.265E-04 | 5526849 | 2151571 | 2.97 | 2066234 | 3.97 | 0.13 | 0.21 |
| 44 | | 231552 | 39557 | 2.556E-04 | 2583945 | 2.965E-04 | 8506991 | 2583945 | 3.06 | 2473715 | 4.27 | 0.27 | 0.17 |
| 45 | | 448181 | 36888 | 2.103E-04 | 2793896 | 2.749E-04 | 11938433 | 2793896 | 3.10 | 2673370 | 4.21 | 0.31 | 0.16 |
| 46 | | 666124 | 34154 | 1.787E-04 | 3402228 | 2.569E-04 | 16166682 | 3402228 | 3.20 | 3241854 | 4.74 | 0.36 | 0.15 |
| 47 | | 684683 | 32833 | 1.562E-04 | 4157288 | 2.418E-04 | 21283873 | 4157288 | 3.31 | 3977303 | 4.33 | 0.40 | 0.15 |
| 48 | | 1699392 | 31856 | 1.397E-04 | 4905719 | 2.292E-04 | 26943365 | 4905719 | 3.41 | 4766819 | 4.41 | 0.43 | 0.14 |

Tabel 11 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk h1 = 150 mm Dan h2 = 150 mm

| n | Pr [psi] | E1 [psi] | (2) | (3) | (4) | (5) | Nf | Σc | Nd | W18 | SM | W18 ^{0.75} | ERR [2] | a1 | a2 |
|-----|-------------|-------------|-------|-----------|----------|-----------|----------|----------|------|---------|------|---------------------|------------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) |
| 1 | 4351 | 14497 | 36839 | 2.567E-04 | 27153406 | 1.674E-03 | 3668 | 3668 | 2.81 | 3365 | 2.79 | 0.20 | 0.14 | | |
| 2 | | 231125 | 28442 | 3.582E-04 | 852648 | 1.822E-03 | 33486 | 33486 | 2.98 | 31991 | 4.23 | 0.39 | 0.10 | | |
| 3 | | 449752 | 16635 | 2.563E-04 | 1452681 | 7.669E-04 | 187672 | 187672 | 3.52 | 183421 | 3.95 | 0.51 | 0.89 | | |
| 4 | | 667258 | 17641 | 2.812E-04 | 2299775 | 6.522E-04 | 249546 | 249546 | 4.03 | 248268 | 3.74 | 0.60 | 0.80 | | |
| 5 | | 881856 | 16978 | 1.671E-04 | 3338921 | 5.632E-04 | 481388 | 481388 | 4.46 | 463955 | 3.68 | 0.68 | 0.88 | | |
| 6 | | 1182156 | 16452 | 1.433E-04 | 4575536 | 4.978E-04 | 842452 | 842452 | 4.84 | 806598 | 4.26 | 0.75 | 0.87 | | |
| 7 | 7252 | 14497 | 34782 | 2.238E-04 | 42638821 | 1.211E-03 | 15628 | 15628 | 2.18 | 15188 | 3.33 | 0.28 | 0.15 | | |
| 8 | | 231125 | 23678 | 3.188E-04 | 1371712 | 7.662E-04 | 121328 | 121328 | 2.95 | 116811 | 4.38 | 0.39 | 0.11 | | |
| 9 | | 449752 | 21570 | 2.268E-04 | 2197417 | 6.888E-04 | 368378 | 368378 | 3.53 | 344263 | 4.47 | 0.58 | 0.10 | | |
| 10 | | 667258 | 28427 | 1.794E-04 | 3353865 | 5.838E-04 | 792726 | 792726 | 4.81 | 761361 | 3.96 | 0.58 | 0.10 | | |
| 11 | | 881856 | 19658 | 1.498E-04 | 4773218 | 4.391E-04 | 1466818 | 1466818 | 4.41 | 1488648 | 3.97 | 0.65 | 0.89 | | |
| 12 | | 1182156 | 19858 | 1.289E-04 | 6482759 | 3.984E-04 | 2482889 | 2482889 | 4.77 | 2387373 | 3.84 | 0.72 | 0.89 | | |
| 13 | 18152 | 14497 | 30388 | 2.114E-04 | 51432335 | 9.657E-04 | 43852 | 43852 | 2.18 | 41173 | 4.36 | 0.28 | 0.16 | | |
| 14 | | 231125 | 26869 | 2.819E-04 | 1875125 | 6.254E-04 | 381116 | 381116 | 3.82 | 291625 | 3.15 | 0.39 | 0.12 | | |
| 15 | | 449752 | 23765 | 2.878E-04 | 2918313 | 4.952E-04 | 856248 | 856248 | 3.58 | 819838 | 4.35 | 0.49 | 0.11 | | |
| 16 | | 667258 | 22497 | 1.657E-04 | 4355623 | 4.181E-04 | 1826675 | 1826675 | 4.84 | 1742245 | 4.62 | 0.58 | 0.11 | | |
| 17 | | 881856 | 21642 | 1.392E-04 | 6098116 | 3.662E-04 | 3386478 | 3386478 | 4.43 | 3167578 | 4.28 | 0.65 | 0.10 | | |
| 18 | | 1182156 | 28981 | 1.281E-04 | 8188795 | 3.271E-04 | 5481686 | 5481686 | 4.77 | 5218243 | 4.95 | 0.71 | 0.10 | | |
| 19 | 13653 | 14497 | 41173 | 2.868E-04 | 95293674 | 8.896E-04 | 94799 | 94799 | 2.26 | 91459 | 3.52 | 0.21 | 0.17 | | |
| 20 | | 231125 | 28819 | 2.632E-04 | 2358167 | 5.327E-04 | 617546 | 617546 | 3.88 | 588311 | 4.73 | 0.39 | 0.13 | | |
| 21 | | 449752 | 25543 | 1.945E-04 | 3688673 | 4.258E-04 | 1697688 | 1697688 | 3.64 | 1629454 | 4.25 | 0.58 | 0.12 | | |
| 22 | | 667258 | 24188 | 1.561E-04 | 5388689 | 3.686E-04 | 3542652 | 3542652 | 4.89 | 3376353 | 4.69 | 0.65 | 0.11 | | |
| 23 | | 881856 | 23261 | 1.315E-04 | 7344884 | 3.178E-04 | 6387988 | 6387988 | 4.47 | 6823584 | 4.51 | 0.65 | 0.11 | | |
| 24 | | 1182156 | 22551 | 1.138E-04 | 9767312 | 2.839E-04 | 18335817 | 18335817 | 4.77 | 9334826 | 4.43 | 0.78 | 0.11 | | |

Tabel 11 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk h1 = 150 mm Dan h2 = 150 (Lanjutan)

| n | Er | E1 | E2 | ξt | Hf | ξc | Nd | H18 | SN | H18' | ERR | a1 | a2 |
|-----|-------|---------|-------|-----------|----------|-----------|----------|----------|------|----------|------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| 25 | 15954 | 1497 | 43614 | 2.838E-04 | 58816958 | 7.802E-04 | 181582 | 181582 | 2.33 | 174061 | 3.78 | 0.22 | 0.18 |
| 26 | | 231125 | 29688 | 2.493E-04 | 2869485 | 4.661E-04 | 1122927 | 1122927 | 3.15 | 1873352 | 4.41 | 0.48 | 0.14 |
| 27 | | 449752 | 27057 | 1.847E-04 | 4278564 | 3.742E-04 | 3881568 | 3881568 | 3.78 | 2664835 | 4.57 | 0.58 | 0.13 |
| 28 | | 667258 | 25613 | 1.467E-04 | 6218967 | 3.167E-04 | 6158738 | 6158738 | 4.15 | 5985142 | 4.12 | 0.58 | 0.12 |
| 29 | | 881856 | 24648 | 1.256E-04 | 8541275 | 2.689E-04 | 18838433 | 18838433 | 4.36 | 8139195 | 4.71 | 0.62 | 0.12 |
| 30 | | 1182158 | 23888 | 1.069E-04 | 11289384 | 2.521E-04 | 17591828 | 11289384 | 4.55 | 18888665 | 4.33 | 0.66 | 0.11 |
| 31 | 18854 | 1497 | 45756 | 2.016E-04 | 68126877 | 6.187E-04 | 315992 | 315992 | 2.48 | 387636 | 2.64 | 0.22 | 0.18 |
| 32 | | 231125 | 31138 | 2.365E-04 | 3250171 | 4.156E-04 | 1876306 | 1876386 | 3.22 | 1886855 | 3.75 | 0.48 | 0.14 |
| 33 | | 449752 | 26386 | 1.778E-04 | 4918177 | 3.353E-04 | 4986442 | 4986442 | 3.76 | 4663148 | 4.96 | 0.58 | 0.13 |
| 34 | | 667258 | 26871 | 1.429E-04 | 7888679 | 2.865E-04 | 9921691 | 7888679 | 3.99 | 6768462 | 4.52 | 0.55 | 0.13 |
| 35 | | 881856 | 25849 | 1.289E-04 | 9683137 | 2.531E-04 | 17281989 | 9683137 | 4.19 | 9254705 | 4.42 | 0.59 | 0.12 |
| 36 | | 1182158 | 18854 | 1.049E-04 | 12768522 | 2.275E-04 | 27886524 | 12768522 | 4.37 | 12173052 | 4.66 | 0.65 | 0.09 |
| 37 | 21755 | 1497 | 47674 | 1.998E-04 | 61926647 | 5.553E-04 | 512722 | 512722 | 2.46 | 497382 | 3.81 | 0.23 | 0.19 |
| 38 | | 231125 | 32443 | 2.297E-04 | 3678098 | 3.757E-04 | 2948279 | 2948279 | 3.28 | 2815858 | 4.52 | 0.41 | 0.15 |
| 39 | | 449752 | 29576 | 1.786E-04 | 5542668 | 3.844E-04 | 7563998 | 5542668 | 3.64 | 5316965 | 4.07 | 0.48 | 0.14 |
| 40 | | 667258 | 27998 | 1.301E-04 | 7932826 | 2.688E-04 | 15112857 | 7932826 | 3.86 | 7656617 | 3.47 | 0.52 | 0.13 |
| 41 | | 881856 | 26933 | 1.178E-04 | 18786167 | 2.388E-04 | 26117169 | 18786167 | 4.85 | 18372551 | 3.83 | 0.56 | 0.13 |
| 42 | | 1182158 | 26111 | 1.017E-04 | 14138588 | 2.078E-04 | 41786285 | 14138588 | 4.22 | 13588421 | 4.46 | 0.59 | 0.12 |
| 43 | 24656 | 1497 | 49418 | 1.983E-04 | 63481178 | 5.844E-04 | 788513 | 788513 | 2.51 | 758334 | 4.84 | 0.23 | 0.19 |
| 44 | | 231125 | 35638 | 2.223E-04 | 4896492 | 3.432E-04 | 4428664 | 4896492 | 3.38 | 3984978 | 4.68 | 0.41 | 0.15 |
| 45 | | 449752 | 38658 | 1.653E-04 | 6149899 | 2.791E-04 | 11154985 | 6149899 | 3.53 | 5886938 | 4.26 | 0.46 | 0.14 |
| 46 | | 667258 | 29822 | 1.348E-04 | 8758839 | 2.397E-04 | 22847475 | 8758839 | 3.74 | 8486412 | 4.82 | 0.58 | 0.13 |
| 47 | | 881856 | 27919 | 1.137E-04 | 11858773 | 2.125E-04 | 37884779 | 11858773 | 3.92 | 11278489 | 4.83 | 0.53 | 0.13 |
| 48 | | 1182158 | 27866 | 9.891E-05 | 15493578 | 1.916E-04 | 68896334 | 15493578 | 4.89 | 14765913 | 4.78 | 0.57 | 0.13 |

Tabel 12 : Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk $h_1 = 150$ mm Dan $h_2 = 300$ mm

| n | Pr (psl) | E1 (psl) | f2 (psl) | Σt | Hf | Σc | Nd | U10 | SN | U10 ^m | ERR [Z] | a1 | a2 |
|-----|-------------|-------------|-------------|------------|----------|------------|----------|----------|------|------------------|------------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| 1 | 4351 | 14497 | 29198 | 2.825E-04 | 19814631 | 9.976E-04 | 37222 | 37222 | 2.95 | 35462 | 4.73 | 0.23 | 0.13 |
| 2 | | 231125 | 19010 | 3.084E-04 | 1395265 | 7.216E-04 | 158686 | 158686 | 3.75 | 152705 | 3.72 | 0.45 | 0.09 |
| 3 | | 449752 | 18114 | 2.275E-04 | 2156189 | 6.813E-04 | 359839 | 359839 | 4.26 | 343231 | 4.48 | 0.55 | 0.06 |
| 4 | | 667258 | 17147 | 1.822E-04 | 3187258 | 5.226E-04 | 671652 | 671652 | 4.68 | 640918 | 4.58 | 0.64 | 0.08 |
| 5 | | 881856 | 16495 | 1.533E-04 | 4433686 | 4.667E-04 | 1116479 | 1116479 | 5.04 | 1869148 | 4.24 | 0.71 | 0.07 |
| 6 | | 1182158 | 15922 | 1.325E-04 | 5921891 | 4.223E-04 | 1746735 | 1746735 | 5.37 | 1688115 | 3.81 | 0.77 | 0.07 |
| 7 | 7252 | 14497 | 32609 | 2.681E-04 | 26883689 | 7.282E-04 | 152348 | 152348 | 3.87 | 147536 | 3.16 | 0.22 | 0.15 |
| 8 | | 231125 | 23888 | 2.776E-04 | 1972391 | 5.394E-04 | 583939 | 583939 | 3.82 | 568861 | 3.95 | 0.43 | 0.11 |
| 9 | | 449752 | 28974 | 2.068E-04 | 2988616 | 4.534E-04 | 1278764 | 1278764 | 4.31 | 1211689 | 4.66 | 0.53 | 0.10 |
| 10 | | 667258 | 19855 | 1.659E-04 | 4338371 | 3.978E-04 | 2383284 | 2383284 | 4.71 | 2189738 | 4.93 | 0.61 | 0.09 |
| 11 | | 881856 | 19188 | 1.481E-04 | 5962346 | 3.565E-04 | 3728748 | 3728748 | 5.05 | 3546666 | 4.88 | 0.68 | 0.09 |
| 12 | | 1182158 | 16517 | 1.214E-04 | 7896898 | 3.244E-04 | 5688848 | 5688848 | 5.36 | 5422828 | 4.68 | 0.74 | 0.09 |
| 13 | 18152 | 14497 | 37236 | 2.476E-04 | 38577157 | 5.837E-04 | 418111 | 418111 | 3.17 | 398745 | 4.72 | 0.21 | 0.16 |
| 14 | | 231125 | 25348 | 2.593E-04 | 2468497 | 4.387E-04 | 1472815 | 1472815 | 3.91 | 1416455 | 3.83 | 0.42 | 0.12 |
| 15 | | 449752 | 23188 | 1.929E-04 | 3699868 | 3.785E-04 | 3138188 | 3138188 | 4.39 | 2983437 | 4.93 | 0.52 | 0.11 |
| 16 | | 667258 | 21067 | 1.559E-04 | 5323814 | 3.256E-04 | 5595574 | 5323814 | 4.75 | 5862634 | 4.89 | 0.68 | 0.10 |
| 17 | | 881856 | 21836 | 1.328E-04 | 7252878 | 2.934E-04 | 8918958 | 7252878 | 4.95 | 6729194 | 7.22 | 0.64 | 0.10 |
| 18 | | 1182158 | 26394 | 1.146E-04 | 9544978 | 2.678E-04 | 13422231 | 9544978 | 5.17 | 9136185 | 4.26 | 0.68 | 0.10 |
| 19 | 13853 | 14497 | 48821 | 2.398E-04 | 34348487 | 4.911E-04 | 888728 | 888728 | 3.27 | 844816 | 4.94 | 0.22 | 0.17 |
| 20 | | 231125 | 27235 | 2.466E-04 | 2911962 | 3.729E-04 | 3848892 | 2911962 | 3.97 | 2793718 | 4.86 | 0.42 | 0.13 |
| 21 | | 449752 | 24028 | 1.837E-04 | 4343203 | 3.166E-04 | 6397843 | 4343203 | 4.22 | 4129671 | 4.96 | 0.48 | 0.12 |
| 22 | | 667258 | 23583 | 1.488E-04 | 6285227 | 2.784E-04 | 11281824 | 6285227 | 4.46 | 5934673 | 4.36 | 0.53 | 0.11 |
| 23 | | 881856 | 22618 | 1.262E-04 | 8488488 | 2.513E-04 | 17843123 | 8488488 | 4.67 | 8868123 | 3.98 | 0.58 | 0.11 |
| 24 | | 1182158 | 21919 | 1.097E-04 | 11828776 | 2.298E-04 | 26628842 | 11828776 | 4.86 | 18615297 | 3.68 | 0.61 | 0.10 |

Tabel 12 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk h1 = 150 mm Dan h2 = 300 mm (Lanjutan)

| n | Nr | E1 | E2 | ϵ_c | Nf | ϵ_c | Nd | U18 | SN | U18 | ERR | a1 | a2 |
|-----|-------|---------|-------|--------------|----------|--------------|-----------|----------|------|----------|------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| 25 | 15954 | 14497 | 42394 | 2.323E-04 | 37716797 | 4.250E-04 | 1683367 | 1683367 | 3.37 | 1615733 | 4.82 | 0.22 | 0.18 |
| 26 | | 231125 | 26958 | 2.378E-04 | 3318348 | 3.259E-04 | 5572558 | 3318348 | 3.76 | 3165198 | 4.62 | 0.37 | 0.13 |
| 27 | | 449752 | 26388 | 1.768E-04 | 4928475 | 2.768E-04 | 11575989 | 4928475 | 4.01 | 4742269 | 3.78 | 0.43 | 0.12 |
| 28 | | 667258 | 24897 | 1.435E-04 | 6991632 | 2.443E-04 | 28246888 | 6991632 | 4.23 | 6688159 | 4.45 | 0.48 | 0.12 |
| 29 | | 881856 | 23958 | 1.218E-04 | 9449722 | 2.289E-04 | 31781864 | 9449722 | 4.43 | 9848322 | 4.33 | 0.52 | 0.11 |
| 30 | | 1182158 | 23219 | 1.060E-04 | 12337742 | 2.022E-04 | 47222659 | 12337742 | 4.61 | 11794288 | 4.40 | 0.56 | 0.11 |
| 31 | 18854 | 14497 | 44475 | 2.269E-04 | 48751276 | 3.769E-04 | 2986486 | 2986486 | 3.46 | 2794955 | 3.84 | 0.22 | 0.18 |
| 32 | | 231125 | 38266 | 2.294E-04 | 3693947 | 2.983E-04 | 9353335 | 3693947 | 3.68 | 3563765 | 3.52 | 0.33 | 0.14 |
| 33 | | 449752 | 27591 | 1.712E-04 | 5479887 | 2.471E-04 | 19241688 | 5479887 | 3.83 | 5231488 | 4.52 | 0.39 | 0.13 |
| 34 | | 667258 | 26119 | 1.392E-04 | 7727664 | 2.184E-04 | 33442498 | 7727664 | 4.85 | 7441913 | 3.78 | 0.44 | 0.12 |
| 35 | | 881856 | 25126 | 1.183E-04 | 18481889 | 1.977E-04 | 52228898 | 18481889 | 4.24 | 9993513 | 3.92 | 0.48 | 0.12 |
| 36 | | 1182158 | 24359 | 1.031E-04 | 13516789 | 1.812E-04 | 77153995 | 13516789 | 4.41 | 12926299 | 4.37 | 0.52 | 0.12 |
| 37 | 21755 | 14497 | 46348 | 2.222E-04 | 43656485 | 3.208E-04 | 4683568 | 4683568 | 3.54 | 4488161 | 4.34 | 0.23 | 0.18 |
| 38 | | 231125 | 31535 | 2.231E-04 | 4648362 | 2.623E-04 | 14728981 | 4648362 | 3.46 | 3895613 | 3.77 | 0.30 | 0.14 |
| 39 | | 449752 | 28748 | 1.667E-04 | 5988825 | 2.237E-04 | 38838486 | 5988825 | 3.68 | 5688148 | 4.89 | 0.36 | 0.13 |
| 40 | | 667258 | 27214 | 1.356E-04 | 8423391 | 1.979E-04 | 51992994 | 8423391 | 3.89 | 8837765 | 4.58 | 0.48 | 0.13 |
| 41 | | 881856 | 26188 | 1.154E-04 | 11286838 | 1.792E-04 | 81884684 | 11286838 | 4.88 | 18872754 | 3.66 | 0.44 | 0.12 |
| 42 | | 1182158 | 25381 | 1.086E-04 | 14653618 | 1.644E-04 | 119272476 | 14653618 | 4.24 | 13928975 | 4.95 | 0.48 | 0.12 |
| 43 | 24656 | 14497 | 48835 | 2.182E-04 | 46345182 | 3.881E-04 | 7165721 | 7165721 | 3.62 | 6871346 | 4.11 | 0.24 | 0.19 |
| 44 | | 231125 | 32689 | 2.178E-04 | 4381598 | 2.396E-04 | 22888782 | 4381598 | 3.34 | 4281288 | 4.12 | 0.27 | 0.15 |
| 45 | | 449752 | 29888 | 1.628E-04 | 6465263 | 2.046E-04 | 44792794 | 6465263 | 3.56 | 6288437 | 4.10 | 0.33 | 0.14 |
| 46 | | 667258 | 26218 | 1.326E-04 | 9866781 | 1.812E-04 | 77153995 | 9866781 | 3.76 | 8689661 | 4.16 | 0.37 | 0.13 |
| 47 | | 881856 | 27137 | 1.138E-04 | 12894816 | 1.643E-04 | 119597825 | 12894816 | 3.94 | 11646124 | 3.78 | 0.41 | 0.13 |
| 48 | | 1182158 | 26389 | 9.852E-05 | 15696279 | 1.588E-04 | 175561727 | 15696279 | 4.18 | 14998487 | 4.45 | 0.45 | 0.12 |

Tabel 13 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk $h_1 = 150$ mm Dan $h_2 = 450$ mm

| n | σ | E_1 | E_2 | ϵ_c | η_f | ϵ_c | N_d | U_{10} | SN | U_{10}^* | ERR | σ_1 | σ_2 |
|-----|----------|---------|-------|--------------|----------|--------------|----------|----------|------|------------|------|------------|------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| 1 | 1351 | 1497 | 28716 | 3.319E-04 | 1166052 | 6.376E-04 | 277332 | 277332 | 4.89 | 263953 | 4.82 | 0.29 | 0.13 |
| 2 | | 231125 | 19542 | 2.988E-04 | 1692646 | 5.886E-04 | 759776 | 759776 | 4.77 | 729768 | 3.93 | 0.53 | 0.89 |
| 3 | | 449752 | 17815 | 2.142E-04 | 2621399 | 4.459E-04 | 1369293 | 1369293 | 5.19 | 1315573 | 3.92 | 0.63 | 0.88 |
| 4 | | 667258 | 16864 | 1.722E-04 | 3837711 | 4.812E-04 | 2197282 | 2197282 | 5.54 | 2107787 | 4.07 | 0.71 | 0.80 |
| 5 | | 881856 | 16223 | 1.455E-04 | 5264778 | 3.671E-04 | 3278348 | 3278348 | 5.84 | 3114489 | 4.77 | 0.77 | 0.87 |
| 6 | | 1182158 | 15728 | 1.261E-04 | 6968581 | 3.369E-04 | 4677376 | 4677376 | 6.13 | 4489818 | 4.81 | 0.83 | 0.87 |
| 7 | 7252 | 1497 | 33251 | 2.984E-04 | 16548117 | 4.786E-04 | 1875648 | 1875648 | 4.28 | 1824185 | 4.78 | 0.26 | 0.15 |
| 8 | | 231125 | 22628 | 2.667E-04 | 2250232 | 3.818E-04 | 2769855 | 2250232 | 4.78 | 2158385 | 4.09 | 0.47 | 0.11 |
| 9 | | 449752 | 28628 | 1.972E-04 | 3441886 | 3.555E-04 | 4893361 | 3441886 | 5.88 | 3387335 | 3.88 | 0.55 | 0.18 |
| 10 | | 667258 | 19527 | 1.592E-04 | 4968539 | 3.838E-04 | 7721719 | 4968539 | 5.26 | 4735878 | 4.68 | 0.62 | 0.89 |
| 11 | | 881856 | 18785 | 1.348E-04 | 6768912 | 2.783E-04 | 11299183 | 6768912 | 5.49 | 6453245 | 4.66 | 0.67 | 0.89 |
| 12 | | 1182158 | 18212 | 1.171E-04 | 8898779 | 2.579E-04 | 15887845 | 8898779 | 5.78 | 8584662 | 4.34 | 0.71 | 0.88 |
| 13 | 10152 | 1497 | 36621 | 2.787E-04 | 28717439 | 3.806E-04 | 2881828 | 5938459 | 4.83 | 567232 | 4.27 | 0.34 | 0.16 |
| 14 | | 231125 | 24922 | 2.528E-04 | 2711668 | 3.181E-04 | 6961122 | 2711668 | 4.38 | 2604411 | 3.96 | 0.37 | 0.12 |
| 15 | | 449752 | 22719 | 1.868E-04 | 4112437 | 2.736E-04 | 1219497 | 4112437 | 4.58 | 3954912 | 3.83 | 0.45 | 0.11 |
| 16 | | 667258 | 21587 | 1.512E-04 | 5887826 | 2.477E-04 | 19833818 | 5887826 | 4.82 | 5596812 | 4.93 | 0.51 | 0.18 |
| 17 | | 881856 | 28689 | 1.283E-04 | 7964831 | 2.286E-04 | 27584878 | 7964831 | 5.84 | 7633228 | 4.15 | 0.56 | 0.18 |
| 18 | | 1182158 | 28858 | 1.116E-04 | 18415428 | 2.117E-04 | 38448566 | 18415428 | 5.23 | 9921289 | 4.74 | 0.68 | 0.89 |
| 19 | 13853 | 1497 | 39361 | 2.649E-04 | 24484828 | 3.214E-04 | 5938459 | 5938459 | 4.43 | 5675112 | 4.31 | 0.25 | 0.17 |
| 20 | | 231125 | 26786 | 2.416E-04 | 3114971 | 2.635E-04 | 14431846 | 3114971 | 4.81 | 2976985 | 4.43 | 0.38 | 0.13 |
| 21 | | 449752 | 24418 | 1.795E-04 | 4688751 | 2.329E-04 | 25879268 | 4688751 | 4.27 | 4457937 | 4.92 | 0.38 | 0.12 |
| 22 | | 667258 | 23115 | 1.455E-04 | 6688394 | 2.112E-04 | 38857781 | 6688394 | 4.51 | 6391681 | 4.32 | 0.43 | 0.11 |
| 23 | | 881856 | 22237 | 1.236E-04 | 9884464 | 1.946E-04 | 56858332 | 9884464 | 4.71 | 8562854 | 4.91 | 0.48 | 0.11 |
| 24 | | 1182158 | 21558 | 1.876E-04 | 11744367 | 1.818E-04 | 77536487 | 11744367 | 4.98 | 11234853 | 4.34 | 0.52 | 0.18 |

Tabel 13 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk h1 = 150 mm Dan h2 = 450 mm (Lanjutan)

| n | Nr | E1 | E2 | εt | Nf | εc | Nd | W18 | SN | W18' | ERR | a1 | a2 |
|-----|-------|---------|-------|------------|----------|-----------|-----------|----------|------|----------|------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| 25 | 15954 | 14497 | 41694 | 2.543E-04 | 28005748 | 2.799E-04 | 11812874 | 11812874 | 4.53 | 18486971 | 4.78 | 0.25 | 0.17 |
| 26 | | 231125 | 28374 | 2.3336E-04 | 3479904 | 2.303E-04 | 26371977 | 3479904 | 3.79 | 3323717 | 4.43 | 0.25 | 0.13 |
| 27 | | 449752 | 25866 | 1.738E-04 | 5213933 | 2.037E-04 | 45685651 | 5213933 | 4.64 | 4972411 | 4.63 | 0.32 | 0.12 |
| 28 | | 667258 | 24486 | 1.412E-04 | 7373356 | 1.849E-04 | 78478418 | 7373356 | 4.27 | 7181391 | 3.69 | 0.38 | 0.12 |
| 29 | | 881856 | 23535 | 1.281E-04 | 9896967 | 1.785E-04 | 181321728 | 9896967 | 4.46 | 9453796 | 4.48 | 0.42 | 0.11 |
| 30 | | 1182158 | 22836 | 1.046E-04 | 12889401 | 1.587E-04 | 139684993 | 12889401 | 4.64 | 12322826 | 4.48 | 0.46 | 0.11 |
| 31 | 18054 | 14497 | 43741 | 2.458E-04 | 31328041 | 2.487E-04 | 18693566 | 18693566 | 4.63 | 17898868 | 4.29 | 0.25 | 3.18 |
| 32 | | 231125 | 29767 | 2.272E-04 | 3812936 | 2.051E-04 | 44385984 | 3812936 | 3.61 | 3625118 | 4.93 | 0.28 | 0.14 |
| 33 | | 449752 | 27136 | 1.693E-04 | 5683918 | 1.816E-04 | 76396878 | 5683918 | 3.65 | 5484784 | 4.91 | 0.27 | 0.13 |
| 34 | | 667258 | 25688 | 1.377E-04 | 8080885 | 1.649E-04 | 117661878 | 8080885 | 4.87 | 7679465 | 4.18 | 0.33 | 0.12 |
| 35 | | 881856 | 24712 | 1.172E-04 | 10725728 | 1.522E-04 | 168446681 | 10725728 | 4.26 | 10383776 | 3.93 | 0.37 | 0.12 |
| 36 | | 1182158 | 23937 | 1.022E-04 | 13912287 | 1.418E-04 | 231248896 | 13912287 | 4.43 | 13318722 | 4.27 | 0.41 | 0.11 |
| 37 | 21755 | 14497 | 45376 | 2.387E-04 | 34498719 | 2.242E-04 | 29739731 | 29739731 | 4.72 | 28414454 | 4.46 | 0.25 | 0.18 |
| 38 | | 231125 | 31815 | 2.218E-04 | 4126953 | 1.852E-04 | 69968727 | 4126953 | 3.47 | 3964864 | 3.93 | 0.16 | 0.14 |
| 39 | | 449752 | 28274 | 1.655E-04 | 6124685 | 1.641E-04 | 120251786 | 6124685 | 3.78 | 5082128 | 3.96 | 0.23 | 0.13 |
| 40 | | 667258 | 26765 | 1.348E-04 | 8580988 | 1.491E-04 | 184782699 | 8580988 | 3.98 | 8168525 | 4.98 | 0.28 | 0.13 |
| 41 | | 881856 | 25748 | 1.148E-04 | 11481267 | 1.377E-04 | 263789273 | 11481267 | 4.89 | 11044267 | 3.81 | 0.33 | 0.12 |
| 42 | | 1182158 | 24962 | 1.002E-04 | 14846948 | 1.204E-04 | 368658916 | 14846948 | 4.25 | 14143691 | 4.74 | 0.37 | 0.12 |
| 43 | 24656 | 14497 | 47243 | 2.326E-04 | 37556988 | 2.844E-04 | 44989348 | 37556988 | 4.68 | 35853468 | 4.54 | 0.23 | 0.19 |
| 44 | | 231125 | 32158 | 2.172E-04 | 4421546 | 1.691E-04 | 105131788 | 4421546 | 3.34 | 4281288 | 4.98 | 0.13 | 0.15 |
| 45 | | 449752 | 29388 | 1.623E-04 | 6531824 | 1.588E-04 | 179792712 | 6531824 | 3.57 | 6388118 | 3.41 | 0.28 | 0.14 |
| 46 | | 667258 | 27744 | 1.323E-04 | 9134598 | 1.363E-04 | 276854428 | 9134598 | 3.76 | 8689661 | 4.87 | 0.25 | 0.13 |
| 47 | | 881856 | 26689 | 1.128E-04 | 12164788 | 1.268E-04 | 392440418 | 12164788 | 3.94 | 11646124 | 4.26 | 0.29 | 0.13 |
| 48 | | 1182158 | 25875 | 9.846E-05 | 15717263 | 1.174E-04 | 538553164 | 15717263 | 4.18 | 14988487 | 4.57 | 0.33 | 0.12 |

Tabel 14 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk h1 = 200 mm Dan h2 = 200 mm

| n | Nr | E1 | E2 | ξt | Nf | ξc | Nd | M18 | SN | M18 | ERR | a1 | a2 |
|-----|---------|-------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|------|----------|------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| 1 | 4351 | 14556 | 25927 | 2.912E-04 | 17878665 | 1.261E-03 | 13839 | 13839 | 2.48 | 12478 | 4.38 | 0.19 | 0.12 |
| 2 | 231816 | 17646 | 2269653 | 2.658E-04 | 2269653 | 6.782E-04 | 289481 | 289481 | 3.92 | 201611 | 3.76 | 0.42 | 0.88 |
| 3 | 449316 | 16896 | 4532868 | 1.814E-04 | 4532868 | 5.818E-04 | 812754 | 812754 | 4.81 | 772796 | 4.92 | 0.54 | 0.87 |
| 4 | 666392 | 15237 | 7717983 | 1.393E-04 | 7717983 | 4.847E-04 | 2113476 | 2113476 | 5.51 | 2025697 | 4.15 | 0.64 | 0.86 |
| 5 | 885823 | 14646 | 11988498 | 1.134E-04 | 11988498 | 3.428E-04 | 4498532 | 4498532 | 6.89 | 4271771 | 4.87 | 0.71 | 0.86 |
| 6 | 1898457 | 14215 | 16857482 | 9.649E-05 | 16857482 | 2.909E-04 | 8287353 | 8287353 | 6.59 | 7848735 | 4.47 | 0.78 | 0.86 |
| 7 | 7252 | 14556 | 38821 | 2.576E-04 | 26749672 | 9.137E-04 | 55159 | 55159 | 2.59 | 52998 | 3.93 | 0.19 | 0.14 |
| 8 | 231816 | 26433 | 26433 | 2.362E-04 | 3346991 | 5.163E-04 | 718346 | 718346 | 3.94 | 681856 | 4.12 | 0.48 | 0.18 |
| 9 | 449316 | 16637 | 16637 | 1.629E-04 | 6457562 | 3.887E-04 | 2531794 | 2531794 | 4.78 | 2421869 | 4.34 | 0.52 | 0.89 |
| 10 | 666392 | 17644 | 17644 | 1.262E-04 | 18681143 | 3.183E-04 | 6193455 | 6193455 | 5.43 | 5957122 | 3.82 | 0.61 | 0.88 |
| 11 | 885823 | 16959 | 16959 | 1.836E-04 | 16832467 | 2.717E-04 | 12588947 | 12588947 | 5.97 | 12028689 | 4.45 | 0.68 | 0.88 |
| 12 | 1898457 | 16468 | 16468 | 8.859E-05 | 22327692 | 2.393E-04 | 22212947 | 22212947 | 6.43 | 21194181 | 4.59 | 0.74 | 0.87 |
| 13 | 18152 | 14556 | 33864 | 2.413E-04 | 33167886 | 7.275E-04 | 152911 | 152911 | 2.78 | 148538 | 2.86 | 0.19 | 0.15 |
| 14 | 231816 | 22584 | 22584 | 2.183E-04 | 4337691 | 4.244E-04 | 1788371 | 1788371 | 4.88 | 1635485 | 4.27 | 0.48 | 0.11 |
| 15 | 449316 | 28526 | 28526 | 1.519E-04 | 8127629 | 3.229E-04 | 5888112 | 5888112 | 4.82 | 5596812 | 3.64 | 0.52 | 0.18 |
| 16 | 666392 | 19432 | 19432 | 1.188E-04 | 13323282 | 2.663E-04 | 13717856 | 13323282 | 5.41 | 12657484 | 5.88 | 0.68 | 0.89 |
| 17 | 885823 | 16678 | 16678 | 9.719E-05 | 19781487 | 2.289E-04 | 27181819 | 19781487 | 5.71 | 18883434 | 4.94 | 0.64 | 0.89 |
| 18 | 1898457 | 18128 | 18128 | 8.348E-05 | 27233483 | 2.826E-04 | 46886684 | 27233483 | 5.96 | 25984486 | 4.88 | 0.67 | 0.88 |
| 19 | 13853 | 14556 | 35537 | 2.312E-04 | 38177753 | 6.887E-04 | 339986 | 339986 | 2.79 | 324283 | 4.62 | 0.28 | 0.16 |
| 20 | 231816 | 24187 | 24187 | 2.858E-04 | 5226355 | 3.635E-04 | 3417861 | 3417861 | 4.87 | 3272223 | 4.26 | 0.48 | 0.11 |
| 21 | 449316 | 22862 | 22862 | 1.442E-04 | 9644888 | 2.785E-04 | 11262988 | 9644888 | 4.76 | 9281719 | 4.59 | 0.58 | 0.18 |
| 22 | 666392 | 28886 | 28886 | 1.123E-04 | 15688273 | 2.318E-04 | 26816877 | 15688273 | 5.11 | 15872847 | 3.88 | 0.55 | 0.18 |
| 23 | 885823 | 26875 | 26875 | 9.268E-05 | 23194435 | 1.992E-04 | 58491838 | 23194435 | 5.39 | 22876948 | 4.82 | 0.59 | 0.89 |
| 24 | 1898457 | 19484 | 19484 | 7.962E-05 | 31723168 | 1.778E-04 | 85695169 | 31723168 | 5.83 | 58351363 | 4.32 | 0.62 | 0.89 |

DIPLOMA
SARAJEVO

Tabel 14 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk h1 = 200 mm Dan h2 = 200 mm (Lanjutan)

| n | Dr [psi] (2) | E1 [psi] (3) | E2 [psi] (4) | Et (5) | Mf (6) | Ec (7) | Md (8) | W10 (9) | SN (10) | W10 ^m (11) | ERR [K] (12) | a1 (13) | a2 (14) |
|----|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|--------------------------|--------------------|------------|------------|
| 25 | 15954 | 14556 | 37644 | 2.241E-04 | 42383331 | 5.252E-04 | 6581028 | 658828 | 2.68 | 625261 | 4.98 | 0.29 | 0.16 |
| 26 | | 231818 | 25622 | 1.963E-04 | 6152381 | 3.196E-04 | 6881464 | 6881464 | 4.14 | 5814239 | 4.39 | 0.41 | 0.12 |
| 27 | | 449316 | 23378 | 1.388E-04 | 18927449 | 2.461E-04 | 19594129 | 18927449 | 4.53 | 18486971 | 4.83 | 0.46 | 0.11 |
| 28 | | 666392 | 22124 | 1.881E-04 | 1775281 | 2.848E-04 | 44597289 | 1775281 | 4.86 | 16989922 | 4.87 | 0.51 | 0.18 |
| 29 | | 885823 | 21266 | 6.914E-05 | 26298266 | 1.772E-04 | 85262936 | 26298266 | 5.14 | 23825242 | 4.81 | 0.55 | 0.18 |
| 30 | | 1898457 | 26639 | 7.669E-05 | 35887983 | 1.578E-04 | 143287273 | 35887983 | 5.37 | 34234952 | 4.61 | 0.59 | 0.18 |
| 31 | 18854 | 14556 | 39492 | 2.186E-04 | 45987253 | 4.631E-04 | 1155864 | 1155864 | 2.97 | 1188685 | 4.87 | 0.21 | 0.17 |
| 32 | | 231818 | 26880 | 1.889E-04 | 6981395 | 2.668E-04 | 9992584 | 6981395 | 3.98 | 6661714 | 4.58 | 0.38 | 0.13 |
| 33 | | 449316 | 24517 | 1.336E-04 | 12348772 | 2.212E-04 | 31588548 | 12398972 | 4.35 | 11811699 | 4.74 | 0.44 | 0.12 |
| 34 | | 666392 | 23218 | 1.846E-04 | 19888143 | 1.846E-04 | 78992643 | 19888143 | 4.67 | 18962959 | 4.27 | 0.48 | 0.11 |
| 35 | | 885823 | 22318 | 8.648E-05 | 29845667 | 1.688E-04 | 134675157 | 29845667 | 4.94 | 27898697 | 3.95 | 0.52 | 0.11 |
| 36 | | 1898457 | 21652 | 7.436E-05 | 39722168 | 1.428E-04 | 224885867 | 39722168 | 5.16 | 37898577 | 4.59 | 0.55 | 0.18 |
| 37 | 21755 | 14556 | 41148 | 2.142E-04 | 49883368 | 4.148E-04 | 1892642 | 1892642 | 3.85 | 1814858 | 4.15 | 0.22 | 0.17 |
| 38 | | 231818 | 26807 | 1.828E-04 | 777566 | 2.594E-04 | 15488646 | 777566 | 3.84 | 7411552 | 4.71 | 0.36 | 0.13 |
| 39 | | 449316 | 25545 | 1.292E-04 | 13668368 | 2.814E-04 | 48868262 | 13668368 | 4.28 | 13899455 | 4.16 | 0.41 | 0.12 |
| 40 | | 666392 | 24183 | 1.818E-04 | 21657724 | 1.684E-04 | 187182391 | 21657724 | 4.58 | 20688215 | 4.88 | 0.46 | 0.11 |
| 41 | | 885823 | 23245 | 8.425E-05 | 31652367 | 1.462E-04 | 281688288 | 31652367 | 4.76 | 38899416 | 4.91 | 0.49 | 0.11 |
| 42 | | 1898457 | 22568 | 7.253E-05 | 43115798 | 1.386E-04 | 334237403 | 43115798 | 4.98 | 41134628 | 4.59 | 0.53 | 0.11 |
| 43 | 24656 | 14556 | 42654 | 2.184E-04 | 52868683 | 3.768E-04 | 2937762 | 2937762 | 3.13 | 2835545 | 3.48 | 0.22 | 0.18 |
| 44 | | 231818 | 29831 | 1.776E-04 | 8552283 | 2.378E-04 | 22847159 | 8552283 | 3.72 | 8131348 | 4.92 | 0.34 | 0.13 |
| 45 | | 449316 | 26488 | 1.264E-04 | 14877888 | 1.851E-04 | 78138119 | 14877888 | 4.87 | 14318517 | 3.81 | 0.39 | 0.12 |
| 46 | | 666392 | 25868 | 9.937E-05 | 23449474 | 1.558E-04 | 155245886 | 23449474 | 4.36 | 22345212 | 4.71 | 0.44 | 0.12 |
| 47 | | 885823 | 24895 | 6.236E-05 | 34185717 | 1.348E-04 | 298875478 | 34185717 | 4.62 | 32856382 | 3.66 | 0.47 | 0.11 |
| 48 | | 1898457 | 23386 | 7.896E-05 | 46334527 | 1.286E-04 | 477464134 | 46334527 | 4.83 | 44483344 | 4.88 | 0.58 | 0.11 |

Tabel 15 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk h1 = 200 mm Dan h2 = 400 mm

| n | Pr (psi) | E1 (psi) | E2 (psi) | ξt | Hf | ξc | Hd | H16 (9) | SN (10) | H10 ⁻ | ERR (12) | a1 (13) | a2 (14) |
|-----|-------------|-------------|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|------------|------------------|-------------|------------|------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| 1 | 4351 | 14556 | 25288 | 3.190E-04 | 13239116 | 6.892E-04 | 194922 | 194922 | 3.87 | 105982 | 4.59 | 6.23 | 8.12 |
| 2 | | 231816 | 17152 | 2.369E-04 | 3224143 | 4.532E-04 | 1248421 | 1248421 | 5.12 | 1194693 | 4.30 | 6.58 | 8.88 |
| 3 | | 449316 | 15644 | 1.658E-04 | 6893346 | 3.666E-04 | 3290357 | 3290357 | 5.85 | 3154534 | 4.13 | 6.61 | 8.87 |
| 4 | | 666392 | 14818 | 1.291E-04 | 9911672 | 3.110E-04 | 6792867 | 6792867 | 6.43 | 6478681 | 4.63 | 6.69 | 8.86 |
| 5 | | 885823 | 14236 | 1.063E-04 | 14731247 | 2.731E-04 | 12294770 | 12294770 | 6.94 | 11778725 | 4.26 | 6.77 | 8.86 |
| 6 | | 1098457 | 13816 | 9.114E-05 | 20337465 | 2.450E-04 | 19991672 | 19991672 | 7.37 | 19083472 | 4.94 | 6.83 | 8.85 |
| 7 | 7252 | 14556 | 29179 | 2.863E-04 | 18896792 | 5.875E-04 | 767177 | 767177 | 3.99 | 737592 | 3.86 | 6.24 | 8.13 |
| 8 | | 231816 | 19668 | 2.104E-04 | 4331168 | 3.433E-04 | 4414982 | 4331168 | 5.16 | 4129989 | 4.64 | 6.47 | 8.89 |
| 9 | | 449316 | 18115 | 1.527E-04 | 7988376 | 2.794E-04 | 11101382 | 7988376 | 5.62 | 7661291 | 4.89 | 6.55 | 8.88 |
| 10 | | 666392 | 17149 | 1.194E-04 | 12816185 | 2.396E-04 | 22080782 | 12816185 | 5.99 | 12327849 | 3.81 | 6.61 | 8.88 |
| 11 | | 885823 | 16494 | 9.856E-05 | 18828238 | 2.112E-04 | 36857761 | 18828238 | 6.29 | 17686778 | 5.08 | 6.65 | 8.87 |
| 12 | | 1098457 | 15998 | 6.405E-05 | 25732882 | 1.984E-04 | 61818712 | 25732882 | 6.55 | 24462765 | 4.93 | 6.69 | 8.87 |
| 13 | 10152 | 14556 | 32137 | 2.675E-04 | 23628441 | 4.889E-04 | 2826870 | 2826870 | 4.11 | 1944382 | 4.07 | 6.23 | 8.15 |
| 14 | | 231816 | 21873 | 2.859E-04 | 5257944 | 2.804E-04 | 18925228 | 5257944 | 4.75 | 5862634 | 3.71 | 6.48 | 8.18 |
| 15 | | 449316 | 19951 | 1.448E-04 | 9513939 | 2.295E-04 | 26786842 | 9513939 | 5.17 | 9138185 | 3.95 | 6.47 | 8.89 |
| 16 | | 666392 | 18887 | 1.135E-04 | 15229534 | 1.978E-04 | 52110779 | 15229534 | 5.52 | 14655627 | 3.77 | 6.53 | 8.89 |
| 17 | | 885823 | 18154 | 9.383E-05 | 22289835 | 1.751E-04 | 69937451 | 22289835 | 5.88 | 21122815 | 4.89 | 6.57 | 8.86 |
| 18 | | 1098457 | 17619 | 6.884E-05 | 38175117 | 1.584E-04 | 146873311 | 38175117 | 6.85 | 29611358 | 3.86 | 6.61 | 8.88 |
| 19 | 13853 | 14556 | 34548 | 2.547E-04 | 27836685 | 3.446E-04 | 4348824 | 4348824 | 4.22 | 4129671 | 4.86 | 6.23 | 8.15 |
| 20 | | 231816 | 23589 | 1.971E-04 | 6878527 | 2.389E-04 | 22379942 | 6878527 | 4.45 | 5846967 | 3.68 | 6.34 | 8.11 |
| 21 | | 449316 | 21443 | 1.392E-04 | 10832179 | 1.962E-04 | 54048482 | 10832179 | 4.84 | 18317491 | 4.75 | 6.41 | 8.18 |
| 22 | | 666392 | 20308 | 1.092E-04 | 17192955 | 1.697E-04 | 183477766 | 17192955 | 5.17 | 16372244 | 4.77 | 6.47 | 8.18 |
| 23 | | 885823 | 19512 | 9.036E-05 | 25148399 | 1.587E-04 | 176883869 | 25148399 | 5.45 | 23923645 | 4.84 | 6.51 | 8.89 |
| 24 | | 1098457 | 16937 | 7.795E-05 | 34014530 | 1.367E-04 | 272456399 | 34014530 | 5.68 | 32399632 | 4.75 | 6.55 | 8.89 |

Tabel 15 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk $h_1 = 200$ mm Dan $h_2 = 400$ mm (Lanjutan)

| n | h_r [psi] | E_1 [psi] | E_2 [psi] | E_c | NF | $\angle c$ | Nd | H1B | SN | H1B ^m | ERR [2] | μ_1 | μ_2 |
|-----|----------------|----------------|----------------|-----------|----------|------------|------------|----------|------|------------------|------------|---------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| 25 | 15954 | 14556 | 36588 | 2.447E-04 | 31675588 | 2.994E-04 | 8146168 | 8146168 | 4.33 | 7776004 | 4.51 | 0.23 | 0.16 |
| 26 | | 231810 | 24983 | 1.983E-04 | 6813837 | 1.891E-04 | 48635691 | 6813837 | 4.21 | 6478193 | 4.93 | 0.38 | 0.12 |
| 27 | | 449316 | 22714 | 1.358E-04 | 11988938 | 1.722E-04 | 96919743 | 11988938 | 4.59 | 11454898 | 4.48 | 0.37 | 0.11 |
| 28 | | 666392 | 21583 | 1.068E-04 | 18968366 | 1.493E-04 | 18359755 | 18968366 | 4.91 | 18151767 | 4.26 | 0.42 | 0.18 |
| 29 | | 885823 | 26669 | 8.788E-05 | 27633569 | 1.329E-04 | 389188759 | 27633569 | 5.18 | 26441421 | 4.31 | 0.46 | 0.16 |
| 30 | | 1898457 | 28868 | 7.571E-05 | 37439893 | 1.288E-04 | 473935223 | 37439893 | 5.49 | 35643342 | 4.88 | 0.59 | 0.89 |
| 31 | 18854 | 14556 | 36385 | 2.368E-04 | 35286984 | 2.655E-04 | 13958693 | 13958693 | 4.43 | 13318722 | 4.53 | 0.23 | 0.16 |
| 32 | | 231810 | 26126 | 1.849E-04 | 7490789 | 1.865E-04 | 67811524 | 7490789 | 4.83 | 7211811 | 3.73 | 0.27 | 0.12 |
| 33 | | 449316 | 23838 | 1.315E-04 | 13862487 | 1.539E-04 | 168274839 | 13862487 | 4.39 | 12544499 | 3.96 | 0.33 | 0.11 |
| 34 | | 666392 | 22559 | 1.035E-04 | 28589225 | 1.336E-04 | 381923654 | 28589225 | 4.69 | 19328924 | 4.62 | 0.38 | 0.11 |
| 35 | | 885823 | 21684 | 8.588E-05 | 29889917 | 1.191E-04 | 584981764 | 29889917 | 4.96 | 28695143 | 3.74 | 0.42 | 0.18 |
| 36 | | 1898457 | 21845 | 7.394E-05 | 48469348 | 1.884E-04 | 769673537 | 48469348 | 5.18 | 38955024 | 3.74 | 0.46 | 0.18 |
| 37 | 21755 | 14556 | 39994 | 2.382E-04 | 38726186 | 2.389E-04 | 22379942 | 22379942 | 4.53 | 21534240 | 3.78 | 0.24 | 0.17 |
| 38 | | 231810 | 27221 | 1.884E-04 | 8123208 | 1.686E-04 | 186534754 | 8123208 | 3.87 | 7781835 | 4.28 | 0.24 | 0.13 |
| 39 | | 449316 | 24829 | 1.287E-04 | 14828888 | 1.394E-04 | 249613582 | 14828888 | 4.22 | 13588421 | 3.66 | 0.38 | 0.12 |
| 40 | | 666392 | 23585 | 1.014E-04 | 21948876 | 1.212E-04 | 466972625 | 21948876 | 4.51 | 20987340 | 4.71 | 0.35 | 0.11 |
| 41 | | 885823 | 22593 | 8.413E-05 | 31881347 | 1.082E-04 | 776863485 | 31881347 | 4.77 | 30534817 | 3.98 | 0.39 | 0.11 |
| 42 | | 1898457 | 21928 | 7.255E-05 | 43876698 | 9.859E-05 | 1176989864 | 43876698 | 4.98 | 41134628 | 4.51 | 0.42 | 0.18 |
| 43 | 24656 | 14556 | 41457 | 2.246E-04 | 41994484 | 2.174E-04 | 34136712 | 34136712 | 4.62 | 32856382 | 3.75 | 0.24 | 0.17 |
| 44 | | 231810 | 26217 | 1.766E-04 | 8712564 | 1.541E-04 | 159345659 | 8712564 | 3.74 | 8486412 | 3.51 | 0.21 | 0.13 |
| 45 | | 449316 | 25737 | 1.263E-04 | 14955593 | 1.275E-04 | 372189818 | 14955593 | 4.87 | 14318517 | 4.31 | 0.27 | 0.12 |
| 46 | | 666392 | 24365 | 9.958E-05 | 23267171 | 1.118E-04 | 692164198 | 23267171 | 4.36 | 22345212 | 4.84 | 0.32 | 0.12 |
| 47 | | 885823 | 23428 | 8.271E-05 | 33633189 | 9.921E-05 | 1144336983 | 33633189 | 4.61 | 32379822 | 3.73 | 0.36 | 0.11 |
| 48 | | 1898457 | 22738 | 7.138E-05 | 45443594 | 9.651E-05 | 1725846358 | 45443594 | 4.81 | 43231333 | 4.87 | 0.48 | 0.11 |

Tabel 16 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk h1 = 200 mm Dan h2 = 600 mm

| n | h _r (psi) | E1 (psi) | E2 (psi) | ε _t | Nf | ε _c | Hd | H16 (9) | SN (18) | W10 ⁻⁴ | ERR (12) | a1 (13) | a2 (14) |
|----|-------------------------|-------------|-------------|----------------|----------|----------------|-----------|------------|------------|-------------------|-------------|------------|------------|
| 1 | 4351 | 14556 | 24784 | 3.493E-04 | 9822159 | 4.145E-04 | 1092642 | 1092642 | 5.43 | 1628963 | 3.79 | 0.34 | 0.12 |
| 2 | | 231816 | 16859 | 2.291E-04 | 3788521 | 3.145E-04 | 6526298 | 3788521 | 5.94 | 3537379 | 4.40 | 0.53 | 0.88 |
| 3 | | 449316 | 15386 | 1.589E-04 | 1389955 | 2.693E-04 | 13899749 | 7887955 | 6.46 | 6716271 | 4.16 | 0.62 | 0.87 |
| 4 | | 666392 | 14566 | 1.237E-04 | 11487926 | 2.387E-04 | 22464815 | 11487926 | 6.87 | 18865165 | 4.76 | 0.69 | 0.86 |
| 5 | | 885823 | 14881 | 1.022E-04 | 16766426 | 2.182E-04 | 34993286 | 16766426 | 7.21 | 15941237 | 4.92 | 0.75 | 0.86 |
| 6 | | 1098457 | 13388 | 8.787E-05 | 22935269 | 1.993E-04 | 56377716 | 22935269 | 7.58 | 21872822 | 4.63 | 0.88 | 0.85 |
| 7 | 7252 | 14556 | 26690 | 3.187E-04 | 14438684 | 3.882E-04 | 7155318 | 7155318 | 5.53 | 6804033 | 4.98 | 0.38 | 0.13 |
| 8 | | 231816 | 19533 | 2.124E-04 | 4746867 | 2.558E-04 | 23727613 | 4746867 | 5.23 | 1546811 | 4.23 | 0.39 | 0.89 |
| 9 | | 449316 | 17816 | 1.484E-04 | 8775498 | 2.826E-04 | 46886684 | 8775498 | 5.69 | 8394766 | 4.34 | 0.48 | 0.88 |
| 10 | | 666392 | 16866 | 1.168E-04 | 14894864 | 1.794E-04 | 79681616 | 14894864 | 6.86 | 13468598 | 4.49 | 0.54 | 0.88 |
| 11 | | 885823 | 16212 | 9.596E-05 | 28627997 | 1.626E-04 | 123298534 | 28627997 | 6.37 | 19713882 | 4.43 | 0.68 | 0.87 |
| 12 | | 1098457 | 15734 | 6.268E-05 | 28821538 | 1.493E-04 | 183597555 | 28821538 | 6.63 | 26898838 | 4.84 | 0.64 | 0.87 |
| 13 | 18152 | 14556 | 31687 | 2.876E-04 | 18617223 | 2.495E-04 | 18426718 | 18426718 | 5.66 | 17618343 | 4.39 | 0.29 | 0.14 |
| 14 | | 231816 | 21513 | 2.820E-04 | 5599373 | 1.921E-04 | 59399286 | 5599373 | 4.79 | 5361813 | 4.24 | 0.38 | 0.18 |
| 15 | | 449316 | 19622 | 1.428E-04 | 18145192 | 1.656E-04 | 115451498 | 18145192 | 5.21 | 9653628 | 4.85 | 0.39 | 0.89 |
| 16 | | 666392 | 18576 | 1.112E-04 | 16196391 | 1.474E-04 | 194432758 | 16196391 | 5.56 | 15451311 | 4.68 | 0.45 | 0.89 |
| 17 | | 885823 | 17855 | 9.286E-05 | 23645861 | 1.337E-04 | 368913964 | 23645861 | 5.85 | 22522865 | 4.75 | 0.58 | 0.88 |
| 18 | | 1098457 | 17329 | 7.942E-05 | 31986755 | 1.231E-04 | 455559357 | 31986755 | 6.89 | 38498578 | 4.65 | 0.54 | 0.88 |
| 19 | 13853 | 14556 | 33971 | 2.714E-04 | 22529624 | 2.113E-04 | 38775518 | 22529624 | 5.37 | 21491188 | 4.61 | 0.23 | 0.15 |
| 20 | | 231816 | 23122 | 1.946E-04 | 6338988 | 1.634E-04 | 122575378 | 6338988 | 4.47 | 6023584 | 4.85 | 0.24 | 0.11 |
| 21 | | 449316 | 21898 | 1.374E-04 | 11386894 | 1.411E-04 | 236428789 | 11386894 | 4.87 | 10767157 | 4.77 | 0.32 | 0.18 |
| 22 | | 666392 | 19965 | 1.870E-04 | 17938548 | 1.266E-04 | 382448418 | 17938548 | 5.28 | 17668456 | 4.98 | 0.38 | 0.89 |
| 23 | | 885823 | 19191 | 8.931E-05 | 26125983 | 1.144E-04 | 684726973 | 26125983 | 5.48 | 24899488 | 4.69 | 0.43 | 0.89 |
| 24 | | 1098457 | 18625 | 7.787E-05 | 35389182 | 1.856E-04 | 865345882 | 35389182 | 5.71 | 33688791 | 4.59 | 0.47 | 0.89 |

Tabel 16 Hasil Perhitungan Koefisien Kekuatan Relatif Perkerasan Tiga Lapis Untuk h1 = 200 mm Dan h2 = 680 mm (Lanjutan)

| n | hr (psi) | C1 (psi) | E2 (psi) | E t (psi) | Nf | ε c | Nf | H10 | SN | H10 ^m | ERR (%) | a1 | a2 |
|-----|-------------|-------------|-------------|--------------|----------|-----------|------------|----------|------|------------------|------------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) |
| 25 | 15954 | 14556 | 35985 | 2.591E-04 | 26243547 | 1.641E-04 | 71859938 | 26243547 | 5.14 | 25825242 | 4.64 | 0.18 | 0.16 |
| 26 | | 231816 | 24933 | 1.809E-04 | 6981395 | 1.428E-04 | 224085067 | 6981395 | 4.23 | 6600197 | 4.31 | 0.19 | 0.12 |
| 27 | | 449316 | 22348 | 1.338E-04 | 12330181 | 1.235E-04 | 429279838 | 12330181 | 4.61 | 11794208 | 4.41 | 0.27 | 0.11 |
| 28 | | 666392 | 21149 | 1.052E-04 | 19438079 | 1.185E-04 | 19438079 | 19438079 | 4.93 | 18671667 | 3.95 | 0.33 | 0.18 |
| 29 | | 805823 | 26329 | 8.729E-05 | 28218816 | 1.085E-04 | 1688028443 | 28218816 | 5.19 | 26886638 | 4.98 | 0.37 | 0.18 |
| 30 | | 1698457 | 19738 | 7.529E-05 | 38197339 | 9.285E-05 | 1539476447 | 38197339 | 5.42 | 36611723 | 4.15 | 0.41 | 0.09 |
| 31 | 18894 | 14556 | 37752 | 2.493E-04 | 29792986 | 1.636E-04 | 121985927 | 29792986 | 4.96 | 28695143 | 3.68 | 0.14 | 0.16 |
| 32 | | 231816 | 25695 | 1.842E-04 | 7584771 | 1.272E-04 | 376135093 | 7584771 | 4.63 | 7211011 | 4.93 | 0.15 | 0.12 |
| 33 | | 449316 | 23437 | 1.318E-04 | 13227153 | 1.182E-04 | 714966433 | 13227153 | 4.48 | 12734868 | 3.73 | 0.23 | 0.11 |
| 34 | | 666392 | 22187 | 1.031E-04 | 28772176 | 9.864E-05 | 1174240582 | 28772176 | 4.78 | 19885544 | 4.65 | 0.20 | 0.11 |
| 35 | | 805823 | 21327 | 8.559E-05 | 38851225 | 8.989E-05 | 1779781963 | 38851225 | 4.96 | 28695143 | 4.51 | 0.33 | 0.18 |
| 36 | | 1698457 | 26698 | 7.382E-05 | 48686179 | 8.313E-05 | 2525672689 | 48686179 | 5.18 | 38955024 | 4.25 | 0.37 | 0.18 |
| 37 | 21755 | 14556 | 39335 | 2.411E-04 | 33258412 | 1.475E-04 | 193843292 | 33258412 | 4.68 | 31876129 | 4.16 | 0.11 | 0.17 |
| 38 | | 231816 | 26773 | 1.803E-04 | 8138033 | 1.149E-04 | 593834396 | 8138033 | 3.87 | 7781635 | 4.38 | 0.12 | 0.13 |
| 39 | | 449316 | 24428 | 1.286E-04 | 14856789 | 9.963E-05 | 1122897381 | 14856789 | 4.22 | 13588421 | 3.98 | 0.19 | 0.12 |
| 40 | | 666392 | 23118 | 1.014E-04 | 21948876 | 8.928E-05 | 1834873719 | 21948876 | 4.51 | 28987348 | 4.71 | 0.24 | 0.11 |
| 41 | | 805823 | 22221 | 8.421E-05 | 31782859 | 8.145E-05 | 2767486353 | 31782859 | 4.77 | 38534817 | 3.68 | 0.29 | 0.11 |
| 42 | | 1698457 | 21566 | 7.268E-05 | 42823723 | 7.540E-05 | 3989679389 | 42823723 | 4.98 | 41134628 | 3.94 | 0.33 | 0.18 |
| 43 | 24656 | 14556 | 48774 | 2.341E-04 | 36643738 | 1.345E-04 | 292983388 | 36643738 | 4.66 | 34827522 | 4.96 | 0.08 | 0.17 |
| 44 | | 231816 | 27752 | 1.778E-04 | 8647953 | 1.049E-04 | 891498857 | 8647953 | 3.73 | 8267871 | 4.48 | 0.09 | 0.13 |
| 45 | | 449316 | 25313 | 1.265E-04 | 14839221 | 9.184E-05 | 1681318838 | 14839221 | 4.87 | 14318517 | 3.56 | 0.16 | 0.12 |
| 46 | | 666392 | 23963 | 9.988E-05 | 23857841 | 8.166E-05 | 2735688702 | 23857841 | 4.35 | 22818845 | 4.54 | 0.21 | 0.11 |
| 47 | | 805823 | 23834 | 8.383E-05 | 33288687 | 7.456E-05 | 4118775316 | 33288687 | 4.68 | 31989712 | 3.91 | 0.26 | 0.11 |
| 48 | | 1698457 | 22355 | 7.178E-05 | 44779731 | 6.989E-05 | 5781983438 | 44779731 | 4.68 | 42617598 | 4.83 | 0.29 | 0.11 |

BANDUNG
UNIVERSITAS
INDONESIA

Tabel 17. Konstanta Regresi Rumus (14)
 untuk Berbagai Harga E_1 pada Perkerasan 2 Lapis

| E_1 [MPa] | a | b | c | r^2 |
|-------------|--------|----------|--------|--------|
| 30 | 0,9035 | - 0,7841 | 0,2012 | 0,9934 |
| 50 | 0,7907 | - 0,6668 | 0,1738 | 0,9817 |
| 70 | 0,6995 | - 0,5733 | 0,1530 | 0,9950 |
| 90 | 0,7067 | - 0,5607 | 0,1473 | 0,9932 |
| 110 | 0,6476 | - 0,5010 | 0,1341 | 0,9908 |
| 130 | 0,6184 | - 0,4632 | 0,1250 | 0,9898 |
| 150 | 0,6228 | - 0,4493 | 0,1201 | 0,9884 |
| 170 | 0,6022 | - 0,4250 | 0,1143 | 0,9864 |

Tabel 18. Konstanta Regresi Rumus (14)
 untuk Berbagai Harga h_1 pada Perkerasan 2 Lapis

| h_1 [mm] | a | b | c | r^2 |
|------------|--------|----------|--------|--------|
| 100 | 1,0907 | - 0,8526 | 0,2033 | 0,9835 |
| 150 | 0,9151 | - 0,7314 | 0,1800 | 0,9934 |
| 200 | 0,5592 | - 0,4483 | 0,1264 | 0,9880 |
| 250 | 0,2631 | - 0,5529 | 0,0800 | 0,8919 |

Pada perkerasan tiga lapis, maka hasil perhitungan diregresi dengan persamaan umum regresi yang sama dengan perkerasan dua lapis. Regresi tersebut dilakukan seperti berikut:

- (a) hasil perhitungan, diregresi untuk hasil $a_1 - E_1$ pada harga E_3 yang tertentu. Hasil regresi itu terlihat pada Tabel 19.
- (b) $a_1 - E_1$ diregresi untuk berbagai harga E_3 tetapi untuk tebal struktur perkerasan yang sama. Hasil regresi itu tercantum pada Tabel 20.
- (c) $a_1 - E_1$ diregresi untuk berbagai kondisi E_3 , tetapi untuk nisbah h_2/h_1 yang sama. Hasil regresi terdapat pada Tabel 21.

(d) $a_1 - E_1$ diregresi tanpa memperhatikan perbedaan ketebalan struktur perkerasan, maupun E_3 , dengan hasil sebagai berikut:

$$a_1 = 0,8211 - 0,5534 \log E_1 + 0,1276 (\log E_1)^2 \quad (16)$$

dengan $r^2 = 0,5935$

Tabel 19. Konstanta regresi rumus (14)
untuk Berbagai Harga E_3 pada Perkerasan 3 Lapis

| E_3 [MPa] | a | b | c | r^2 |
|-------------|--------|----------|--------|--------|
| 30 | 0,8905 | - 0,6301 | 0,1534 | 0,9197 |
| 50 | 0,8096 | - 0,5645 | 0,1377 | 0,9629 |
| 70 | 0,8646 | - 0,5874 | 0,1369 | 0,9090 |
| 90 | 0,7861 | - 0,5316 | 0,1251 | 0,8150 |
| 110 | 0,7795 | - 0,5167 | 0,1188 | 0,6921 |
| 130 | 0,8373 | - 0,5517 | 0,1219 | 0,5700 |
| 150 | 0,8078 | - 0,5272 | 0,1153 | 0,4698 |
| 170 | 0,7794 | - 0,5203 | 0,1121 | 0,3903 |

Tabel 20. Konstanta Regresi Rumus (14)
untuk Berbagai Tebal Struktur Perkerasan 3 Lapis

| h_1 [mm] | h_2 [mm] | a | b | c | r^2 |
|------------|------------|--------|----------|--------|--------|
| 100 | 100 | 0,8381 | - 0,6049 | 0,1461 | 0,9926 |
| 100 | 200 | 0,6515 | - 0,4195 | 0,1071 | 0,9740 |
| 100 | 300 | 0,5615 | - 0,3627 | 0,0953 | 0,7088 |
| 150 | 150 | 0,7638 | - 0,5386 | 0,1321 | 0,9491 |
| 150 | 300 | 0,7121 | - 0,4722 | 0,1140 | 0,6916 |
| 150 | 450 | 1,2383 | - 0,8094 | 0,1614 | 0,3146 |
| 200 | 200 | 0,5704 | - 0,3927 | 0,1047 | 0,8308 |
| 200 | 400 | 0,8811 | - 0,5749 | 0,1265 | 0,4924 |
| 200 | 600 | 1,1759 | - 0,8073 | 0,1619 | 0,3145 |

Tabel 21. Konstanta Regresi Rumus (14)
 untuk Berbagai Nisbah h_2/h_1 pada Perkerasan 3 Lapis

| h_1/h_2 | a | b | c | r^2 |
|-----------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0,7243 | - 0,5122 | 0,1277 | 0,9141 |
| 2 | 0,7477 | - 0,4885 | 0,1158 | 0,6690 |
| 3 | 0,9913 | - 0,6594 | 0,1395 | 0,3822 |

Dari berbagai hasil perhitungan tersebut di atas maka terlihat dengan jelas bahwa koefisien kekuatan relatif akan berubah besarnya, dan tergantung dari modulus kekakuan lapis berbitumen. Dari sekian banyak hasil regresi $a_1 - E_1$ yang memberikan hasil yang berbeda-beda maka disini dianjurkan untuk memakai persamaan regresi (15) untuk perkerasan dua lapis. Sedangkan untuk perkerasan tiga lapis ada beberapa kemungkinan yaitu:

- (a) untuk modulus resilien tanah dasar yang < 100 MPa dapat dipakai hasil regresi pada Tabel 19.
- (b) untuk nisbah $h_2/h_1 = 1$ dapat dipakai hasil regresi pada Tabel 20 ataupun Tabel 21.
- (c) untuk nisbah $h_2/h_1 = 2$ dengan $h_1 < 200$ mm dapat dipakai hasil regresi pada Tabel 21.
- (d) untuk nisbah $h_2/h_1 = 3$ dan $h_1 = 100$ mm dapat dipakai hasil regresi pada Tabel 20.
- (e) untuk nisbah $h_2/h_1 = 3$ dan $h_1 > 100$ mm sementara belum disarankan memakai salah satu dari hasil regresi di atas.

VII. Petunjuk Penggunaan Koefisien Kekuatan Relatif

Untuk memakai perancangan metode AASHTO (1986), maka diperlukan koefisien kekuatan relatif untuk menentukan tebal masing-masing lapis perkerasan. Usaha yang pertama kali harus dilakukan adalah menentukan modulus kekakuan lapis berbitumen yang dipakai dan jumlah lapis perkerasan. Jika Perkerasan yang direncanakan adalah perkerasan dua lapis, maka koefisien kekuatan relatif a_1 dapat ditentukan dengan cukup sederhana, yaitu memakai

persamaan regresi (15).

Bagi perkerasan tiga lapis maka penentuan a_1 menjadi cukup sulit, terutama pada tebal perkerasan yang mempunyai nisbah $h_2/h_1 > 2$. Pemilihan persamaan regresi yang dapat dipakai untuk nisbah $h_2/h_1 \leq 2$ dapat dilihat pada hasil regresi Tabel 19, 20 dan 21. Usahakan memakai persamaan regresi yang mempunyai r^2 yang besar.

VIII. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka jelaslah bahwa pemakaian koefisien kekuatan relatif yang konstan seperti banyak dianjurkan seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3 tanpa mempertimbangkan besarnya modulus kekakuan campuran berbitumen yang dipakai adalah keliru dan tidak dapat dipertanggung jawabkan. Hasil perhitungan ini memang perlu diverifikasi dengan hasil uji di lapangan, akan tetapi dalam penentuan a_1 ini telah diusahakan memakai hasil penelitian terbaru yaitu secara mekanistik-empiris berdasarkan metode The Asphalt Institute.

Daftar Rujukan

- AASHO (1972), *AASHO Interim Guide for Design of Pavement Structures-1972*, Washington, D.C.
- AASHTO (1981), *AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures-1972, Chapter III Revised*, Washington, D.C.
- AASHTO (1986), *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*, Washington, D.C.
- The Asphalt Institute (1981), 'Thickness Design-Asphalt Pavements for Highways and Streets', *Manual Series No. 1 (MS-1)*, College Park, Maryland.
- Carey, W.N. dan P.E. Irick (1962), 'Performance of Flexible Pavements in the AASHO Road Test', *Internal Conference on Structural Design of Asphalt Pavements*, University of Michigan, Ann Arbor.
- Departemen Pekerjaan Umum (1987), 'Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen', *SKBI-2.3.26.1987*, Jakarta.
- George, K.P. (1983), 'Structural Layer Coefficient for Flexible Pavement', *Journal of Transportation*, ASCE, Vol. 110(2).
- Painter, L.J. (1972), 'An Alternate Analysis of the Present Serviceability Index', *Internal Conference on the Structural Design of Asphalt Pavement*, University of Michigan, Ann Arbor.
- Powell, W.D., J.F. Potter, H.C. Mayhew dan M.E. Nunn (1984), 'The Structural Design of Bituminous Roads', *Laboratory Report, LR 1132*, TRRL.

- Rada, Gonzalo dan M.W. Witczak (1981), 'A Comprehensive Evaluation of Laboratory Resilient Moduli Results for Granular Material', *TRB*.
- RRL (1980), 'A Guide to the Structural Design of Pavements for New Roads', *Road Note No. 29*, Her Majesty Stationery Office, London.
- Shell (1978), *Shell Pavement Design Manual-Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic*, London.
- Shook, J.F. dan F.N. Finn (1962), 'Thickness Design Relationships for Asphalt Pavements', *Internal Conference on Structural Design of Asphalt Pavements*, University of Michigan, Ann Arbor.
- Suherlan, V.H.G. (1989), 'Keandalan Rancangan ebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1972 dan Asphalt Institute 1981 yang Dihitung dengan Metode AASHTO 1986', *Skripsi S-1*, Fakultas Teknik jurusan Sipil Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.
- Thompson, M.R. (1987), 'Illi-Pave Based Full-Depth Asphalt Concrete Pavement Procedure', *6th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements*, University of Michigan, Ann Arbor.
- Tjan, A. (1989), *Tebal Perkerasan Lentur (Beton Aspal) Untuk Kondisi Temperatur di Indonesia*, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.
- TRRL (1977), 'A Guide to the Structural Design of Bitumen-surfaced Roads in Tropical and Sub-tropical Countries', *Road Note No. 31*, Her Majesty Stationery Office, London.
- van Til, C.J., B.F. McCullough, B.A. Vallerga dan R.G. Hicks (1972), 'Evaluation of AASHTO Interim Guides for Design of Pavement Structures', *NCHRP Report 128*.