

TUGAS AKHIR

**PENGARUH BEBAN BERLEBIH KENDARAAN
BERAT TERHADAP UMUR RENCANA
PERKERASAN KAKU PADA JALAN DIPONEGORO,
CILACAP
(*THE INFLUENCE OF HEAVY VEHICLE OVERLOAD
ON RIGID PAVEMENT DESIGN LIFE OF
DIPONEGORO ROAD, CILACAP*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



Fiky Apriyadi

14511324

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2018**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH BEBAN BERLEBIH KENDARAAN
BERAT TERHADAP UMUR RENCANA
PERKERASAN KAKU PADA JALAN DIPONEGORO,
CILACAP
(THE INFLUENCE OF HEAVY VEHICLE OVERLOAD
ON RIGID PAVEMENT DESIGN LIFE OF
DIPONEGORO ROAD, CILACAP)**

Disusun oleh

Fiky Apriyadi
14511324

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 6 April 2018

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 955110103

Penguji I

Prima Juanita Romadhona, ST., M.Sc.
NIK : 135111103

Penguji II

Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.
NIK : 145110101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 955110103

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, April 2018

Yang membuat pernyataan,



Fiky Apriyadi

(14511324)

DEDIKASI

“Karena itu, ingatlah kamu kepada-Ku niscaya Aku
ingat (pula) kepadamu, dan bersyukurlah kepada-Ku,
dan janganlah kamu mengingkari (nimat)-Ku.”

(QS. Al-Baqarah :152)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Pengaruh Beban Berlebih Kendaraan Berat Terhadap Umur Rencana Perkerasan Kaku Pada Jalan Diponegoro, Cilacap*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada sebagai berikut.

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T, M.T, PhD. selaku Dosen Pembimbing.
2. Ibu Prima Juanita Romadhona, ST., M.Sc. selaku Dosen Penguji I.
3. Ibu Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.. selaku Dosen Penguji II.
4. Bapak Corry Ya'cub, Ir.,M.T.selaku Dosen *Reviewer*.
5. Bapak dan Ibu penulis yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual.
6. Semua pihak terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, April 2018



Fiky Apriyadi

(14511324)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 Perkerasan Jalan	5
2.2 Beban Berlebih (<i>Overloading</i>)	6
2.3 Penurunan Umur Rencana	7
2.4 Kerusakan Jalan	7
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Perkerasan Jalan	12
3.2 Perkerasan Kaku	12
3.3 Komponen Perkerasan Kaku	18
3.4 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku	23
3.5 Beban Pada Struktur Jalan	24
3.6 Jumlah Berat yang Diizinkan	25

3.7	Umur Rencana	28
3.8	Kemampuan Pelayanan	28
3.9	Penurunan Umur Rencana	29
3.10	<i>Vehicle Damage Factor</i>	29
3.11	Penggolongan Lalu Lintas Kendaraan	33
3.12	Beban Sumbu Kendaraan Berat Angkutan Barang	33
3.13	<i>AASHTO</i> 1993	34
3.10	Modifikasi Rumus <i>AASHTO</i> 1993	41
BAB IV	METODE PENELITIAN	42
4.1	Metode Penelitian	42
4.2	Metode Pengambilan data	43
4.3	Analisis Data	44
4.4	Bagan Alir Penelitian	46
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	48
5.1	Volume Lalu Lintas Harian dan Faktor Perumbuhan Lalu Lintas	48
5.2	Data Berat Kendaraan	49
5.3	Persentase Muatan Berlebih Tiap Golongan Kendaraan	49
5.3.1	Golongan 1	50
5.3.2	Golongan 2	50
5.3.3	Golongan 3	50
5.3.4	Golongan 4	50
5.3.5	Golongan 5	51
5.4	Pembagian Sumbu Tiap Golongan	51
5.4.1	Pembagian beban sumbu tiap golongan standar	51
5.4.2	Pembagian beban sumbu tiap golongan akibat muatan berlebih aktual	52
5.5	<i>Vehicles Damage Factor</i> Tiap Golongan Kendaraan	55
5.5.1	<i>Vehicles damage factor</i> tiap golongan kendaraan berdasarkan Bina Marga 1987 pada kondisi normal	55
5.5.2	<i>Vehicles damage factor</i> tiap golongan kendaraan	

	berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004 pada kondisi normal	59
5.5.3	<i>Vehicles damage factor</i> tiap golongan kendaraan berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993 pada kondisi normal	64
5.5.4	<i>Vehicles damage factor</i> tiap golongan kendaraan berdasarkan Bina Marga 1987 akibat muatan berlebih aktual	64
5.5.5	<i>Vehicles damage factor</i> tiap golongan kendaraan berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004 akibat muatan berlebih aktual	65
5.5.6	<i>Vehicles damage factor</i> tiap golongan kendaraan berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993 akibat muatan berlebih aktual	66
5.6	<i>Vehicles Damage Factor</i> Kumulatif	66
5.6.1	<i>Vehicles damage factor</i> kumulatif kondisi normal berdasarkan Bina Marga 1987	66
5.6.2	<i>Vehicles damage factor</i> kumulatif kondisi normal berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	69
5.6.3	<i>Vehicles damage factor</i> kumulatif kondisi normal berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	71
5.6.4	<i>Vehicles damage factor</i> kumulatif kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan Bina Marga 1987	73
5.6.5	<i>Vehicles damage factor</i> kumulatif kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	76
5.6.6	<i>Vehicles damage factor</i> kumulatif kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	78
5.6.7	Persentase peningkatan <i>VDF</i> kumulatif akibat muatan berlebih aktual berdasarkan Bina Marga 1987	81
5.6.8	Persentase peningkatan <i>VDF</i> kumulatif akibat muatan berlebih aktual berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	82
5.6.9	Persentase peningkatan <i>VDF</i> kumulatif akibat muatan berlebih aktual berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	82

5.6.10	Perbandingan persentase peningkatan <i>VDF</i> kumulatif akibat muatan berlebih aktual antara metode Bina Marga 1987, <i>NAASRA</i> 2004 dan <i>AASHTO</i> 1993	83
5.7	Umur Rencana	84
5.7.1	Persentase penurunan umur rencana kondisi normal berdasarkan Bina Marga 1987	84
5.7.2	Persentase penurunan umur rencana kondisi normal berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	86
5.7.3	Persentase penurunan umur rencana kondisi normal berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	89
5.7.4	Persentase penurunan umur rencana kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan Bina Marga 1987	92
5.7.5	Persentase penurunan umur rencana kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	94
5.7.6	Persentase penurunan umur rencana kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	97
5.7.7	Perbandingan persentase penurunan umur rencana akibat muatan berlebih aktual metode Bina Marga 1987, <i>NAASRA</i> 2004 dan <i>AASHTO</i> 1993	100
5.8	Kebutuhan Tebal Perkerasan	101
5.8.1	Kebutuhan tebal perkerasan kondisi normal berdasarkan <i>VDF</i> metode Bina Marga 1987	101
5.8.2	Kebutuhan tebal perkerasan kondisi normal berdasarkan <i>VDF</i> metode <i>NAASRA</i> 2004	102
5.8.3	Kebutuhan tebal perkerasan kondisi normal berdasarkan <i>VDF</i> metode <i>AASHTO</i> 1993	102
5.8.4	Kebutuhan tebal perkerasan kondisi muatan berlebih aktual berdasarkan <i>VDF</i> metode Bina Marga 1987	102
5.8.5	Kebutuhan tebal perkerasan kondisi muatan berlebih aktual berdasarkan <i>VDF</i> metode <i>NAASRA</i> 2004	103
5.8.6	Kebutuhan tebal perkerasan kondisi muatan berlebih	

	aktual berdasarkan <i>VDF</i> metode <i>AASHTO</i> 1993	104
5.8.7	Perbandingan kebutuhan tebal perkerasan kondisi normal Metode nilai <i>VDF</i> Bina Marga 1987, <i>NAASRA</i> 2004 dan <i>AASHTO</i> 1993	104
5.8.8	Perbandingan kebutuhan tebal perkerasan kondisi akibat muatan berlebih aktual metode nilai <i>VDF</i> Bina Marga 1987, <i>NAASRA</i> 2004 dan <i>AASHTO</i> 1993	105
5.9	Simulasi Muatan Berlebih	106
5.9.1	Pembagian beban sumbu tiap golongan akibat muatan berlebih simulasi	106
5.9.2	<i>VDF</i> tiap golongan akibat muatan berlebih simulasi berlebih simulasi berdasarkan Bina Marga 1987	108
5.9.3	<i>VDF</i> tiap golongan akibat muatan berlebih simulasi berlebih simulasi berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	109
5.9.4	<i>VDF</i> tiap golongan akibat muatan berlebih simulasi berlebih simulasi berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	111
5.9.5	<i>VDF</i> kumulatif kondisi akibat muatan berlebih simulasi berdasarkan Bina Marga 1987	112
5.9.6	<i>VDF</i> kumulatif kondisi akibat muatan berlebih simulasi berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	115
5.9.7	<i>VDF</i> kumulatif kondisi akibat muatan berlebih simulasi berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	117
5.9.8	Persentase penurunan umur rencana akibat muatan berlebih simulasi	123
5.9.9	Kebutuhan tebal perkerasan akibat muatan berlebih simulasi	128
BAB VI	SIMPULAN DAN SARAN	133
6.1	Simpulan	133
6.2	Saran	134
	DAFTAR PUSTAKA	135
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Penelitian Ini dengan Penelitian Sebelumnya	8
Tabel 3.1	Hubungan Konfigurasi Sumbu, MST dan JBI	26
Tabel 3.2	Hubungan Konfigurasi Sumbu, MST dan JBI untuk Penarik dan Kereta Tempelan	27
Tabel 3.3	<i>VDF</i> Berdasar Bina Marga MST 10	32
Tabel 3.4	<i>VDF</i> Berdasar <i>NAASRA</i> MST 10	32
Tabel 3.5	Distribusi Lajur (D_L)	35
Tabel 3.6	Nilai R yang Disarankan	36
Tabel 3.7	Hubungan Antara R dan Z_r	36
Tabel 3.8	Nilai Indeks Pelayanan Akhir	37
Tabel 3.9	Faktor <i>Loss Support</i>	38
Tabel 3.10	Koefisien Drainase	39
Tabel 3.11	Kualitas Drainase	40
Tabel 3.12	Koefisien Transfer Beban	40
Tabel 5.1	Volume Lalu Lintas	48
Tabel 5.2	Jumlah Kendaraan <i>Overload</i>	49
Tabel 5.3	Penggolongan Kendaraan	49
Tabel 5.4	Persentase Muatan Berlebih Aktual Rata-rata Tiap Golongan	51
Tabel 5.5	Pembagian Beban Sumbu MST 10 ton	52
Tabel 5.6	Pembagian Beban Sumbu Akibat Muatan berlebih Aktual	54
Tabel 5.7	Nilai <i>VDF</i> Tiap Golongan Kondisi Normal Berdasarkan Bina Marga 1987	59
Tabel 5.8	Nilai <i>VDF</i> Tiap Golongan Kondisi Normal Berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	63
Tabel 5.9	Nilai <i>VDF</i> Tiap Golongan Kondisi Normal Berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	64
Tabel 5.10	<i>Vehicles Damage Factor</i> Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan Bina Marga 1987	65

Tabel 5.11	<i>Vehicles Damage Factor</i> Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	65
Tabel 5.12	<i>Vehicles Damage Factor</i> Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	66
Tabel 5.13	<i>VDF</i> Kumulatif Kondisi Normal Berdasarkan Bina Marga 1987	68
Tabel 5.14	<i>VDF</i> Kumulatif Kondisi Normal Berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	71
Tabel 5.15	<i>VDF</i> Kumulatif Kondisi Normal Berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	73
Tabel 5.16	<i>VDF</i> Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan Bina Marga 1987	76
Tabel 5.17	<i>VDF</i> Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	78
Tabel 5.18	<i>VDF</i> Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	81
Tabel 5.19	Persentase Umur Rencana Kondisi Normal Berdasarkan Bina Marga 1987	85
Tabel 5.20	Persentase Umur Rencana Kondisi Normal Berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	88
Tabel 5.21	Persentase Umur Rencana Kondisi Normal Berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	90
Tabel 5.22	Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan Bina Marga 1987	92
Tabel 5.23	Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	94
Tabel 5.24	Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	97
Tabel 5.25	Kebutuhan Tebal Perkerasan	105
Tabel 5.26	Pembagian Beban Sumbu Akibat Muatan Berlebih 5% Berdasarkan Bina Marga 1987	106
Tabel 5.27	Pembagian Beban Sumbu Akibat Muatan Berlebih 5% Berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	107

Tabel 5.28	Pembagian Beban Sumbu Akibat Muatan Berlebih 5% Berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	107
Tabel 5.29	<i>VDF</i> Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga 1987	108
Tabel 5.30	<i>VDF</i> Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	110
Tabel 5.31	<i>VDF</i> Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	111
Tabel 5.32	<i>VDF</i> kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga 1987	113
Tabel 5.33	<i>VDF</i> kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	115
Tabel 5.34	<i>VDF</i> kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	118
Tabel 5.35	Persentase Kenaikan <i>VDF</i> Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga 1987	120
Tabel 5.36	Persentase Kenaikan <i>VDF</i> Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	121
Tabel 5.37	Persentase Kenaikan <i>VDF</i> Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	121
Tabel 5.38	Penurunan Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih	127
Tabel 5.39	W_{18} Akibat Muatan Berlebih Berdasarkan Bina Marga 1987	128
Tabel 5.40	W_{18} Akibat Muatan Berlebih Berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	129
Tabel 5.41	W_{18} Akibat Muatan Berlebih Berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	130
Tabel 5.42	Kebutuhan Tebal Perkerasan	131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Distribusi Beban Kendaraan Pada Struktur Perkerasan kaku	12
Gambar 3.2	Struktur Perkerasan Beton Semen	13
Gambar 3.3	Skema Pembagian Beban Pada Perkerasan Kaku	13
Gambar 3.4	Tipe-tipe Perkerasan Beton	18
Gambar 3.5	Hubungan Antara <i>CBR</i> dan Modulus Reaksi Tanah Dasar	19
Gambar 3.6	Tebal Lapis Pondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Beton	21
Gambar 3.7	<i>CBR</i> Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah	21
Gambar 3.8	Hubungan Kemampuan Pelayanan Dengan Umur Perkerasan	29
Gambar 3.9	Nilai <i>K</i> dengan Dikoreksi Terhadap Kehilangan Dukungan Lapisan Pondasi Bawah	38
Gambar 4.1	<i>Flowchart</i> Penelitian	47
Gambar 5.1	Grafik Penurunan Umur Rencana Pada Kondisi Normal Berdasarkan Bina Marga 1987, <i>NAASRA</i> 2004 dan <i>AASHTO</i> 1993	90
Gambar 5.2	Grafik Penurunan Umur Rencana Pada Kondisi Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan Bina Marga 1987	93
Gambar 5.3	Grafik Perbandingan Penurunan Umur Rencana Berdasarkan Bina Marga 1987	94
Gambar 5.4	Grafik Penurunan Umur Rencana Pada Kondisi Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	95
Gambar 5.5	Grafik Perbandingan Penurunan Umur Rencana Berdasarkan <i>NAASRA</i> 2004	97
Gambar 5.6	Grafik Penurunan Umur Rencana Pada Kondisi Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	98
Gambar 5.7	Grafik Perbandingan Penurunan Umur Rencana Berdasarkan <i>AASHTO</i> 1993	99

Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Penurunan Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan Bina Marga 1987, NAASRA 2004 dan AASHTO 1993	101
Gambar 5.9 Grafik Peningkatan VDF Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga 1987, NAASRA 2004 dan AASHTO 1993	122
Gambar 5.10 Grafik Penurunan Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Belebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga 1987	124
Gambar 5.11 Grafik Penurunan Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Belebih Simulasi Berdasarkan NAASRA 2004	125
Gambar 5.12 Grafik Penurunan Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Belebih Simulasi Berdasarkan AASHTO 1993	126
Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Penurunan Umur Rencana Akibat Muatan Belebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga 1987, NAASRA 2004, dan AASHTO 1993	128
Gambar 5.14 Grafik Perbandingan Kebutuhan Tebal Perkerasan Akibat Muatan Belebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga 1987, NAASRA 2004 dan AASHTO 1993	132

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan
 Timbang Wanareja 12 Oktober 2017
- Lampiran 2 Hasil Perhitungan Persentase Muatan Berlebih
- Lampiran 3 Faktor Ekuivalen Beban Gandar untuk Perkerasan Kaku *AASHTO*
 1993
- Lampiran 4 Pembagian Sumbu Akibat Muatan Berlebih Simulasi
- Lampiran 5 Data LHR tahun 2015 dan 2016

ABSTRAK

Jalan Diponegoro, Cilacap, Jawa Tengah merupakan jalur utama yang menghubungkan beberapa provinsi, kota dan kabupaten di wilayah selatan Jawa. Jalan tersebut banyak dilalui kendaraan berat muatan barang, sehingga berpotensi sering terjadi pelanggaran muatan berlebih. Muatan berlebih berpotensi berpengaruh terhadap kondisi perkerasan jalan yang telah direncanakan. Dengan adanya permasalahan tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh muatan berlebih pada kendaraan berat terhadap kondisi jalan, yaitu mencakup *vehicle damage factor*, umur rencana dan kebutuhan tebal perkerasan.

Data yang digunakan menggunakan data sekunder berupa data berat kendaraan aktual dari jembatan timbang Wanareja, LHR, tebal perkerasan eksisting, dan umur rencana jalan dari P2JN, kemudian perhitungan presentase nilai *VDF* akibat muatan berlebih dan penurunan umur rencana menggunakan nilai *vehicle damage factor* metode *AASHTO* (1993), *NAASRA* (2004), dan Bina Marga (1987). Kemudian perhitungan kebutuhan tebal perkerasan dengan metode modifikasi *AASHTO* (1993).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan pengaruh muatan berlebih aktual kendaraan berat semakin besar persentase muatan berlebih yang terjadi dapat menurunkan umur rencana dan meningkatkan kebutuhan tebal perkerasan yang dibutuhkan. Dengan muatan berlebih aktual yang terjadi di Jalan Diponegoro, Cilacap diperoleh peningkatan nilai *VDF* kumulatif, berdasar metode Bina Marga (1987) sebesar 86,68%, berdasar metode *NAASRA* (2004) sebesar 81,57%, sedangkan dengan metode *AASHTO* (1993) sebesar 95,83%. Penurunan umur rencana akibat muatan berlebih aktual berdasar metode Bina Marga (1987) sebesar 4,137 tahun, berdasar metode *NAASRA* (2004) sebesar 3,954 tahun sedangkan dengan metode *AASHTO* (1993) sebesar 4,453 tahun. Kebutuhan tebal perkerasan akibat muatan berlebih aktual, berdasar metode Bina Marga (1987) diperoleh peningkatan 9,93% dari kondisi normal, berdasar metode *NAASRA* (2004) sebesar 9,41% sedangkan dengan metode *AASHTO* (1993) sebesar 10,69%. Pada simulasi persentase muatan berlebih diperoleh muatan berlebih 10% sudah berpengaruh terhadap kondisi jalan, diperoleh penurunan umur rencana 6 bulan dengan metode Bina Marga 1987, *NAASRA* (2004) dan *AASHTO* (1993). Kebutuhan tebal perkerasan meningkat sebesar 0,34 cm dengan nilai *VDF* Bina Marga (1987), dengan nilai *VDF NAASRA* 2004 sebesar 0,33 cm sedangkan dengan nilai *VDF AASHTO* (1993) sebesar 0,36 cm dari kondisi normal.

Kata kunci : Muatan Berlebih, Umur Rencana, Tebal Perkerasan Kaku, *AASHTO* 1993, *NAASRA* 2004, Bina Marga 1987

ABSTRACT

Jalan Diponegoro, Cilacap, Central Java is the main route connecting several provinces, towns and districts in the southern region of Java, the road is heavily loaded by heavy vehicle cargo of goods, so potentially frequent violations of excess payload, excessive payload potentially affect the condition of paved roads that have been planned . Given these problems, this study aims to determine the effect of excessive load on heavy vehicles on road conditions, which include the vehicle damage factor, design life and the need for pavement thickness.

The data used using secondary data are actual vehicle weight data from weighing bridge Wanareja, LHR, existing pavement thickness, and age of road plan from P2JN, then calculation percentage of VDF value due to overload and decrease of plan age using vehicle damage factor method AASHTO (1993), NAASRA (2004), and Bina Marga (1987). Then calculate the need of pavement thickness with AASHTO modification method (1993).

The results of this study indicate that the overall effect of actual heavy loads of heavy vehicles the greater the percentage of excessive loads that occur can reduce the age of the plan and increase the need for thickness of pavement required. With the actual overload that occurred on Jalan Diponegoro, Cilacap obtained an increase in cumulative VDF value, based on Bina Marga method (1987) of 86.68%, based on NAASRA (2004) method of 81.57%, while with AASHTO (1993) method 95.83%. Decrease of plan age due to actual overload based on Bina Marga method (1987) is 4,137 years, based on NAASRA (2004) method 3,954 years while with AASHTO (1993) method 4,453 years. The need for thickness of the pavement due to actual overload, based on Bina Marga method (1987) obtained an increase of 9,93% from normal condition, based on method NAASRA (2004) equal to 9,41% while with AASHTO (1993) method equal to 10,69%. In the simulation of the percentage of overloaded load 10%, overloaded load has influenced the road condition, this data obtained by decreasing the age of 6 months plan with Bina Marga (1987) method, NAASRA (2004) and AASHTO (1993). The need for pavement thickness increased by 0.34 cm with VDF Bina Marga 1987, with a value of VDF NAASRA 2004 by 0.33 cm while the value of VDF AASHTO (1993) of 0.36 cm from normal conditions.

Keywords : *Overloading, Design Life, rigid pavement thickness, AASHTO 1993, NAASRA 2004, Bina Marga 1987*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pembangunan Indonesia saat ini sangat maju, salah satu yang berperan penting dalam hal tersebut adalah sarana transportasi jalan raya. Jalan raya dapat meningkatkan kegiatan perekonomian yang ada di suatu tempat karena membantu orang untuk pergi atau mengirim barang lebih cepat ke suatu tujuan. Dengan keberadaan jalan raya, komoditi dapat mengalir ke pasar setempat dan hasil ekonomi dari suatu tempat dapat dijual kepada pasaran di luar wilayah tersebut. Selain itu, jalan raya juga dapat mengembangkan perekonomian di sepanjang lintasannya. Jalan raya di Indonesia pada saat ini telah mengalami perkembangan yang pesat, hal tersebut dapat terlihat saat ini semakin banyak pembangunan-pembangunan jalan baru maupun upaya peningkatan kualitas jalan yang sudah ada.

Perkerasan kaku adalah salah satu jenis perkerasan yang digunakan di Indonesia, perkerasan kaku (*rigid pavement*) terdiri dari pelat beton semen *Portland* yang terletak langsung di atas tanah dasar, atau di atas lapisan material *granular* (*subbase*) yang berada di atas tanah dasar. *FHWA* (2006) mendefinisikan perkerasan kaku merupakan perkerasan yang terdiri dari pelat beton semen *Portland* yang dibangun di atas lapis pondasi (*base*) yang posisinya berada di atas tanah dasar. Menurut Fitriana (2014), Perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang relatif cukup tinggi.

Perencanaan tebal perkerasan memerlukan perhitungan perencanaan volume lalu lintas pada periode tertentu yang dinyatakan dalam istilah lalu lintas rancangan (*design traffic*). Pertimbangan-pertimbangan yang harus diperhatikan, mencakup besarnya beban gandar, konfigurasi dan jumlah pengulangan beban atau jumlah beban gandar total. Jalan direncanakan dengan menentukan umur rencana jalan, yaitu umur yang direncanakan ketika jalan dibangun yang melayani lalu lintas dengan kondisi beban sesuai dengan perencanaan sehingga selama umur rencana

tersebut jalan dapat beroperasi dengan baik, namun pada kondisi di lapangan terdapat beberapa masalah yang sering terjadi, di antaranya berkurangnya kenyamanan dan keamanan pada saat melintas yang diakibatkan oleh kerusakan jalan terutama pada struktur perkerasannya.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2007), Kerusakan jalan disebabkan oleh empat hal utama, yakni material konstruksi, lalu lintas, iklim dan air. Salah satu yang berpengaruh terhadap kerusakan jalan adalah kondisi lalu lintas, semakin banyak lalu lintas yang melintas semakin banyak beban yang melalui jalan tersebut. Jalan nasional merupakan jalan yang memiliki volume lalu lintas cukup padat karena menghubungkan beberapa kota dan provinsi. Jalan nasional rute 3 merupakan jalan arteri primer yaitu jalan yang menghubungkan secara efisien antar pusat kegiatan nasional atau antar pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah (Undang-Undang RI No.13 Tahun 1980). Jalan tersebut menghubungkan Cilegon dengan Ketapang, dan biasanya disebut “Jalur Selatan Jawa” karena melintasi kota-kota di wilayah Selatan pulau Jawa. Rute ini melewati empat provinsi yaitu Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur ditambah satu daerah istimewa, yaitu Daerah Istimewa Yogyakarta.

Salah satu bagian dari jalan Nasional rute 3 tersebut adalah jalan Diponegoro, Jenang, Majenang, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Jalan tersebut merupakan jalur utama yang menghubungkan lalu lintas dari arah Barat ke wilayah Timur yang melewati beberapa provinsi, kota dan kabupaten, sehingga lalu lintasnya cukup padat dan banyak dilalui kendaraan berat yang membawa barang-barang niaga. Lalu lintas yang padat menyebabkan beban lalu lintas meningkat, sehingga berpengaruh pada kondisi jalan terutama pada bagian struktur perkerasan jalan. Beban lalu lintas adalah salah satu parameter dalam perhitungan perencanaan perkerasan jalan, yaitu sebagai jumlah lintasan beban gandar standar yang terjadi selama umur rencana jalan. Muatan berlebih merupakan salah satu jenis pelanggaran yang biasa terjadi pada kendaraan berat angkutan barang. Pelanggaran tersebut sebenarnya dapat diminimalisir oleh jembatan timbang yang beroperasi 24 jam tanpa henti untuk menindak para pelanggar muatan berlebih yang tidak sesuai ijin. Beban *overloading* berpotensi berpengaruh terhadap beban lalu lintas yang

terjadi, sehingga dapat mempengaruhi kondisi perkerasan jalan yang telah direncanakan.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan analisis pengaruh beban berlebih terhadap umur rencana perkerasan, khususnya pada perkerasan kaku pada Jalan Diponegoro, Cilacap.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana persentase beban *overloading* aktual yang terjadi pada jalan Diponegoro, Kabupaten Cilacap?
2. Bagaimana pengaruh beban *overloading* terhadap “*damage factor*” kendaraan pada perkerasan kaku?
3. Bagaimana pengaruh beban *overloading* pada perkerasan terhadap umur rencana perkerasan kaku?
4. Bagaimana pengaruh beban *overloading* terhadap kebutuhan tebal perkerasan sesuai umur rencana yang telah ditentukan?
5. Bagaimana pengaruh beban *overloading* simulasi terhadap kondisi jalan Diponegoro, Kabupaten Cilacap?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui persentase beban *overloading* aktual di jalan Diponegoro, Cilacap.
2. Mengetahui pengaruh beban *overloading* terhadap “*damage factor*” kendaraan pada perkerasan kaku.
3. Mengetahui pengaruh beban *overloading* pada perkerasan kaku terhadap umur rencana perkerasan kaku.
4. Mengetahui pengaruh beban *overloading* terhadap kebutuhan tebal perkerasan sesuai umur rencana yang telah ditentukan.
5. Mengetahui pengaruh beban *overloading* simulasi terhadap kondisi jalan Diponegoro, Kabupaten Cilacap.

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa hal yang diharapkan membawa manfaat setelah penelitian ini dilaksanakan antara lain sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan bagi pembaca tentang pengaruh beban *overloading* terhadap umur rencana perkerasan kaku.
2. Menambah pengetahuan bagi pembaca tentang pengaruh beban *overloading* terhadap kebutuhan tebal perkerasan kaku.
3. Memberikan masukan bagi peneliti lanjutan di bidang perkerasan jalan.
4. Memberikan masukan dalam perencanaan pemeliharaan perkerasan kaku.
5. Sebagai acuan dalam perencanaan perubahan peraturan tentang beban ijin kendaraan berat.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk memfokuskan lingkup penelitian maka ditetapkan beberapa batasan penelitian sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada Jalan Diponegoro, Kecamatan Majenang, Kabupaten Cilacap.
2. Data jembatan timbang yang digunakan merupakan data 1 bulan terakhir.
3. Pengambilan data dilakukan pada jembatan timbang Wanareja dan Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi Jawa Tengah.
4. Perhitungan *VDF* menggunakan metode Bina Marga (1987), *NAASRA* (2004) dan *AASHTO* (1993).
5. Nilai sisa umur perkerasan menggunakan metode *AASHTO* (1993).
6. Analisis tebal perkerasan menggunakan metode modifikasi *AASHTO* (1993).
7. Perhitungan tebal perkerasan merupakan desain untuk umur rencana 20 tahun.
8. Jenis perkerasan kaku yang diteliti adalah perkerasan kaku Perkerasan beton tak bertulang bersambungan (*JPCP*).
9. Tidak memperhitungkan tulangan pada perkerasan kaku.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (2003) perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang memiliki fungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan mengenai sifat, pengadaan dan pengelolaan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan.

Tanah asli di alam jarang sekali dalam kondisi mampu mendukung beban berulang dari lalu lintas kendaraan tanpa mengalami deformasi yang besar. Karena itu, dibutuhkan suatu struktur yang dapat melindungi tanah dari beban roda kendaraan, struktur ini disebut perkerasan (*pavement*). Perkerasan memiliki fungsi untuk melindungi tanah dasar (*subgrade*) dan lapisan-lapisan pembentuk perkerasan agar tidak mengalami tegangan dan regangan yang berlebihan oleh akibat dari beban lalu lintas yang terjadi. Perkerasan merupakan struktur yang diletakan pada tanah dasar yang berada di bawahnya. Perkerasan harus memberikan permukaan yang rata dengan kekesatan tertentu, dengan umur pelayanan yang cukup panjang, serta pemeliharaan yang minimum (Hardiyatmo, 2011).

Suryawan (2005) menjelaskan bahwa perkerasan jalan beton semen *portland* atau lebih sering disebut perkerasan kaku, terdiri dari komponen pelat beton semen *portland* dan lapisan pondasi (atau juga bisa tidak ada) di atas tanah dasar. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan dapat mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas, sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari slab beton sendiri. Hal tersebut berbeda dengan perkerasan lentur di mana kekuatan perkerasan diperoleh dari lapisan-lapisan tebal pondasi bawah, pondasi dan lapisan permukaan. Karena yang paling penting adalah mengetahui kapasitas struktur yang

menampung beban, sehingga faktor yang paling penting diperhatikan dalam perancangan jalan beton semen *portland* adalah kekuatan beton itu sendiri, adanya beragam kekuatan dari tanah dasar dan atau pondasi hanya relatif berpengaruh kecil terhadap kapasitas struktural perkerasannya (tebal pelat beton), tetapi untuk perancangan badan jalan (tanah dasar) perlu kajian geoteknik tersendiri jika ditemukan klasifikasi tanah yang masuk kategori tidak baik sebagai tanah dasar.

Menurut Hardiyatmo (2011), perkerasan beton atau perkerasan kaku (*rigid pavement*) terdiri dari pelat beton semen *portland* yang terletak langsung di atas tanah dasar, atau di atas lapisan material *granular (subbase)* yang berada di atas tanah dasar (*subgrade*).

2.2 Beban Berlebih (*Overloading*)

Firdaus (1999) menyatakan bahwa kelebihan muatan 85,25% pada kendaraan 2 as akan menaikkan *damage factor* sebesar 1077,81%, kelebihan muatan 82,20% pada kendaraan 3 as akan menaikkan *damage factor* sebesar 1001,92%. Salah satu penyebab muatan berlebih masih terjadi adalah karena lemahnya penegakan hukum terhadap pelaku pelanggaran muatan berlebih, sedangkan peningkatan kerusakan jalan yang terjadi lebih besar dari kemampuan pendanaan yang tersedia untuk penanganan jalan.

Wartadinata dan Situmorang (2012) menyatakan apabila beban muatan dibiarkan terus menerus terjadi, maka pada umur tahun pelayanan akan dimungkinkan terjadi kerusakan, hal ini dapat menimbulkan kerugian ekonomi.

Saleh, dkk. (2009) menyampaikan bahwa truk bermuatan lebih sangat berpengaruh terhadap daya rusak jalan. Kerusakan jalan berbanding lurus terhadap persentase kelebihan muatan bila dibandingkan dengan muatan sesuai jumlah beban ijin (JBI). Muatan truk berlebih mencapai persentase 50% mempengaruhi biaya pemeliharaan jalan sampai 2,5 kali terhadap rencana biaya pemeliharaan rutin per tahun dalam rentang waktu masa pelayanan. Kerusakan jalan yang diakibatkan oleh truk dengan muatan berlebih 50% meningkatkan biaya transportasi sebesar Rp. 45/ton-km, sehingga berakibat pada perekonomian.

Mulyono (2011) memaparkan bahwa efek muatan berlebih (*overloading*) merupakan penyebab kerusakan perkerasan struktur jalan, yang dibuktikan dengan adanya daerah lebar alur lebih besar dari 60% dari total kerusakan struktural per km, akibat adanya kendaraan dengan beban gandar maksimum (*Max Axle Load*) lebih besar dari standar beban gandar yang diijinkan untuk masing-masing kelas jalan. Muatan berlebih akan meningkatkan kerusakan jalan dan memperpendek umur layanan jalan sehingga perlu pengendalian terhadap muatan berlebih berupa pengendalian terhadap muatan sumbu terberat (MST) (Ditjen Perhubungan Darat, 2005).

2.3 Penurunan Umur Rencana

Afrizal (2014) menyampaikan bahwa volume lalu lintas dan kapasitas muatan sangat berpengaruh langsung terhadap penurunan umur rencana jalan, terutama pada kendaraan yang mempunyai muatan melebihi kapasitas muatan izin sebesar 8,16 ton. Mulyono (2011) menyatakan bahwa penurunan kinerja jalan lebih dominan disebabkan pengaruh faktor eksternal (repetisi beban gandar kendaraan dan disfungsi sistem drainase spasial terhadap drainase jalan).

2.4 Kerusakan Jalan

Kerusakan jalan ditunjukkan dengan bentuk permukaan jalan bisa terjadi sebagai dampak dari ketidakpatuhan terhadap regulasi yang ditetapkan pemerintah akan menyebabkan kerusakan struktural jalan daerah (Mulyono, 2009).

Mulyono (2010) menjelaskan bahwa penyebab kerusakan awal konstruksi jalan daerah adalah : 1) mutu konstruksi tidak sesuai dengan standar; 2) beban gandar kendaraan tidak sesuai kelas jalan daerah; dan 3) disfungsi sistem drainase. Kerusakan jalan akibat muatan berlebih *overloading* menyebabkan umur layanan jalan menjadi pendek dan menyebabkan kerugian ekonomi.

Meningkatnya biaya operasional kendaraan dan memberikan dampak ekonomi suatu wilayah, oleh karena itu kenaikan biaya operasional kendaraan akan mengakibatkan penurunan potensi ekonomi daerah (Parikesit, 2010). Perbedaan

penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Ini dengan Penelitian Terdahulu

No	Aspek	Lutfah dan Mulyono (2015)	Sentosa dan Roza (2012)	Meutia dan Sentosa (2010)	Situmorang, dkk (2012)	Afrizal (2014)
1.	Judul	Analisis Dampak Beban <i>Overloading</i> Kendaraan Berat Angkutan Barang Terhadap Umur Rencana dan Biaya Kerugian Penanganan Jalan	Analisis Dampak Beban <i>Overloading</i> Kendaraan Pada Struktur <i>Rigid Pavement</i> Terhadap Umur Rencana Perkerasan (Studi Kasus Ruas Jalan Simp Lago – Sorek Km 77 S/D 78	Evaluasi Struktur Perkerasan Jalan Menggunakan Data Berat Beban Kendaraan Dari Jembatan Timbang	Analisis Kinerja Jalan dan Perkerasan Lentur Akibat Pengaruh Muatan Lebih (<i>Overloading</i>)	Analisa Pengaruh Muatan Berlebih Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan
2.	Metode analisis	Bina Marga 2002	AASHTO (1993)	AASHTO (1993)	Bina Marga 2002	Bina Marga 2002
3.	Jenis perkerasan	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku	Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur	Perkerasan Lentur
4.	Parameter yang ditinjau	Umur rencana, muatan berlebih, biaya penanganan	Umur rencana, muatan berlebih	Umur rencana, penurunan umur rencana	Umur rencana, tebal <i>overlay</i> , kepadatan lalu lintas	Umur rencana

Sumber : Lutfah dan Mulyono (2015), Sentosa dan Roza (2012), Meutia dan Sentosa (2010), Situmorang, dkk (2012) dan Afrizal (2014)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Ini dengan Penelitian Terdahulu

No	Aspek	Lutfah dan Mulyono (2015)	Sentosa dan Roza (2012)	Meutia dan Sentosa (2010)	Situmorang, dkk (2012)	Afrizal (2014)
5.	Jalan yang ditinjau	Jalan Lamongan-Gresik	Ruas Jalan Simp Lago – Sorek Km 77 S/D 78	Ruas jalan Siberida-Batas Jambi	Ruas jalan Semarang - Kendal	Ruas jalan Panti-Simpang Empat
6.	Hasil	Penurunan umur rencana jalan akibat beban <i>overloading</i> kendaraan berat angkutan barang di sekitar jembatan timbang Lamongan ruas jalan Lamongan-Gresik sebesar 4,93 tahun. Biaya penanganan yang dibutuhkan akibat penurunan umur rencana yaitu sebesar Rp. 3.522.712.000,00.	Umur rencana 20 tahun dengan kondisi <i>overload</i> maka umur rencana perkerasan berakhir pada tahun ke 12 (terjadi penurunan umur rencana sebesar 8 tahun). berdasarkan <i>AASHTO</i> (1993) sisa umur layan adalah 80,69 %, sedangkan dengan beban berlebih maka sisa umur rencana hanya 54,75% (terjadi pengurangan umur layan sebesar 25,94%).	Tebal perkerasan pada realisasi menunjukkan adanya penambahan sebesar 7% dari tebal perkerasan semula. Penurunan sisa umur rencana jalan sebesar 6,94%.	Penurunan umur rencana perkerasan dari desain awal perencanaan yaitu 10 tahun dengan beban ideal MST 10 ton. Akibat beban berlebih yang didapatkan hasil survei aktual di lapangan mengakibatkan sisa umur pelayanan 4,2 tahun daru umur rencana 10 tahun.	Besarnya penurunan umur rencana pada tahun 2013 akibat muatan lebih (<i>Overload</i>) adalah : 6,63 Tahun.

Sumber : Lutfah dan Mulyono (2015), Sentosa dan Roza (2012), Meutia dan Sentosa (2010), Situmorang, dkk (2012) dan Afrizal (2014)

Adapun perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang terdahulu adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini menggunakan metode modifikasi *AASHTO* (1993) dalam perencanaan tebal perkerasan kaku.
2. Jenis perkerasan yang ditinjau adalah perkerasan kaku.
3. Memperhitungkan setiap persentase pengaruh beban berlebih terhadap kebutuhan tebal perkerasan.
4. Jalan yang ditinjau adalah Jalan Diponegoro, Kabupaten Cilacap.

Adapun persamaan penelitian ini dengan penelitian yang terdahulu adalah sebagai berikut.

1. Meninjau beban berlebih.
2. Memperhitungkan umur rencana terhadap beban berlebih.
3. Memperhitungkan *damage factor* kendaraan.

BAB III

LANDASAN TEORI

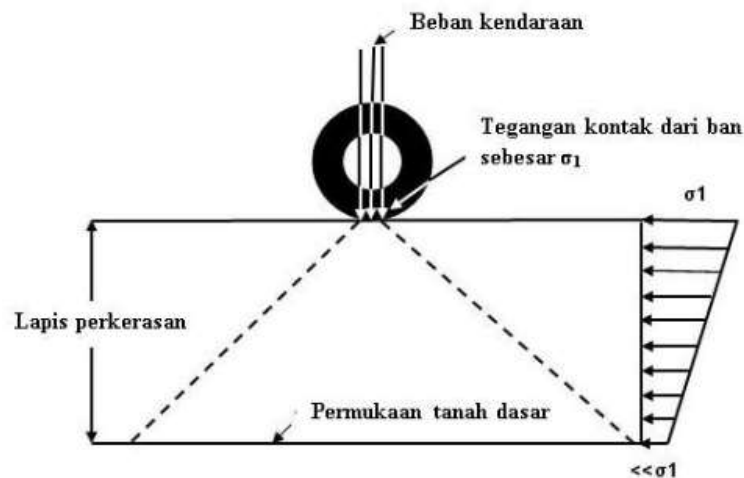
3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai adalah batu pecah atau batu belah atau batu kali ataupun bahan lainnya. Bahan ikat yang dipakai adalah aspal, semen ataupun tanah liat. Fungsi utama perkerasan adalah menyebarkan beban roda kendaraan ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga mengurangi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar, yaitu pada tekanan di mana tanah dasar tidak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan. Menurut Hardiyatmo (2011), fungsi perkerasan jalan adalah sebagai berikut.

1. Untuk memberikan struktur yang kokoh dalam mendukung beban lalu lintas.
2. Untuk memberikan tanahan gelincir atau kekesatan (*skid resistance*) pada permukaan perkerasan.
3. Untuk memberikan permukaan rata/aus bagi pengendara.
4. Untuk mendistribusikan beban roda kendaraan di atas pondasi tanah secara memadai, sehingga dapat melindungi tanah dari tekanan yang besar.
5. Untuk melindungi formasi tanah dari pengaruh perubahan cuaca yang buruk.

Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa merusak konstruksi perkerasan itu sendiri. Dengan demikian, dalam perencanaannya perlu dipertimbangkan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja perkerasan di antaranya umur rencana, lalu lintas yang merupakan beban perkerasan, kondisi lingkungan, tanah dasar, serta sifat dan mutu material yang tersedia.

Distribusi beban kendaraan pada struktur perkerasan jalan dapat dilihat pada Gambar 3.1 di halaman berikutnya.



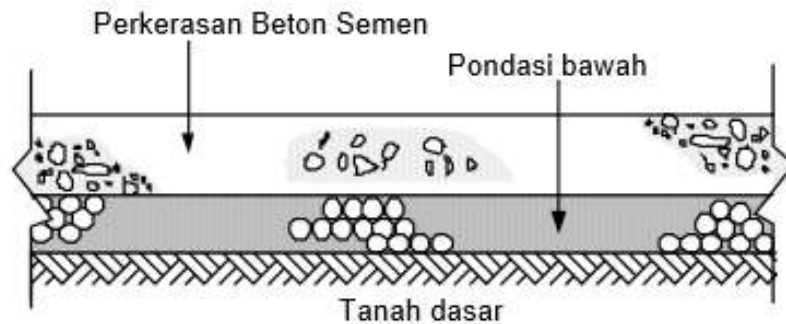
Gambar 3.1 Distribusi Beban Kendaraan pada Struktur Perkerasan Jalan

(Sumber : Sukirman,1999)

3.2 Perkerasan Kaku

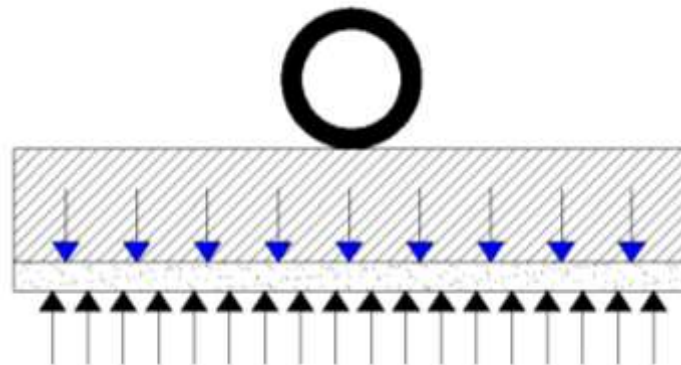
Perkerasan kaku (*rigid pavement*) atau perkerasan beton (*concrete pavement*) banyak digunakan untuk jalan-jalan utama dan bandara, jika perkerasan lentur terdiri dari beberapa komponen pokok seperti lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah, perkerasan kaku terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah dan pelat beton semen *portland*, dengan atau tanpa tulangan. Pada permukaan perkerasan beton, kadang-kadang ditambahkan lapisan aspal. Perkerasan beton cocok digunakan pada jalan raya yang melayani lalu lintas tinggi/berat, berkecepatan tinggi (Hardiyatmo, 2011).

Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Struktur perkerasan beton semen secara tipikal (Pd T-14-2003).



Gambar 3.2 Struktur Perkerasan Beton Semen

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)



Gambar 3.3 Skema Pembagian Beban Pada Perkerasan Kaku

(Sumber : Zahra, 2011)

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat, daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan. Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen adalah bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut.

1. Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
2. Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat.
3. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.
4. Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan di bawahnya. Bila diperlukan tingkat kenyamanan yang tinggi, permukaan perkerasan beton semen dapat dilapisi dengan lapis campuran beraspal setebal 5 cm.

Perkerasan kaku (perkerasan beton semen) adalah suatu struktur perkerasan yang umumnya terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah dan lapis beton semen dengan tulangan ataupun tanpa tulangan. Metode dasar perencanaan perkerasan kaku adalah perkiraan lalu lintas dan komposisinya selama umur rencana, kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dengan *CBR* (%), kekuatan beton yang digunakan, jenis bahu jalan, jenis perkerasan dan jenis penyaluran beban (Saragi, 2014).

FHWA (2006) mendefinisikan perkerasan kaku adalah perkerasan yang terdiri dari pelat beton semen *portland* yang dibangun di atas lapis pondasi (*base*) yang berada di atas tanah dasar. Jadi, ada perbedaan jenis lapisan (*base* atau *subbase*) yang berada di bawah pelat beton. Kesamaannya adalah di bawah pelat beton hanya ada satu lapis material saja, yaitu salah satu dari lapis pondasi bawah (*subbase*) atau lapis pondasi (*base*). Jika mengacu pada Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah (Pd. T-14-2003), material di bawah pelat beton adalah lapis pondasi bawah.

Beda antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur yang paling menonjol adalah cara keduanya dalam menyebarkan beban di atas tanah dasar (*subgrade*). Perkerasan kaku yang terbuat dari pelat beton, oleh kekuatan dan modulus elastisitasnya yang tinggi, cenderung menyebarkan beban ke area yang lebih luas ke tanah dasar. Jadi, bagian terbesar dari kekuatan struktur perkerasan diberikan oleh pelat betonnya sendiri, sedang pada perkerasan lentur, kekuatan perkerasan diperoleh dari ketebalan lapisan-lapisan pondasi bawah (*subbase*), pondasi (*base*) dan lapis permukaan (*surface*).

Bergantung pada kondisinya, perkerasan beton dapat berupa pelat beton tanpa tulangan, diberikan sedikit tulangan, diberi tulangan secara kontinyu, prategang atau beton fiber. Pelat beton biasanya diletakan di atas material *granular* yang dipadatkan atau pondasi bawah yang dirawat (*treated subbase*) yang di bawahnya

didukung oleh tanah dasar (*subgrade*) yang dipadatkan. Pelat beton juga dapat diletakan di atas material komposit dengan menggunakan agregat yang berada pada lapisan atas dan bawahnya. Lapisan-lapisan atas dan bawah, dan suatu lapisan penutup (*capping layer*) kadang-kadang digunakan. Dalam perancangan perkerasan kaku, terdapat hal-hal penting yang perlu dipelajari yaitu sebagai berikut.

1. Tegangan akibat beban, modulus tanah dasar, keruntuhan akibat kelelahan (*fatigue*), beban lalu lintas berulang, dan hitungan tebal perkerasan.
2. Pengaruh tanah dasar, pemompaan (*pumping*) butiran halus, dan perencanaan drainase.
3. Gerakan pelat yang tertahan/lengkungan (*warping/curling*), perencanaan sambungan dan tulangan (untuk perkerasan *JRCP* dan *CRCP*).

Perkerasan kaku dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu perkerasan beton dengan sambungan dan tanpa sambungan (Hardiyatmo, 2011).

1. Perkerasan beton tak bertulang

Perkerasan beton tak bertulang biasanya dibuat bersambungan, sehingga disebut perkerasan beton tak bertulang bersambungan (*Jointed Plain Concrete Pavement, JPCP*) (Gambar 3.4). Seperti tercermin dalam sebutannya, *JPCP* terdiri dari blok-blok beton dengan ukuran tertentu dan tebal sekitar 15-30 cm yang diletakan di atas lapis pondasi bawah. Pelat beton bertulang membutuhkan jarak sambungan melintang dan memanjang yang agak pendek untuk mengendalikan retak termal supaya masih dalam batas-batas toleransi. Karena *JPCP* dirancang agar tidak terjadi retak-retak di antara sambungan, maka jarak sambungan dibuat minimal dan tulangan temperatur tidak diperlukan.

Untuk perkerasan beton tak bertulang bersambungan (*JPCP*), Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Pd. T-14-2003) menyarankan jarak maksimum sambungan arah memanjang 3-4 m, dan sambungan arah melintang maksimum 25 kali tebal pelat, atau maksimum 5 m. bentuk panel-panel pelat beton dibuat mendekati bujur sangkar atau perbandingan maksimum antara panjang dan lebarnya 1,25 : 1.

Walaupun namanya perkerasan beton tak bertulang, namun batang baja pengikat (*tie-bar*), umumnya tetap digunakan pada sambungan arah memanjang

guna mencegah terbukanya sambungan ini. Selain itu, batang-batang ruji, disebut *dowel*, yang berfungsi sebagai alat bantu transfer beban juga dipasang pada sambungan arah melintang. Terjaminnya transfer beban yang baik pada sambungan merupakan hal yang sangat penting. Jika transfer beban tidak bekerja dengan baik, maka permukaan jalan menjadi tidak rata (terjadi beda tinggi antara tepi pelat satu dengan yang lainnya), sehingga mengganggu kenyamanan lalu lintas. Kinerja perkerasan beton tak bertulang bergantung pada beberapa parameter yaitu sebagai berikut.

- a. Kerekatan permukaan perkerasan awal yang dipengaruhi oleh cara pelaksanaan.
 - b. Tebal perkerasan yang sesuai untuk mencegah timbulnya retak beton di bagian tengah.
 - c. Batasan jarak sambungan, juga untuk mencegah retak beton di bagian tengah.
 - d. Perencanaan dan pelaksanaan sambungan, serta teknik pelaksanaan yang baik.
2. Perkerasan beton bertulang

Perkerasan beton bertulang terdiri dari pelat beton semen *portland* dengan tebal tertentu yang diperkuat dengan tulangan-tulangan. Tulangan bisa berupa batang-batang baja terpisah atau anyaman baja dilas (*welded steel mats*). Tulangan-tulangan berfungsi untuk mengendalikan retak dan bukan untuk mendukung beban. Retak pada perkerasan beton bersambungan disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut.

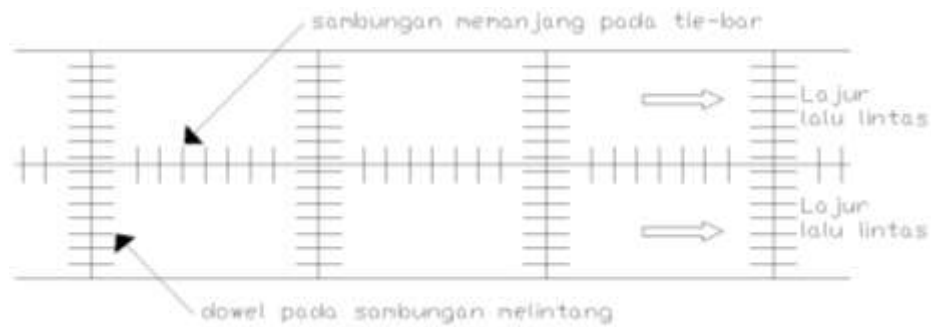
- a. Retak awal yang terjadi setelah pengecoran, akibat terlalu banyaknya air menguap.
- b. Perubahan temperatur yang menimbulkan gerakan kembang susut yang tertahan oleh gesekan antara pelat dan tanah dasar.
- c. Tekukan atau lengkungan (*warping*) pada pelat akibat perbedaan temperatur dan kelembaban antara bagian atas dan bawah pelat beton.
- d. Beban lalu lintas yang menimbulkan tegangan-tegangan dalam pelat.

Terdapat dua tipe perkerasan beton dengan tulangan, yaitu sebagai berikut.

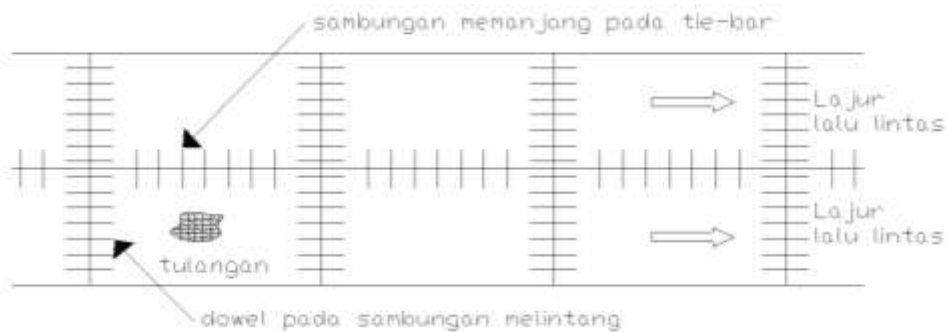
- a. Perkerasan beton bertulang bersambungan (*jointed reinforced concrete pavement, JRCP*), dirancang dengan jarak sambungan yang agak jauh (Gambar 3.4). Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah (Pd. T-14-2003) mengacu pada *Ausroad* (1992) menyarankan panjang pelat atau jarak sambungan melintang *JRCP* berkisar antara 8-15 m, sedangkan *FHWA* (2006) menyarankan jarak sambungan melintang antara 9-30 m atau 30-100 *ft*. Alat transfer beban (batang *dowel*) selalu dibutuhkan untuk meyakinkan adanya transfer beban yang baik pada sambungan-sambungan.

JRCP mengizinkan terjadinya retak pada pelat di antara sambungan-sambungan dan membutuhkan tulangan temperatur. Dengan jarak sambungan yang agak jauh, maka pada sambungan harus dipasang *dowel-dowel*. Secara tipikal luas tampang tulangan *JRCP* yang dibutuhkan jarang melebihi 0,75% dari luas tampang pelat betonnya. Tulangan-tulangan diletakan pada bagian tengah-tengah tampang pelat beton atau agak ke atas. Tulangan dalam *JRCP* tidak berfungsi untuk menahan beban lalu lintas pada pelat beton, namun berfungsi untuk mengendalikan retak agar tidak berlebihan.

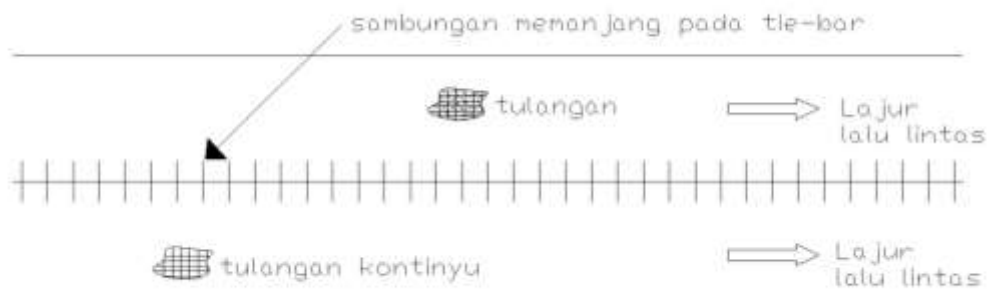
- b. Perkerasan beton bertulang kontinyu (*continuous Reinforced Concrete Pavement, CRCP*). *CRCP* merupakan perkerasan beton bertulang yang tulangan dan panjang pelatnya dibuat menerus tanpa sambungan (Gambar 3.4). Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah (Pd. T-14-2003), menyarankan panjang pelat dari *CRCP* lebih besar dari 75 m. Perkerasan beton *CRCP* dirancang sedemikian hingga retak melintang berkembang pada jarak yang pendek, yaitu dengan jarak retak tipikal 1 meter. Tulangan menerus berguna untuk menahan retak termal melintang agar retak tetap menutup dengan ketat, dan sekaligus sebagai tambahan jaminan pada penguncian antar agregat di lokasi sambungan.



(a) Perkerasan beton tak bertulang bersambungan (*JPCP*)



(b) Perkerasan beton bertulang bersambungan (*JRCP*)



(c) Perkerasan beton bertulang kontinyu (*CRCP*)

Gambar 3.4 Tipe-tipe Perkerasan Beton (a) *JPCP* (b) *JRCP* (c) *CRCP*

(Sumber : Fwa dan Wei, 2006)

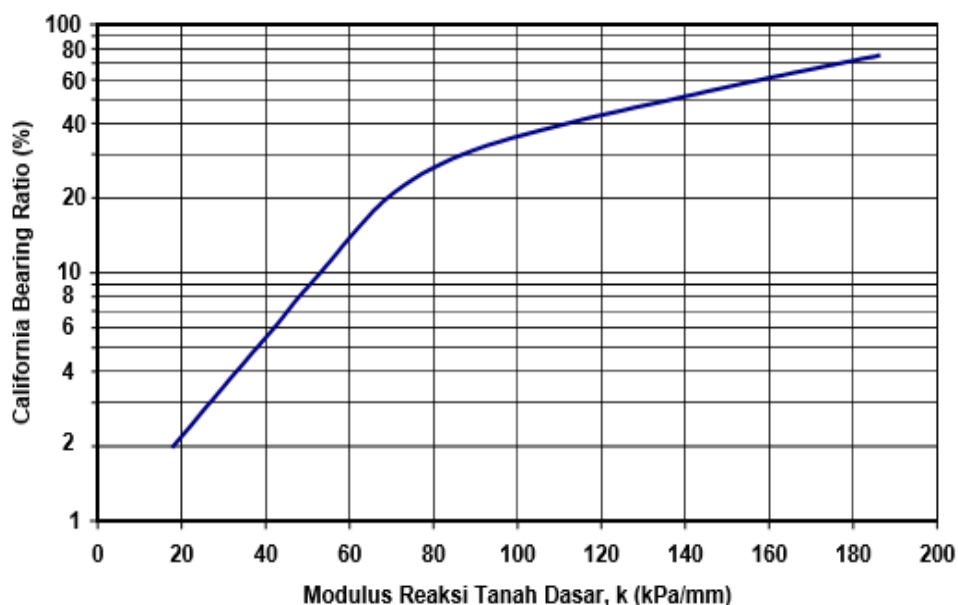
3.3 Komponen Perkerasan Kaku

Pada konstruksi perkerasan beton semen, sebagai konstruksi utama adalah berupa satu lapis beton semen mutu tinggi. Sedangkan lapis pondasi bawah (*subbase* berupa *cement treated subbase* maupun *granular subbase*) berfungsi sebagai konstruksi pendukung atau pelengkap.

Adapun komponen konstruksi perkerasan beton semen (*Rigid Pavement*) adalah sebagai berikut.

1. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar adalah bagian dari permukaan badan jalan yang dipersiapkan untuk menerima konstruksi di atasnya yaitu konstruksi perkerasan. Tanah dasar ini berfungsi sebagai penerima beban lalu lintas yang telah disalurkan/disebarkan oleh konstruksi perkerasan. Persyaratan yang harus dipenuhi dalam penyiapan tanah dasar (*subgrade*) adalah lebar, kerataan, kemiringan melintang keseragaman daya dukung dan keseragaman kepadatan. Daya dukung atau kapasitas tanah dasar pada konstruksi perkerasan kaku yang umum digunakan adalah *CBR* dan modulus reaksi tanah dasar (k). Pada konstruksi perkerasan kaku fungsi tanah dasar tidak terlalu menentukan, dalam arti kata bahwa perubahan besarnya daya dukung tanah dasar tidak berpengaruh terlalu besar pada nilai konstruksi (tebal) perkerasan kaku. Hubungan antara *CBR* dan Modulus reaksi tanah dasar dapat dilihat paada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5 Hubungan Antara *CBR* dan Modulus Reaksi Tanah Dasar

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

2. Lapis Pondasi (*Subbase*)

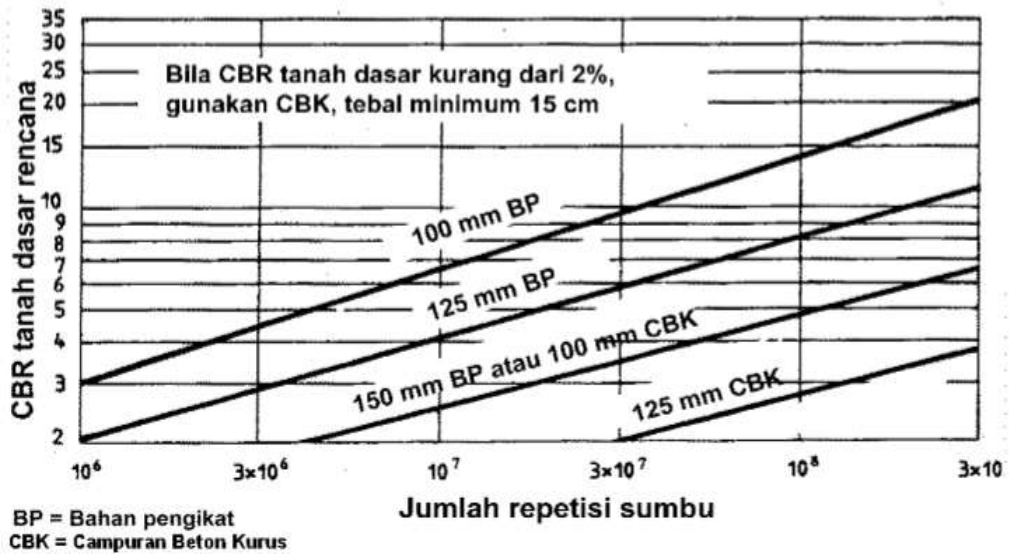
Lapis Pondasi (*Subbase*) merupakan lapis di bawah pelat beton dari perkerasan kaku, yang berfungsi sebagai berikut.

- a. Mengendalikan pengaruh pemompaan (*pumping*) dari butiran halus di lokasi sambungan, retak, dan tepi perkerasan.
- b. Menambah modulus reaksi tanah dasar.
- c. Untuk memberikan dukungan pada pelat beton yang stabil, seragam dan permanen.
- d. Mengendalikan aksi pembekuan.
- e. Sebagai lapisan drainase.
- f. Mengendalikan kembang susut tanah dasar.
- g. Memudahkan pelaksanaan, karena dapat juga berfungsi sebagai landasan kerja.
- h. Mengurangi terjadinya retak pada pelat beton.

Lapis pondasi bawah umumnya berupa material *granular* bergradasi rapat yang dipadatkan, atau dapat pula material yang distabilisasi dengan menggunakan bahan tambah. Tanah *granular* berklasifikasi A-1, A-2-4, A-2-5, dan A-3 bila akan digunakan sebagai lapis pondasi yang dirawat dapat distabilisasi dengan semen *portland*. Persyaratan bahan lapis pondasi bawah yang diberikan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Pd. T-14-2003) adalah sebagai berikut.

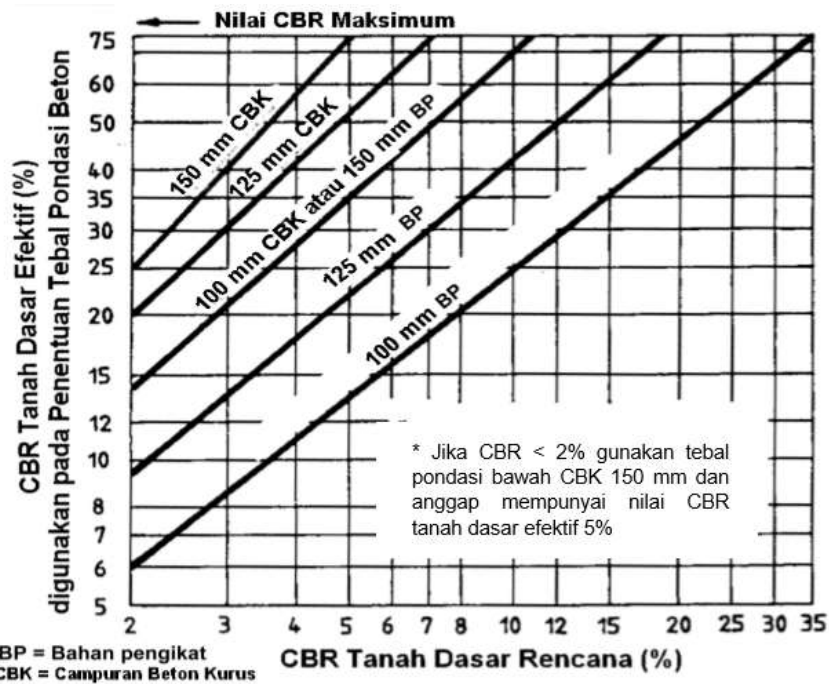
- a. Bahan *granular*/berbutir.
- b. Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*lean rolled concrete*).
- c. Campuran beton kurus (*lean-mix concrete*).

Adapun tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan oleh *Austroads* (1992) dan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Pd. T-14-2003) dapat dilihat pada Gambar 3.6 pengaruh kekuatan lapis pondasi bawah, nilai *CBR* efektif menjadi bertambah. Nilai *CBR* tanah dasar efektif yang bertambah oleh pengaruh lapis pondasi bawah dapat ditentukan dengan menggunakan Gambar 3.7.



Gambar 3.6 Tebal Lapis Pondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Beton

(Sumber : Austroad 1992 dan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah 2003)



Gambar 3.7 CBR Tanah Dasar Efektif Dan Tebal Pondasi Bawah

(Sumber : Austroad 1992 dan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah 2003)

3. Material Beton

Beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen *Portland*, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air. Tebal perkerasan beton bergantung pada kekuatan beton yang digunakan. Kekuatan beton bergantung pada kuat lenturnya (*flexural strength*), karena aksi utama dari pelat beton adalah lentur.

4. Tulangan

Pada perkerasan beton semen terdapat dua jenis tulangan, yaitu tulangan pada pelat beton untuk memperkuat pelat beton tersebut dan tulangan sambungan untuk menyambung kembali bagian – bagian pelat beton yang telah terputus (diputus). Kedua tulangan tersebut memiliki bentuk, lokasi serta fungsi yang berbeda satu sama lain. Adapun tulangan tersebut antara lain sebagai berikut.

a. Tulangan Pelat

Tulangan pelat pada perkerasan beton semen mempunyai bentuk, lokasi dan fungsi yang berbeda dengan tulangan pelat pada konstruksi beton yang lain seperti gedung, balok dan sebagainya.

b. Tulangan sambungan

Tulangan sambungan ada dua macam yaitu tulangan sambungan arah melintang dan arah memanjang. Sambungan melintang merupakan sambungan untuk mengakomodir kembang susut ke arah memanjang pelat. Sedangkan tulangan sambungan memanjang merupakan sambungan untuk mengakomodir gerakan lenting pelat beton.

5. Sambungan atau *Joint*

Fungsi dari sambungan atau *joint* adalah mengendalikan atau mengarahkan retak pelat beton akibat *shrinkage* (susut) maupun *wrapping* (lenting) agar teratur baik bentuk maupun lokasinya sesuai yang kita kehendaki (sesuai desain). Dengan terkontrolnya retak tersebut, maka retak akan tepat terjadi pada lokasi yang teratur di mana pada lokasi tersebut telah kita beri tulangan sambungan. Pada sambungan melintang terdapat 2 jenis sambungan

yaitu sambungan susut dan sambungan lenting. Sambungan susut diadakan dengan cara memasang bekisting melintang dan *dowel* antara pelat pengecoran sebelumnya dan pengecoran berikutnya. Sedangkan sambungan lenting diadakan dengan cara memasang bekisting memanjang dan *tie bar*. Pada setiap celah sambungan harus diisi dengan *joint sealent* dari bahan khusus yang bersifat *thermoplastic* antara lain *rubber asphalt*, *coal tars* ataupun *rubber tars*. Sebelum *joint sealent* dicor/dituang, maka celah harus dibersihkan terlebih dahulu dari segala kotoran.

6. *Bound Breaker* di atas *Subbase*

Bound breaker adalah plastik tipis yang diletakan di atas *subbase* agar tidak terjadi *bounding* antara *subbase* dengan pelat beton di atasnya. Selain itu, permukaan *subbase* juga tidak boleh di - *groove* atau di - *brush*.

7. Alur permukaan atau *Grooving / Brushing*

Agar permukaan tidak licin maka pada permukaan beton dibuat alur-alur (tekstur) melalui pengaluran/penyikatan (*grooving/brushing*) sebelum beton disemprot *curing compound*, sebelum beton ditutupi *wet burlap* dan sebelum beton mengeras. Arah alur bisa memanjang ataupun melintang.

3.4 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku

Pertimbangan utama dalam perencanaan perkerasan beton atau perkerasan kaku adalah kekuatan struktur betonya. Oleh karena itu, sedikit variasi kekuatan tanah dasar atau modulus reaksi tanah dasar (k), hanya berpengaruh kecil terhadap kekuatan struktur perkerasan. Jika perkerasan beton semakin tebal, maka semakin mampu mendukung beban lalu lintas berat, karena tegangan lentur yang bekerja di dalam beton menjadi berkurang. Dalam perencanaan perkerasan beton, umumnya diasumsikan perkerasan akan melayani lalu lintas lebih dari 50.000, 18 *kips ESAL*, selama masa pelayanan.

Metode yang umum digunakan di Indonesia adalah cara *PCA (Portland Cement Association)* dan cara *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)*.

1. Cara *Portland Cement Association (PCA)*

PCA menawarkan metode perencanaan perkerasan kaku berdasarkan teknik analisa tegangan yang dikembangkan oleh *Westergaard*. Dalam metode rancangan ini, ketebalan tergantung pada besaran dan jumlah beban berulang, *modulus of rupture* dan modulus reaksi tanah dasar. *Modulus rupture* pada hari ke-28 digunakan untuk perencanaan. Ketebalan perkerasan beton relatif tidak sensitif terhadap modulus tanah dasar, kecuali jika membandingkan antara tanah dasar yang sangat lunak dengan yang sangat kuat.

2. Cara *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*

Cara *AASHTO* dalam perencanaan tebal perkerasan kaku dikembangkan berdasarkan hasil dari jalan uji *AASHTO*. Persamaan yang digunakan untuk mengembangkan data *AASHTO* dengan memperhitungkan beban pada ujung pelat. Kemudian *Poisson's Ratio* diasumsikan 0,2 dan jarak dari ujung ke pusat beban diambil 10 inci. Campuran jenis kendaraan dapat dikonversikan dalam beban ekuivalen satu sumbu.

3.5 Beban Pada Struktur Jalan

Beban lalu lintas merupakan beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak antara ban dan muka jalan. Beban lalu lintas ini merupakan beban dinamis yang selalu terjadi secara berulang. Beban lalu lintas dinyatakan dalam akumulasi reperisi beban sumbu standar selama umur rencana yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti distribusi kendaraan ke masing-masing lajur, berat kendaraan, ukuran ban, pertumbuhan lalu lintas, beban sumbu masing-masing kendaraan dan umur rencana. Besarnya beban lalu lintas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu sebagai berikut.


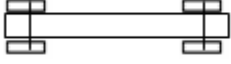

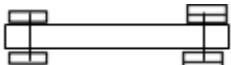



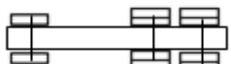
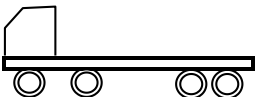
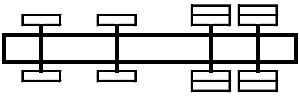
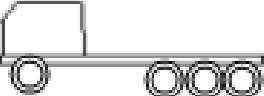
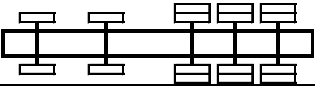
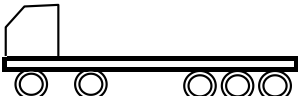
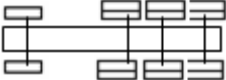
1. Konfigurasi sumbu dan roda kendaraan.
2. Roda kendaraan.
3. Beban sumbu kendaraan.
4. Survei timbang.

5. Repetisi lintas sumbu standar.
6. Beban lalu lintas pada jalur rencana.

3.6 Jumlah Berat yang Diizinkan


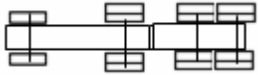




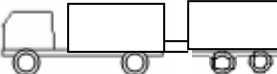
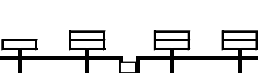
Jumlah berat yang diizinkan (JBI) adalah berat maksimum kendaraan bermotor berikut muatannya yang diizinkan berdasarkan kelas jalan yang dilalui, jumlah berat yang diizinkan semakin besar jika jumlah sumbu kendaraan semakin banyak. JBI ditetapkan oleh Pemerintah dengan pertimbangan daya dukung kelas jalan terendah yang dilalui, kekuatan ban, kekuatan rancangan sumbu sebagai upaya peningkatan umur jalan dan kendaraan serta aspek keselamatan di jalan. Sementara itu jumlah berat bruto (JBB) ditetapkan pabrikan sesuai dengan kekuatan rancangan sumbu, sehingga konsekuensi logisnya JBI tidak melebihi JBB. JBI untuk jalan kelas II dan kelas III dengan muatan sumbu terberat 10 ton dan truk jalan dengan muatan sumbu terberat 8 ton berbagai sumbu kendaraan dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 di halaman selanjutnya.

Tabel 3.1 Hubungan Konfigurasi Sumbu, MST (Muatan Sumbu Terberat) dan JBI (Jumlah Berat yang di-Ijinkan)

No.	Konfigurasi sumbu	Gambar konfigurasi sumbu		Kelas jalan	MST maksimum					JBI
		Samping	Atas		Sb I	Sb II	Sb III	Sb IV	Sb V	Max
1	1.1			II III	6 T 5 T	6 T 5 T	-	-	-	12 T 10 T
2	1.2			II III	6 T 6 T	10 T 8 T	-	-	-	16 T 14 T
3	11.2			II III	5 T 5 T	6 T 6 T	10 T 8 T	-	-	21 T 19 T
4	1.22			II III	6 T 6 T	9 T 7,5 T	9 T 7,5 T	-	-	24 T 21 T
5	1.1.22			II	6 T	6 T	9 T	9 T	-	30 T
					6 T	7 T	10 T	10 T	-	33 T
					6 T	7 T	9 T	9 T	-	31 T
				III	6 T	6 T	7,5 T	7,5 T	-	27 T
					6 T	7 T	8 T	8 T	-	29 T
					6 T	7 T	7,5 T	7,5 T	-	28 T
6	1.1.222			II	6 T	6 T	7 T	7 T	7 T	33 T
					6 T	7 T	8 T	8 T	8 T	37 T
					6 T	7 T	7 T	7 T	7 T	34 T
				III	6 T	6 T	6 T	6 T	6 T	30 T
					6 T	7 T	7 T	7 T	7 T	34 T
					6 T	7 T	6 T	6 T	6 T	31 T
7	1.222			II	6 T	6 T	7 T	7 T	-	27 T
					6 T	8 T	8 T	8 T	-	30 T
				III	6 T	6 T	6 T	6 T	-	24 T
					6 T	7 T	7 T	7 T	-	27 T

Sumber : Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (2008)

Tabel 3.2 Hubungan Konfigurasi Sumbu, MST (Muatan Sumbu Terberat) dan JBI (Jumlah Berat yang di-Ijinkan) untuk Kendaraan Penarik dan Kereta Tempelan

No.	Konfigurasi sumbu	Gambar konfigurasi sumbu		Kelas jalan	MST maksimum						JBKI
		Samping	Atas		Sb I	Sb II	Sb III	Sb IV	Sb V	Sb VI	Max
1	1.2-22			II III	6 T 6 T	10 T 8 T	9 T 7,5 T	9 T 7,5 T		-	-
2	1.22-22			II III	6 T 6 T	9 T 7,5 T	9 T 7,5 T	9 T 7,5 T	9 T 7,5 T	-	42 T 36 T
				II III	6 T 6 T	10 T 8 T	10 T 8 T	10 T 8 T	10 T 8 T	-	46 T 38 T
				II III	6 T 6 T	9 T 7,5 T	9 T 7,5 T	10 T 8 T	10 T 8 T	-	44 T 37 T
3	1.22-222			II III	6 T 6 T	9 T 7,5 T	9 T 7,5 T	7 T 6 T	7 T 6 T	7 T 6 T	45 T 39 T
				II III	6 T 6 T	10 T 8 T	10 T 8 T	10 T 8 T	10 T 8 T	10 T 8 T	56 T 46 T
				II III	6 T 6 T	9 T 7,5 T	9 T 7,5 T	10 T 8 T	10 T 8 T	10 T 8 T	54 T 45 T
				II III	6 T 6 T	10 T 8 T	10 T 8 T	10 T 8 T	10 T 8 T	10 T 8 T	56 T 46 T
4	1.2 + 2.2			II III	6 T 6 T	10 T 8 T	10 T 8 T	10 T 8 T	-	-	36 T 30 T

Sumber : Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (2008)

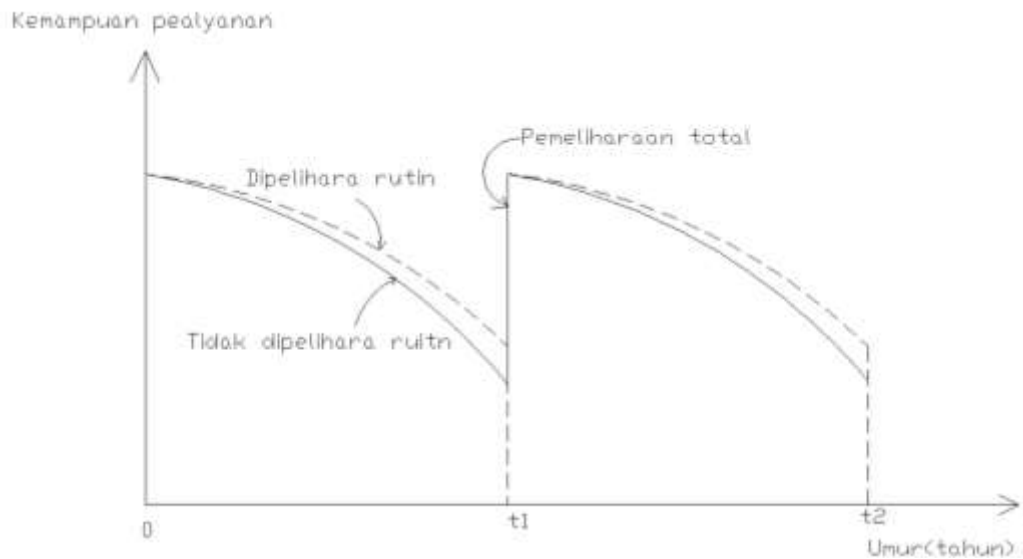
3.7 Umur Rencana

Dalam perancangan perkerasan, diperlukan pemilihan umur rancangan atau periode perkerasan. Umur rencana adalah waktu di mana perkerasan diharapkan mempunyai kemampuan pelayanan sebelum dilakukan pekerjaan rehabilitasi atau kemampuan pelayanannya berakhir. Dalam Pt.T-01-2002-B, periode rancangan diistilahkan sebagai umur rancangan. Umur rancangan merupakan jumlah waktu dalam tahun yang dihitung sejak perkerasan jalan mulai dibuka untuk lalu lintas, sampai saat diperlukan perbaikan kerusakan berat, atau dianggap perlu dilakukan lapis permukaan baru.

Parameter perancangan yang berpengaruh pada umur pelayanan total dari perkerasan adalah jumlah total beban lalu lintas, oleh sebab itu lebih cocok bila untuk menggambarkan umur rancangan perkerasan dinyatakan dalam istilah beban lalu lintas rancangan total (*total design traffic loading*). Dari pengertian ini, bila perkerasan dirancang untuk 40 tahun dengan pertumbuhan lalu lintas 2,5%, namun dalam kenyataan pertumbuhan lalu lintasnya 3,5%, maka umur perkerasan akan lebih pendek dari yang direncanakan.

3.8 Kemampuan Pelayanan (*Serviceability*)

Saat selesai pembangunan perkerasan jalan dan lalu lintas mulai dibuka, dengan berjalannya waktu, kemampuan pelayanan berkurang. Laju pengurangan kemampuan pelayanan, bergantung pada rutinitas pemeliharaan perkerasan. Pada tahun t_1 , perkerasan dilakukan pemeliharaan, misalnya perataan permukaan (*resurfacing*), karena itu kemampuan pelayanan kembali mendekati seperti semula (Gambar 3.8). Ketika lalu lintas terus berjalan, pada tahun t_2 , kemampuan pelayanan berkurang lagi, demikian seterusnya. Dalam kenyataan, proses perancangan bergantung pada banyak faktor yang harus dipertimbangkan. Hubungan kemampuan pelayanan dengan umur perkerasan dapat dilihat pada Gambar 3.8 di halaman berikutnya.



Gambar 3.8 Hubungan Kemampuan Pelayanan Dengan Umur Perkerasan

(Sumber : Austroad 1992 dan Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah 2003)

3.9 Penurunan Umur Rencana

Sisa umur rencana adalah konsep kerusakan yang diakibatkan oleh jumlah repetisi beban lalu lintas dalam satuan satuan *Equivalent Standard Load (ESAL)* yang diperkirakan akan melintas dalam kurun waktu tertentu (AASHTO,1993). perhitungan persentase umur sisa rencana menggunakan Persamaan 3.1 sebagai berikut.

$$RI = 100 \left[1 - \left[\frac{N_p}{N_{1,5}} \right] \right] \quad (3.1)$$

dengan :

RI = Persentase sisa umur rencana,

N_p = Kumulatif *ESAL* pada akhir tahun, dan

$N_{1,5}$ = Kumulatif *ESAL* pada akhir umur rencana.

3.10 Vehicle Damage Factor

Daya rusak jalan atau lebih dikenal dengan *Vehicle Damage Factor*, selanjutnya disebut *VDF*, merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan tebal perkerasan cukup signifikan, dan jika makin berat kendaraan (khususnya

kendaraan jenis truk) apalagi dengan beban *overload*, nilai *VDF* akan secara nyata membesar, seterusnya *Equivalent Single Axle Load* membesar.

Beban konstruksi perkerasan jalan mempunyai ciri-ciri khusus dalam artian mempunyai perbedaan prinsip dari beban pada konstruksi lain di luar konstruksi jalan. Pemahaman atas ciri-ciri khusus beban konstruksi perkerasan jalan tersebut sangatlah penting dalam pemahaman lebih jauh, khususnya yang berkaitan dengan desain konstruksi perkerasan, kapasitas konstruksi perkerasan, dan proses kerusakan konstruksi yang bersangkutan. Sifat beban konstruksi perkerasan jalan sebagai berikut.

1. Beban yang diperhitungkan adalah beban hidup yang berupa beban tekanan sumbu roda kendaraan yang lewat di atasnya yang dikenal dengan *axle load*. Dengan demikian, beban mati (berat sendiri) konstruksi diabaikan.
2. Kapasitas konstruksi perkerasan jalan dalam besaran sejumlah repetisi (lintasan) beban sumbu roda lalu lintas dalam satuan standar *axle load* yang dikenal dengan satuan *EAL (equivalent axle load)* atau *ESAL (Equivalent Single Axle Load)*. Satuan standar *axle load* adalah *axle load* yang mempunyai daya rusak kepada konstruksi perkerasan sebesar 1 *axle load* yang bernilai daya rusak sebesar 1 tersebut adalah *single axle load* sebesar 18.000 *lbs* atau 18 *kips* atau 8,16 ton.
3. Tercapainya atau terlampauinya batas kapasitas konstruksi (sejumlah repetisi *EAL*) akan menyebabkan berubahnya konstruksi perkerasan yang semula mantap menjadi tidak mantap. Kondisi tidak mantap tersebut tidak berarti kondisi *failure* ataupun *collapse*. Dengan demikian istilah *failure* atau *collapse* secara teoritis tidak akan (tidak boleh) terjadi karena kondisi mantap adalah kondisi yang masih baik tetapi sudah memerlukan penanganan berupa pelapisan ulang (*overlay*). Kerusakan total (*failure, collapse*) dimungkinkan terjadi di lapangan, menunjukkan bahwa konstruksi perkerasan jalan tersebut telah diperlakukan salah yaitu mengalami keterlambatan dalam penanganan pemeliharaan baik rutin maupun berkala untuk menjaga tidak terjadinya *collapse* atau *failure*.

Konstruksi perkerasan jalan direncanakan dengan sejumlah repetisi beban kendaraan dalam satuan *standard axle load (SAL)* sebesar 18.000 lbs atau 8,16 ton untuk as tunggal roda ganda (*singel axle dual wheel*). Di lapangan berat dan konfigurasi sumbu kendaraan di dalam perhitungan perkerasan perlu terlebih dahulu ditransformasikan ke dalam *equivalent standard axle load (ESAL)*. Angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintas beban sumbu tunggal/ganda kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18000 lb). Menurut Koestalam dan Sutoyo (2010) formulasi perhitungan angka ekuivalen (E) yang diberikan oleh Bina Marga dapat dilihat pada Persamaan 3.2 berikut.

$$E = k \left[\frac{L}{8,16} \right]^4 \quad (3.2)$$

dengan:

E : Angka ekuivalen beban sumbu kendaraan,

L : Beban sumbu kendaraan (ton),

k : 1 untuk sumbu tunggal,

0,086 untuk sumbu tandem, dan

0,031 untuk sumbu triple.

Formula *VDF* yang berlaku di Indonesia antara lain sebagai berikut.

1. Formula *VDF* Bina Marga (1987)

Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap golongan) ditentukan menurut Persamaan 3.3 dan 3.4 di bawah ini sebagai berikut.

$$\text{Sumbu tunggal} = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \quad (3.3)$$

$$\text{Sumbu ganda} = 0,086 \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \quad (3.4)$$

Konfigurasi beban sumbu pada berbagai jenis kendaraan beserta angka ekuivalen kendaraan (*VDF*) dapat dilihat pada Tabel 3.3 di halaman berikut ini.

Tabel 3.3 VDF Berdasarkan Bina Marga (1987) MST-10

No	Tipe kendaraan dan golongan			Nilai VDF	
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	Gol-1	1.1	0,0005
2	Pick up, combi	3	Gol-2	1.2	0,2174
3	Truk 2 as (L), micro truk, mobil hantaran	4	Gol-2	1.2L	0,2174
4	Bus kecil	5a	Gol-2	1.2	0,2174
5	Bus besar	5b	Gol-9	1.2	0,3006
6	Truk 2 as (H)	6	Gol-3	1.2H	2,4159
7	Truk 3 as	7a	Gol-4	1.2.2	2,7416
8	Truk 4 as, truk gandengan	7b	Gol-6	1.2+2.2	3,9083
9	Truk s, trailer	7c	Gol-8	1.2.2+2.2	4,1718

Sumber : Bina Marga (1987)

2. Formula VDF NAASRA (2004)

Konfigurasi beban sumbu pada berbagai jenis kendaraan beserta angka ekuivalen kendaraan (*VDF*) dapat dilihat pada Tabel 3.4 di bawah ini.

Tabel 3.4 VDF Berdasarkan NAASRA (2004) MST-10

No	Tipe kendaraan dan golongan			Nilai VDF
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1.1	0,0024
2	Pick up, combi	3	1.2	0,2738
3	Truk 2 as (L), micro truk, mobil hantaran	4	1.2L	0,2738
4	Bus kecil	5a	1.2	0,2738
5	Bus besar	5b	1.2	0,3785
6	Truk 2 as (H)	6	1.2H	3,0421
7	Truk 3 as	7a	1.2.2	5,4074
8	Truk 4 as, truk gandengan	7b	1.2+2.2	4,8071
9	Truk s, trailer	7c	1.2.2+2.2	7,881

Sumber : NAASRA (2004)

3. Formula VDF AASHTO (1993)

Nilai *VDF* tiap golongan kendaraan pada metode *AASHTO* (1993) menggunakan cara interpolasi, yaitu dengan menggunakan Tabel yang diberikan oleh *AASHTO* (1993) (lihat Lampiran 3). Cara menentukan nilai *VDF* pada tabel tersebut adalah dengan menghubungkan antara 3 parameter yaitu, beban sumbu (*Axle Load*), *Pavement Structural Number (SN)* dan nilai *Pt*.

3.11 Penggolongan Lalu Lintas Kendaraan

Penggolongan lalu lintas dilakukan untuk menghitung *vehicle damage factor* dan untuk menganalisis lalu lintas sehingga terdapat keselarasan antara penggolongan kendaraan lalu lintas harian rata-rata (LHR) dan *VDF*. Keselarasan itu untuk mempermudah analisis perhitungan dampak kelebihan muatan kendaraan berat terhadap umur perkerasan jalan. Penggolongan kendaraan memiliki beberapa versi yang dapat dijadikan pedoman dalam analisis lalu lintas sesuai kebutuhan data. Ada 4 versi penggolongan lalu lintas kendaraan di Indonesia, yaitu sebagai berikut.

1. Manual kapasitas Jalan Indonesia 1997.
2. Pedoman Teknis no Pd.T-19-2004-B.
3. PT. Jasa Marga.
4. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat.

3.12 Beban Sumbu Kendaraan Berat Angkutan Barang

Panduan batasan maksimal perhitungan jumlah berat yang diijinkan (JBI) dan jumlah berat kombinasi yang diijinkan (JBKI), untuk kendaraan angkutan barang, kendaraan khusus, kendaraan penarik berikut kereta tempelan atau kereta gandengan menurut Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (2008) hubungan kesepadanan antara ketentuan dalam Pd.T-19-2004-B tentang pedoman pencacahan lalu lintas kendaraan yang dilakukan Direktorat Jenderal Bina Marga (2004) dapat diklasifikasikan kendaraan berat angkutan umum sebagai berikut.

1. Golongan 6A (Truk 1.2L)
Sumbu tunggal roda ganda (STRG), distribusi beban sumbu -1 3 T dan sumbu-2 5 T.
2. Golongan 6B (Truk 1.2H)
Sumbu tunggal roda ganda (STRG), distribusi beban sumbu -1 5 T dan sumbu-2 10 T.
3. Golongan 7A (Truk 1.2.2)
Sumbu tunggal roda ganda (STRG), distribusi beban sumbu -1 5 T, sumbu-2 9 T, dan sumbu-3 9 T.

4. Golongan 7-B1 (Truk 1.2+2.2)
Sumbu tunggal roda ganda (STRG), distribusi beban sumbu -1 5 T, sumbu-2 10 T, sumbu-3 10 T, dan sumbu-4 10 T.
5. Golongan 7-B2 (Truk 1.2.2+2.2)
Sumbu tunggal roda ganda (STRG), distribusi beban sumbu -1 5 T, sumbu-2 9 T, sumbu-3 9 T, sumbu-4 10 T, dan sumbu-5 10 T.
6. Golongan 7-C1 (Truk 1.2+2.2.2)
Sumbu tripel roda ganda (STRG), distribusi beban sumbu -1 5 T, sumbu-2 10 T, sumbu-3 9 T, dan sumbu-4 9 T.
7. Golongan 7-C2 (Truk 1.2+2.2.2)
Sumbu tripel roda ganda (STRG), distribusi beban sumbu -1 5 T, sumbu-2 10 T, sumbu-3 7 T, sumbu-4 7 T, dan sumbu-5 7 T.
8. Golongan 7-C3 (Truk 1.2.2+2.2.2)
Sumbu tripel roda ganda (STRG), distribusi beban sumbu -1 5 T, sumbu-2 9 T, sumbu-3 9 T, sumbu-4 7 T, sumbu-5 7 T, dan sumbu-6 10 T.

3.13 AASHTO (1993)

Perencanaan mengacu pada *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials guide for design of pavement structure (1993)* (selanjutnya disebut *AASHTO*). Parameter-parameter perencanaan yaitu sebagai berikut.

1. Analisis lalu lintas

Analisis lalu lintas ini mencakup umur rencana, lalu lintas harian rata-rata, pertumbuhan lalu lintas tahunan, dan distribusi lajur. Data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan nilai *ESAL* yang berguna dalam menentukan tebal pelat beton agar memberikan performa yang baik selama umur rencana. Umur rencana perkerasan kaku umumnya 20 tahun untuk jenis konstruksi baru, sedangkan untuk pelebaran jalan di mana struktur perkerasan jalan eksisting perkerasan lentur dan pelebarannya merupakan perkerasan komposit, umur rencana ditetapkan selama 10 tahun.

2. *Equivalency factor (E)*

Angka ekivalen beban sumbu kendaraan dalam angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan sumbu tunggal atau ganda kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu tunggal sebanyak 8,16 ton.

3. *Traffic design*

Data dan parameter lalu lintas yang digunakan suatu perencanaan tebal perkerasan meliputi sebagai berikut.

- a. Jenis kendaraan.
- b. Volume lalu lintas harian rata-rata.
- c. Pertumbuhan lalu lintas tahunan (kendaraan per hari).
- d. *Damage factor*.
- e. Umur rencana.
- f. Faktor distribusi arah.
- g. Faktor distribusi lajur.
- h. *ESAL* selama umur rencana.

Faktor distribusi arah (D_D) yang ditetapkan *AASHTO* (1993) yaitu berkisar antara 0,3-0,7 dan umumnya diambil nilai tengah 0,5 sedangkan untuk nilai distribusi lajur (D_L), mengacu pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3.5 Distribusi Lajur (D_L)

Jumlah lajur setiap arah	(D_L) %
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Sumber : *AASHTO* (1993)

Traffic design (ESAL) ditentukan melalui Persamaan 3.5 sebagai berikut

$$W_{18} = \sum_{Ni}^{Nn} LHR_j \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365 \quad (3.5)$$

dengan :

W_{18} = *Traffic design* pada lajur lalu lintas (*ESAL*),

LHR_j = Jumlah lalu lintas harian rata-rata untuk dua arah untuk semua jenis kendaraan,

VDF_j = *VDF* untuk kendaraan j,

- D_D = Faktor distribusi arah,
 D_L = Faktor distribusi lajur,
 N_i = Lalu lintas pada tahun pertama dibuka jalan, dan
 N_n = Lalu lintas pada akhir tahun umur rencana.

4. *Reabilitas* (R)

Reabilitas merupakan probabilitas bahwa perkerasan yang direncanakan akan tetap memuaskan selama masa layannya. Penetapan angka *reabilitas* dari 50%-99,99%. Menurut *AASHTO* (1993) merupakan tingkat kehandalan desain untuk mengatasi, mengakomodasi kemungkinan melesetnya besaran-besaran desain yang dipakai semakin tinggi nilai *reabilitas* yang digunakan dalam perancangan. Nilai R dan Z_r mengacu pada *AASHTO* (1993) dapat dilihat pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7 sebagai berikut.

Tabel 3.6 Nilai R yang Disarankan

Klasifikasi jalan	R (%)	
	Urban	Rural
Jalan tol	85-99,9	80-99,9
Arteri	80-99	75-95
Kolektor	80-95	75-95
Lokal	50-80	50-80

Sumber : *AASHTO* (1993)

Tabel 3.7 Hubungan Antara R dan Z_r

R (%)	Z_r		R (%)	Z_r
50	0		93	-1,476
60	-0,253		94	-1,555
70	-0,524		95	-1,645
75	-0,674		96	-1,751
80	-0,841		97	-1,881
85	-1,037		98	-2,054
90	-1,282		99	-2,327
91	-1,340		99,9	-3,093
92	-1,405		99,99	-3,750

Sumber : *AASHTO* (1993)

5. Kemampuan pelayanan (*serviceability*)

AASHTO (1993) mengembangkan konsep penilaian kemampuan pelayanan yang dikaitkan dengan kerataan dan kemampuan pelayanan perkerasan, dinyatakan dalam indeks kemampuan sekarang (*PSI*). *PSI* merupakan selisih dari indeks pelayanan awal dengan indeks pelayanan akhir. Indeks pelayanan awal (P_o) untuk perkerasan kaku menurut *AASHTO* yaitu 4,5.

Nilai indeks pelayanan akhir (Pt) untuk berbagai tipe jalan yang disarankan *ASHTO* (1993) dapat dilihat pada Tabel 3.8 sebagai berikut.

Tabel 3.8 Nilai Indeks Pelayanan Akhir (Pt)

Jenis Jalan	Pt
Jalan raya utama	2,5
Jalan raya dengan lalu lintas rendah	2,0
Jalan raya relatif minor	1,5

Sumber : *AASHTO* (1993)

Untuk menghitung total *loss of serviceability* (ΔPSI) dapat menggunakan Persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (3.6)$$

dengan :

$$\Delta PSI = \text{Total serviceability loss,}$$

P_o = Indeks pelayanan awal, dan

P_t = Indeks pelayanan akhir

6. *CBR*

CBR yang umum digunakan di Indonesia berdasarkan departemen pekerjaan umum 2005 yaitu 5%. Menurut Suryawan (2009), tanah dasar dengan nilai *CBR* 5% atau 4% juga dapat digunakan setelah melalui kajian geoteknik. Dengan nilai *CBR* kurang dari 6% ini jika digunakan sebagai dasar perancangan tebal perkerasan masalah yang terpengaruh adalah fungsi tebal perkerasan yang akan bertambah atau penanganan khusus lapis tanah dasar tersebut. Nilai *CBR* tanah dasar berguna untuk mengetahui modulus reaksi tanah dasar. Nilai (K) dapat diketahui dengan menggunakan beberapa rumus pendekatan dan grafik. Untuk mendapat nilai K , dapat menggunakan Persamaan 3.7 dan 3.8 sebagai berikut.

$$K = \frac{MR}{19,4} \quad (3.7)$$

di mana :

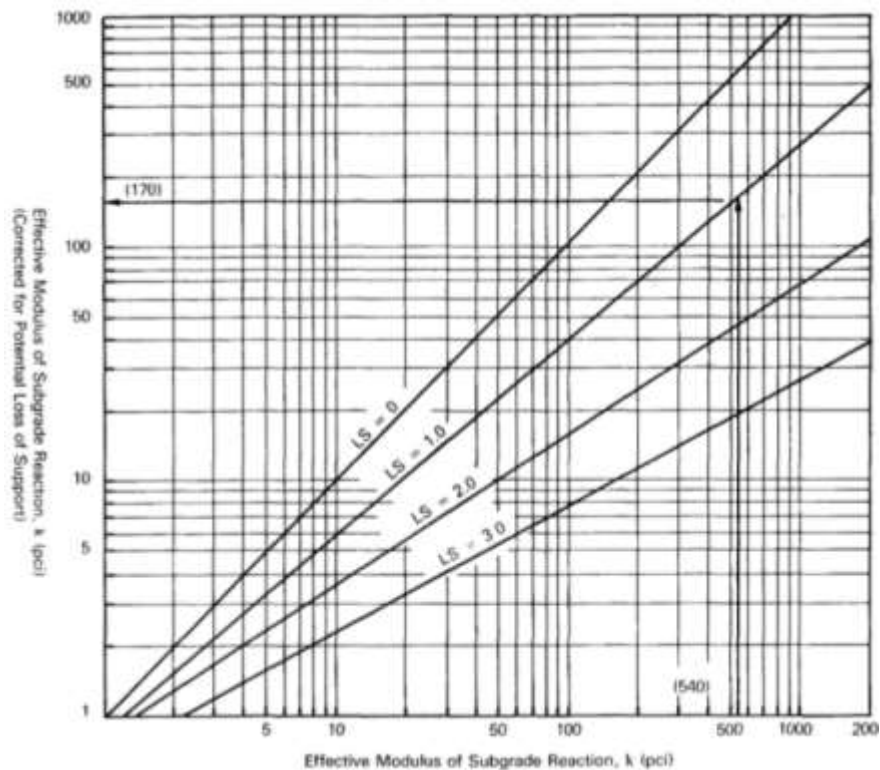
$$M_R = 1500 \times CBR \quad (3.8)$$

dengan :

K = Modulus reaksi tanah dasar (*PSI*), dan

M_r = *Rebilient* modulus (*PSI*)

Selanjutnya, modulus reaksi tanah dasar (K) dikoreksi terhadap potensi kehilangan dukungan pondasi bawah menggunakan Gambar 3.9 sebagai berikut.



Gambar 3.9 Nilai K dengan Dikoreksi Terhadap Kehilangan Dukungan Lapis Pondasi Bawah

(Sumber : *AASHTO* 1993)

Untuk faktor *loss support* dapat dilihat pada Tabel 3.9 sebagai berikut.

Tabel 3.9 Faktor *Loss Support*

No	Type Material	LS
1	<i>Cement Treated Granular Base</i>	0-1
2	<i>Cement Aggregate Mixtures</i>	0-1
3	<i>Asphalt Treated Base</i>	0-1
4	<i>Bituminous Stabilized Mixtures</i>	0-1
5	<i>Lime Stabilized</i>	1-3
6	<i>Unbound Granular</i>	1-3
7	<i>Fine Grained / Natural Subgrade Materials</i>	2-3

Sumber : *AASHTO* (1993)

7. Modulus elastisitas beton

Ketebalan perkerasan beton bertulang bergantung pada kekuatan beton yang digunakan, kekuatan beton bergantung pada kuat lenturnya (*flexural strength*) karena aksi utama dari pelat beton adalah lentur. Modulus elastisitas beton ini dapat diketahui dengan terlebih dahulu mengetahui kuat tekan beton, kemudian dimasukkan ke dalam Persamaan 3.9 sebagai berikut.

$$E_c = 57000\sqrt{F'_c} \quad (3.9)$$

dengan :

E_c = Modulus elastisitas beton (*PSI*), dan

F'_c = Kuat tekan beton (*PSI*)

8. Koefisien drainase

Keberadaan air dapat mempengaruhi kinerja perkerasan, yaitu mengurangi kekuatan tanah dasar dan lapis pondasi bawah. Maksud diberikanya koefisien drainase adalah untuk memperhitungkan kinerja perkerasan karena sistem drainase yang kurang baik. Nilai koefisien drainase dapat dilihat pada Tabel 3.10 sebagai berikut.

Tabel 3.10 Koefisien drainase

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan tergenang air hingga kelembabanya mendekati jenuh air			
	< 1%	1-5%	<25%	>25%
Sempurna	1,25-1,2	1,2-1,15	1,15-1,1	1,1
Baik	1,2-1,17	1,15-1,1	1,1-1,0	2,0
Sedang	1,15-1,1	1,1-1,0	1,0-0,9	0,9
Buruk	1,1-1,0	1,0-0,9	0,9-0,8	0,8
Sangat buruk	1,0-0,9	0,9-0,8	0,8-0,7	0,7

Sumber : AASHTO (1993)

Penentuan C_d bergantung pada kualitas drainase dan persen waktu struktur perkerasan terkena air. Penetapan kualitas drainase mengacu pada Tabel 3.10 dengan pendekatan sebagai berikut.

- Air hujan atau air dari atas permukaan jalan yang masuk ke dalam pondasi jalan, relatif kecil berdasarkan hidrologi, yaitu sekitar 70-95%.
- Air dari samping jalan yang kemungkinan akan masuk ke pondasi jalan dan muka air tanah yang tinggi di bawah tanah dasar.
- Pendekatan lama dengan frekuensi hujan, yang rata-rata terjadi hujan selama 3 jam perhari.

Waktu 3 jam (bahkan kurang) dapat diambil sebagai pendekatan dalam penentuan kualitas drainase, sehingga pemilihan mutu drainase adalah “baik” untuk jalan tol “sedang” untuk bukan jalan tol. Untuk kondisi khusus, misalnya sistem drainase sangat buruk, maka air tanah tinggi dan mencapai lapisan tanah dasar, maka dapat dilihat pada Tabel 3.11 sebagai berikut.

Tabel 3.11 Koefisien drainase

Kualitas drainase	Air tersingkir dalam waktu
Sempurna	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Buruk	1 bulan
Sangat buruk	Air tidak mengalir

Sumber : AASHTO (1993)

9. Koefisien transfer beban (J)

Koefisien transfer beban merupakan koefisien yang memperhitungkan kemampuan perkerasan beton mentransfer beban yang melintas di atas sambungan atau retakan. Umumnya nilai J tergantung dari konstruksi sambungan jika sambungan tidak dilengkapi alat transfer beban nilai J akan sangat besar, nilai J yang disarankan AASHTO (1993) dapat dilihat pada Tabel 3.12 sebagai berikut.

Tabel 3.12 Koefisien transfer beban (J)

Bahu	Aspal		Pelat beton semen <i>portland</i> yang terikat	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Alat transfer beban				
Tipe Perkerasan				
JPCP dan JRCP	3,2	3,8-4,4	2,5-3,1	3,6-4,2
CCRP	2,9-3,2	N/A	2,3-2,9	N/A

Sumber : AASHTO (1993)

10. Perencanaan tebal perkerasan (D)

Perhitungan tebal perkerasan menggunakan Persamaan 3.10 sebagai berikut.

$$\log_{10} W_{18} = Z_r S_o + 7,3 \log_{10}(D+1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5-1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 P_t) \times \log_{10} \frac{S_c C_d x [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 x J x \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c \cdot K)^{0,25}} \right]} \quad (3.10)$$

dengan :

$$W_{18} = \text{Traffic design (ESAL)},$$

- Z_r = Standar normal deviasi,
 S_o = Standar deviasi,
 D = Tebal pelat beton (Inci),
 ΔPSI = *Serviceability loss*,
 P_o = *Initial serviceability*,
 P_t = *Terminal serviceability index*,
 S_c' = *Modulus rupture (PSI)*,
 C_d = *Drainage coefficient*,
 J = *Load transfer*,
 E_c = *Modulus elastisitas (PSI)*, dan
 K = *Modulus reaksi tanah dasar (PCI)*.

3.14 Modifikasi Rumus AASHTO (1993)

Modifikasi rumus AASHTO (1993) dihasilkan dari kajian dengan pendekatan dan pengkondisian parameter-parameter perencanaan yang lazim di Indonesia sehingga menghasilkan penurunan rumus atau hubungan antara *ESAL* terhadap pelat beton perkerasan. Dari hasil kajian, rumus AASHTO (1993) dapat dimodifikasi, dengan mengambil tingkat *reability* 90%, menjadi seperti Persamaan 3.11 sebagai berikut.

$$\text{Log}_{10}W_{18} = -0,0759 + 7,35 \log_{10}(D+1) - \frac{0,1761 (D+1)^{8,46}}{(D+1)^{8,46} + 1,624 \times 10^7} + 3,42 \log_{10} \frac{D^{0,75} - 1,132}{D^{0,75} - 1,4631} \quad (3.11)$$

dengan :

- W_{18} = *Traffic design (ESAL)*, dan
 D = Tebal pelat beton (Inci)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah suatu cara atau prosedur yang dipergunakan untuk melakukan penelitian sehingga mampu menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian. Nasir (1988), menyatakan metode penelitian merupakan cara utama yang digunakan peneliti untuk mencapai tujuan dan menentukan jawaban atas masalah yang diajukan.

Metodologi penelitian adalah proses atau cara ilmiah untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk keperluan penelitian. Metodologi juga merupakan analisis teoritis mengenai suatu cara atau metode. Penelitian merupakan suatu penyelidikan yang sistematis untuk meningkatkan sejumlah pengetahuan, juga merupakan suatu usaha yang sistematis dan terorganisasi untuk menyelidiki masalah tertentu yang memerlukan jawaban. Hakikat penelitian dapat dipahami dengan mempelajari berbagai aspek yang mendorong penelitian untuk melakukan penelitian. Setiap orang mempunyai motivasi yang berbeda, di antaranya dipengaruhi oleh tujuan dan profesi masing-masing. Motivasi dan tujuan penelitian secara umum pada dasarnya adalah sama, yaitu bahwa penelitian merupakan refleksi dari keinginan manusia yang selalu berusaha untuk mengetahui sesuatu. Keinginan untuk memperoleh dan mengembangkan pengetahuan merupakan kebutuhan dasar manusia yang umumnya menjadi motivasi untuk melakukan penelitian.

Menurut Sugiyono (2010) menjelaskan bahwa metode penelitian adalah cara-cara ilmiah untuk mendapatkan data yang valid, dengan tujuan dapat ditemukan, dikembangkan dan dibuktikan, suatu pengetahuan tertentu sehingga pada gilirannya dapat digunakan untuk memahami, memecahkan, dan mengantisipasi masalah.

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mengumpulkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Cara ilmiah berarti

kegiatan penelitian itu didasarkan pada ciri-ciri keilmuan yaitu rasional, empiris dan sistematis.

4.2 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data dilakukan beberapa prosedur untuk mendapatkan suatu hasil dan kesimpulan dari pengolahan data atau analisis data-data yang diperoleh. Pada penelitian ini data diperoleh dengan cara mengambil data sekunder yaitu data berat muatan tiap golongan kendaraan berat angkutan barang dari jembatan timbang Wanareja, Kabupaten Cilacap dan data perencanaan jalan Diponegoro dari Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi Jawa Tengah.

4.3 Langkah-Langkah Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan 4 (tiga) tahap, yaitu sebagai berikut.

1. Tahap persiapan

Tahap persiapan penelitian ini dimulai dengan perumusan objek dan masalah mengenai pengaruh beban berlebih kendaraan berat terhadap umur rencana perkerasan kaku, kemudian melakukan studi literatur dan referensi perpustakaan mengenai perkerasan kaku, kendaraan berat angkutan barang, muatan yang diijinkan, umur rencana, *serviceability*, *vehicle damage factor*, dan perancangan tebal perkerasan metode modifikasi *AASHTO* (1993), kemudian menentukan lokasi penelitian dan melakukan survei tempat pengumpulan data.

2. Tahap pengumpulan data

Tahap pengumpulan data merupakan kegiatan pelaksanaan survei dan pengumpulan data yang berkaitan dengan kebutuhan data untuk dianalisis dalam penelitian ini yang meliputi sebagai berikut.

a. Penentuan lokasi pengambilan data sekunder

Lokasi pengambilan data sekunder dilakukan di Kantor Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi Jawa Tengah dan jembatan timbang Wanareja, Cilacap.

b. Pengambilan data sekunder

Data sekunder diambil dari jembatan timbang Wanareja, Cilacap berupa data hasil penimbangan berat muatan kendaraan berat angkutan barang, selain itu untuk data perencanaan perkerasan kaku jalan Diponegoro berupa LHR, jenis perkerasan yang digunakan, dan umur rencana diambil dari Kantor Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi Jawa Tengah.

3. Tahap pengolahan data

Tahap pengolahan data dilakukan untuk memudahkan proses analisis data. Pada tahap ini data sekunder hasil penimbangan berat muatan kendaraan berat angkutan barang tiap golongan yang *overload* lalu dihitung berapa persentase kelebihan muatan pada tiap golongan.

4. Tahap penulisan dan penarikan kesimpulan

Tahap penulisan dan penarikan kesimpulan, tahap ini meliputi penulisan laporan penelitian berdasarkan aturan yang berlaku dan hasil pengolahan data, serta penarikan kesimpulan berdasarkan data yang telah diolah tersebut. Kesimpulan diambil berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab masalah yang timbul.

4.4 Analisis Data

Analisis data merupakan upaya ataupun sebuah cara untuk mengolah data menjadi sebuah informasi, sehingga membuat karakteristik data tersebut dapat dipahami dan juga bermanfaat untuk sebuah solusi permasalahan, dan yang paling utama adalah masalah yang berkaitan dengan sebuah penelitian, selain itu ada juga pengertian yang lainnya dari analisis data yakni sebuah kegiatan yang dilakukan agar mengubah data hasil dari penelitian menjadi sebuah informasi yang nantinya dapat di gunakan di dalam mengambil kesimpulan.

Sugiyono (2010) mendefinisikan pengertian analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan, dan dokumentasi, dengan cara mengorganisasikan data ke dalam katagori, menjabarkan ke dalam unit-unit, melakukan sintesa, menyusun kedalam

pola, memilih mana yang penting dan mana yang akan dipelajari, dan membuat kesimpulan sehingga mudah dipahami oleh sendiri maupun orang lain. Analisis data merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan penelitian. Analisis data yang benar, dengan menggunakan suatu cara perhitungan data yang benar, akan menghasilkan suatu hasil yang dapat dipertanggungjawabkan.

Analisis data pada penelitian ini menggunakan bantuan program *Microsoft Excel* 2016 dan *Microsoft Mathematics* 2016, adapun tahapan analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menghitung jumlah kendaraan yang *overload* masing-masing golongan.
2. Memperhitungkan nilai persentase muatan berlebih masing-masing golongan dengan menggunakan Persamaan 4.1 sebagai berikut.

$$\text{Persentase } \textit{overload} = \frac{\text{Hasil Penimbangan} - \text{JBI}}{\text{JBI}} \times 100\% \quad (4.1)$$

3. Menghitung pembagian beban sumbu masing-masing golongan kendaraan.
4. Menghitung *vehicle damage factor* dan persentase akibat muatan berlebih tiap golongan kendaraan berat angkutan barang metode Bina Marga (1987), NAASRA (2004) dan AASHTO (1993).

Pada tahap ini langkah yang dilakukan antara lain sebagai berikut.

- a. Menghitung *VDF* masing-masing kendaraan golongan metode Bina Marga (1987) menggunakan Persamaan 3.2 dan 3.3, metode AASHTO (1993) menggunakan metode interpolasi dan metode NAASRA (2004) dengan menggunakan Persamaan 4.2, 4.3, dan 4.4 sebagai berikut.

$$\text{Sumbu tunggal, roda tunggal} = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{5400} \right)^4 \quad (4.2)$$

$$\text{Sumbu tunggal, roda ganda} = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8200} \right)^4 \quad (4.3)$$

$$\text{Sumbu ganda, roda ganda} = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu ganda dalam Kg}}{13600} \right)^4 \quad (4.4)$$

- b. Menghitung peningkatan *VDF* kendaraan setiap golongan dengan menggunakan Persamaan 4.5 sebagai berikut.

$$\text{Peningkatan } \textit{VDF} = \text{Total } \textit{ESAL} \textit{ overload} - \text{Total } \textit{ESAL} \textit{ normal} \quad (4.5)$$

5. Menghitung sisa umur rencana akibat beban *overloading* menggunakan Persamaan 3.1.

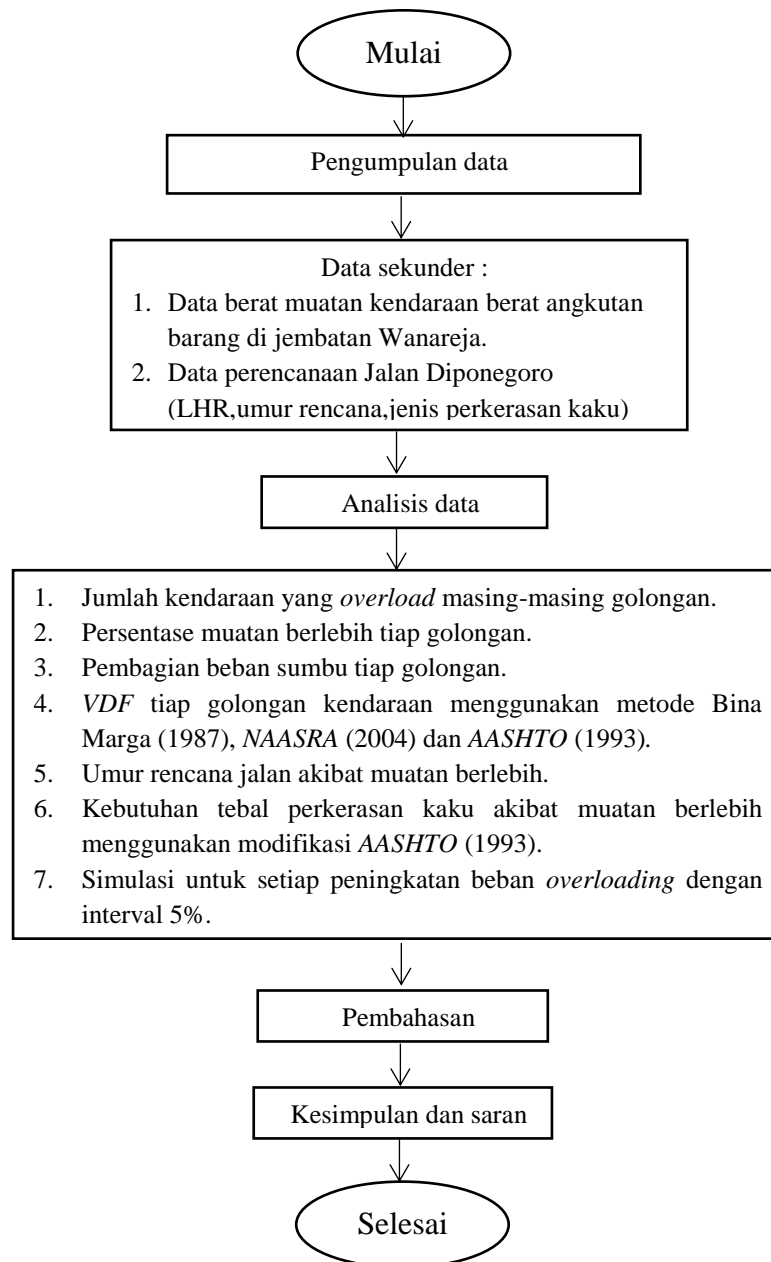
6. Menghitung kebutuhan tebal perkerasan sesuai umur rencana yang telah ditentukan menggunakan metode modifikasi *AASHTO* (1993) dengan beban *overloading* hasil penimbangan jembatan timbang Wanareja.
7. Melakukan simulasi untuk setiap peningkatan beban *overloading* dengan interval 5%, untuk mendapatkan minimal persentase yang tidak mempengaruhi umur rencana.

4.5 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian digunakan untuk membantu analisis untuk memecahkan masalah. Diagram alir atau bagan alir merupakan gambaran secara grafik yang terdiri dari simbol-simbol yang menyatakan urutan dari kegiatan yang dijalani dalam penelitian. Diagram alir merupakan sebuah diagram dengan simbol-simbol grafis yang menyatakan aliran algoritma atau proses yang menampilkan langkah-langkah yang disimbolkan dalam bentuk kotak, beserta urutannya dengan menghubungkan masing-masing langkah tersebut menggunakan tanda panah. Diagram ini bisa memberi solusi selangkah demi selangkah untuk penyelesaian masalah yang ada di dalam proses atau algoritma tersebut.

Sugiyono (2010) menyatakan *Flowchart* atau Diagram Alur adalah gambar simbol - simbol yang digunakan untuk menggambarkan urutan proses atau instruksi-instruksi yang terjadi di dalam suatu program komputer secara sistematis dan logis.

Bagan alir penelitian merupakan penjelasan secara singkat mengenai tahapan-tahapan dalam menjalankan rangkaian penelitian. Penjelasan secara singkat metodologi penelitian ini terdapat pada Gambar 4.1 di halaman berikut.



Gambar 4.1 *Flow Chart Penelitian*

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Volume Lalu Lintas Harian dan Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Volume lalu lintas harian menggunakan data pada tahun 2015 dan data pada tahun 2016 yang diperoleh dari Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional (P2JN) Provinsi Jawa Tengah. Volume lalu lintas harian pada tahun 2015 dan volume lalu lintas harian pada tahun 2016 dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Volume Lalu Lintas

No	Golongan Kendaraan	LHR 2015 (kend/hari)	LHR 2016 (Kend/hari)	Jumlah kendaraan pertahun (2015)	Jumlah kendaraan pertahun (2016)
1	Golongan 1	8631	10644	3150315	3885060
2	Golongan 2	1243	2449	453695	893885
3	Golongan 3	1305	894	476325	326310
4	Golongan 4	1309	1298	477785	473770
5	Golongan 5a	549	463	200385	168995
6	Golongan 5b	411	488	150015	178120
7	Golongan 6	1618	1503	590570	548595
8	Golongan 7a	258	321	94170	117165
9	Golongan 7b	86	7	31390	2555
10	Golongan 7c	63	72	22995	26280
11	Golongan 8	120	170	43800	62050
Total		15593	18309	5691445	6682785

Sumber : P2JKN (2017)

Faktor pertumbuhan lalu lintas dihitung menggunakan metode rata-rata, faktor pertumbuhan lalu lintas dapat diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor pertumbuhan lalu lintas} &= \frac{LHR_{2016} - LHR_{2015}}{LHR_{2015}} \times 100\% \\
 &= \frac{18309 - 15593}{15593} \times 100\% \\
 &= 14,83\%
 \end{aligned}$$

5.2 Data Berat Kendaraan

Data berat kendaraan diperoleh dari jembatan timbang Wanareja, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Penimbangan dilakukan dengan menggunakan jembatan timbang kapasitas 40 ton, pada jembatan timbang Wanareja penimbangan hanya dilakukan pada 5 golongan, yaitu golongan 1, golongan 2, golongan 3, golongan 4 dan golongan 5. Data berat kendaraan dapat dilihat pada Lampiran 1. Untuk jumlah kendaraan yang *Overload* pada jembatan timbang Wanareja dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Jumlah Kendaraan *Overload*

No	Kendaraan	Jumlah kendaraan <i>overload</i> perhari (2016)	Jumlah kendaraan <i>overload</i> pertahun (2016)
1	Gol 3	98	35770
2	Gol 4	211	77015
3	Gol 6	291	106215
4	Gol 7a	40	14600
5	Gol 7b	6	2190

Sumber : Jembatan timbang Wanareja (2017)

5.3 Persentase Muatan Berlebih Tiap Golongan Kendaraan

Penggolongan kendaraan pada jembatan timbang Wanareja berbeda dengan penggolongan kendaraan menurut Bina Marga (2004). Pada jembatan timbang Wanareja penggolongan hanya dibagi menjadi 5 golongan kendaraan saja, penggolongan tersebut berdasarkan jenis kendaraan berat, untuk memudahkan sehingga penamaannya menjadi golongan 1 sampai golongan 5. Pada penelitian ini penggolongan pada jembatan timbang Wanareja disesuaikan dengan penggolongan kendaraan menurut Bina Marga (2004) dengan melihat pendekatan berat kendaraan golongan, sehingga penggolongannya dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Penggolongan Kendaraan

No	Golongan kendaraan jembatan timbang Wanareja	Golongan kendaraan berdasarkan Bina Marga (2004)
1	Golongan 1	Golongan 3
2	Golongan 2	Golongan 4
3	Golongan 3	Golongan 6
4	Golongan 4	Golongan 7a
5	Golongan 5	Golongan 7b

5.3.1 Golongan 1

Golongan 1 pada jembatan timbang Wanareja digolongkan menjadi golongan 3 berdasarkan Bina Marga (2004), perhitungan persentase muatan berlebih untuk kendaraan golongan 3 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase muatan berlebih No 1.} &= \frac{\text{Hasil Penimbangan}-\text{JBI}}{\text{JBI}} \times 100\% \\ &= \frac{2400-2100}{2100} \times 100\% \\ &= 14,29\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

5.3.2 Golongan 2

Golongan 2 pada jembatan timbang Wanareja digolongkan menjadi golongan 4 berdasarkan Bina Marga (2004), perhitungan persentase muatan berlebih untuk kendaraan golongan 4 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase muatan berlebih No 1.} &= \frac{\text{Hasil Penimbangan}-\text{JBI}}{\text{JBI}} \times 100\% \\ &= \frac{10280-7500}{7500} \times 100\% \\ &= 37,07\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

5.3.3 Golongan 3

Golongan 3 pada jembatan timbang Wanareja digolongkan menjadi golongan 6 berdasarkan Bina Marga (2004), perhitungan persentase muatan berlebih untuk kendaraan golongan 6 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase muatan berlebih No 1.} &= \frac{\text{Hasil Penimbangan}-\text{JBI}}{\text{JBI}} \times 100\% \\ &= \frac{13760-8000}{8000} \times 100\% \\ &= 72\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

5.3.4 Golongan 4

Golongan 4 pada jembatan timbang Wanareja digolongkan menjadi golongan 7a berdasarkan Bina Marga (2004), perhitungan persentase muatan berlebih untuk kendaraan golongan 7a adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase muatan berlebih No 1.} &= \frac{\text{Hasil Penimbangan}-\text{JBI}}{\text{JBI}} \times 100\% \\ &= \frac{27380-21000}{21000} \times 100\% \\ &= 30,38\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

5.3.5 Golongan 5

Golongan 5 pada jembatan timbang Wanareja digolongkan menjadi golongan 7b berdasarkan Bina Marga (2004), perhitungan persentase muatan berlebih untuk kendaraan golongan 7b adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase muatan berlebih No 1.} &= \frac{\text{Hasil Penimbangan}-\text{JBI}}{\text{JBI}} \times 100\% \\ &= \frac{36840-23500}{23500} \times 100\% \\ &= 50,18\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

Dari perhitungan di atas diperoleh persentase rata-rata muatan berlebih kendaraan tiap golongan, persentase rata-rata tersebut yang akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Persentase rata-rata muatan berlebih aktual kendaraan tiap golongan dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Persentase Muatan Berlebih Aktual Rata-rata Tiap Golongan

No	Golongan kendaraan	Persentase (%)
1	Golongan 3	37,80
2	Golongan 4	55,66
3	Golongan 6	60,91
4	Golongan 7a	47,22
5	Golongan 7b	59,97

5.4 Pembagian Beban Sumbu Tiap Golongan Kendaraan

5.4.1 Pembagian beban sumbu tiap golongan kendaraan standar

Pembagian beban tiap sumbu kendaraan dengan beban standar berdasarkan Bina Marga (1987) MST 10 ton, berdasarkan NAASRA (2004) dan berdasarkan AASHTO (1993) pembagian beban sumbu tiap sumbu kendaraan dapat dilihat pada Tabel 5.5 di halaman berikut.

Tabel 5.5 Pembagian Beban Sumbu MST 10 ton

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2,00	1,00	1,00				
2	Pick-up, combi	3	1,2	8,30	2,82	5,48				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	8,30	2,82	5,48				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,30	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9,00	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	15,15	5,15	10,00				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	25,00	6,25	9,38	9,38			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	31,40	5,65	8,79	8,48	8,48		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10,00	10,00	7,00	7,25	

5.4.2 Pembagian beban sumbu tiap golongan akibat muatan berlebih aktual

Pembagian beban sumbu tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih aktual menggunakan perhitungan sebagai berikut.

1. Golongan 3

Sebelumnya diketahui bahwa golongan 3 memiliki persentase muatan berlebih aktual rata-rata sebesar 37,86%, sehingga pembagian sumbunya menjadi sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Roda depan} &= 2,82 + (2,82 \times 37,86\%) \\ &= 3,8877 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Roda belakang ke-1} &= 5,48 + (5,48 \times 37,86\%) \\ &= 7,5549 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total} &= \text{Roda depan} + \text{Roda belakang ke-1} \\ &= 3,8877 + 7,5549 \\ &= 11,443 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Golongan 4

Sebelumnya diketahui bahwa golongan 4 memiliki persentase muatan berlebih aktual rata-rata sebesar 55,66%, sehingga pembagian sumbunya menjadi sebagai berikut.

$$\text{Roda depan} = 2,82 + (2,82 \times 55,66\%)$$

$$\begin{aligned}
 &= 4,389 \text{ ton} \\
 \text{Roda belakang ke-1} &= 5,48 + (5,48 \times 55,66\%) \\
 &= 8,53 \text{ ton} \\
 \text{Berat total} &= \text{Roda depan} + \text{Roda belakang ke-1} \\
 &= 4,389 + 8,53 \\
 &= 12,92 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

3. Golongan 6

Sebelumnya diketahui bahwa golongan 6 memiliki persentase muatan berlebih aktual rata-rata sebesar 60,91%, sehingga pembagian sumpunya menjadi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Roda depan} &= 5,15 + (5,15 \times 60,91\%) \\
 &= 8,287 \text{ ton} \\
 \text{Roda belakang ke-1} &= 10 + (10 \times 60,91\%) \\
 &= 16,0915 \text{ ton} \\
 \text{Berat total} &= \text{Roda depan} + \text{Roda belakang ke-1} \\
 &= 8,287 + 16,091 \\
 &= 24,378 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

4. Golongan 7a

Sebelumnya diketahui bahwa golongan 7a memiliki persentase muatan berlebih aktual rata-rata sebesar 47,22%, sehingga pembagian sumpunya menjadi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Roda depan} &= 6,25 + (6,25 \times 47,22\%) \\
 &= 9,20 \text{ ton} \\
 \text{Roda belakang ke-1} &= 9,375 + (9,375 \times 47,22\%) \\
 &= 13,8 \text{ ton} \\
 \text{Roda belakang ke-2} &= 9,375 + (9,375 \times 47,22\%) \\
 &= 13,8 \text{ ton} \\
 \text{Berat total} &= \text{Roda depan} + \text{Roda belakang ke-1} + \text{Roda belakang ke-2} \\
 &= 9,20 + 13,8 + 13,8 \\
 &= 36,805 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

5. Golongan 7b

Sebelumnya diketahui bahwa golongan 7b memiliki persentase muatan berlebih aktual rata-rata sebesar 59,97%, sehingga pembagian sumpunya menjadi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Roda depan} &= 5,65 + (5,65 \times 59,97\%) \\
 &= 9,038 \text{ ton} \\
 \text{Roda belakang ke-1} &= 8,79 + (8,79 \times 59,97\%) \\
 &= 14,061 \text{ ton} \\
 \text{Roda belakang ke-2} &= 8,48 + (8,48 \times 59,97\%) \\
 &= 13,56 \text{ ton} \\
 \text{Roda belakang ke-3} &= 8,48 + (8,48 \times 59,97\%) \\
 &= 13,56 \text{ ton} \\
 \text{Berat total} &= \text{Roda depan} + \text{Roda belakang ke-1} + \text{Roda belakang ke-2} + \text{Roda belakang ke-3} \\
 &= 9,038 + 14,061 + 13,56 + 13,56 \\
 &= 50,231 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Hasil pembagian beban sumbu tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih aktual dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.6 Pembagian Beban Sumbu Akibat Muatan berlebih Aktual

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2,00	1,00	1,00				
2	Pick-up, combi	3	1,2	11,44	3,89	7,55				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	12,92	4,39	8,53				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,30	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9,00	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	24,38	8,29	16,09				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	36,81	9,20	13,80	13,80			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	50,23	9,04	14,06	13,57	13,57		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10,00	10,00	7,00	7,25	

5.5 Vehicle Damage Factor Tiap Golongan Kendaraan

5.5.1 Vehicle damage factor tiap golongan kendaraan berdasarkan Bina Marga (1987) pada kondisi normal

Perhitungan *VDF* tiap golongan kendaraan berdasarkan Bina Marga (1987) pada kondisi normal adalah sebagai berikut.

1. Golongan 2

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{1000}{8160} \right)^4 \\ &= 0,00025 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-2} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{1000}{8160} \right)^4 \\ &= 0,00025 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VDF golongan 2} &= 0,00025 + 0,00025 \\ &= 0,0005 \end{aligned}$$

2. Golongan 3

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{2820}{8160} \right)^4 \\ &= 0,0143 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-3} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{5480}{8160} \right)^4 \\ &= 0,2034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VDF golongan 3} &= 0,0143 + 0,2034 \\ &= 0,2177 \end{aligned}$$

3. Golongan 4

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{2820}{8160} \right)^4 \end{aligned}$$

$$= 0,0143$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-3} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{5480}{8160} \right)^4 \\ &= 0,2034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VDF golongan 4} &= 0,0143+0,2034 \\ &= 0,2177 \end{aligned}$$

4. Golongan 5a

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{2820}{8160} \right)^4 \\ &= 0,0143 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-3} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{5480}{8160} \right)^4 \\ &= 0,2034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VDF golongan 5a} &= 0,0143+0,2034 \\ &= 0,2177 \end{aligned}$$

5. Golongan 5b

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{3060}{8160} \right)^4 \\ &= 0,0198 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-2} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{5940}{8160} \right)^4 \\ &= 0,2808 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VDF golongan 5b} &= 0,0198+0,2808 \\ &= 0,3006 \end{aligned}$$

6. Golongan 6

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{5150}{8160} \right)^4 \\ &= 0,1587 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-2} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{10000}{8160} \right)^4 \\ &= 2,2555 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VDF golongan 6} &= 0,1587 + 2,2555 \\ &= 2,4141 \end{aligned}$$

7. Golongan 7a

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{6250}{8160} \right)^4 \\ &= 0,3442 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-2} &= 0,086 \left(\frac{\text{Beban satu sumbu ganda dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= 0,086 \left(\frac{18750}{8160} \right)^4 \\ &= 2,3974 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VDF golongan 7a} &= 0,3442 + 2,3974 \\ &= 2,7416 \end{aligned}$$

8. Golongan 7b

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{5650}{8160} \right)^4 \\ &= 0,2298 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-2} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\ &= \left(\frac{8790}{8160} \right)^4 \\ &= 1,3465 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sumbu As-3} &= 0,086 \left(\frac{\text{Beban satu sumbu ganda dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\
 &= 0,086 \left(\frac{8480}{8160} \right)^4 \\
 &= 1,1663
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sumbu As-4} &= 0,086 \left(\frac{\text{Beban satu sumbu ganda dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\
 &= 0,086 \left(\frac{8480}{8160} \right)^4 \\
 &= 1,1663
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{VDF golongan 7b} &= 0,2298+1,3465+1,1663+1,1663 \\
 &= 3,9090
 \end{aligned}$$

9. Golongan 7c

$$\begin{aligned}
 \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\
 &= \left(\frac{5880}{8160} \right)^4 \\
 &= 0,2696
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sumbu As-2} &= 0,086 \left(\frac{\text{Beban satu sumbu ganda dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\
 &= 0,086 \left(\frac{20000}{8160} \right)^4 \\
 &= 3,1036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sumbu As-3} &= 0,086 \left(\frac{\text{Beban satu sumbu ganda dalam Kg}}{8160} \right)^4 \\
 &= 0,086 \left(\frac{14250}{8160} \right)^4 \\
 &= 0,7998
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{VDF golongan 7c} &= 0,2696+3,1036+0,7998 \\
 &= 4,1730
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan *VDF* tiap golongan berdasarkan Bina Marga (1987) dapat dilihat pada Tabel 5.7 di halaman berikut.

Tabel 5.7 Nilai VDF Tiap Golongan Kondisi Normal Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (ton)					VDF	
					Depan ST,RT	Belakang					
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4		ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2,00	1,00	1,00					0,0005
2	Pick-up, combi	3	1,2	8,30	2,82	5,48					0,2177
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	8,30	2,82	5,48					0,2177
4	Bus kecil	5a	1,2	8,30	2,82	5,48					0,2177
5	Bus besar	5b	1,2	9,00	3,06	5,94					0,3006
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	15,15	5,15	10,00					2,4141
7	Truck 3as	7a	1.2.2	25,00	6,25	9,38	9,38				2,7416
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	31,40	5,65	8,79	8,48	8,48			3,9090
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10,00	10,00	7,00	7,25		4,1730

5.5.2 Vehicle damage factor tiap golongan kendaraan berdasarkan NAASRA (2004) pada kondisi normal

Perhitungan VDF tiap golongan kendaraan berdasarkan NAASRA (2004) pada kondisi normal adalah sebagai berikut.

1. Golongan 2

$$\begin{aligned}
 \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{5400} \right)^4 \\
 &= \left(\frac{1000}{5400} \right)^4 \\
 &= 0,001176
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sumbu As-2} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{5400} \right)^4 \\
 &= \left(\frac{1000}{5400} \right)^4 \\
 &= 0,001176
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{VDF golongan 2} &= 0,001176 + 0,001176 \\
 &= 0,0024
 \end{aligned}$$

2. Golongan 3

$$\begin{aligned}
 \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{5400} \right)^4 \\
 &= \left(\frac{2820}{5400} \right)^4 \\
 &= 0,0744
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sumbu As-2} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8200} \right)^4 \\
 &= \left(\frac{5480}{8200} \right)^4 \\
 &= 0,1995 \\
 \text{VDF golongan 3} &= 0,0744+0,1995 \\
 &= 0,2738
 \end{aligned}$$

3. Golongan 4

$$\begin{aligned}
 \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{5400} \right)^4 \\
 &= \left(\frac{2820}{5400} \right)^4 \\
 &= 0,0744 \\
 \text{Sumbu As-2} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8200} \right)^4 \\
 &= \left(\frac{5480}{8200} \right)^4 \\
 &= 0,1995 \\
 \text{VDF golongan 4} &= 0,0744+0,1995 \\
 &= 0,2738
 \end{aligned}$$

4. Golongan 5a

$$\begin{aligned}
 \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{5400} \right)^4 \\
 &= \left(\frac{2820}{5400} \right)^4 \\
 &= 0,0744 \\
 \text{Sumbu As-2} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8200} \right)^4 \\
 &= \left(\frac{5480}{8200} \right)^4 \\
 &= 0,1995 \\
 \text{VDF golongan 5a} &= 0,0744+0,1995 \\
 &= 0,2738
 \end{aligned}$$

5. Golongan 5b

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{5400} \right)^4 \\ &= \left(\frac{3060}{5400} \right)^4 \\ &= 0,1031 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-2} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8200} \right)^4 \\ &= \left(\frac{5940}{8200} \right)^4 \\ &= 0,2754 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VDF golongan 5b} &= 0,1031 + 0,2754 \\ &= 0,3785 \end{aligned}$$

6. Golongan 6

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{5400} \right)^4 \\ &= \left(\frac{5150}{5400} \right)^4 \\ &= 0,8273 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-2} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8200} \right)^4 \\ &= \left(\frac{10000}{8200} \right)^4 \\ &= 2,2118 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VDF golongan 6} &= 0,8273 + 2,2118 \\ &= 3,0391 \end{aligned}$$

7. Golongan 7a

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-1} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{5400} \right)^4 \\ &= \left(\frac{6250}{5400} \right)^4 \\ &= 1,745 \end{aligned}$$

$$\text{Sumbu As-2} = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8200} \right)^4$$

$$= \left(\frac{18750}{8200} \right)^4$$

$$= 3,6128$$

$$VDF \text{ golongan 7a} = 1,745 + 3,6128$$

$$= 5,4074$$

8. Golongan 7b

$$\text{Sumbu As-1} = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{5400} \right)^4$$

$$= \left(\frac{5650}{5400} \right)^4$$

$$= 1,1984$$

$$\text{Sumbu As-2} = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8200} \right)^4$$

$$= \left(\frac{8790}{8200} \right)^4$$

$$= 1,3204$$

$$\text{Sumbu As-3} = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8200} \right)^4$$

$$= \left(\frac{8480}{8200} \right)^4$$

$$= 1,1437$$

$$\text{Sumbu As-4} = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8200} \right)^4$$

$$= \left(\frac{8480}{8200} \right)^4$$

$$= 1,1437$$

$$VDF \text{ golongan 7b} = 1,1984 + 1,3204 + 1,1437 + 1,1437$$

$$= 4,8063$$

9. Golongan 7c

$$\text{Sumbu As-1} = \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{5400} \right)^4$$

$$= \left(\frac{5880}{5400} \right)^4$$

$$= 1,4058$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-2} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8200} \right)^4 \\ &= \left(\frac{20000}{13600} \right)^4 \\ &= 4,6770 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-3} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8200} \right)^4 \\ &= \left(\frac{7000}{8200} \right)^4 \\ &= 0,5311 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu As-4} &= \left(\frac{\text{Beban satu sumbu tunggal dalam Kg}}{8200} \right)^4 \\ &= \left(\frac{7250}{8200} \right)^4 \\ &= 0,6111 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VDF golongan 7c} &= 1,4058+4,6770+0,5311+0,6111 \\ &= 7,2249 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan *VDF* tiap golongan berdasarkan *NAASRA* (2004) dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5.8 Nilai *VDF* Tiap Golongan Kondisi Normal Berdasarkan *NAASRA* (2004)

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (ton)					<i>VDF</i>
					Depan ST,RT	Belakang				
					ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5	
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2,00	1,00	1,00				0,0024
2	Pick-up, combi	3	1,2	8,30	2,82	5,48				0,2738
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	8,30	2,82	5,48				0,2738
4	Bus kecil	5a	1,2	8,30	2,82	5,48				0,2738
5	Bus besar	5b	1,2	9,00	3,06	5,94				0,3785
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	15,15	5,15	10,00				3,0391
7	Truck 3as	7a	1.2.2	25,00	6,25	9,38	9,38			5,4074
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	31,40	5,65	8,79	8,48	8,48		4,8063
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10,00	10,00	7,00	7,25	7,2249

5.5.3 *Vehicle damage factor* tiap golongan kendaraan berdasarkan *AASHTO* (1993) pada kondisi normal

Perhitungan *VDF* tiap golongan kendaraan ditentukan menggunakan tabel pada Lampiran 3. Untuk persentase beban setiap jenis kendaraan menggunakan peraturan Bina Marga (1987). Dengan memperhitungkan nilai $P_t = 2,5$ karena jalan Diponegoro merupakan jalan raya utama (lihat Tabel 3.8) dan dengan diketahui tebal pelat kondisi eksisting sebesar 30 cm, maka didapatkan angka ekvivalen (E) dengan cara interpolasi. Hasil *VDF* tiap golongan kendaraan berdasarkan *AASHTO* (1993) dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5.9 Nilai *VDF* Tiap Golongan Kondisi Normal Berdasarkan *AASHTO* (1993)

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					<i>VDF</i>	
					Depan ST,RT	Belakang					
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4		ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangan	2	1,1	4,41	2,20	2,20				0,0008	
2	Pick-up, combi	3	1,2	18,30	6,22	12,08				0,1930	
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	18,30	6,22	12,08				0,1930	
4	Bus kecil	5a	1,2	18,30	6,22	12,08				0,1930	
5	Bus besar	5b	1,2	19,84	6,75	13,10				0,2810	
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	33,40	11,35	22,05				2,5775	
7	Truck 3as	7a	1.2.2	55,12	13,78	20,67	20,67			4,9110	
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	69,23	12,46	19,38	18,70	18,70		4,0286	
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,47	12,96	22,05	22,05	15,43	15,98	6,4544	

5.5.4 *Vehicle damage factor* tiap golongan kendaraan berdasarkan Bina Marga (1987) akibat muatan berlebih aktual

Perhitungan *vehicle damage factor* tiap golongan kendaraan berdasarkan Bina Marga (1987) akibat muatan berlebih aktual sama seperti perhitungan *vehicle damage factor* tiap golongan kendaraan berdasarkan Bina Marga (1987) pada kondisi normal, tetapi menggunakan berat total akibat muatan berlebih aktual. Sehingga hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.10 di halaman berikut.

Tabel 5.10 Vehicle Damage Factor Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (ton)					VDF	
					Depan ST,RT	Belakang					
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4		ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2,00	1,00	1,00					0,0005
2	Pick-up, combi	3	1,2	11,44	3,89	7,55					0,7863
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	12,92	4,39	8,53					1,2780
4	Bus kecil	5a	1,2	8,30	2,82	5,48					0,2177
5	Bus besar	5b	1,2	9,00	3,06	5,94					0,3006
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	24,38	8,29	16,09					16,1860
7	Truck 3as	7a	1.2.2	36,81	9,20	13,80	13,80				12,8786
8	Trailer 4 as, truck gandingan	7b	1.2+2.2	50,23	9,04	14,06	13,57	13,57			25,5995
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10,00	10,00	7,00	7,25		4,1730

5.5.5 Vehicle damage factor tiap golongan kendaraan berdasarkan NAASRA (2004) akibat muatan berlebih aktual

Perhitungan *vehicle damage factor* tiap golongan kendaraan berdasarkan NAASRA (2004) akibat muatan berlebih aktual sama seperti perhitungan *vehicle damage factor* tiap golongan kendaraan berdasarkan NAASRA (2004) pada kondisi normal, tetapi menggunakan berat total akibat muatan berlebih aktual. Sehingga hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.11 sebagai berikut.

Tabel 5.11 Vehicle Damage Factor Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (ton)					VDF	
					Depan ST,RT	Belakang					
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4		ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2,00	1,00	1,00					0,0024
2	Pick-up, combi	3	1,2	11,44	3,89	7,55					0,9892
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	12,92	4,39	8,53					1,6078
4	Bus kecil	5a	1,2	8,30	2,82	5,48					0,2738
5	Bus besar	5b	1,2	9,00	3,06	5,94					0,3785
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	24,38	8,29	16,09					20,3760
7	Truck 3as	7a	1.2.2	36,81	9,20	13,80	13,80				25,4011
8	Trailer 4 as, truck gandingan	7b	1.2+2.2	50,23	9,04	14,06	13,57	13,57			31,4761
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10,00	10,00	7,00	7,25		7,2249

5.5.6 *Vehicle damage factor* tiap golongan kendaraan berdasarkan *AASHTO* (1993) akibat muatan berlebih aktual

Perhitungan *vehicle damage factor* tiap golongan kendaraan berdasarkan *AASHTO* (1993) akibat muatan berlebih aktual sama seperti perhitungan *vehicle damage factor* tiap golongan kendaraan berdasarkan *AASHTO* (1993) pada kondisi normal, tetapi menggunakan berat total akibat muatan berlebih. Sehingga hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.12 sebagai berikut.

Tabel 5.12 *Vehicle Damage Factor* Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan *AASHTO* (1993)

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					VDF	
					Depan ST,RT	Belakang					
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4		ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangan	2	1,1	4,41	2,20	2,20					0,0008
2	Pick-up, combi	3	1,2	25,23	8,57	16,66					0,7760
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	28,48	9,68	18,81					1,3075
4	Bus kecil	5a	1,2	18,30	6,22	12,08					0,1930
5	Bus besar	5b	1,2	19,84	6,75	13,10					0,2810
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	53,75	18,27	35,48					20,1766
7	Truck 3as	7a	1.2.2	81,14	20,29	30,43	30,43				23,9728
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	110,74	19,93	31,00	29,91	29,91			30,4016
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,47	12,96	22,05	22,05	15,43	15,98		6,4544

5.6 *Vehicle Damage Factor* Kumulatif

5.6.1 *Vehicle damage factor* kumulatif kondisi normal berdasarkan Bina Marga (1987)

Perhitungan *vehicle damage factor* kumulatif kondisi normal berdasarkan Bina Marga (1987) adalah sebagai berikut.

1. Golongan 2

$$\begin{aligned}
 VDF \text{ kumulatif golongan 2} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 2/tahun} \times VDF \\
 &\quad \text{normal golongan 2} \\
 &= 893885 \times 0,0005 \\
 &= 403,228
 \end{aligned}$$

2. Golongan 3

$$VDF \text{ kumulatif golongan 3} = \text{Jumlah kendaraan golongan 3/tahun} \times VDF$$

- normal golongan 3
 $= 326310 \times 0,2177$
 $= 71027,5$
3. Golongan 4
VDF kumulatif golongan 4 = Jumlah kendaraan golongan 4/tahun x *VDF*
 normal golongan 4
 $= 473770 \times 0,2177$
 $= 103125$
4. Golongan 5a
VDF kumulatif golongan 5a = Jumlah kendaraan golongan 5a/tahun x *VDF*
 normal golongan 5a
 $= 168995 \times 0,2177$
 $= 36784,3$
5. Golongan 5b
VDF kumulatif golongan 5b = Jumlah kendaraan golongan 5b/tahun x *VDF*
 normal golongan 5b
 $= 178120 \times 0,3006$
 $= 53537,1$
6. Golongan 6
VDF kumulatif golongan 6 = Jumlah kendaraan golongan 6/tahun x *VDF*
 normal golongan 6
 $= 548595 \times 2,4141$
 $= 13243386,4$
7. Golongan 7a
VDF kumulatif golongan 7a = Jumlah kendaraan golongan 7a/tahun x *VDF*
 normal golongan 7a
 $= 117165 \times 2,7416$
 $= 321216$
8. Golongan 7b
VDF kumulatif golongan 7b = Jumlah kendaraan golongan 7b/tahun x *VDF*
 normal golongan 7b

$$= 2555 \times 3,9090$$

$$= 9987,43$$

9. Golongan 7c

$$\begin{aligned} VDF \text{ kumulatif golongan } 7c &= \text{Jumlah kendaraan golongan } 7c/\text{tahun} \times VDF \\ &\text{normal golongan } 7c \end{aligned}$$

$$= 26280 \times 4,1730$$

$$= 109666$$

$$\begin{aligned} \text{Total } VDF \text{ kumulatif} &= VDF \text{ kumulatif golongan } 2 + VDF \text{ kumulatif golongan } 3 \\ &+ VDF \text{ kumulatif golongan } 4 + VDF \text{ kumulatif golongan } \\ &5a + VDF \text{ kumulatif golongan } 5b + VDF \text{ kumulatif} \\ &\text{golongan } 6 + VDF \text{ kumulatif golongan } 7a + VDF \\ &\text{kumulatif golongan } 7b + VDF \text{ kumulatif golongan } 7c \\ &= 403,228 + 71027,5 + 103125 + 36784,9 + 53537,1 + \\ &13243386,4 + 321216 + 9987,43 + 109666 \\ &= 2030134,31 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan *VDF* kumulatif kondisi normal berdasarkan Bina Marga (1987) dapat dilihat pada Tabel 5.13 sebagai berikut.

Tabel 5.13 *VDF* Kumulatif Kondisi Normal Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Kendaraan	Jumlah kendaraan pertahun	<i>VDF</i> normal	<i>VDF</i> kumulatif normal
1	Gol 2	893885	0,0005	403,228
2	Gol 3	326310	0,2177	71027,508
3	Gol 4	473770	0,2177	103124,950
4	Gol 5a	168995	0,2177	36784,939
5	Gol 5b	178120	0,3006	53537,111
6	Gol 6	548595	2,4141	1324386,400
7	Gol 7a	117165	2,7416	321216,342
8	Gol 7b	2555	3,9090	9987,431
9	Gol 7c	26280	4,1730	109666,402
Total				2030134,310

5.6.2 *Vehicle damage factor* kumulatif kondisi normal berdasarkan NAASRA (2004)

Perhitungan *vehicle damage factor* kumulatif kondisi normal berdasarkan NAASRA (2004) adalah sebagai berikut.

1. Golongan 2

$$\begin{aligned} VDF \text{ kumulatif golongan 2} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 2/tahun} \times VDF \\ &\quad \text{normal golongan 2} \\ &= 893885 \times 0,0024 \\ &= 2102,5 \end{aligned}$$

2. Golongan 3

$$\begin{aligned} VDF \text{ kumulatif golongan 3} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 3/tahun} \times VDF \\ &\quad \text{normal golongan 3} \\ &= 326310 \times 0,2738 \\ &= 89356,4 \end{aligned}$$

3. Golongan 4

$$\begin{aligned} VDF \text{ kumulatif golongan 4} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 4/tahun} \times VDF \\ &\quad \text{normal golongan 4} \\ &= 473770 \times 0,2738 \\ &= 129737 \end{aligned}$$

4. Golongan 5a

$$\begin{aligned} VDF \text{ kumulatif golongan 5a} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 5a/tahun} \times VDF \\ &\quad \text{normal golongan 5a} \\ &= 168995 \times 0,2738 \\ &= 46277,4 \end{aligned}$$

5. Golongan 5b

$$\begin{aligned} VDF \text{ kumulatif golongan 5b} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 5b/tahun} \times VDF \\ &\quad \text{normal golongan 5b} \\ &= 178120 \times 0,3785 \\ &= 67412,3 \end{aligned}$$

6. Golongan 6

$$\begin{aligned}
 \text{VDF kumulatif golongan 6} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 6/tahun} \times \text{VDF} \\
 &\quad \text{normal golongan 6} \\
 &= 548595 \times 3,0391 \\
 &= 1667221,98
 \end{aligned}$$

7. Golongan 7a

$$\begin{aligned}
 \text{VDF kumulatif golongan 7a} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 7a/tahun} \times \text{VDF} \\
 &\quad \text{normal golongan 7a} \\
 &= 117165 \times 5,4074 \\
 &= 633552
 \end{aligned}$$

8. Golongan 7b

$$\begin{aligned}
 \text{VDF kumulatif golongan 7b} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 7b/tahun} \times \text{VDF} \\
 &\quad \text{normal golongan 7b} \\
 &= 2555 \times 4,8063 \\
 &= 12280,1
 \end{aligned}$$

9. Golongan 7c

$$\begin{aligned}
 \text{VDF kumulatif golongan 7c} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 7c/tahun} \times \text{VDF} \\
 &\quad \text{normal golongan 7c} \\
 &= 26280 \times 7,2249 \\
 &= 189872
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total VDF kumulatif} &= \text{VDF kumulatif golongan 2} + \text{VDF kumulatif} \\
 &\quad \text{golongan 3} + \text{VDF kumulatif golongan 4} + \text{VDF} \\
 &\quad \text{kumulatif golongan 5a} + \text{VDF kumulatif golongan} \\
 &\quad \text{5b} + \text{VDF kumulatif golongan 6} + \text{VDF kumulatif} \\
 &\quad \text{golongan 7a} + \text{VDF kumulatif golongan 7b} + \text{VDF} \\
 &\quad \text{kumulatif golongan 7c} \\
 &= 2102,5 + 89356,4 + 129737 + 46277,4 + 67412,3 + \\
 &\quad 1667221,98 + 633552 + 12280,1 + 189872 \\
 &= 2837811,547
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan VDF kumulatif kondisi normal berdasarkan NAASRA (2004) dapat dilihat pada Tabel 5.14 di halaman berikut.

Tabel 5.14 VDF Kumulatif Kondisi Normal Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Kendaraan	Jumlah kendaraan pertahun	VDF normal	VDF kumulatif normal
1	Gol 2	893885	0,0024	2102,502
2	Gol 3	326310	0,2738	89356,436
3	Gol 4	473770	0,2738	129736,750
4	Gol 5a	168995	0,2738	46277,438
5	Gol 5b	178120	0,3785	67412,310
6	Gol 6	548595	3,0391	1667221,980
7	Gol 7a	117165	5,4074	633552,457
8	Gol 7b	2555	4,8063	12280,131
9	Gol 7c	26280	7,2249	189871,533
Total				2837811,547

5.6.3 *Vehicle damage factor* kumulatif kondisi normal berdasarkan AASHTO (1993)

Perhitungan *vehicle damage factor* kumulatif kondisi normal berdasarkan AASHTO (1993) adalah sebagai berikut.

1. Golongan 2

$$\begin{aligned}
 \text{VDF kumulatif golongan 2} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 2/tahun} \times \text{VDF} \\
 &\quad \text{normal golongan 2} \\
 &= 893885 \times 0,0008 \\
 &= 684,1795
 \end{aligned}$$

2. Golongan 3

$$\begin{aligned}
 \text{VDF kumulatif golongan 3} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 3/tahun} \times \text{VDF} \\
 &\quad \text{normal golongan 3} \\
 &= 326310 \times 0,1930 \\
 &= 62963,241
 \end{aligned}$$

3. Golongan 4

$$\begin{aligned}
 \text{VDF kumulatif golongan 4} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 4/tahun} \times \text{VDF} \\
 &\quad \text{normal golongan 4} \\
 &= 473770 \times 0,1930 \\
 &= 91416,428
 \end{aligned}$$

4. Golongan 5a

$$\begin{aligned} VDF \text{ kumulatif golongan 5a} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 5a/tahun} \times VDF \\ &\quad \text{normal golongan 5a} \\ &= 168995 \times 0,1930 \\ &= 32608,479 \end{aligned}$$

5. Golongan 5b

$$\begin{aligned} VDF \text{ kumulatif golongan 5b} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 5b/tahun} \times VDF \\ &\quad \text{normal golongan 5b} \\ &= 178120 \times 0,2810 \\ &= 50051,64 \end{aligned}$$

6. Golongan 6

$$\begin{aligned} VDF \text{ kumulatif golongan 6} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 6/tahun} \times VDF \\ &\quad \text{normal golongan 6} \\ &= 548595 \times 2,5775 \\ &= 1413986,2 \end{aligned}$$

7. Golongan 7a

$$\begin{aligned} VDF \text{ kumulatif golongan 7a} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 7a/tahun} \times VDF \\ &\quad \text{normal golongan 7a} \\ &= 117165 \times 4,9110 \\ &= 575399,15 \end{aligned}$$

8. Golongan 7b

$$\begin{aligned} VDF \text{ kumulatif golongan 7b} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 7b/tahun} \times VDF \\ &\quad \text{normal golongan 7b} \\ &= 2555 \times 4,0286 \\ &= 10293,009 \end{aligned}$$

9. Golongan 7c

$$\begin{aligned} VDF \text{ kumulatif golongan 7c} &= \text{Jumlah kendaraan golongan 7c/tahun} \times VDF \\ &\quad \text{normal golongan 7c} \\ &= 26280 \times 6,4544 \\ &= 169620,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Total VDF kumulatif} &= \text{VDF kumulatif golongan 2} + \text{VDF kumulatif} \\
&\quad \text{golongan 3} + \text{VDF kumulatif golongan 4} + \text{VDF} \\
&\quad \text{kumulatif golongan 5a} + \text{VDF kumulatif golongan} \\
&\quad \text{5b} + \text{VDF kumulatif golongan 6} + \text{VDF kumulatif} \\
&\quad \text{golongan 7a} + \text{VDF kumulatif golongan 7b} + \text{VDF} \\
&\quad \text{kumulatif golongan 7c} \\
&= 684,179 + 62963,241 + 91416,428 + 32608,479 + \\
&\quad 50051,64 + 1413986,2 + 575399,15 + 10293,009 + \\
&\quad 169620,62 \\
&= 2407022,9
\end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan *VDF* kumulatif kondisi normal berdasarkan *AASHTO* (1993) dapat dilihat pada Tabel 5.15 sebagai berikut.

Tabel 5.15 *VDF* Kumulatif Kondisi Normal Berdasarkan *AASHTO* (1993)

No	Kendaraan	Jumlah kendaraan pertahun	<i>VDF</i> normal	<i>VDF</i> kumulatif normal
1	Gol 2	893885	0,0008	684,179
2	Gol 3	326310	0,1930	62963,240
3	Gol 4	473770	0,1930	91416,427
4	Gol 5a	168995	0,1930	32608,479
5	Gol 5b	178120	0,2810	50051,639
6	Gol 6	548595	2,5775	1413986,167
7	Gol 7a	117165	4,9110	575399,145
8	Gol 7b	2555	4,0286	10293,009
9	Gol 7c	26280	6,4544	169620,617
Total				2407022,906

5.6.4 *Vehicle damage factor* kumulatif kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan Bina Marga (1987)

Perhitungan *vehicle damage factor* kumulatif kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan Bina Marga (1987) adalah sebagai berikut.

1. Golongan 3

$$\begin{aligned}
\text{VDF kumulatif golongan 3} &= [(\text{jumlah kendaraan golongan 3/tahun} - \\
&\quad \text{jumlah kendaraan golongan 3} \\
&\quad \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 3}]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + [\text{jumlah kendaraan golongan 3} \\
& \quad \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan 3}] \\
= & [(326310 - 35770) \times 0,2177] + [35770 \times \\
& \quad 0,78630] \\
= & 91367,72
\end{aligned}$$

2. Golongan 4

$$\begin{aligned}
\text{VDF kumulatif golongan 4} = & [(\text{jumlah kendaraan golongan 4/tahun} - \\
& \text{jumlah kendaraan golongan 4} \\
& \quad \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 4}] \\
& + [\text{jumlah kendaraan golongan 4} \\
& \quad \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan 4}] \\
= & [(473770 - 77015) \times 0,2177] + [77015 \times \\
& \quad 1,2780] \\
= & 184787,19
\end{aligned}$$

3. Golongan 6

$$\begin{aligned}
\text{VDF kumulatif golongan 6} = & [(\text{jumlah kendaraan golongan 6/tahun} - \\
& \text{jumlah kendaraan golongan 6} \\
& \quad \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 6}] \\
& + [\text{jumlah kendaraan golongan 6} \\
& \quad \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan 6}] \\
= & [(548595 - 106215) \times 2,4141] + [106215 \times \\
& \quad 16,186] \\
= & 2787166,476
\end{aligned}$$

4. Golongan 7a

$$\begin{aligned}
\text{VDF kumulatif golongan 7a} = & [(\text{jumlah kendaraan golongan 7a/tahun} - \\
& \text{jumlah kendaraan golongan 7a} \\
& \quad \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 7a}] \\
& + [\text{jumlah kendaraan golongan 7a} \\
& \quad \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan} \\
& \quad 7a]
\end{aligned}$$

$$= [(117165-14600) \times 2,7416] + [14600 \times 12,8786]$$

$$= 469216,37$$

5. Golongan 7b

$$\begin{aligned} VDF \text{ kumulatif golongan 7b} &= [(\text{jumlah kendaraan golongan 7b/tahun} - \\ &\quad \text{jumlah kendaraan golongan 7b} \\ &\quad \text{overload/tahun}) \times VDF \text{ normal golongan 7b}] \\ &+ [\text{jumlah kendaraan golongan 7b} \\ &\quad \text{overload/tahun} \times VDF \text{ overload golongan} \\ &\quad \text{7b}] \\ &= [(2555-2190) \times 3,9090] + [2190 \times 25,5995] \\ &= 56911,52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total } VDF \text{ overload kumulatif} &= VDF \text{ kumulatif golongan 2} + VDF \text{ overload} \\ &\quad \text{kumulatif golongan 3} + VDF \text{ overload} \\ &\quad \text{kumulatif golongan 4} + VDF \text{ kumulatif} \\ &\quad \text{golongan 5a} + VDF \text{ kumulatif golongan 5b} + \\ &\quad VDF \text{ overload kumulatif golongan 6} + VDF \\ &\quad \text{overload kumulatif golongan 7a} + VDF \\ &\quad \text{overload kumulatif golongan 7b} + VDF \\ &\quad \text{kumulatif golongan 7c} \\ &= 403,22 + 91367,72 + 184787,19 + 36784,9 + \\ &\quad 53537,11 + 2787166,476 + 469216 + \\ &\quad 56911,52 + 109666,4 \\ &= 3789840,973 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual berdasarkan Bina Marga (1987) dapat dilihat pada Tabel 5.16 di halaman berikut.

Tabel 5.16 VDF Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Kendaraan	VDF akibat muatan berlebih aktual	VDF kumulatif akibat muatan berlebih aktual
1	Gol 2	0,0005	403,228
2	Gol 3	0,7863	91367,725
3	Gol 4	1,2780	184787,197
4	Gol 5a	0,2177	36784,939
5	Gol 5b	0,3006	53537,111
6	Gol 6	16,1860	2787166,476
7	Gol 7a	12,8786	469216,372
8	Gol 7b	25,5995	56911,521
9	Gol 7c	4,1730	109666,402
Total			3789840,973

5.6.5 *Vehicle damage factor* kumulatif kondisi akibat muatan berlebih berdasarkan NAASRA (2004)

Perhitungan *vehicle damage factor* kumulatif kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan NAASRA (2004) adalah sebagai berikut.

1. Golongan 3

$$\begin{aligned}
 \text{VDF kumulatif golongan 3} &= [(\text{jumlah kendaraan golongan 3/tahun} - \\
 &\quad \text{jumlah kendaraan golongan 3} \\
 &\quad \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 3}] \\
 &+ [\text{jumlah kendaraan golongan 3} \\
 &\quad \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan 3}] \\
 &= [(326310 - 35770) \times 0,2738] + [35770 \times \\
 &\quad 0,9892] \\
 &= 114945,52
 \end{aligned}$$

2. Golongan 4

$$\begin{aligned}
 \text{VDF kumulatif golongan 4} &= [(\text{jumlah kendaraan golongan 4/tahun} - \\
 &\quad \text{jumlah kendaraan golongan 4} \\
 &\quad \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 4}] \\
 &+ [\text{jumlah kendaraan golongan 4} \\
 &\quad \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan 4}]
 \end{aligned}$$

$$= [(473770-77015) \times 0,2738] + [77015 \times 1,6078]$$

$$= 232472,26$$

3. Golongan 6

$$\begin{aligned} \text{VDF kumulatif golongan 6} &= [(\text{jumlah kendaraan golongan 6/tahun} - \\ &\quad \text{jumlah kendaraan golongan 6} \\ &\quad \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 6}] \\ &+ [\text{jumlah kendaraan golongan 6} \\ &\quad \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan 6}] \\ &= [(548595-106215) \times 3,0391]+ [106215 \times \\ &\quad 20,3760] \\ &= 3508662,739 \end{aligned}$$

4. Golongan 7a

$$\begin{aligned} \text{VDF kumulatif golongan 7a} &= [(\text{jumlah kendaraan golongan 7a/tahun} - \\ &\quad \text{jumlah kendaraan golongan 7a} \\ &\quad \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 7a}] \\ &+ [\text{jumlah kendaraan golongan 7a} \\ &\quad \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan} \\ &\quad \text{7a}] \\ &= [(117165-14600) \times 5,4074] + [14600 \times \\ &\quad 25,4011] \\ &= 925460,96 \end{aligned}$$

5. Golongan 7b

$$\begin{aligned} \text{VDF kumulatif golongan 7b} &= [(\text{jumlah kendaraan golongan 7b/tahun} - \\ &\quad \text{jumlah kendaraan golongan 7b} \\ &\quad \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 7b}] \\ &+ [\text{jumlah kendaraan golongan 7b} \\ &\quad \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan} \\ &\quad \text{7b}] \\ &= [(2555-2190) \times 4,8063] + [2190 \times 31,4761] \\ &= 65390,18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Total VDF overload kumulatif} &= \text{VDF kumulatif golongan 2} + \text{VDF overload} \\
&\quad \text{kumulatif golongan 3} + \text{VDF overload} \\
&\quad \text{kumulatif golongan 4} + \text{VDF kumulatif} \\
&\quad \text{golongan 5a} + \text{VDF kumulatif golongan 5b} + \\
&\quad \text{VDF overload kumulatif golongan 6} + \text{VDF} \\
&\quad \text{overload kumulatif golongan 7a} + \text{VDF} \\
&\quad \text{overload kumulatif golongan 7b} + \text{VDF} \\
&\quad \text{kumulatif golongan 7c} \\
&= 2102,5 + 114945,52 + 232472,43 + 46277,43 \\
&\quad + 67412,31 + 3286819,18 + 925460,96 + \\
&\quad 65390,18 + 189871,53 \\
&= 5152595,464
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual berdasarkan *NAASRA* (2004) dapat dilihat pada Tabel 5.17 sebagai berikut.

Tabel 5.17 *VDF* Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan *NAASRA* (2004)

No	Kendaraan	<i>VDF</i> akibat muatan berlebih aktual	<i>VDF</i> kumulatif akibat muatan berlebih aktual
1	Gol 2	0,0024	2102,502
2	Gol 3	0,9892	114945,526
3	Gol 4	1,6078	232472,262
4	Gol 5a	0,2738	46277,438
5	Gol 5b	0,3785	67412,310
6	Gol 6	20,3760	3508662,739
7	Gol 7a	25,4011	925460,962
8	Gol 7b	31,4761	65390,187
9	Gol 7c	7,2249	189871,533
Total			5152595,464

5.6.6 *Vehicle damage factor* kumulatif kondisi akibat muatan berlebih berdasarkan *AASHTO* (1993)

Perhitungan *vehicle damage factor* kumulatif kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan *AASHTO* (1993) adalah sebagai berikut.

1. Golongan 3

$$\begin{aligned}
 \text{VDF kumulatif golongan 3} &= [(\text{jumlah kendaraan golongan 3/tahun} - \\
 &\quad \text{jumlah kendaraan golongan 3} \\
 &\quad \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 3}] \\
 &+ [\text{jumlah kendaraan golongan 3} \\
 &\quad \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan 3}] \\
 &= [(326310 - 35770) \times 0,1930] + [35770 \times \\
 &\quad 0,7760] \\
 &= 83819,876
 \end{aligned}$$

2. Golongan 4

$$\begin{aligned}
 \text{VDF kumulatif golongan 4} &= [(\text{jumlah kendaraan golongan 4/tahun} - \\
 &\quad \text{jumlah kendaraan golongan 4} \\
 &\quad \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 4}] \\
 &+ [\text{jumlah kendaraan golongan 4} \\
 &\quad \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan 4}] \\
 &= [(473770-77015) \times 0,1930] + [77015 \times \\
 &\quad 1,3075] \\
 &= 177255,245
 \end{aligned}$$

3. Golongan 6

$$\begin{aligned}
 \text{VDF kumulatif golongan 6} &= [(\text{jumlah kendaraan golongan 6/tahun} - \\
 &\quad \text{jumlah kendaraan golongan 6} \\
 &\quad \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 6}] \\
 &+ [\text{jumlah kendaraan golongan 6} \\
 &\quad \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan 6}] \\
 &= [(548595-106215) \times 2,5775]+ [106215 \times \\
 &\quad 20,1766] \\
 &= 3283276,039
 \end{aligned}$$

4. Golongan 7a

$$\begin{aligned}
 \text{VDF kumulatif golongan 7a} &= [(\text{jumlah kendaraan golongan 7a/tahun} - \\
 &\quad \text{jumlah kendaraan golongan 7a} \\
 &\quad \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 7a}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + [\text{jumlah kendaraan golongan 7a} \\
& \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan} \\
& \text{7a}] \\
& = [(117165-14600) \times 4,9110] + [14600 \times \\
& 23,9728] \\
& = 853701,0222
\end{aligned}$$

5. Golongan 7b

$$\begin{aligned}
\text{VDF kumulatif golongan 7b} & = [(\text{jumlah kendaraan golongan 7b/tahun} - \\
& \text{jumlah kendaraan golongan 7b} \\
& \text{overload/tahun}) \times \text{VDF normal golongan 7b}] \\
& + [\text{jumlah kendaraan golongan 7b} \\
& \text{overload/tahun} \times \text{VDF overload golongan} \\
& \text{7b}] \\
& = [(2555-2190) \times 4,0286] + [2190 \times 30,4016] \\
& = 62737,366
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Total VDF overload kumulatif} & = \text{VDF kumulatif golongan 2} + \text{VDF overload} \\
& \text{kumulatif golongan 3} + \text{VDF overload} \\
& \text{kumulatif golongan 4} + \text{VDF kumulatif} \\
& \text{golongan 5a} + \text{VDF kumulatif golongan 5b} + \\
& \text{VDF overload kumulatif golongan 6} + \text{VDF} \\
& \text{overload kumulatif golongan 7a} + \text{VDF} \\
& \text{overload kumulatif golongan 7b} + \text{VDF} \\
& \text{kumulatif golongan 7c} \\
& = 684,179 + 83819,876 + 177255,245 + \\
& 32608,4792 + 50051,639 + 3283276,039 + \\
& 853701,0222 + 62737,366 + 169620,617 \\
& = 4713754,466
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual berdasarkan *AASHTO* (1993) dapat dilihat pada Tabel 5.18 di halaman berikut.

Tabel 5.18 VDF Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan AASHTO (1993)

No	Kendaraan	VDF akibat muatan berlebih aktual	VDF kumulatif akibat muatan berlebih aktual
1	Gol 2	0,0008	684,179
2	Gol 3	0,7760	83819,876
3	Gol 4	1,3075	177255,245
4	Gol 5a	0,1930	32608,479
5	Gol 5b	0,2810	50051,639
6	Gol 6	20,1766	3283276,039
7	Gol 7a	23,9728	853701,022
8	Gol 7b	30,4016	62737,366
9	Gol 7c	6,4544	169620,617
Total			4713754,466

5.6.7 Persentase peningkatan VDF kumulatif akibat muatan berlebih aktual berdasarkan Bina Marga (1987)

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh hasil sebagai berikut.

$$VDF \text{ kumulatif kondisi normal} = 2030134,310$$

$$VDF \text{ kumulatif kondisi akibat muatan berlebih aktual} = 3789840,973$$

Dengan menggunakan Persamaan 4.5 maka diperoleh peningkatan VDF sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Peningkatan VDF} &= \text{Total VDF kumulatif } \textit{overload} - \text{Total VDF} \\ &\quad \text{kumulatif normal} \\ &= 3789840,973 - 2030134,310 \\ &= 1759706,663 \end{aligned}$$

Sehingga persentase VDF kumulatif akibat muatan berlebih aktual adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase peningkatan VDF kumulatif} &= \frac{\text{peningkatan VDF}}{\text{Total VDF kumulatif normal}} \times 100\% \\ &= \frac{1759706,66}{2030134,310} \times 100\% \\ &= 86,68\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh persentase peningkatan VDF kumulatif akibat muatan berlebih aktual sebesar 86,68%, artinya bahwa muatan berlebih pada kendaraan berat dapat berpengaruh terhadap VDF kumulatif. Hal

tersebut diakibatkan karena semakin muatan bertambah maka berat total dari kendaraan bertambah yang menyebabkan terjadi peningkatan pada nilai *VDF*.

5.6.8 Perhitungan persentase peningkatan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual berdasarkan NAASRA (2004)

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh hasil sebagai berikut.

$$VDF \text{ kumulatif kondisi normal} = 2837811,537$$

$$VDF \text{ kumulatif kondisi akibat muatan berlebih aktual} = 5152595,464$$

Dengan menggunakan Persamaan 4.5 maka diperoleh peningkatan *VDF* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Peningkatan } VDF &= \text{Total } VDF \text{ kumulatif } \textit{overload} - \text{Total } VDF \\ &\quad \text{kumulatif normal} \\ &= 5152595,464 - 2837811,537 \\ &= 2314783,92 \end{aligned}$$

Sehingga persentase *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase peningkatan } VDF \text{ kumulatif} &= \frac{\text{peningkatan } VDF}{\text{Total } VDF \text{ kumulatif normal}} \times 100\% \\ &= \frac{2314783,92}{2837811,537} \times 100\% \\ &= 81,57\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh persentase peningkatan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual sebesar 81,57%, artinya bahwa muatan berlebih pada kendaraan berat dapat berpengaruh terhadap *VDF* kumulatif. Hal tersebut diakibatkan karena semakin muatan bertambah maka berat total dari kendaraan bertambah yang menyebabkan terjadi peningkatan pada nilai *VDF*.

5.6.9 Perhitungan persentase *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual berdasarkan AASHTO (1993)

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh hasil sebagai berikut.

$$VDF \text{ kumulatif kondisi normal} = 2407022,906$$

$$VDF \text{ kumulatif kondisi akibat muatan berlebih aktual} = 4713754,466$$

Dengan menggunakan Persamaan 4.5 maka diperoleh peningkatan *VDF* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Peningkatan } VDF &= \text{Total } VDF \text{ kumulatif } \textit{overload} - \text{Total } VDF \\ &\quad \text{kumulatif normal} \\ &= 4713754,466 - 2407022,906 \\ &= 2306731,56 \end{aligned}$$

Sehingga persentase *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase peningkatan } VDF \text{ kumulatif} &= \frac{\text{peningkatan } VDF}{\text{Total } VDF \text{ kumulatif normal}} \times 100\% \\ &= \frac{2306731,56}{2407022,906} \times 100\% \\ &= 95,83\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh persentase peningkatan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual sebesar 95,83%, artinya bahwa muatan berlebih pada kendaraan berat dapat berpengaruh terhadap *VDF* kumulatif. Hal tersebut diakibatkan karena semakin muatan bertambah maka berat total dari kendaraan bertambah yang menyebabkan terjadi peningkatan pada nilai *VDF*.

5.6.10 Perbandingan persentase peningkatan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual antara metode Bina Marga (1987), NAASRA (2004) dan AASHTO (1993)

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase peningkatan } VDF \text{ kumulatif Bina Marga (1987)} &= 86,68\% \\ \text{Persentase peningkatan } VDF \text{ kumulatif NAASRA (2004)} &= 81,57\% \\ \text{Persentase peningkatan } VDF \text{ kumulatif AASHTO (1993)} &= 95,83\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh perbedaan persentase peningkatan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual antara Bina Marga (1987), metode NAASRA (2004) dan AASHTO (1993), di mana pada metode AASHTO (1993) memiliki persentase peningkatan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual yang lebih besar dibandingkan metode NAASRA (2004) dan Bina Marga (1987) yaitu sebesar 95,83%, sedangkan peningkatan *VDF* kumulatif akibat

muatan berlebih terendah terjadi pada metode NAASRA (2004) yaitu sebesar 81,57%.

5.7 Umur Rencana

5.7.1 Persentase penurunan umur rencana kondisi normal berdasarkan Bina Marga (1987)

Umur rencana yang digunakan adalah 20 tahun sesuai dengan umur rencana jalan Diponegoro, sebelum menghitung persentase umur rencana pada tahun ke-1 sampai ke-20, terlebih dahulu dihitung *ESAL* kumulatif pada akhir umur rencana dengan menggunakan Persamaan 3.5 dengan nilai D_D digunakan 0,5 sesuai yang disarankan AASHTO (1993) yaitu antara 0,3-0,7 dan nilai D_L digunakan 1 sesuai dengan jumlah lajur setiap jalur (lihat Tabel 3.5) sehingga perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} W_{18} = N_{1,5} &= \sum_{Ni}^{Nn} LHR_j \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365 \\ &= VDF \text{ kumulatif} \times D_D \times D_L \times \left[\frac{(1+g)^{20}-1}{g} \right] \\ &= 2030134,3102 \times 0,5 \times 1 \times \left[\frac{(1+0,1483)^{20}-1}{0,1483} \right] \\ &= 101913239,5 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Perhitungan persentase penurunan umur rencana menggunakan Persamaan 3.1 yaitu sebagai berikut.

1. Persentase umur rencana tahun ke-1

Sebelum menghitung persentase umur rencana pada tahun ke-1 dilakukan perhitungan *ESAL* kumulatif tahun ke-1 terlebih dahulu. Perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N_p &= 2030134,3102 \times 0,5 \times 1 \times \left[\frac{(1+0,1483)^1-1}{0,1483} \right] \\ &= 1015067,155 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Sehingga persentase umur rencana pada tahun ke-1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} RI &= 100 \left[1 - \left[\frac{N_p}{N_{1,5}} \right] \right] \\ &= 100 \left[1 - \left[\frac{1015067,155}{101913239,5} \right] \right] \\ &= 99,0039\% \end{aligned}$$

2. Persentase umur rencana tahun ke-2

Sebelum menghitung persentase umur rencana pada tahun ke-2 dilakukan perhitungan *ESAL* kumulatif tahun ke-2 terlebih dahulu. Perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N_p &= 2030134,3102 \times 0,5 \times 1 \times \left[\frac{(1+0,1483)^2 - 1}{0,1483} \right] \\ &= 2180668,769 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Sehingga persentase umur rencana pada tahun ke-2 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} RI &= 100 \left[1 - \left[\frac{N_p}{N_{1,5}} \right] \right] \\ &= 100 \left[1 - \left[\frac{2180668,769}{101913239,5} \right] \right] \\ &= 97,860\% \end{aligned}$$

3. Persentase umur rencana tahun ke-3

Sebelum menghitung persentase umur rencana pada tahun ke-3 dilakukan perhitungan *ESAL* kumulatif tahun ke-3 terlebih dahulu. Perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N_p &= 2030134,3102 \times 0,5 \times 1 \times \left[\frac{(1+0,1483)^3 - 1}{0,1483} \right] \\ &= 3519129,103 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Sehingga persentase umur rencana pada tahun ke-3 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} RI &= 100 \left[1 - \left[\frac{N_p}{N_{1,5}} \right] \right] \\ &= 100 \left[1 - \left[\frac{3519129,103}{101913239,5} \right] \right] \\ &= 96,546\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.19 sebagai berikut.

Tabel 5.19 Persentase Umur Rencana Kondisi Normal Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Tahun ke-	N_p (ESAL)	$N_{1.5}$ (ESAL)	RI (%)
1	1	1015067	101913239,5	99,003989
2	2	2180668	101913239,5	97,860269
3	3	3519129	101913239,5	96,546936
4	4	5056083	101913239,5	95,038836
5	5	6820967	101913239,5	93,307084

Lanjutan Tabel 5.19 Persentase Umur Rencana Kondisi Normal Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Tahun ke-	Np (ESAL)	N1.5 (ESAL)	RI (%)
6	6	8847584	101913239,5	91,318514
7	7	11174748	101913239,5	89,035038
8	8	13847030	101913239,5	86,412923
9	9	16915612	101913239,5	83,401949
10	10	20439264	101913239,5	79,944447
11	11	24485474	101913239,5	75,974197
12	12	29131737	101913239,5	71,415159
13	13	34467041	101913239,5	66,180016
14	14	40593570	101913239,5	60,168502
15	15	47628664	101913239,5	53,265479
16	16	55707062	101913239,5	45,338739
17	17	64983487	101913239,5	36,236463
18	18	75635605	101913239,5	25,784319
19	19	87867432	101913239,5	13,782122
20	20	101913239	101913239,5	0

Dari perhitungan di atas dapat diperoleh grafik persentase penurunan umur rencana pada kondisi normal berdasarkan Bina Marga (1987), grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1.

5.7.2 Persentase penurunan umur rencana kondisi normal berdasarkan NAASRA (2004)

Umur rencana yang digunakan adalah 20 tahun, sebelum menghitung persentase umur rencana pada tahun ke-1 sampai ke-20, terlebih dahulu dihitung *ESAL* kumulatif pada akhir umur rencana dengan menggunakan Persamaan 3.5 dengan nilai D_D digunakan 0,5 dan nilai D_L digunakan 1, perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 W_{18} &= N_{1,5} = \sum_{Ni}^{Nn} LHR_j \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365 \\
 &= VDF \text{ kumulatif} \times D_D \times D_L \times \left[\frac{(1+g)^{20}-1}{g} \right] \\
 &= 2837811,5374 \times 0,5 \times 1 \times \left[\frac{(1+0,1483)^{20}-1}{0,1483} \right] \\
 &= 142458834 \text{ ESAL}
 \end{aligned}$$

Perhitungan persentase penurunan umur rencana menggunakan Persamaan 3.1 yaitu sebagai berikut.

1. Persentase umur rencana tahun ke-1

Sebelum menghitung persentase umur rencana pada tahun ke-1 dilakukan perhitungan *ESAL* kumulatif tahun ke-1 terlebih dahulu. Perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N_p &= 2837811,5374 \times 0,5 \times 1 \times \left[\frac{(1+0,1483)^1 - 1}{0,1483} \right] \\ &= 1418905,769 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Sehingga persentase umur rencana pada tahun ke-1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R_l &= 100 \left[1 - \left[\frac{N_p}{N_{1,5}} \right] \right] \\ &= 100 \left[1 - \left[\frac{1418905,769}{142458834} \right] \right] \\ &= 99,00038\% \end{aligned}$$

2. Persentase umur rencana tahun ke-2

Sebelum menghitung persentase umur rencana pada tahun ke-2 dilakukan perhitungan *ESAL* kumulatif tahun ke-2 terlebih dahulu. Perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N_p &= 2837811,5374 \times 0,5 \times 1 \times \left[\frac{(1+0,1483)^2 - 1}{0,1483} \right] \\ &= 3048235,263 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Sehingga persentase umur rencana pada tahun ke-2 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R_l &= 100 \left[1 - \left[\frac{N_p}{N_{1,5}} \right] \right] \\ &= 100 \left[1 - \left[\frac{3048235,263}{142458834} \right] \right] \\ &= 97,86\% \end{aligned}$$

3. Persentase umur rencana tahun ke-3

Sebelum menghitung persentase umur rencana pada tahun ke-3 dilakukan perhitungan *ESAL* kumulatif tahun ke-3 terlebih dahulu. Perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N_p &= 2837811,5374 \times 0,5 \times 1 \times \left[\frac{(1+0,1483)^3 - 1}{0,1483} \right] \\ &= 4919194,321 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Sehingga persentase umur rencana pada tahun ke-3 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 RI &= 100 \left[1 - \left[\frac{Np}{N_{1,5}} \right] \right] \\
 &= 100 \left[1 - \left[\frac{4919194,321}{142458834} \right] \right] \\
 &= 96,54\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5.20 Persentase Umur Rencana Kondisi Normal Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Tahun ke-	Np (ESAL)	N1.5 (ESAL)	RI (%)
1	1	1418905	142458834,0	99,003989
2	2	3048235	142458834,0	97,860269
3	3	4919194	142458834,0	96,546936
4	4	7067616	142458834,0	95,038836
5	5	9534649	142458834,0	93,307084
6	6	12367544	142458834,0	91,318514
7	7	15620557	142458834,0	89,035038
8	8	19355991	142458834,0	86,412923
9	9	23645390	142458834,0	83,401949
10	10	28570908	142458834,0	79,944447
11	11	34226879	142458834,0	75,974197
12	12	40721631	142458834,0	71,415159
13	13	48179555	142458834,0	66,180016
14	14	56743488	142458834,0	60,168502
15	15	66577453	142458834,0	53,265479
16	16	77869795	142458834,0	45,338739
17	17	90836792	142458834,0	36,236463
18	18	105726794	142458834,0	25,784319
19	19	122824983	142458834,0	13,782122
20	20	142458834	142458834,0	0

Dari perhitungan di atas dapat diperoleh grafik persentase penurunan umur rencana pada kondisi normal berdasarkan NAASRA (2004), grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1.

5.7.3 Persentase penurunan umur rencana kondisi normal berdasarkan AASHTO (1993)

Umur rencana yang digunakan adalah 20 tahun, sebelum menghitung persentase umur rencana pada tahun ke-1 sampai ke-20, terlebih dahulu dihitung *ESAL* kumulatif pada akhir umur rencana dengan menggunakan Persamaan 3.5 dengan nilai D_D digunakan 0,5 dan nilai D_L digunakan 1, perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} W_{18} = N_{1,5} &= \sum_{N_i}^{N_n} LHR_j \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365 \\ &= VDF \text{ kumulatif} \times D_D \times D_L \times \left[\frac{(1+g)^{20}-1}{g} \right] \\ &= 2407022,906 \times 0,5 \times 1 \times \left[\frac{(1+0,1483)^{20}-1}{0,1483} \right] \\ &= 120833139,3 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Perhitungan persentase penurunan umur rencana menggunakan Persamaan 3.1 yaitu sebagai berikut.

1. Persentase umur rencana tahun ke-1

Sebelum menghitung persentase umur rencana pada tahun ke-1 dilakukan perhitungan *ESAL* kumulatif tahun ke-1 terlebih dahulu. Perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N_p &= 2407022,906 \times 0,5 \times 1 \times \left[\frac{(1+0,1483)^1-1}{0,1483} \right] \\ &= 1203511,453 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Sehingga persentase umur rencana pada tahun ke-1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R_l &= 100 \left[1 - \left[\frac{N_p}{N_{1,5}} \right] \right] \\ &= 100 \left[1 - \left[\frac{1203511,453}{120833139,3} \right] \right] \\ &= 99,0004\% \end{aligned}$$

2. Persentase umur rencana tahun ke-2

Sebelum menghitung persentase umur rencana pada tahun ke-2 dilakukan perhitungan *ESAL* kumulatif tahun ke-2 terlebih dahulu. Perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Np &= 2407022,906 \times 0,5 \times 1 \times \left[\frac{(1+0,1483)^2-1}{0,1483} \right] \\ &= 2585503,655 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Sehingga persentase umur rencana pada tahun ke-2 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} RI &= 100 \left[1 - \left[\frac{Np}{N_{1,5}} \right] \right] \\ &= 100 \left[1 - \left[\frac{2585503,655}{120833139,3} \right] \right] \\ &= 97,852\% \end{aligned}$$

3. Persentase umur rencana tahun ke-3

Sebelum menghitung persentase umur rencana pada tahun ke-3 dilakukan perhitungan *ESAL* kumulatif tahun ke-3 terlebih dahulu. Perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Np &= 2407022,906 \times 0,5 \times 1 \times \left[\frac{(1+0,1483)^3-1}{0,1483} \right] \\ &= 4172445,3 \text{ ESAL} \end{aligned}$$

Sehingga persentase umur rencana pada tahun ke-3 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} RI &= 100 \left[1 - \left[\frac{Np}{N_{1,5}} \right] \right] \\ &= 100 \left[1 - \left[\frac{4172445,3}{120833139,3} \right] \right] \\ &= 96,53\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.21 sebagai berikut.

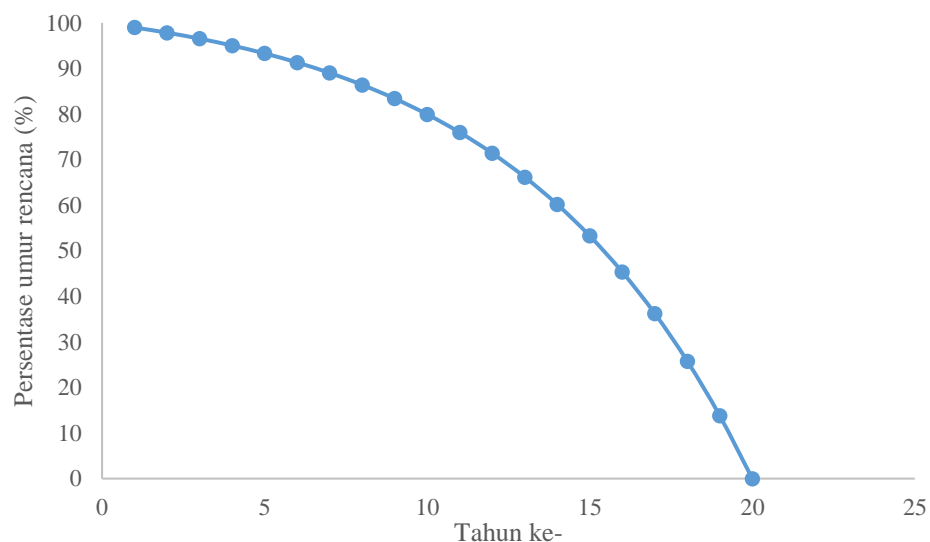
Tabel 5.21 Persentase Umur Rencana Kondisi Normal Berdasarkan AASHTO (1993)

No	Tahun ke-	Np (ESAL)	N1.5 (ESAL)	RI (%)
1	1	1203511	120833139,3	99,003989
2	2	2585503	120833139,3	97,860269
3	3	4172445	120833139,3	96,546936
4	4	5994730	120833139,3	95,038836
5	5	8087260	120833139,3	93,307084
6	6	10490113	120833139,3	91,318514
7	7	13249308	120833139,3	89,035038

Lanjutan Tabel 5.21 Persentase Umur Rencana Kondisi Normal Berdasarkan AASHTO (1993)

No	Tahun ke-	N _p (ESAL)	N _{1.5} (ESAL)	RI (%)
8	8	16417691	120833139,3	86,412923
9	9	20055947	120833139,3	83,401949
10	10	24233755	120833139,3	79,944447
11	11	29031132	120833139,3	75,974197
12	12	34539961	120833139,3	71,415159
13	13	40865748	120833139,3	66,180016
14	14	48129650	120833139,3	60,168502
15	15	56470789	120833139,3	53,265479
16	16	66048918	120833139,3	45,338739
17	17	77047484	120833139,3	36,236463
18	18	89677137	120833139,3	25,784319
19	19	104179768	120833139,3	13,782122
20	20	120833139	120833139,3	0

Dari perhitungan di atas dapat diperoleh grafik persentase penurunan umur rencana pada kondisi normal berdasarkan Bina Marga (1987), NAASRA (2004) dan AASHTO (1993), grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.



Gambar 5.1 Grafik Penurunan Umur Rencana Pada Kondisi Normal Berdasarkan Bina Marga (1987), NAASRA (2004) dan AASHTO (1993)

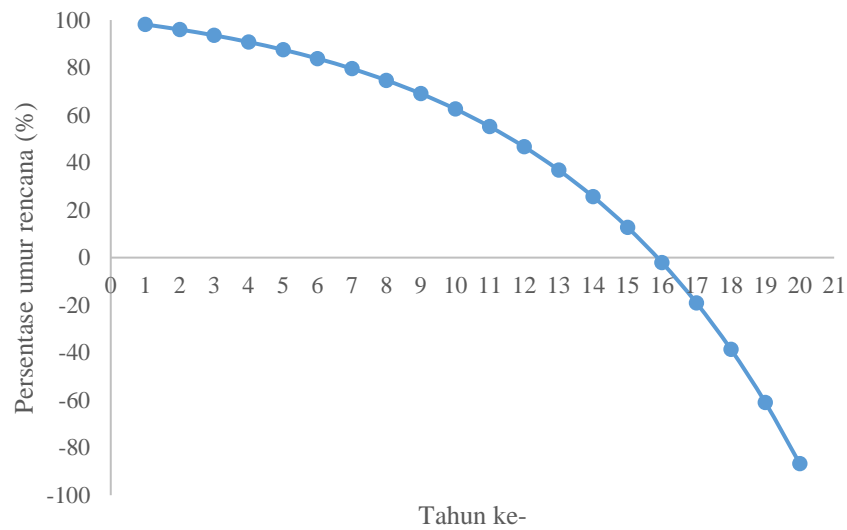
5.7.4 Persentase penurunan umur rencana kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan Bina Marga (1987)

Perhitungan persentase penurunan umur rencana kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan Bina Marga (1987) sama seperti pada perhitungan persentase penurunan umur rencana kondisi normal berdasarkan Bina Marga (1987), hanya berbeda pada *VDF* kumulatif yang menggunakan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual (lihat halaman 85). Sehingga hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.22 sebagai berikut.

Tabel 5.22 Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Tahun ke-	Np (ESAL)	N1.5 (ESAL)	RI (%)
1	1	1894920	101913239,5	98,14065
2	2	4070857	101913239,5	96,00556
3	3	6569486	101913239,5	93,55384
4	4	9438661	101913239,5	90,73853
5	5	12733336	101913239,5	87,50571
6	6	16516610	101913239,5	83,79346
7	7	20860944	101913239,5	79,53068
8	8	25849542	101913239,5	74,63573
9	9	31577950	101913239,5	69,01487
10	10	38155880	101913239,5	62,56042
11	11	45709317	101913239,5	55,14879
12	12	54382930	101913239,5	46,63801
13	13	64342839	101913239,5	36,86508
14	14	75779802	101913239,5	25,64282
15	15	88912867	101913239,5	12,75631
16	16	103993566	101913239,5	-2,04127
17	17	121310732	101913239,5	-19,03334
18	18	141196034	101913239,5	-38,54533
19	19	164030327	101913239,5	-60,95095
20	20	190250945	101913239,5	-86,67932

Dari perhitungan di atas dapat diperoleh grafik persentase penurunan umur rencana pada kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan Bina Marga (1987) di halaman berikut.



Gambar 5.2 Grafik Penurunan Umur Rencana Pada Kondisi Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan Bina Marga (1987)

Dari grafik tersebut dapat diperoleh nilai umur rencana pada saat persentase umur rencana 0% diketahui dari grafik tersebut persentase 0% terjadi di antara tahun ke-15 dan tahun ke-16, Pada tahun ke-15 persentase umur rencana 12,7563%, pada tahun ke-16 persentase umur rencana -2,0412%. sehingga perhitungannya menjadi sebagai berikut.

$$\frac{12,7563\% + 2,0412\%}{16 - 15} = \frac{12,7563\%}{X}$$

$$X = \frac{12,7563\%}{12,7563\% + 2,0412\%} \times (16 - 15)$$

$$X = 0,862$$

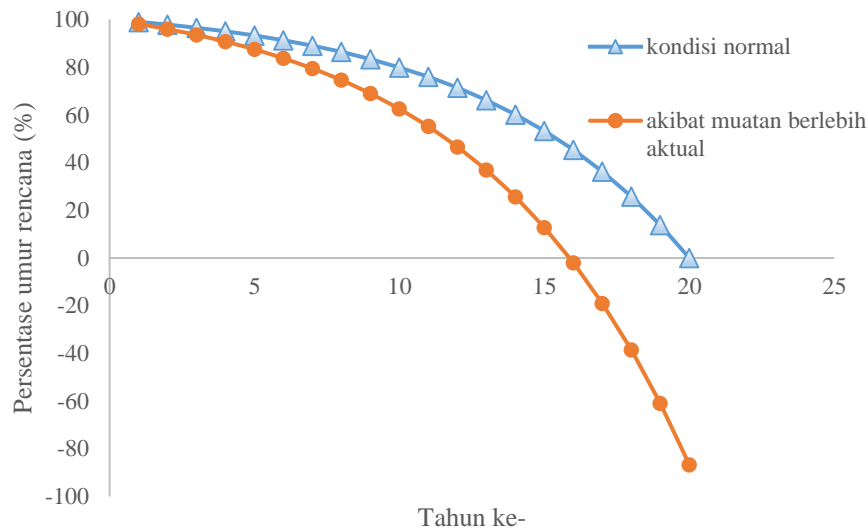
Sehingga nilai umur rencana pada saat nilai persentase umur rencana mencapai 0% adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Nilai umur rencana} &= 15 + X \\ &= 15 + 0,862 \\ &= 15,862 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas diperoleh terjadinya penurunan umur rencana akibat muatan berlebih yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Penurunan umur rencana} &= 20 - 15,862 \\ &= 4,1379 \text{ tahun} \\ &= 20,689\% \end{aligned}$$

Berikut merupakan perbandingan persentase penurunan pada kondisi normal dengan kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan Bina Marga (1987), dapat dilihat pada Gambar 5.3 sebagai berikut.



Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Penurunan Umur Rencana Berdasarkan Bina Marga (1987)

5.7.5 Persentase penurunan umur rencana kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan NAASRA (2004)

Perhitungan persentase penurunan umur rencana kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan NAASRA (2004) sama seperti pada perhitungan persentase penurunan umur rencana kondisi normal berdasarkan NAASRA (2004), hanya berbeda pada *VDF* kumulatif yang menggunakan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual (lihat halaman 87). Sehingga hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.23 sebagai berikut.

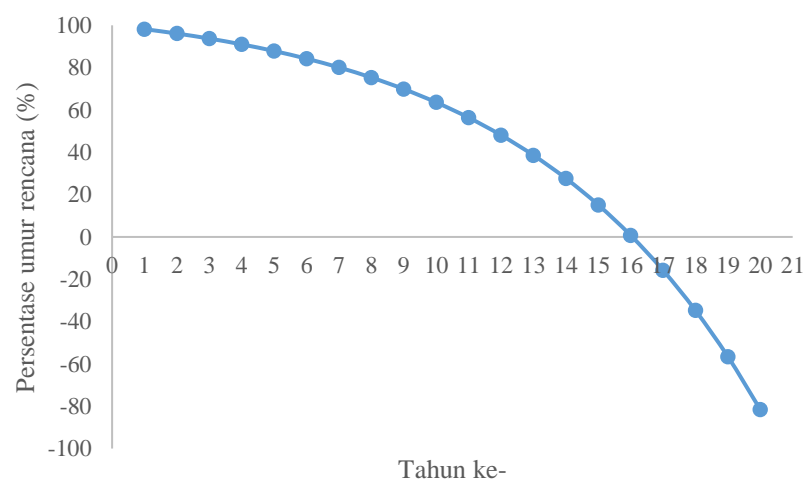
Tabel 5.23 Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Tahun ke-	Np (ESAL)	N1.5 (ESAL)	RI (%)
1	1	2576297	142458834	98,19154
2	2	5534660	142458834	96,11490
3	3	8931748	142458834	93,73029
4	4	12832624	142458834	90,99204

Lanjutan Tabel 5.23 Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Tahun ke-	Np (ESAL)	N1.5 (ESAL)	RI (%)
5	5	17312000	142458834	87,84771
6	6	22455668	142458834	84,23708
7	7	28362141	142458834	80,09099
8	8	35144544	142458834	75,33003
9	9	42932778	142458834	69,86302
10	10	51876006	142458834	63,58526
11	11	62145516	142458834	56,37651
12	12	73937993	142458834	48,09869
13	13	87479296	142458834	38,59328
14	14	103028773	142458834	27,67821
15	15	120884238	142458834	15,14444
16	16	141387668	142458834	0,75191
17	17	164931757	142458834	-15,77500
18	18	191967434	142458834	-34,75291
19	19	223012502	142458834	-56,54522
20	20	258661554	142458834	-81,56933

Dari perhitungan di atas dapat diperoleh grafik persentase penurunan umur rencana pada kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan NAASRA (2004) sebagai berikut.



Gambar 5.4 Grafik Penurunan Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan NAASRA (2004)

Dari grafik tersebut dapat diperoleh nilai umur rencana pada saat persentase umur rencana 0% diketahui dari grafik tersebut persentase 0% terjadi di antara tahun ke-16 dan tahun ke-17, Pada tahun ke-16 persentase umur rencana 0,75191%, pada tahun ke-17 persentase umur rencana -15,775%. sehingga perhitungannya menjadi sebagai berikut.

$$\frac{0,75191\% + 15,775\%}{17-16} = \frac{0,75191\%}{X}$$

$$X = \frac{0,75191\%}{0,75191\% + 15,775\%} \times (17 - 16)$$

$$X = 0,045$$

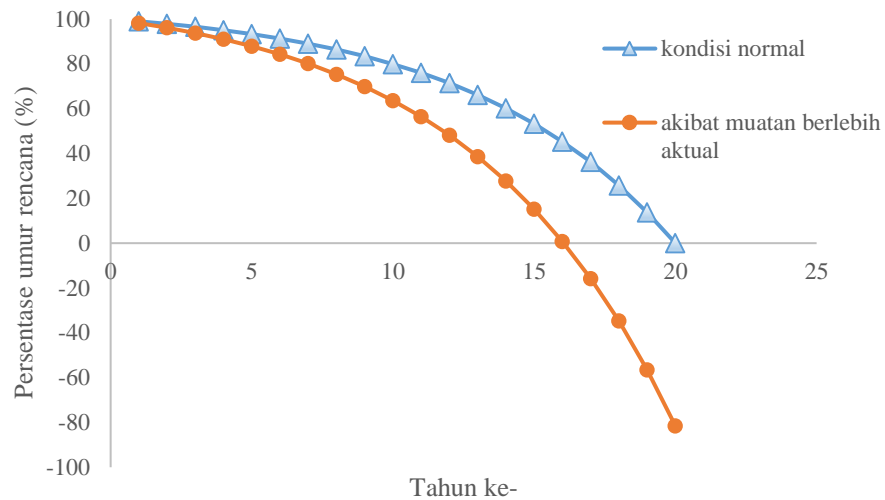
Sehingga nilai umur rencana pada saat nilai persentase umur rencana mencapai 0% adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Nilai umur rencana} &= 16 + X \\ &= 16 + 0,045 \\ &= 16,045 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas diperoleh terjadinya penurunan umur rencana akibat muatan berlebih yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Penurunan umur rencana} &= 20 - 16,045 \\ &= 3,9545 \text{ tahun} \\ &= 19,773\% \end{aligned}$$

Berikut merupakan perbandingan persentase penurunan pada kondisi normal dengan kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan *NAASRA*, dapat dilihat pada Gambar 5.5 di halaman berikut.



Gambar 5.5 Grafik Perbandingan Penurunan Umur Rencana Berdasarkan NAASRA (2004)

5.7.6 Persentase penurunan umur rencana akibat muatan berlebih aktual metode AASHTO (1993)

Perhitungan persentase penurunan umur rencana kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan AASHTO (1993) sama seperti pada perhitungan persentase penurunan umur rencana kondisi normal berdasarkan AASHTO (1993), hanya berbeda pada *VDF* kumulatif yang menggunakan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual (lihat halaman 89). Sehingga hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.24 sebagai berikut.

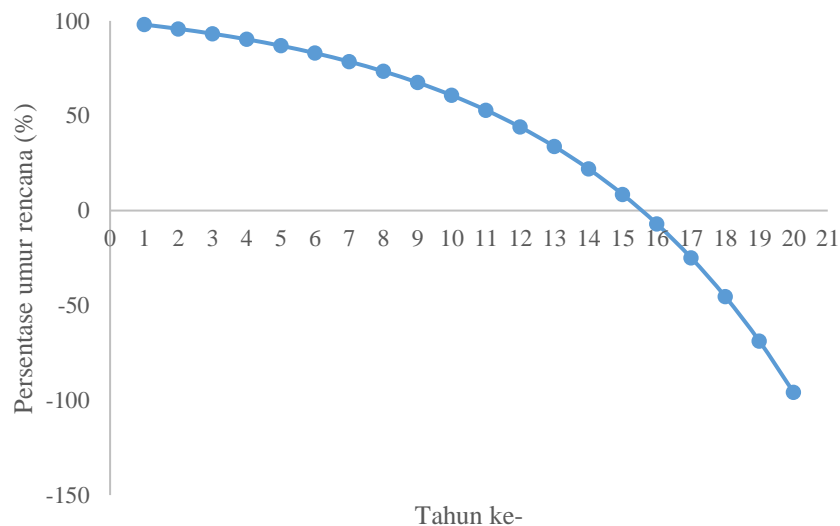
Tabel 5.24 Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan AASHTO (1993)

No	Tahun ke-	N _p (ESAL)	N _{1.5} (ESAL)	RI (%)
1	1	2356877,2	120833139,3	98,04947
2	2	5063279,4	120833139,3	95,80969
3	3	8171040,9	120833139,3	93,23774
4	4	11739684	120833139,3	90,28438
5	5	15837556	120833139,3	86,89303
6	6	20543143	120833139,3	82,99875
7	7	25946568	120833139,3	78,52694
8	8	32151321	120833139,3	73,39196
9	9	39276239	120833139,3	67,49547

Lanjutan Tabel 5.24 Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan AASHTO (1993)

No	Tahun ke-	Np (ESAL)	N1.5 (ESAL)	RI (%)
10	10	47457783	120833139,3	60,72453
11	11	56852649	120833139,3	52,94945
12	12	67640774	120833139,3	44,02133
13	13	80028778	120833139,3	33,76918
14	14	94253923	120833139,3	21,99662
15	15	110588658	120833139,3	8,478205
16	16	129345833	120833139,3	-7,044999
17	17	150884697	120833139,3	-24,870295
18	18	175617775	120833139,3	-45,339081
19	19	204018768	120833139,3	-68,843389
20	20	236631628	120833139,3	-95,833386

Dari perhitungan di atas dapat diperoleh grafik persentase penurunan umur rencana pada kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan AASHTO (1993) sebagai berikut.



Gambar 5.6 Grafik Penurunan Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan AASHTO (1993)

Dari grafik tersebut dapat diperoleh nilai umur rencana pada saat persentase umur rencana 0% diketahui dari grafik tersebut persentase 0% terjadi di

antara tahun ke-15 dan tahun ke-16, Pada tahun ke-15 persentase umur rencana 8,4782%, pada tahun ke-16 persentase umur rencana -7,045%. sehingga perhitungannya menjadi sebagai berikut.

$$\frac{8,4782\% + 7,045\%}{16-15} = \frac{8,4782\%}{X}$$

$$X = \frac{8,4782\%}{8,4782\% + 7,045} \times (16 - 15)$$

$$X = 0,546$$

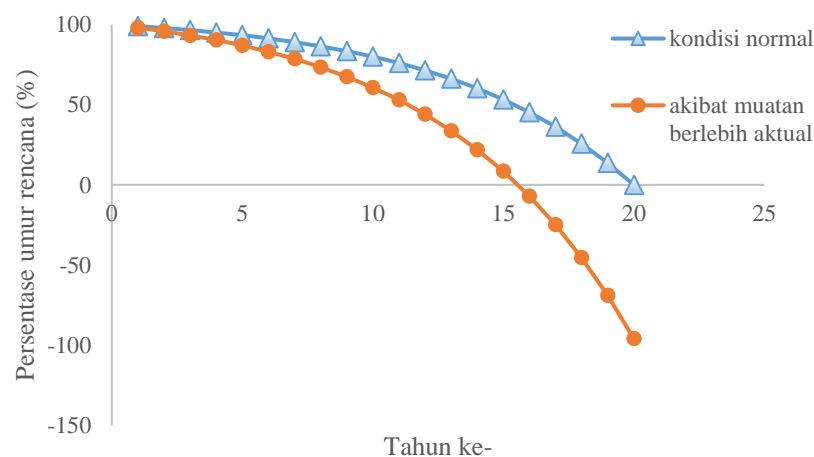
Sehingga nilai umur rencana pada saat nilai persentase umur rencana mencapai 0% adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Nilai umur rencana} &= 15 + X \\ &= 15 + 0,546 \\ &= 15,546 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas diperoleh terjadinya penurunan umur rencana akibat muatan berlebih yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Penurunan umur rencana} &= 20 - 15,546 \\ &= 4,453 \text{ tahun} \\ &= 22,26\% \end{aligned}$$

Berikut merupakan perbandingan persentase penurunan pada kondisi normal dengan kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan *AASHTO* (1993), dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut ini.

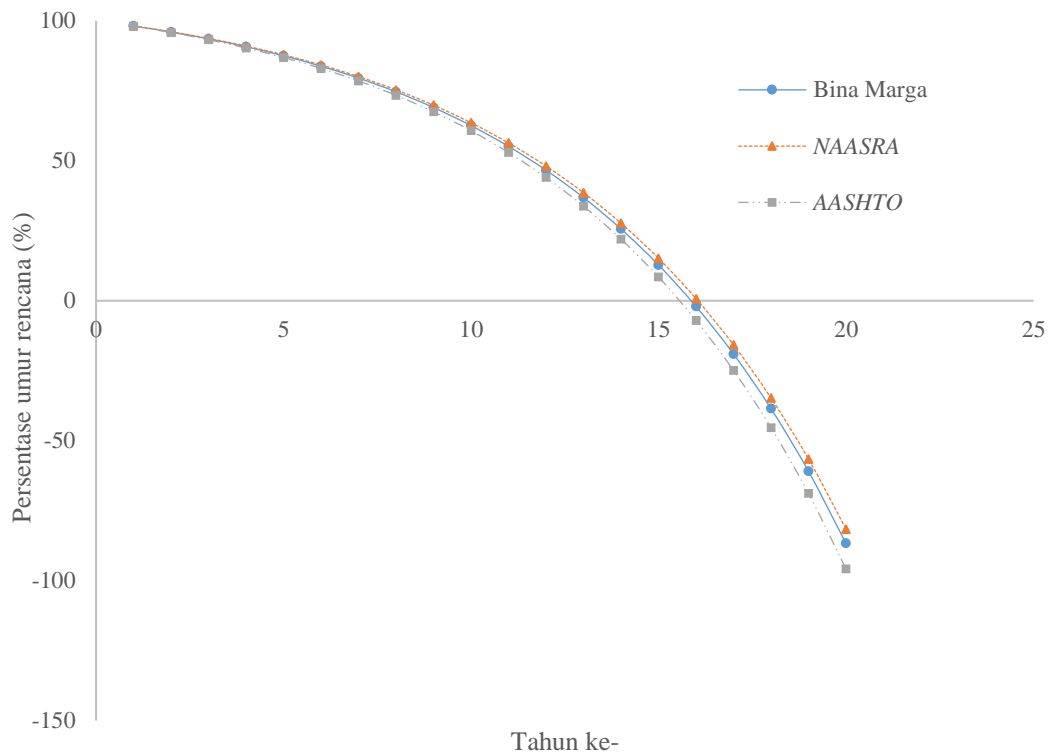


Gambar 5.7 Grafik Perbandingan Penurunan Umur Rencana Berdasarkan *AASHTO* (1993)

5.7.7 Perbandingan persentase penurunan umur rencana akibat muatan berlebih aktual metode Bina Marga (1987), NAASRA (2004) dan AASHTO (1993)

Penurunan umur rencana akibat muatan berlebih berdasarkan Bina Marga (1987) sebesar 4,1379 tahun (20,69%) sedangkan berdasarkan NAASRA (2004) sebesar 3,9545 tahun (19,77%) dan berdasarkan AASHTO (1993) sebesar 4,453 tahun (22,26%). Dari hasil tersebut diperoleh penurunan umur rencana terbesar terjadi pada nilai *VDF* berdasarkan AASHTO (1993) dan penurunan umur rencana terendah terjadi pada nilai *VDF* berdasarkan NAASRA (2004). Grafik perbandingan persentase penurunan umur rencana akibat muatan berlebih aktual metode Bina Marga (1987), metode NAASRA (2004), dan metode AASHTO (1993) dapat dilihat pada Gambar 5.8.

Sentosa dan Roza (2012) dalam penelitiannya yang berjudul “ Analisis Dampak Beban *Overloading* Kendaraan pada Struktur *Rigid Pavement* Terhadap Umur Rencana Perkerasan” menyimpulkan bahwa terjadi pengurangan 25,94% persentase umur rencana akibat muatan berlebih dengan menggunakan metode AASHTO (1993), terdapat perbedaan hasil dengan penelitian ini sekitar 3%. Perbedaan ini dapat diakibatkan karena kondisi jalan yang berbeda dan muatan berlebih yang berbeda.



Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Penurunan Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih Aktual Berdasarkan Bina Marga (1987), NAASRA (2004) dan AASHTO (1993)

5.8 Kebutuhan Tebal Perkerasan

5.8.1 Kebutuhan tebal perkerasan kondisi normal berdasarkan VDF metode Bina Marga (1987)

Perhitungan tebal perkerasan pada kondisi normal berdasarkan VDF Bina Marga (1987), dengan umur rencana 20 tahun, dan digunakan nilai W_{18} dari perhitungan sebelumnya yaitu $W_{18} = 101913239,5$ ESAL. Perhitungan tebal perkerasan menggunakan Persamaan 3.11 dan perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Log}_{10}W_{18} = -0,0759 + 7,35 \log_{10}(D+1) - \frac{0,1761 (D+1)^{8,46}}{(D+1)^{8,46} + 1,624 \times 10^7} + 3,42 \log_{10} \frac{D^{0,75} - 1,132}{D^{0,75} - 1,4631}$$

Dengan menggunakan *software microsoft mathematic* diperoleh nilai $D = 11,899$ inci atau $30,22 \text{ cm} \sim 31 \text{ cm}$.

5.8.2 Kebutuhan tebal perkerasan kondisi normal berdasarkan VDF metode NAASRA (2004)

Perhitungan tebal perkerasan pada kondisi normal berdasarkan NAASRA (2004), dengan umur rencana 20 tahun, dan digunakan nilai W_{18} dari perhitungan sebelumnya yaitu $W_{18} = 142458834 \text{ ESAL}$. Perhitungan tebal perkerasan menggunakan Persamaan 3.11 dan perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Log}_{10}W_{18} = -0,0759 + 7,35 \log_{10}(D+1) - \frac{0,1761 (D+1)^{8,46}}{(D+1)^{8,46} + 1,624 \times 10^7} + 3,42 \log_{10} \frac{D^{0,75} - 1,132}{D^{0,75} - 1,4631}$$

Dengan menggunakan *software microsoft mathematic* diperoleh nilai $D = 12,521$ inci atau $31,803 \text{ cm} \sim 32 \text{ cm}$.

5.8.3 Kebutuhan tebal perkerasan kondisi normal berdasarkan VDF metode AASHTO (1993)

Perhitungan tebal perkerasan pada kondisi normal berdasarkan AASHTO (1993), dengan umur rencana 20 tahun, dan digunakan nilai W_{18} dari perhitungan sebelumnya yaitu $W_{18} = 120833139 \text{ ESAL}$. Perhitungan tebal perkerasan menggunakan Persamaan 3.11 dan perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Log}_{10}W_{18} = -0,0759 + 7,35 \log_{10}(D+1) - \frac{0,1761 (D+1)^{8,46}}{(D+1)^{8,46} + 1,624 \times 10^7} + 3,42 \log_{10} \frac{D^{0,75} - 1,132}{D^{0,75} - 1,4631}$$

Dengan menggunakan *software microsoft mathematic* diperoleh nilai $D = 12,212$ inci atau $31,018 \text{ cm} \sim 32 \text{ cm}$.

5.8.4 Kebutuhan tebal perkerasan kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan VDF metode Bina Marga (1987)

Perhitungan tebal perkerasan pada kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan Bina Marga (1987), dengan umur rencana 20 tahun, dan digunakan

nilai W_{18} dari perhitungan sebelumnya yaitu $W_{18} = 190250944,8$ ESAL. Perhitungan tebal perkerasan menggunakan Persamaan 3.11 dan perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Log}_{10}W_{18} = -0,0759 + 7,35 \log_{10}(D+1) - \frac{0,1761 (D+1)^{8,46}}{(D+1)^{8,46} + 1,624 \times 10^7} + 3,42 \log_{10} \frac{D^{0,75} - 1,132}{D^{0,75} - 1,4631}$$

Dengan menggunakan *software microsoft mathematic* diperoleh nilai $D = 13,081$ inci atau $33,225$ cm ~ 34 cm. Dari hasil perhitungan sebelumnya diperoleh kebutuhan tebal perkerasan pada kondisi normal berdasarkan nilai *VDF* Bina Marga (1987) sebesar $30,223$ cm, sehingga dapat diperoleh peningkatan kebutuhan tebal perkerasan sebesar 3 cm, atau naik sebesar $9,93\%$.

5.8.5 Kebutuhan tebal perkerasan kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan *VDF* metode NAASRA (2004)

Perhitungan tebal perkerasan akibat muatan berlebih aktual berdasarkan NAASRA (2004), dengan umur rencana 20 tahun, dan digunakan nilai W_{18} dari perhitungan sebelumnya yaitu $W_{18} = 258661553,9$ ESAL. Perhitungan tebal perkerasan menggunakan Persamaan 3.11 dan perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Log}_{10}W_{18} = -0,0759 + 7,35 \log_{10}(D+1) - \frac{0,1761 (D+1)^{8,46}}{(D+1)^{8,46} + 1,624 \times 10^7} + 3,42 \log_{10} \frac{D^{0,75} - 1,132}{D^{0,75} - 1,4631}$$

Dengan menggunakan *software microsoft mathematic* diperoleh nilai $D = 13,7$ inci atau $34,798$ cm ~ 35 cm. Dari hasil perhitungan sebelumnya diperoleh kebutuhan tebal perkerasan pada kondisi normal berdasarkan nilai *VDF* NAASRA (2004) sebesar $31,803$ cm, sehingga dapat diperoleh peningkatan kebutuhan tebal perkerasan sebesar 3 cm, atau naik sebesar $9,41\%$.

5.8.6 Kebutuhan tebal perkerasan kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan *VDF* metode *AASHTO* (1993)

Perhitungan tebal perkerasan akibat muatan berlebih aktual berdasarkan *AASHTO* (1993), dengan umur rencana 20 tahun, dan digunakan nilai W_{18} dari perhitungan sebelumnya yaitu $W_{18} = 236631628,4$ *ESAL*. Perhitungan tebal perkerasan menggunakan Persamaan 3.11 dan perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Log}_{10}W_{18} = -0,0759 + 7,35 \log_{10}(D+1) - \frac{0,1761 (D+1)^{8,46}}{(D+1)^{8,46} + 1,624 \times 10^7} + 3,42 \log_{10} \frac{D^{0,75} - 1,132}{D^{0,75} - 1,4631}$$

Dengan menggunakan *software microsoft mathematic* diperoleh nilai $D = 13,518$ inci atau $34,33$ cm ~ 35 cm. Dari hasil perhitungan sebelumnya diperoleh kebutuhan tebal perkerasan pada kondisi normal berdasarkan nilai *VDF AASHTO* (1993) sebesar $31,018$ cm, sehingga dapat diperoleh peningkatan kebutuhan tebal perkerasan sebesar 4 cm, atau naik sebesar $10,69\%$.

5.8.7 Perbandingan kebutuhan tebal perkerasan kondisi normal metode nilai *VDF* Bina Marga (1987), *NAASRA* (2004) dan *AASHTO* (1993)

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh hasil kebutuhan tebal perkerasan kondisi normal berdasarkan nilai *VDF* metode Bina Marga (1987) adalah sebesar $30,223$ cm ~ 31 cm, sedangkan kebutuhan tebal perkerasan berdasarkan nilai *VDF* metode *NAASRA* (2004) adalah sebesar $31,803$ cm ~ 32 cm dan kebutuhan tebal perkerasan berdasarkan nilai *VDF* metode *AASHTO* (1993) adalah sebesar $31,018 \sim 32$ cm. Dari hasil tersebut diperoleh kebutuhan tebal perkerasan paling besar adalah menurut *VDF* metode *NAASRA* (2004), sedangkan kebutuhan tebal perkerasan yang terkecil adalah menurut metode Bina Marga (1987).

5.8.8 Perbandingan kebutuhan tebal perkerasan akibat muatan berlebih aktual metode nilai *VDF* Bina Marga (1987), *NAASRA* (2004) dan *AASHTO* (1993)

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh hasil kebutuhan tebal perkerasan kondisi akibat muatan berlebih aktual berdasarkan nilai *VDF* metode Bina Marga (1987) adalah 33,225 cm ~ 34 cm, sedangkan kebutuhan tebal perkerasan berdasarkan nilai *VDF* metode *NAASRA* (2004) adalah sebesar 34,798 cm ~ 35 cm dan kebutuhan tebal perkerasan berdasarkan nilai *VDF* metode *AASHTO* (1993) adalah sebesar 34,335 cm ~ 35 cm. Terdapat kenaikan kebutuhan tebal perkerasan akibat muatan berlebih aktual pada *VDF* metode Bina Marga (1987) sebesar 9,93% sedangkan berdasarkan *VDF* metode *NAASRA* (2004) sebesar 9,41% dan kenaikan kebutuhan tebal perkerasan akibat muatan berlebih pada *VDF* metode *AASHTO* (1993) adalah sebesar 10,69%. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa kenaikan terbesar terdapat pada metode *AASHTO* (1993) dan yang terkecil adalah pada metode *NAASRA* (2004). Meutia dan Sentosa (2012) dalam judul penelitian “Evaluasi Struktur Perkerasan Jalan Menggunakan Data Berat Beban Kendaraan Dari Jembatan Timbang” memiliki salah satu kesimpulan terjadi kenaikan kebutuhan tebal perkerasan akibat muatan berlebih sebesar 7% dari kebutuhan perkerasan kebutuhan normal dengan metode *AASHTO* (1993), terdapat perbedaan sekitar 3,5% lebih kecil dari penelitian ini, hal ini diakibatkan karena terdapat perbedaan kondisi muatan berlebih yang terjadi dan akibat perbedaan dalam perhitungan.

Hasil perhitungan kebutuhan tebal perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.25 sebagai berikut.

Tabel 5.25 Kebutuhan Tebal Perkerasan

Metode	Kebutuhan tebal perkerasan (cm)	
	Kondisi normal	Kondisi akibat muatan berlebih aktual
Bina Marga(1987)	31	34
<i>NAASRA</i> (2004)	32	35
<i>AASHTO</i> (1993)	32	35

5.9 Simulasi Muatan Berlebih

Simulasi muatan berlebih dilakukan dengan interval 5%, diasumsikan setiap golongan kendaraan berat (golongan 3, golongan 4, golongan 6, golongan 7a, golongan 7b) mengalami peningkatan berat total kendaraan akibat persentase muatan berlebih yang terjadi.

5.9.1 Pembagian beban sumbu tiap golongan akibat muatan berlebih simulasi

Perhitungan pembagian sumbu tiap golongan sama seperti perhitungan pembagian beban sumbu tiap golongan akibat muatan berlebih sebelumnya, namun terdapat perbedaan pada berat total yang menggunakan berat total akibat *overload* 5%-100%. Berikut merupakan hasil perhitungan pembagian beban sumbu tiap golongan akibat muatan berlebih simulasi interval 5% berdasarkan Bina Marga (1987), NAASRA (2004) dan AASHTO (1993).

1. Muatan berlebih 5%

Hasil perhitungan pembagian beban sumbu tiap golongan akibat muatan berlebih 5% dapat dilihat pada Tabel 5.26, Tabel 5. 27 dan Tabel 2.28 sebagai berikut.

Tabel 5.26 Pembagian Beban Sumbu Akibat Muatan Berlebih 5% Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2,00	1,00	1,00				
2	Pick-up, combi	3	1,2	8,72	2,96	5,75				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	8,72	2,96	5,75				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,30	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9,00	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	15,91	5,41	10,50				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	26,25	6,56	9,84	9,84			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	32,97	5,93	9,23	8,90	8,90		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10,00	10,00	7,00	7,25	

**Tabel 5.27 Pembagian Beban Sumbu Akibat Muatan Berlebih 5%
Berdasarkan NAASRA (2004)**

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2,00	1,00	1,00				
2	Pick-up, combi	3	1,2	8,72	2,96	5,75				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	8,72	2,96	5,75				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,30	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9,00	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	15,91	5,41	10,50				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	26,25	6,56	9,84	9,84			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	32,97	5,93	9,23	8,90	8,90		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10,00	10,00	7,00	7,25	

**Tabel 5.28 Pembagian Beban Sumbu Akibat Muatan Berlebih 5%
Berdasarkan AASHTO (1993)**

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,41	2,20	2,20				
2	Pick-up, combi	3	1,2	19,21	6,53	12,69				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	19,21	6,53	12,69				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,30	6,22	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,84	6,75	13,10				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	35,07	11,92	23,15				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	57,87	14,47	21,70	21,70			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	72,69	13,08	20,35	19,63	19,63		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,47	12,96	22,05	22,05	15,43	15,98	

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

5.9.2 VDF tiap golongan akibat muatan berlebih simulasi berdasarkan Bina Marga (1987)

Perhitungan *VDF* tiap golongan akibat muatan berlebih sama seperti *VDF* tiap golongan akibat muatan berlebih sebelumnya, namun terdapat perbedaan pada berat total yang menggunakan pembagian beban sumbu tiap golongan akibat *overload* 5%-100%. Hasil perhitungan pembagian beban sumbu tiap golongan akibat muatan berlebih simulasi interval 5% berdasarkan Bina Marga (1987) dapat dilihat pada Tabel 5.29 sebagai berikut.

Tabel 5.29 VDF Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Golongan	VDF tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi									
		Persentase muatan berlebih (%)									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	2	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
2	3	0,2645	0,3186	0,3807	0,4513	0,5314	0,6216	0,7229	0,8362	0,9622	1,1019
3	4	0,2645	0,3186	0,3807	0,4513	0,5314	0,6216	0,7229	0,8362	0,9622	1,1019
4	5a	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176
5	5b	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005
6	6	2,9344	3,5345	4,2223	5,0059	5,8939	6,8950	8,0185	9,2741	10,6717	12,2216
7	7a	3,3324	4,0139	4,7950	5,6849	6,6932	7,8302	9,1061	10,5320	12,1191	13,8792
8	7b	4,7513	5,7231	6,8368	8,1056	9,5434	11,1644	12,9837	15,0167	17,2796	19,7892
9	7c	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730
Total VDF		16,2391	18,6007	21,3073	24,3909	27,8851	31,8247	36,2461	41,1870	46,6866	52,7856

Lanjutan Tabel 5.29 *VDF* Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Golongan	<i>VDF</i> tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi									
		Persentase muatan berlebih (%)									
		55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1	2	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
2	3	1,2563	1,4265	1,6133	1,8179	2,0415	2,2855	2,5496	2,8366	3,1472	3,4827
3	4	1,2563	1,4265	1,6133	1,8179	2,0415	2,2855	2,5496	2,8366	3,1472	3,4827
4	5a	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176	0,2176
5	5b	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005	0,3005
6	6	13,9344	15,8213	17,8936	20,1632	22,6422	25,3427	28,2781	31,4611	34,9061	38,6263
7	7a	15,8244	17,9672	20,3206	22,8979	25,7133	28,7799	32,1134	35,7282	39,6404	43,8652
8	7b	22,5626	25,6179	28,9733	32,6482	36,6619	41,0349	45,7878	50,9423	56,5199	62,5436
9	7c	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730	4,1730
Total <i>VDF</i>		59,5259	66,9511	75,1059	84,0369	93,7916	104,4191	115,9700	128,4900	142,0533	156,6922

5.9.3 *VDF* tiap golongan akibat muatan berlebih simulasi berdasarkan NAASRA (2004)

Perhitungan *VDF* tiap golongan akibat muatan berlebih sama seperti *VDF* tiap golongan akibat muatan berlebih sebelumnya, namun terdapat perbedaan pada berat total yang menggunakan pembagian beban sumbu tiap golongan akibat *overload* 5%-100%. Hasil perhitungan pembagian beban sumbu tiap golongan akibat muatan berlebih simulasi interval 5% berdasarkan NAASRA (2004) dapat dilihat pada Tabel 5.30 di halaman berikut.

Tabel 5.30 VDF Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Golongan	VDF tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi									
		Persentase muatan berlebih (%)									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	2	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024
2	3	0,3328	0,4009	0,4789	0,5678	0,6685	0,7821	0,9095	1,0519	1,2105	1,3863
3	4	0,3328	0,4009	0,4789	0,5678	0,6685	0,7821	0,9095	1,0519	1,2105	1,3863
4	5a	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738
5	5b	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784
6	6	3,6940	4,4495	5,3153	6,3018	7,4196	8,6799	10,0941	11,6749	13,4343	15,3853
7	7a	6,5726	7,9169	9,4574	11,2120	13,2015	15,4439	17,9602	20,7729	23,9032	27,3747
8	7b	5,8421	7,0369	8,4062	9,9663	11,7342	13,7273	15,9641	18,4639	21,2463	24,3322
9	7c	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249
Total VDF		24,6541	28,0848	32,0166	36,4962	41,5722	47,2955	53,7178	60,8953	68,8844	77,7442

Lanjutan Tabel 5.30 VDF Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Golongan	VDF tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi									
		Persentase muatan berlebih (%)									
		55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1	2	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024
2	3	1,5806	1,7946	2,0297	2,2871	2,5683	2,8746	3,2076	3,5687	3,9594	4,3814
3	4	1,5806	1,7946	2,0297	2,2871	2,5683	2,8746	3,2076	3,5687	3,9594	4,3814
4	5a	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738	0,2738
5	5b	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784	0,3784
6	6	17,5416	19,9169	22,5250	25,3827	28,5032	31,9032	35,5982	39,6055	43,9422	48,6252
7	7a	31,2113	35,4376	40,0793	45,1627	50,7151	56,7642	63,3391	70,4692	78,1849	86,5176
8	7b	27,7421	31,4987	35,6244	40,1428	45,0781	50,4548	56,2988	62,6364	69,4945	76,9010
9	7c	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249	7,2249
Total VDF		87,5357	98,3222	110,1682	123,1422	137,3122	152,7510	169,5311	187,7282	207,4220	228,6860

5.9.4 VDF tiap golongan akibat muatan berlebih simulasi berdasarkan AASHTO (1993)

Perhitungan *VDF* tiap golongan akibat muatan berlebih sama seperti *VDF* tiap golongan akibat muatan berlebih sebelumnya, namun terdapat perbedaan pada berat total yang menggunakan pembagian beban sumbu tiap golongan akibat *overload* 5%-100%. Hasil perhitungan pembagian beban sumbu tiap golongan akibat muatan berlebih simulasi interval 5% berdasarkan AASHTO (1993) dapat dilihat pada Tabel 5.31 sebagai berikut.

Tabel 5.31 VDF Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan AASHTO (1993)

No	Golongan	VDF tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi									
		Persentase muatan berlebih (%)									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	2	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008
2	3	0,2453	0,2977	0,3501	0,4275	0,5109	0,5934	0,7025	0,8302	0,9597	1,0996
3	4	0,2453	0,2977	0,3501	0,4275	0,5109	0,5934	0,7025	0,8302	0,9597	1,0996
4	5a	0,1929	0,1929	0,1929	0,1929	0,1929	0,1929	0,1929	0,1929	0,1929	0,1929
5	5b	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810
6	6	3,2192	3,9225	4,7818	5,7374	6,8212	8,1322	9,5324	11,1589	12,8894	15,0005
7	7a	6,0519	7,3850	8,9196	10,7440	12,6912	15,0910	17,6384	20,5454	23,7803	27,3369
8	7b	4,9500	6,0762	7,3095	8,8697	10,5203	12,5327	14,7778	17,2881	20,1270	23,2754
9	7c	6,4543	6,4543	6,4543	6,4543	6,3134	6,4543	6,4543	6,4543	6,4543	6,4543
Total VDF		21,6411	24,9084	28,6404	33,1361	37,8427	43,87210	50,2829	57,5820	65,6452	74,7413

Lanjutan Tabel 5.31 *VDF* Tiap Golongan Kendaraan Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan *AASHTO* (1993)

No	Golongan	<i>VDF</i> tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi									
		Persentase muatan berlebih (%)									
		55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1	2	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008
2	3	1,2848	1,4699	1,6597	1,9155	2,1770	2,4376	2,7541	3,1064	3,4622	3,8514
3	4	1,2848	1,4699	1,6597	1,9155	2,1770	2,4376	2,7541	3,1064	3,4622	3,8514
4	5a	0,1930	0,1930	0,1930	0,1930	0,1930	0,1930	0,1930	0,1930	0,1930	0,1930
5	5b	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810	0,2810
6	6	17,1836	19,7092	22,4179	25,4125	28,6378	32,1218	36,0295	40,1094	44,6698	49,3988
7	7a	31,2950	35,5857	40,3704	45,5167	51,1857	57,3892	64,0545	71,2807	79,1893	87,7079
8	7b	26,9102	30,7589	35,1336	39,8834	45,1595	50,9575	57,2077	64,0709	71,3437	79,4107
9	7c	6,4544	6,4544	6,4544	6,4544	6,4544	6,4544	6,4544	6,4544	6,4544	6,4544
Total <i>VDF</i>		84,8874	95,9226	108,1705	121,5727	136,2660	152,2727	169,7288	188,6028	209,0562	231,1494

5.9.5 *VDF* kumulatif kondisi akibat muatan berlebih simulasi berdasarkan Bina Marga (1987)

Perhitungan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih sama seperti perhitungan pembagian *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih sebelumnya, namun terdapat perbedaan pada berat total yang menggunakan nilai *VDF* hasil dari perhitungan simulasi *overload* 5%-100%. Hasil perhitungan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih simulasi interval 5% berdasarkan Bina Marga (1987) dapat dilihat pada Tabel 5.32 di halaman berikut.

Tabel 5.32 VDF Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Golongan	VDF tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi				
		Persentase muatan berlebih (%)				
		5	10	15	20	25
1	2	403,22	403,22	403,22	403,22	403,22
2	3	72705,44	74640,99	76859,28	79386,57	82250,31
3	4	106737,64	110905,01	115681,11	121122,52	127288,34
4	5a	36784,93	36784,93	36784,93	36784,93	36784,93
5	5b	53537,11	53537,11	53537,11	53537,11	53537,11
6	6	1379646,10	1443390,04	1516445,17	1599676,89	1693989,08
7	7a	329842,40	339792,85	351196,78	364189,28	378911,45
8	7b	11254,09	13382,22	15821,20	18599,93	21748,60
9	7c	109666,40	109666,40	109666,40	109666,40	109666,40
Total VDF kumulatif		2100577,37	2182502,81	2276395,23	2383366,90	2504579,47

Lanjutan Tabel 5.32 VDF Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Golongan	VDF tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi				
		Persentase muatan berlebih (%)				
		30	35	40	45	50
1	2	403,22	403,22	403,22	403,22	403,22
2	3	85479,12	89102,78	93152,24	97659,61	102658,18
3	4	134240,17	142042,13	150760,85	160465,50	171227,73
4	5a	36784,93	36784,93	36784,93	36784,93	36784,93
5	5b	53537,11	53537,11	53537,11	53537,11	53537,11
6	6	1800324,07	1919662,67	2053024,13	2201466,19	2366085,02
7	7a	395510,38	414139,17	434956,94	458128,80	483825,86
8	7b	25298,65	29282,83	33735,17	38690,99	44186,88
9	7c	109666,40	109666,40	109666,40	109666,40	109666,40
Total VDF kumulatif		2641244,09	2794621,28	2966021,05	3156802,79	3368375,37

Lanjutan Tabel 5.32 *VDF* Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Golongan	<i>VDF</i> tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi				
		Persentase muatan berlebih (%)				
		55	60	65	70	75
1	2	403,22	403,22	403,22	403,22	403,22
2	3	108182,41	114267,91	120951,47	128271,05	136265,78
3	4	183121,73	196224,18	210614,30	226373,81	243586,95
4	5a	36784,93	36784,93	36784,93	36784,93	36784,93
5	5b	53537,11	53537,11	53537,11	53537,11	53537,11
6	6	2548015,28	2748430,09	2968541,01	3209598,08	3472889,82
7	7a	512225,23	543510,06	577869,45	615498,54	656598,47
8	7b	50260,72	56951,67	64300,19	72348,01	81138,15
9	7c	109666,40	109666,40	109666,40	109666,40	109666,40
Total <i>VDF</i> kumulatif		3602197,07	3859775,60	4142668,12	4452481,21	4790870,86

Lanjutan Tabel 5.32 *VDF* Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Golongan	<i>VDF</i> tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi				
		Persentase muatan berlebih (%)				
		80	85	90	95	100
1	2	403,22	403,22	403,22	403,22	403,22
2	3	144975,94	154443,00	164709,59	175819,50	187817,70
3	4	262340,46	282723,63	304828,22	328748,54	354581,39
4	5a	36784,93	36784,93	36784,93	36784,93	36784,93
5	5b	53537,11	53537,11	53537,11	53537,11	53537,11
6	6	3759743,17	4071523,57	4409634,91	4775519,53	5170658,26
7	7a	701376,38	750045,41	802824,71	859939,42	921620,72
8	7b	90714,90	101123,85	112411,88	124627,13	137819,05
9	7c	109666,40	109666,40	109666,40	109666,40	109666,40
Total <i>VDF</i> kumulatif		5159542,55	5560251,16	5994801,01	6465045,83	6972888,82

5.9.6 VDF kumulatif kondisi akibat muatan berlebih simulasi berdasarkan NAASRA (2004)

Perhitungan VDF kumulatif akibat muatan berlebih sama seperti perhitungan pembagian VDF kumulatif akibat muatan berlebih sebelumnya, namun terdapat perbedaan pada berat total yang menggunakan nilai VDF hasil dari perhitungan simulasi *overload* 5%-100%. Hasil perhitungan VDF kumulatif akibat muatan berlebih simulasi interval 5% berdasarkan NAASRA (2004) dapat dilihat pada Tabel 5.33 sebagai berikut.

Tabel 5.33 VDF Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Golongan	VDF tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi				
		Persentase muatan berlebih (%)				
		5	10	15	20	25
1	2	2102,50	2102,50	2102,50	2102,50	2102,50
2	3	91467,36	93902,40	96693,12	99872,58	103475,33
3	4	134281,71	139524,48	145533,08	152378,67	160135,60
4	5a	46277,43	46277,43	46277,43	46277,43	46277,43
5	5b	67412,31	67412,31	67412,31	67412,31	67412,31
6	6	1736786,41	1817031,35	1908997,80	2013775,19	2132501,38
7	7a	650566,10	670191,92	692684,51	718310,32	747347,65
8	7b	9251,71	11868,36	14867,24	18283,85	22155,32
9	7c	189871,53	189871,53	189871,53	189871,53	189871,53
Total VDF kumulatif		2928017,10	3038182,31	3164439,54	3308284,42	3471279,08

Lanjutan Tabel 5.33 *VDF* Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Golongan	<i>VDF</i> tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi				
		Persentase muatan berlebih (%)				
		30	35	40	45	50
1	2	2102,50	2102,50	2102,50	2102,50	2102,50
2	3	107537,35	112096,11	117190,54	122861,06	129149,53
3	4	168881,37	178696,66	189665,29	201874,26	215413,73
4	5a	46277,43	46277,43	46277,43	46277,43	46277,43
5	5b	67412,31	67412,31	67412,31	67412,31	67412,31
6	6	2266362,65	2416593,68	2584477,59	2771345,90	2978578,58
7	7a	780086,62	816829,21	857889,23	903592,35	954276,05
8	7b	26520,31	31419,10	36893,51	42986,98	49744,50
9	7c	189871,53	189871,53	189871,53	189871,53	189871,53
Total <i>VDF</i> kumulatif		3655052,11	3861298,56	4091779,97	4348324,35	4632826,19

Lanjutan Tabel 5.33 *VDF* Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Golongan	<i>VDF</i> tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi				
		Persentase muatan berlebih (%)				
		55	60	65	70	75
1	2	2102,50	2102,50	2102,50	2102,50	2102,50
2	3	136099,30	143755,19	152163,47	161371,90	171429,70
3	4	230377,01	246860,61	264964,15	284790,46	306445,52
4	5a	46277,43	46277,43	46277,43	46277,43	46277,43
5	5b	67412,31	67412,31	67412,31	67412,31	67412,31
6	6	3207603,98	3459898,91	3736988,56	4040446,56	4371894,97
7	7a	1010289,69	1071994,44	1139763,33	1213981,24	1295044,87
8	7b	57212,64	65439,56	74474,99	84370,26	95178,24
9	7c	189871,53	189871,53	189871,53	189871,53	189871,53
Total <i>VDF</i> kumulatif		4947246,43	5293612,50	5674018,31	6090624,23	6545657,11

Lanjutan Tabel 5.33 *VDF* Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Golongan	<i>VDF</i> tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi				
		Persentase muatan berlebih (%)				
		80	85	90	95	100
1	2	2102,50	2102,50	2102,50	2102,50	2102,50
2	3	182387,56	194297,63	207213,55	221190,42	236284,80
3	4	330038,45	355681,57	383490,35	413583,40	446082,52
4	5a	46277,43	46277,43	46277,43	46277,43	46277,43
5	5b	67412,31	67412,31	67412,31	67412,31	67412,31
6	6	4733004,25	5125493,28	5551129,37	6011728,25	6509154,06
7	7a	1383362,77	1479355,35	1583454,82	1696105,29	1817762,65
8	7b	106953,42	119751,84	133631,12	148650,49	164870,73
9	7c	189871,53	189871,53	189871,53	189871,53	189871,53
Total <i>VDF</i> kumulatif		7041410,26	7580243,47	8164583,03	8796921,65	9479818,56

5.9.7 *VDF* kumulatif kondisi akibat muatan berlebih simulasi berdasarkan AASHTO (1993)

Perhitungan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih sama seperti perhitungan pembagian *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih sebelumnya, namun terdapat perbedaan pada berat total yang menggunakan nilai *VDF* hasil dari perhitungan simulasi *overload* 5%-100%. Hasil perhitungan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih simulasi interval 5% berdasarkan AASHTO (1993) dapat dilihat pada Tabel 5.34 di halaman berikut.

Tabel 5.34 VDF Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan AASHTO (1993)

No	Golongan	VDF tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi				
		Persentase muatan berlebih (%)				
		5	10	15	20	25
1	2	684,17	684,17	684,17	684,17	684,17
2	3	64837,17	66711,49	68585,82	71354,72	74337,51
3	4	95451,11	99486,65	103522,19	109483,79	115905,94
4	5a	32608,47	32608,47	32608,47	32608,47	32608,47
5	5b	50051,63	50051,63	50051,63	50051,63	50051,63
6	6	1482153,40	1556857,00	1648127,66	1749623,50	1864736,88
7	7a	592057,36	611520,68	633925,05	660571,63	688989,35
8	7b	6998,59	9464,82	12165,80	15582,65	19197,34
9	7c	169620,61	169620,61	169620,61	169620,61	169620,61
Total VDF kumulatif		2494462,56	2597005,58	2719291,45	2859581,22	3016131,96

Lanjutan Tabel 5.34 VDF Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan AASHTO (1993)

No	Golongan	VDF tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi				
		Persentase muatan berlebih (%)				
		30	35	40	45	50
1	2	684,17	684,17	684,17	684,17	684,17
2	3	77290,61	81192,76	85759,45	90389,52	95396,79
3	4	122264,14	130665,71	140498,06	150466,88	161247,84
4	5a	32608,47	32608,47	32608,47	32608,47	32608,47
5	5b	50051,63	50051,63	50051,63	50051,63	50051,63
6	6	2003983,23	2152704,37	2325466,76	2509270,53	2733498,75
7	7a	724027,97	761219,83	803661,14	850890,46	902817,71
8	7b	23604,65	28521,33	34018,80	40236,16	47131,14
9	7c	169620,61	169620,61	169620,61	169620,61	169620,61
Total VDF kumulatif		3204135,54	3407268,93	3642369,14	3894218,47	4193057,16

Lanjutan Tabel 5.34 *VDF* Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan *AASHTO* (1993)

No	Golongan	<i>VDF</i> tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi				
		Persentase muatan berlebih (%)				
		55	60	65	70	75
1	2	684,17	684,17	684,17	684,17	684,17
2	3	102017,83	108638,87	115430,09	124579,48	133931,08
3	4	175503,35	189758,86	204380,77	224079,97	244214,55
4	5a	32608,47	32608,47	32608,47	32608,47	32608,47
5	5b	50051,63	50051,63	50051,63	50051,63	50051,63
6	6	2965371,25	3233635,46	3521341,17	3839407,58	4181979,73
7	7a	960605,69	1023249,87	1093106,77	1168241,43	1251010,25
8	7b	55091,29	63519,85	73100,51	83502,66	95057,24
9	7c	169620,61	169620,61	169620,61	169620,61	169620,61
Total <i>VDF</i> kumulatif		4511554,34	4871767,84	5260324,24	5692776,06	6159157,78

Lanjutan Tabel 5.34 *VDF* Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan *AASHTO* (1993)

No	Golongan	<i>VDF</i> tiap golongan kendaraan akibat muatan berlebih simulasi				
		Persentase muatan berlebih (%)				
		80	85	90	95	100
1	2	684,17	684,17	684,17	684,17	684,17
2	3	143253,35	154574,31	167175,40	179902,85	193827,12
3	4	264285,96	288660,67	315791,59	343194,58	373174,37
4	5a	32608,47	32608,47	32608,47	32608,47	32608,47
5	5b	50051,63	50051,63	50051,63	50051,63	50051,63
6	6	4552035,45	4967093,19	5400435,63	5884822,97	6387114,94
7	7a	1341580,31	1438893,81	1544396,68	1659862,42	1784233,77
8	7b	107754,91	121442,80	136473,23	152400,68	170067,35
9	7c	169620,61	169620,61	169620,61	169620,61	169620,61
Total <i>VDF</i> kumulatif		6661874,93	7223629,71	7817237,46	8473148,44	9161382,48

Dari perhitungan tersebut dapat diperoleh persentase kenaikan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih simulasi, persentase kenaikan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih simulasi dapat dilihat pada Tabel 5.35, Tabel 5.36 dan Tabel 3.37 sebagai berikut.

Tabel 5.35 Persentase Kenaikan *VDF* Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Persentase muatan berlebih (%)	<i>VDF</i> kumulatif muatan berlebih simulasi	Persentase kenaikan <i>VDF</i> (%)
1	0	2030134,31	0
2	5	2100577,37	3
3	10	2182502,81	8
4	15	2276395,23	12
5	20	2383366,94	17
6	25	2504579,47	23
7	30	2641244,09	30
8	35	2794621,28	38
9	40	2966021,05	46
10	45	3156802,79	55
11	50	3368375,37	66
12	55	3602197,07	77
13	60	3859775,60	90
14	65	4142668,12	104
15	70	4452481,21	119
16	75	4790870,86	136
17	80	5159542,55	154
18	85	5560251,16	174
19	90	5994801,01	195
20	95	6465045,83	218
21	100	6972888,82	243

Tabel 5.36 Persentase Kenaikan VDF Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Persentase muatan berlebih (%)	VDF kumulatif muatan berlebih simulasi	Persentase kenaikan VDF (%)
1	0	2837811,537	0
2	5	2928017,104	3
3	10	3038182,317	7
4	15	3164439,544	12
5	20	3308284,429	17
6	25	3471279,089	22
7	30	3655052,112	29
8	35	3861298,562	36
9	40	4091779,974	44
10	45	4348324,356	53
11	50	4632826,190	63
12	55	4947246,431	74
13	60	5293612,507	87
14	65	5674018,317	100
15	70	6090624,236	115
16	75	6545657,110	131
17	80	7041410,260	148
18	85	7580243,479	167
19	90	8164583,031	188
20	95	8796921,657	210
21	100	9479818,567	234

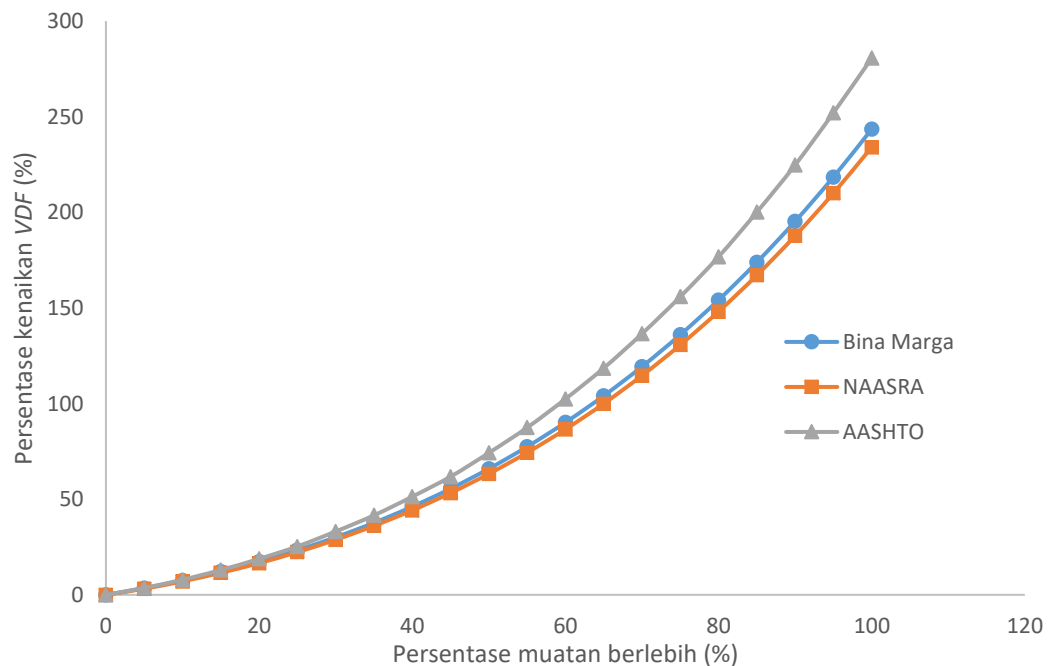
Tabel 5.37 Persentase Kenaikan VDF Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan AASHTO (1993)

No	Persentase muatan berlebih (%)	VDF kumulatif muatan berlebih simulasi	Persentase kenaikan VDF (%)
1	0	2407022,906	0
2	5	2494462,565	4
3	10	2597005,588	8
4	15	2719291,451	13
5	20	2859581,225	19
6	25	3016131,962	25
7	30	3204135,549	33
8	35	3407268,938	42
9	40	3642369,143	51
10	45	3894218,479	62
11	50	4193057,168	74

Lanjutan Tabel 5.37 Persentase Kenaikan *VDF* Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan *AASHTO* (1993)

No	Persentase muatan berlebih (%)	Vdf kumulatif muatan berlebih simulasi	Persentase kenaikan <i>VDF</i> (%)
12	55	4511554,346	87
13	60	4871767,842	102
14	65	5260324,245	119
15	70	5692776,064	137
16	75	6159157,785	156
17	80	6661874,934	177
18	85	7223629,719	200
19	90	7817237,465	225
20	95	8473148,446	252
21	100	9161382,488	281

Dari perhitungan di atas diperoleh grafik kenaikan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih simulasi, yaitu sebagai berikut.

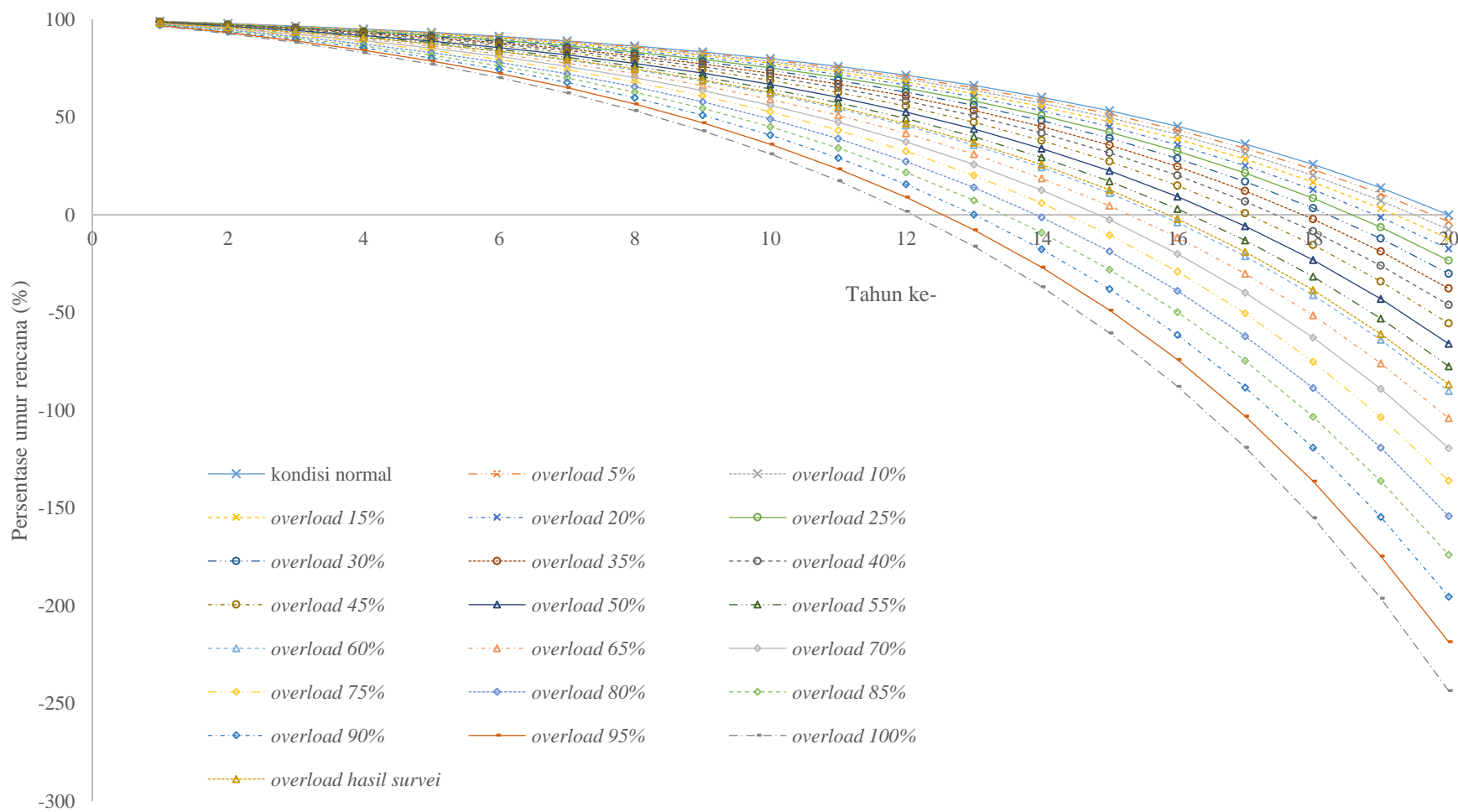


Gambar 5.9 Grafik Peningkatan *VDF* Kumulatif Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga (1987), *NAASRA* (2004) dan *AASHTO* (1993)

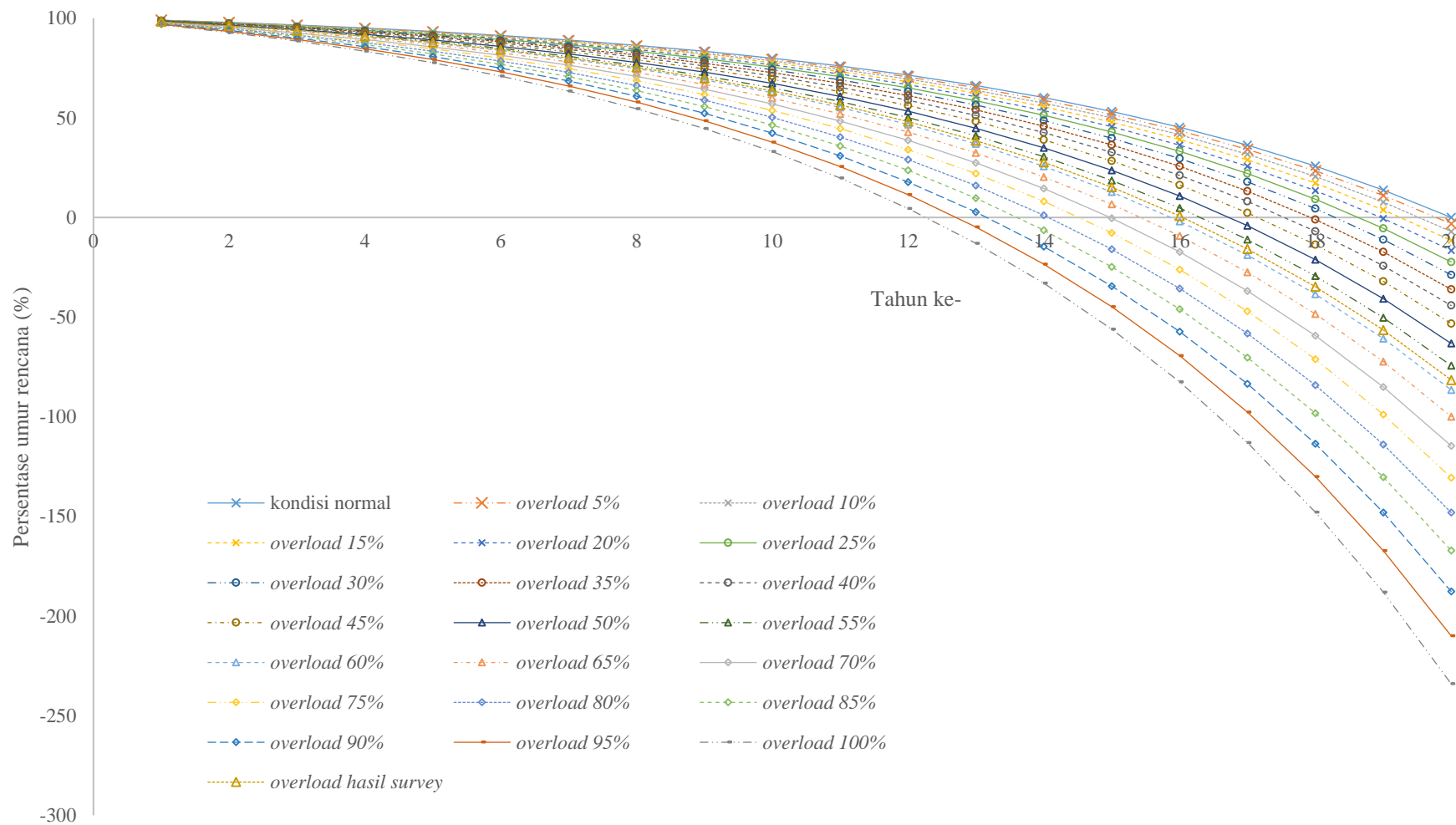
Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa persentase peningkatan *VDF* kumulatif berdasarkan *AASHTO* (1993) lebih besar dari pada persentase peningkatan *VDF* kumulatif berdasarkan *NAASRA* (2004) dan Bina Marga (1987) secara keseluruhan.

5.9.8 Persentase penurunan umur rencana akibat muatan berlebih simulasi

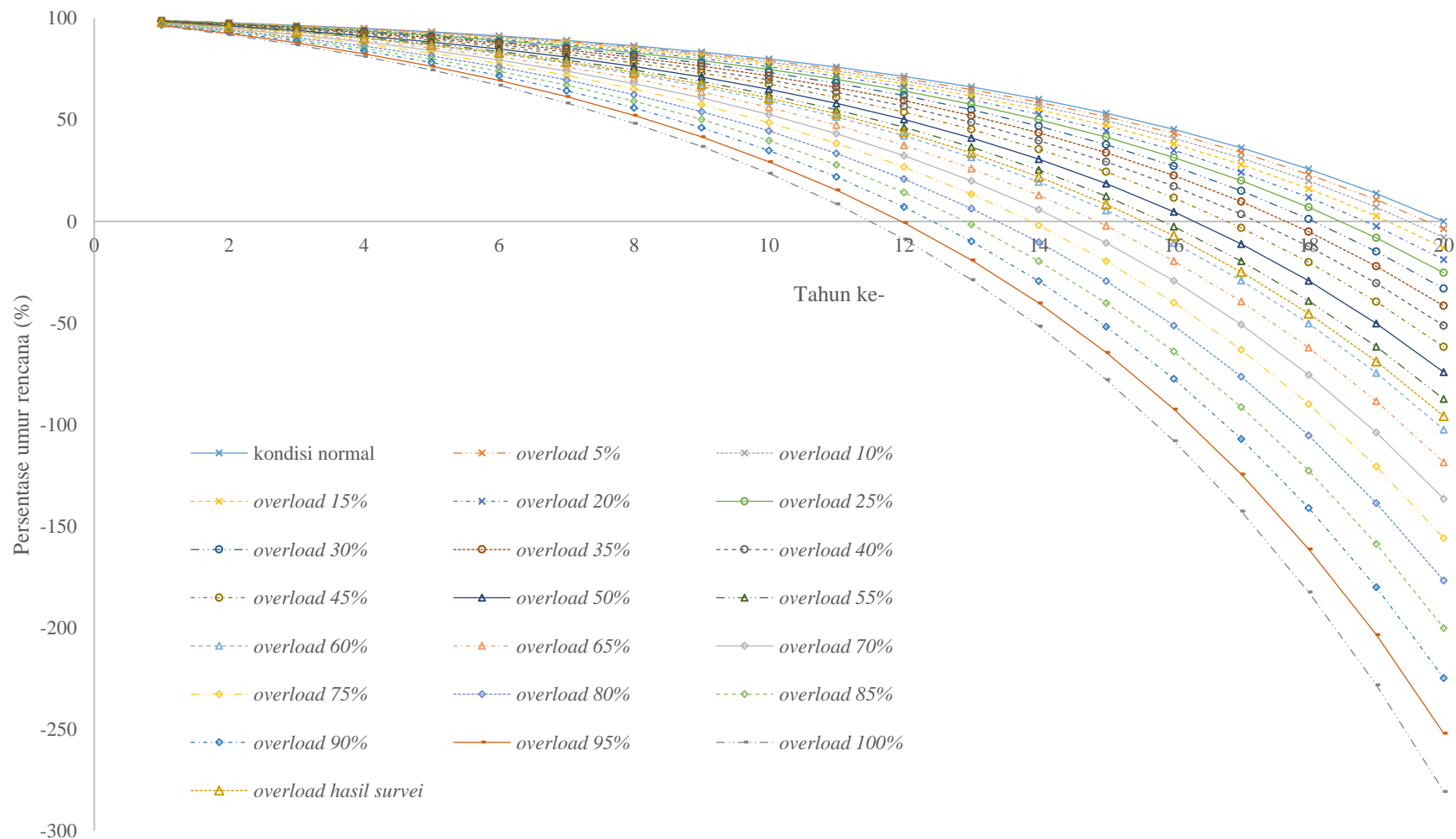
Perhitungan persentase penurunan umur rencana akibat muatan berlebih simulasi sama seperti perhitungan persentase penurunan umur rencana akibat muatan berlebih sebelumnya, namun terdapat perbedaan pada berat total yang menggunakan nilai *VDF* kumulatif hasil dari perhitungan simulasi *overload* 5%-100%. Sehingga diperoleh hasil persentase penurunan umur rencana akibat muatan berlebih yaitu dapat dilihat pada Gambar 5.10, Gambar 5.11 dan Gambar 5.12 di halaman berikut.



Gambar 5.10 Grafik Penurunan Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Lebih Berdasarkan Bina Marga (1987)



Gambar 5.11 Grafik Penurunan Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Belebih Berdasarkan NAASRA (2004)



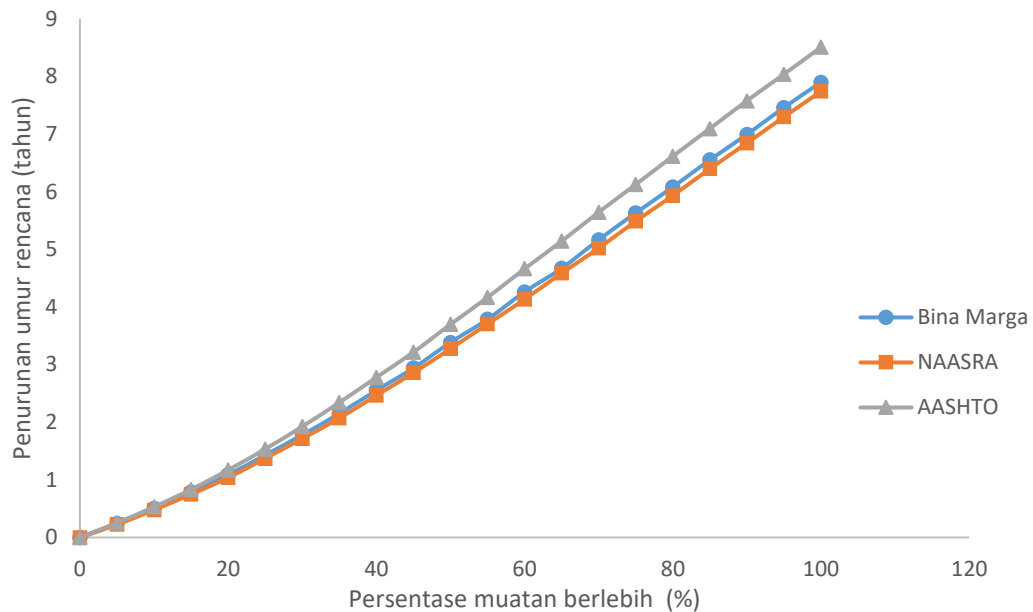
Gambar 5.12 Grafik Penurunan Persentase Umur Rencana Akibat Muatan Belebih Berdasarkan AASHTO (1993)

Dari grafik tersebut dapat diperoleh nilai umur rencana pada saat persentase umur rencana 0%. Perhitungan nilai umur rencana pada saat persentase umur rencana 0% sama seperti perhitungan nilai umur rencana pada saat persentase umur rencana 0% pada muatan berlebih hasil survey (aktual). Sehingga diperoleh hasil seperti pada Tabel 5.38 sebagai berikut.

Tabel 5.38 Penurunan Umur Rencana Akibat Muatan Berlebih

Persentase muatan berlebih (%)	Penurunan umur rencana (tahun)		
	Bina Marga (1987)	NAASRA (2004)	AASHTO (1993)
0	0	0	0
5	0,243	0,224	0,254
10	0,506	0,479	0,530
15	0,784	0,749	0,833
20	1,086	1,037	1,170
25	1,430	1,372	1,534
30	1,779	1,715	1,924
35	2,150	2,069	2,341
40	2,551	2,465	2,777
45	2,939	2,857	3,214
50	3,383	3,276	3,698
55	3,785	3,703	4,165
60	4,260	4,133	4,662
65	4,671	4,586	5,141
70	5,164	5,020	5,645
75	5,631	5,490	6,124
80	6,080	5,932	6,615
85	6,552	6,398	7,095
90	6,992	6,844	7,578
95	7,461	7,298	8,038
100	7,898	7,742	8,506

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh penurunan umur rencana secara keseluruhan pada metode AASHTO (1993) lebih besar dibandingkan pada metode NAASRA (2004) dan Bina Marga (1987). Grafik perbandingan penurunan umur rencana akibat muatan berlebih metode Bina Marga (1987), NAASRA (2004), AASHTO (1993) dapat dilihat pada Gambar 5.13 di halaman berikut.



Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Penurunan Umur Rencana Akibat Muatan Belebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga (1987), NAASRA (2004), dan AASHTO (1993)

5.9.9 Kebutuhan tebal perkerasan akibat muatan berlebih simulasi

Perhitungan tebal perkerasan akibat muatan berlebih sama seperti perhitungan tebal perkerasan akibat muatan berlebih sebelumnya, namun terdapat perbedaan pada berat total yang menggunakan nilai W_{18} (*Traffic design*) hasil dari perhitungan simulasi *overload* 5%-100%. Berikut merupakan hasil perhitungan W_{18} akibat muatan berlebih simulasi interval 5% berdasarkan Bina Marga (1987), NAASRA (2004), dan AASHTO (1993) pada Tabel 5.39, Tabel 5.40 dan Tabel 5.41 sebagai berikut.

Tabel 5.39 W_{18} Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Persentase muatan berlebih (%)	VDF kumulatif	DD	DL	W_{18} (ESAL)
1	0	2030134	0,5	1	101913239,5
2	5	2100577	0,5	1	105449498,4
3	10	2182503	0,5	1	109562175,6
4	15	2276395	0,5	1	114275598,4
5	20	2383367	0,5	1	119645601,9
6	25	2504579	0,5	1	125730503,0

Lanjutan Tabel 5.39 W_{18} Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga (1987)

No	Persentase muatan berlebih (%)	VDF kumulatif	DD	DL	W18 (ESAL)
7	30	2641244	0,5	1	132591100,0
8	35	2794621	0,5	1	140290672,9
9	40	2966021	0,5	1	148894983,0
10	45	3156803	0,5	1	158472273,4
11	50	3368375	0,5	1	169093268,8
12	55	3602197	0,5	1	180831175,2
13	60	3859776	0,5	1	193761680,5
14	65	4142668	0,5	1	207962954,0
15	70	4452481	0,5	1	223515646,5
16	75	4790871	0,5	1	240502890,4
17	80	5159543	0,5	1	259010299,7
18	85	5560251	0,5	1	279125970,1
19	90	5994801	0,5	1	300940478,6
20	95	6465046	0,5	1	324546883,9
21	100	6972889	0,5	1	350040726,3

Tabel 5.40 W_{18} Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Persentase muatan berlebih (%)	VDF kumulatif	DD	DL	W18 (ESAL)
1	0	2837812	0,5	1	142458834,0
2	5	2928017	0,5	1	146987175,6
3	10	3038182	0,5	1	152517496,2
4	15	3164440	0,5	1	158855639,9
5	20	3308284	0,5	1	166076688,4
6	25	3471279	0,5	1	174259060,2
7	30	3655052	0,5	1	183484511,0
8	35	3861299	0,5	1	193838133,3
9	40	4091780	0,5	1	205408356,6
10	45	4348324	0,5	1	218286947,4
11	50	4632826	0,5	1	232569009,1
12	55	4947246	0,5	1	248352982,2
13	60	5293613	0,5	1	265740644,0
14	65	5674018	0,5	1	284837108,8
15	70	6090624	0,5	1	305750828,0
16	75	6545657	0,5	1	328593589,7

Lanjutan Tabel 5.40 W_{18} Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan NAASRA (2004)

No	Persentase muatan berlebih (%)	VDF kumulatif	DD	DL	W_{18} (ESAL)
17	80	7041410	0,5	1	353480519,2
18	85	7580243	0,5	1	380530078,7
19	90	8164583	0,5	1	409864067,3
20	95	8796922	0,5	1	441607621,1
21	100	9479819	0,5	1	475889213,2

Tabel 5.41 W_{18} Akibat Muatan Berlebih Simulasi Berdasarkan AASHTO (1993)

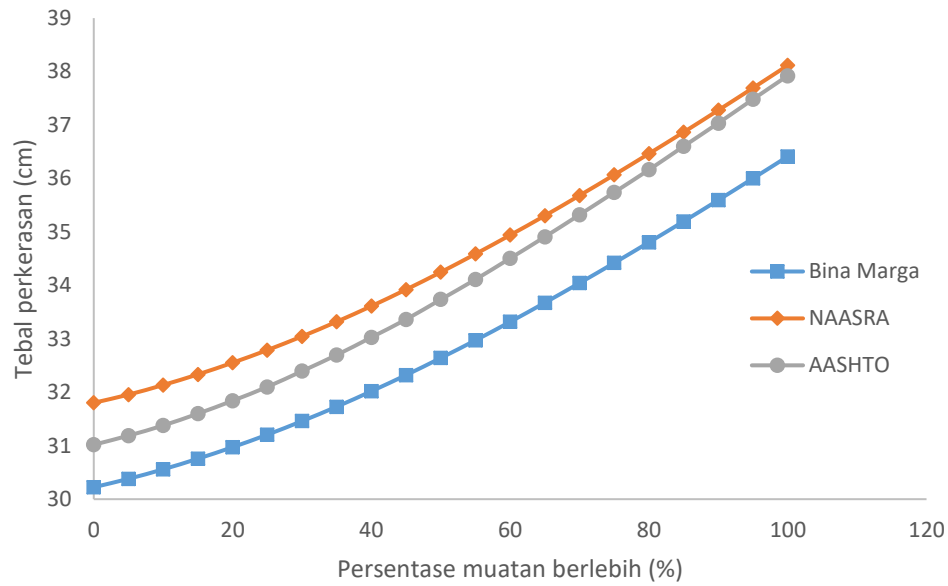
No	Persentase muatan berlebih (%)	VDF kumulatif	DD	DL	W_{18} (ESAL)
1	0	2407023	0,5	1	120833139,3
2	5	2494463	0,5	1	125222631,6
3	10	2597006	0,5	1	130370316,4
4	15	2719291	0,5	1	136509096,7
5	20	2859581	0,5	1	143551677,7
6	25	3016132	0,5	1	151410563,0
7	30	3204136	0,5	1	160848389,1
8	35	3407269	0,5	1	171045735,0
9	40	3642369	0,5	1	182847822,8
10	45	3894218	0,5	1	195490721,1
11	50	4193057	0,5	1	210492496,5
12	55	4511554	0,5	1	226481132,9
13	60	4871768	0,5	1	244563938,5
14	65	5260324	0,5	1	264069565,1
15	70	5692776	0,5	1	285778752,3
16	75	6159158	0,5	1	309191228,9
17	80	6661875	0,5	1	334427752,8
18	85	7223630	0,5	1	362627980,6
19	90	7817237	0,5	1	392427234,8
20	95	8473148	0,5	1	425354126,6
21	100	9161382	0,5	1	459903644,1

Dengan menggunakan nilai W_{18} hasil simulasi muatan berlebih, maka diperoleh nilai kebutuhan perkerasan yang dapat dilihat pada Tabel 5.41 di halaman berikut.

Tabel 5.42 Kebutuhan Tebal Perkerasan

No	Persentase muatan berlebih (%)	Tebal Perkerasan (cm)		
		Bina Marga (1987)	NAASRA (2004)	AASHTO (1993)
1	0	30,22346	31,80334	31,01848
2	5	30,38094	31,95574	31,18866
3	10	30,55874	32,13608	31,37916
4	15	30,75686	32,3342	31,60014
5	20	30,97276	32,55264	31,84144
6	25	31,20644	32,78886	32,10052
7	30	31,46044	33,04540	32,39516
8	35	31,72968	33,31972	32,69742
9	40	32,01924	33,61182	33,02762
10	45	32,32150	33,92170	33,36290
11	50	32,64154	34,24682	33,73628
12	55	32,97174	34,58718	34,10966
13	60	33,31718	34,94024	34,50590
14	65	33,67532	35,30346	34,90722
15	70	34,04362	35,68192	35,32124
16	75	34,41954	36,06800	35,74034
17	80	34,80562	36,46424	36,16198
18	85	35,19678	36,86556	36,60140
19	90	35,59556	37,27704	37,03574
20	95	36,00196	37,69360	37,48278
21	100	36,41090	38,11524	37,92220

Dari hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa kebutuhan tebal perkerasan akibat muatan berlebih meningkat, semakin tinggi persentase muatan berlebih kebutuhan tebal perkerasan semakin besar. Pada kasus ini kebutuhan tebal perkerasan akibat muatan berlebih yang paling besar adalah berdasarkan nilai *VDF* metode *NAASRA* (2004). Grafik kebutuhan tebal perkerasan dapat dilihat pada Gambar 5.14 di halaman berikut.



Gambar 5.14 Grafik Perbandingan Kebutuhan Tebal Perkerasan Akibat Muatan Belebih Simulasi Berdasarkan Bina Marga (1987), NAASRA (2004) dan AASHTO (1993)

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan tentang pengaruh muatan berlebih terhadap umur rencana, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Persentase muatan berlebih aktual pada jalan Diponegoro, Cilacap diperoleh untuk golongan 3 sebesar 37,8%, golongan 4 sebesar 55,66%, golongan 6 sebesar 60,91%, golongan 7a sebesar 47,22% dan golongan 7b sebesar 59,97%.
2. Muatan berlebih aktual di lapangan dapat mengakibatkan peningkatan nilai *VDF* kumulatif, berdasar metode Bina Marga (1987) diperoleh peningkatan *VDF* kumulatif akibat muatan berlebih aktual di lapangan sebesar 86,68%, berdasar metode *NAASRA* (2004) sebesar 81,57%, sedangkan dengan metode *AASHTO* (1993) sebesar 95,83%.
3. Penurunan umur rencana akibat muatan berlebih aktual di lapangan, berdasar metode Bina Marga (1987) diperoleh penurunan umur rencana sebesar 4,137 tahun atau turun sebesar 20,69% dari umur rencana (20 tahun), berdasar metode *NAASRA* (2004) diperoleh penurunan umur rencana 3,954 tahun turun sebesar 19,77%, sedangkan dengan metode *AASHTO* (1993) terjadi penurunan umur rencana 4,453 tahun atau turun sebesar 22,26%.
4. Kebutuhan tebal perkerasan akibat muatan berlebih aktual di lapangan, berdasar metode Bina Marga (1987) sebesar 109,93% terdapat selisih 3 cm lebih besar dari kebutuhan tebal perkerasan kondisi normal yaitu 31 cm, berdasar metode *NAASRA* (1993) sebesar 109,41% terdapat selisih 3 cm lebih besar dari kebutuhan tebal perkerasan kondisi normal yaitu 32 cm, sedangkan dengan metode *AASHTO* (1993) sebesar 110,69% terdapat selisih 3,3 cm lebih besar dari kebutuhan tebal perkerasan kondisi normal yaitu 32 cm.
5. Berdasarkan analisis simulasi muatan berlebih 5%-100% diperoleh hasil pada kondisi muatan berlebih 10%, terjadi peningkatan *VDF* kumulatif sebesar 8%

pada metode Bina Marga (1987), pada metode *NAASRA* (2004) terjadi peningkatan 7% sedangkan pada metode *AASHTO* (1993) terjadi peningkatan 8%. Selain itu terjadi penurunan umur rencana 2,4% (6 bulan) pada metode Bina Marga (1987), pada metode *NAASRA* (2004) 2,53% (6 bulan), sedangkan pada metode *AASHTO* (1993) 2,6% (6 bulan). Kebutuhan tebal perkerasan meningkat sebesar 1,1% (0,34 cm) pada metode Bina Marga (1987), pada metode *NAASRA* (2004) sebesar 1,05% (0,33 cm) sedangkan pada metode *AASHTO* (1993) sebesar 1,16% (0,36 cm). Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kenaikan persentase muatan berlebih 10% sudah dapat mempengaruhi keadaan jalan.

6.2 Saran

Merujuk pada hasil penelitian pengaruh muatan berlebih terhadap umur rencana jalan, maka penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Masa evaluasi jalan dipercepat jika terjadi beban *overload* pada jalan tersebut.
2. Pengawasan pada jembatan timbang Wanareja diperketat agar tidak terjadi pelanggaran muatan berlebih.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 1993. *Guide For Design of Pavement Structures*. Washington DC.
- Afrizal, E. 2014. Analisa Pengaruh Muatan Berlebih Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan. *Artikel*. Universitas Bung Hatta. Padang.
- Austroroads. 1992. *A Guide to The Visual Assesment of Pavement Condition*. Austrarlia.
- Departemen Perhubungan. 2008. *Panduan Batasan Maksimum Perhitungan JBI (Jumlah Berat yang diizinkan) dan JBKI (Jumlah Berat Kombinasi yang diizinkan) Untuk Mobil Barang, Kendaraan Khusus, Kereta Penarik berikut Kereta Tempelan/Gandengan*. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2007. *Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan*.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. *Survai Pencacahan Lalu Lintas dengan Cara Manual*.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur*.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*.
- Direktorat Bina Marga. 1987. *Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan raya dengan Metode Analisa Komponen*.
- FHWA. 2006. *Geotechnical Aspect of Pavement*. Washington DC.
- Firdaus. 1999. Analisis Dampak Negatif Beban Berlebih (Overload) terhadap Perkerasan Jalan. *Prosiding Konferensi Regional Teknik Jalan Ke-6 Wilayah Barat*. Pekanbaru.
- Fitriana, R. 2014. Studi Komparasi Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Jalan Tol Menggunakan Metode Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993 (Studi Kasus Jalan Tol Solo-Kertosono). *Jurnal Teknik Sipil*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Fwa dan Wei. 2006. *Design of Rigid Pavement, Hand Book of Highway Engineering, 2nd Ed*. London.

- Hardiyatmo, H.C. 2011. *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. UGM Press. Yogyakarta.
- Koestalam, P. dan Sutoyo. 2010. *Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Jenis Lentur dan Jenis Kaku (sesuai AASHTO, 1986 & 1993)*. Penerbit PT. Mediatama Saptakarya. Jakarta.
- Lutfah, I.U. 2015. Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan Berat Angkutan Barang terhadap Penurunan Umur Rencana dan Kerugian Biaya Penanganan Jalan (Studi Kasus : Ruas Jalan Lamongan-Gresik). *Tugas Akhir*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Lutfah, I.U. dan Mulyono, A.T. 2015. Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan Berat Angkutan Barang Terhadap Umur Rencana dan Biaya Kerugian Penanganan Jalan. *Proceeding of The 18th FSTPT International Symposium*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Mulyono, A.T. 2011. Kepatuhan Penerapan Standar Mutu Untuk Mewujudkan Minded Penyelenggara Jalan Daerah. *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada*. Yogyakarta.
- NAASRA. 2004. *A Guide to The Visual Assesment of Pavement Condition*. Austrarlia.
- Nasir. 1988. *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Parikesit, D., Mulyono, A.T., Antameng, M., dan Rahim, M. 2010. Analysis of Loss Cost of Road Pavement Distress due to Overloading Freight Transportation. *Juornal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol 8*.
- Sentosa, L. dan Meutia. 2012. Evaluasi Struktur Jalan Menggunakan Data Berat Beban Kendaraan Dari Jembatan Timbang (Studi Kasus pada Ruas Jalan Siberida-Batas Jambi km 255+150 s/d km 256+150). *Jurnal Teknik Sipil*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Sentosa, L. dan Roza, A.A. 2012. Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan pada Struktur Rigid Pavement Terhadap Umur Rencana Perkerasan (Studi Kasus Ruas Jalan Simp Lago – Sorek Km 77 S/D 78). *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Teknik Rekayasa Teknik Sipil*. Universitas Riau. Pekanbaru.

- Situmorang, R.A., Wartadinata, P.W., Setiadji, B.H., dan Supriyono. 2012. Analisis Kinerja Jalan dan Perkerasaan Lentur Akibat Pengaruh Muatan Lebih (Overloading). *Jurnal Teknik Sipil*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Suryawan, A. 2009. *Perkerasaan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. CV Alfabeta. Bandung.
- Sukirman, S. 2003. *BAB II Perkerasaan Jalan Raya*, Penerbit NOVA, Bandung.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasaan Jalan Raya*, Penerbit NOVA, Bandung.
- Wartadinata P.W., dan Situmorang R.A. 2012. Analisis Kinerja Jalan dan Perkerasaan Lentur Akibat Pengaruh Muatan Berlebih (*Overloading*). *Jurnal Teknik Sipil*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Zahra. 2011. Perkerasaan Jalan. *Artikel*. Universitas Gunadarma. Depok.

LAMPIRAN

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
1	2	8360	WANAREJA
2	2	14600	WANAREJA
3	4	3560	WANAREJA
4	2	8760	WANAREJA
5	3	8620	WANAREJA
6	2	8480	WANAREJA
7	2	3280	WANAREJA
8	3	9820	WANAREJA
9	2	7380	WANAREJA
10	1	1800	WANAREJA
11	2	5360	WANAREJA
12	4	5600	WANAREJA
13	1	2900	WANAREJA
14	3	7200	WANAREJA
15	2	4780	WANAREJA
16	2	4060	WANAREJA
17	3	5080	WANAREJA
18	2	5560	WANAREJA
19	2	15440	WANAREJA
20	2	6680	WANAREJA
21	2	14680	WANAREJA
22	2	8440	WANAREJA
23	3	5520	WANAREJA
24	2	12740	WANAREJA
25	3	24680	WANAREJA
26	3	25440	WANAREJA
27	3	8700	WANAREJA
28	2	11360	WANAREJA
29	3	3840	WANAREJA
30	2	10960	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
31	3	4340	WANAREJA
32	2	14020	WANAREJA
33	3	8920	WANAREJA
34	2	6890	WANAREJA
35	3	7440	WANAREJA
36	2	15820	WANAREJA
37	3	8940	WANAREJA
38	3	9060	WANAREJA
39	2	5740	WANAREJA
40	2	3260	WANAREJA
41	2	2640	WANAREJA
42	3	10000	WANAREJA
43	1	2420	WANAREJA
44	2	9300	WANAREJA
45	3	49600	WANAREJA
46	3	6280	WANAREJA
47	2	10160	WANAREJA
48	3	16660	WANAREJA
49	2	10180	WANAREJA
50	3	15900	WANAREJA
51	3	16960	WANAREJA
52	2	8100	WANAREJA
53	1	2980	WANAREJA
54	2	11480	WANAREJA
55	3	4500	WANAREJA
56	3	9160	WANAREJA
57	3	9340	WANAREJA
58	3	6700	WANAREJA
59	1	2460	WANAREJA
60	2	4200	WANAREJA
61	3	7380	WANAREJA
62	2	7340	WANAREJA
63	2	23900	WANAREJA
64	3	41580	WANAREJA
65	2	6380	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
66	3	6580	WANAREJA
67	3	23240	WANAREJA
68	2	7920	WANAREJA
69	2	7660	WANAREJA
70	2	3920	WANAREJA
71	1	1580	WANAREJA
72	3	12140	WANAREJA
73	3	8800	WANAREJA
74	3	6780	WANAREJA
75	3	8220	WANAREJA
76	3	4980	WANAREJA
77	2	5600	WANAREJA
78	4	5040	WANAREJA
79	3	4780	WANAREJA
80	3	6600	WANAREJA
81	2	4760	WANAREJA
82	3	5440	WANAREJA
83	3	4510	WANAREJA
84	3	5080	WANAREJA
85	5	21660	WANAREJA
86	3	4460	WANAREJA
87	3	8200	WANAREJA
88	2	4280	WANAREJA
89	2	5200	WANAREJA
90	4	27960	WANAREJA
91	3	1960	WANAREJA
92	1	2280	WANAREJA
93	3	7660	WANAREJA
94	3	5126	WANAREJA
95	3	10500	WANAREJA
96	3	4520	WANAREJA
97	2	7220	WANAREJA
98	2	7100	WANAREJA
99	2	7020	WANAREJA
100	3	2140	WANAREJA
101	2	5860	WANAREJA
102	2	4300	WANAREJA
103	3	2500	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
104	2	15380	WANAREJA
105	3	11260	WANAREJA
106	2	7160	WANAREJA
107	2	4120	WANAREJA
108	3	32840	WANAREJA
109	3	13180	WANAREJA
110	2	12700	WANAREJA
111	3	7740	WANAREJA
112	2	6000	WANAREJA
113	3	10420	WANAREJA
114	3	4860	WANAREJA
115	2	4640	WANAREJA
116	3	2160	WANAREJA
117	3	7500	WANAREJA
118	3	1340	WANAREJA
119	2	5120	WANAREJA
120	4	2080	WANAREJA
121	1	1800	WANAREJA
122	3	5560	WANAREJA
123	2	7080	WANAREJA
124	4	8360	WANAREJA
125	2	9680	WANAREJA
126	2	4240	WANAREJA
127	2	3480	WANAREJA
128	2	10720	WANAREJA
129	2	7900	WANAREJA
130	2	11740	WANAREJA
131	3	12320	WANAREJA
132	2	6660	WANAREJA
133	3	5300	WANAREJA
134	3	8200	WANAREJA
135	1	1760	WANAREJA
136	3	10320	WANAREJA
137	2	4980	WANAREJA
138	2	17880	WANAREJA
139	2	12920	WANAREJA
140	4	1020	WANAREJA
141	2	6340	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
142	3	12300	WANAREJA
143	2	14440	WANAREJA
144	2	6600	WANAREJA
145	2	5340	WANAREJA
146	1	1480	WANAREJA
147	2	4880	WANAREJA
148	3	4480	WANAREJA
149	2	4500	WANAREJA
150	3	16940	WANAREJA
151	2	4400	WANAREJA
152	3	6080	WANAREJA
153	2	14160	WANAREJA
154	3	3980	WANAREJA
155	2	8320	WANAREJA
156	4	5940	WANAREJA
157	2	9140	WANAREJA
158	3	11240	WANAREJA
159	4	11500	WANAREJA
160	1	2680	WANAREJA
161	4	3320	WANAREJA
162	1	2260	WANAREJA
163	4	8360	WANAREJA
164	4	7800	WANAREJA
165	2	4760	WANAREJA
166	4	5200	WANAREJA
167	3	8200	WANAREJA
168	1	3166	WANAREJA
169	2	13700	WANAREJA
170	4	1340	WANAREJA
171	2	19640	WANAREJA
172	3	9440	WANAREJA
173	2	9560	WANAREJA
174	3	4740	WANAREJA
175	1	1520	WANAREJA
176	2	4460	WANAREJA
177	2	3020	WANAREJA
178	3	4140	WANAREJA
179	1	2060	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
180	3	10720	WANAREJA
181	3	10120	WANAREJA
182	2	4540	WANAREJA
183	3	3880	WANAREJA
184	2	18220	WANAREJA
185	2	1460	WANAREJA
186	1	3080	WANAREJA
187	2	14080	WANAREJA
188	5	48540	WANAREJA
189	2	10460	WANAREJA
190	1	1680	WANAREJA
191	1	1400	WANAREJA
192	3	8880	WANAREJA
193	1	2200	WANAREJA
194	3	42260	WANAREJA
195	3	6860	WANAREJA
196	3	10360	WANAREJA
197	1	1680	WANAREJA
198	2	12520	WANAREJA
199	3	3800	WANAREJA
200	1	3660	WANAREJA
201	2	5340	WANAREJA
202	2	13520	WANAREJA
203	5	47100	WANAREJA
204	2	7040	WANAREJA
205	3	3620	WANAREJA
206	3	3660	WANAREJA
207	2	3460	WANAREJA
208	4	12020	WANAREJA
209	2	14700	WANAREJA
210	3	3680	WANAREJA
211	2	123000	WANAREJA
212	1	1640	WANAREJA
213	3	2840	WANAREJA
214	3	16720	WANAREJA
215	2	9226	WANAREJA
216	2	8200	WANAREJA
217	2	4140	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
218	2	7500	WANAREJA
219	3	13200	WANAREJA
220	2	4320	WANAREJA
221	3	10740	WANAREJA
222	2	14920	WANAREJA
223	2	4960	WANAREJA
224	3	7240	WANAREJA
225	1	2700	WANAREJA
226	1	3320	WANAREJA
227	3	11080	WANAREJA
228	3	9240	WANAREJA
229	4	12020	WANAREJA
230	2	31540	WANAREJA
231	2	3120	WANAREJA
232	1	1800	WANAREJA
233	2	5040	WANAREJA
234	3	5600	WANAREJA
235	2	7400	WANAREJA
236	3	3920	WANAREJA
237	3	7380	WANAREJA
238	2	5600	WANAREJA
239	3	13600	WANAREJA
240	2	4920	WANAREJA
241	4	11320	WANAREJA
242	2	1402	WANAREJA
243	1	1580	WANAREJA
244	3	5720	WANAREJA
245	3	12340	WANAREJA
246	2	14460	WANAREJA
247	1	1560	WANAREJA
248	3	13080	WANAREJA
249	2	13480	WANAREJA
250	2	1540	WANAREJA
251	2	10260	WANAREJA
252	3	13820	WANAREJA
253	3	3160	WANAREJA
254	1	3120	WANAREJA
255	3	11560	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
256	2	4600	WANAREJA
257	2	14261	WANAREJA
258	2	3500	WANAREJA
259	3	12140	WANAREJA
260	1	1820	WANAREJA
261	3	3860	WANAREJA
262	2	5380	WANAREJA
263	2	7480	WANAREJA
264	1	2500	WANAREJA
265	2	3980	WANAREJA
266	2	22940	WANAREJA
267	2	7600	WANAREJA
268	4	10840	WANAREJA
269	3	9040	WANAREJA
270	4	9460	WANAREJA
271	3	6820	WANAREJA
272	2	4520	WANAREJA
273	3	12120	WANAREJA
274	3	5640	WANAREJA
275	3	7760	WANAREJA
276	3	6600	WANAREJA
277	1	2060	WANAREJA
278	3	12520	WANAREJA
279	1	1520	WANAREJA
280	2	3180	WANAREJA
281	2	15080	WANAREJA
282	3	14960	WANAREJA
283	1	3080	WANAREJA
284	2	2600	WANAREJA
285	3	8580	WANAREJA
286	2	16520	WANAREJA
287	3	5320	WANAREJA
288	1	1500	WANAREJA
289	1	2260	WANAREJA
290	3	9820	WANAREJA
291	4	16840	WANAREJA
292	2	5280	WANAREJA
293	3	18920	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
294	1	1440	WANAREJA
295	1	3740	WANAREJA
296	2	15220	WANAREJA
297	2	10000	WANAREJA
298	2	9060	WANAREJA
299	1	2480	WANAREJA
300	2	7000	WANAREJA
301	2	22240	WANAREJA
302	1	1800	WANAREJA
303	2	9560	WANAREJA
304	3	5200	WANAREJA
305	2	8560	WANAREJA
306	1	1680	WANAREJA
307	3	14300	WANAREJA
308	2	4100	WANAREJA
309	3	6360	WANAREJA
310	3	13300	WANAREJA
311	3	5280	WANAREJA
312	1	2140	WANAREJA
313	3	13300	WANAREJA
314	2	3200	WANAREJA
315	3	8300	WANAREJA
316	4	9060	WANAREJA
317	3	13340	WANAREJA
318	3	12140	WANAREJA
319	2	3260	WANAREJA
320	2	9206	WANAREJA
321	3	14940	WANAREJA
322	2	4760	WANAREJA
323		6980	WANAREJA
324	2	11880	WANAREJA
325	2	4580	WANAREJA
326	2	13180	WANAREJA
327	2	16220	WANAREJA
328	2	16720	WANAREJA
329	2	8960	WANAREJA
330	1	2400	WANAREJA
331	1	2140	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
332	2	14980	WANAREJA
333	2	12000	WANAREJA
334	2	15060	WANAREJA
335	2	2080	WANAREJA
336	3	3280	WANAREJA
337	2	7100	WANAREJA
338	2	16940	WANAREJA
339	2	4860	WANAREJA
340	3	11080	WANAREJA
341	2	24840	WANAREJA
342	3	2700	WANAREJA
343	2	10280	WANAREJA
344	2	5420	WANAREJA
345	3	7200	WANAREJA
346	3	13360	WANAREJA
347	3	11700	WANAREJA
348	2	2980	WANAREJA
349	4	42066	WANAREJA
350	1	3460	WANAREJA
351	2	7000	WANAREJA
352	2	5380	WANAREJA
353	1	1620	WANAREJA
354	3	12800	WANAREJA
355	3	12000	WANAREJA
356	2	1760	WANAREJA
357	3	15580	WANAREJA
358	2	3580	WANAREJA
359	1	1540	WANAREJA
360	1	1380	WANAREJA
361	3	12620	WANAREJA
362	2	5520	WANAREJA
363	3	31560	WANAREJA
364	3	17580	WANAREJA
365	2	7660	WANAREJA
366	2	13620	WANAREJA
367	3	5020	WANAREJA
368	3	11160	WANAREJA
369	1	1980	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
370	1	2100	WANAREJA
371	3	32440	WANAREJA
372	2	3840	WANAREJA
373	1	1600	WANAREJA
374	1	1460	WANAREJA
375	2	8400	WANAREJA
376	3	10740	WANAREJA
377	3	42280	WANAREJA
378	2	4360	WANAREJA
379	1	1460	WANAREJA
380	1	2220	WANAREJA
381	3	10280	WANAREJA
382	3	41780	WANAREJA
383	2	7920	WANAREJA
384	2	10820	WANAREJA
385	2	14300	WANAREJA
386	4	27500	WANAREJA
387	3	3980	WANAREJA
388	2	12500	WANAREJA
389	1	1940	WANAREJA
390	4	11260	WANAREJA
391	3	13680	WANAREJA
392	3	10860	WANAREJA
393	2	3700	WANAREJA
394	1	3740	WANAREJA
395	3	11180	WANAREJA
396	2	3160	WANAREJA
397	2	6900	WANAREJA
398	3	13000	WANAREJA
399	2	25340	WANAREJA
400	2	2920	WANAREJA
401	1	1900	WANAREJA
402	3	4540	WANAREJA
403	3	18380	WANAREJA
404	3	6020	WANAREJA
405	1	3440	WANAREJA
406	2	13260	WANAREJA
407	3	3380	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
408	2	10900	WANAREJA
409	3	3460	WANAREJA
410	2	12520	WANAREJA
411	2	10280	WANAREJA
412	3	3620	WANAREJA
413	3	6980	WANAREJA
414	1	1900	WANAREJA
415	3	13220	WANAREJA
416	2	4620	WANAREJA
417	2	8100	WANAREJA
418	2	6960	WANAREJA
419	3	13560	WANAREJA
420	2	12340	WANAREJA
421	3	7080	WANAREJA
422	3	14240	WANAREJA
423	2	14040	WANAREJA
424	2	12440	WANAREJA
425	1	1420	WANAREJA
426	3	6400	WANAREJA
427	1	3520	WANAREJA
428	2	5600	WANAREJA
429	3	2360	WANAREJA
430	1	3360	WANAREJA
431	2	11240	WANAREJA
432	2	7140	WANAREJA
433	3	5260	WANAREJA
434	2	12760	WANAREJA
435	3	7980	WANAREJA
436	2	17180	WANAREJA
437	1	13360	WANAREJA
438	1	2960	WANAREJA
439	2	9040	WANAREJA
440	1	1780	WANAREJA
441	1	1580	WANAREJA
442	2	12860	WANAREJA
443	1	1540	WANAREJA
444	3	2980	WANAREJA
445	1	2440	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
446	2	4280	WANAREJA
447	3	16906	WANAREJA
448	2	5380	WANAREJA
449	1	1340	WANAREJA
450	2	10700	WANAREJA
451	3	15720	WANAREJA
452	1	1340	WANAREJA
453	2	13120	WANAREJA
454	2	5440	WANAREJA
455	3	13560	WANAREJA
456	1	13360	WANAREJA
457	2	3780	WANAREJA
458	1	1560	WANAREJA
459	2	8480	WANAREJA
460	3	5280	WANAREJA
461	1	1460	WANAREJA
462	2	4480	WANAREJA
463	2	1260	WANAREJA
464	3	3760	WANAREJA
465	2	7400	WANAREJA
466	1	1440	WANAREJA
467	1	2000	WANAREJA
468	3	45800	WANAREJA
469	3	4500	WANAREJA
470	1	4400	WANAREJA
471	1	3360	WANAREJA
472	3	8680	WANAREJA
473	1	4620	WANAREJA
474	1	16380	WANAREJA
475	2	13470	WANAREJA
476	3	47880	WANAREJA
477	3	13800	WANAREJA
478	1	2860	WANAREJA
479	4	7360	WANAREJA
480	1	22240	WANAREJA
481	4	5560	WANAREJA
482	2	10620	WANAREJA
483	2	1940	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
484	2	3960	WANAREJA
485	2	13980	WANAREJA
486	1	3500	WANAREJA
487	2	12100	WANAREJA
488	2	4200	WANAREJA
489	2	6260	WANAREJA
490	1	1660	WANAREJA
491	3	3940	WANAREJA
492	3	28860	WANAREJA
493	1	1100	WANAREJA
494	3	7800	WANAREJA
495	4	11800	WANAREJA
496	3	9360	WANAREJA
497	2	14020	WANAREJA
498	2	14780	WANAREJA
499	3	15490	WANAREJA
500	3	30920	WANAREJA
501	3	12900	WANAREJA
502	1	2400	WANAREJA
503	1	2100	WANAREJA
504	3	4040	WANAREJA
505	3	14420	WANAREJA
506	3	13300	WANAREJA
507	3	8720	WANAREJA
508	3	6100	WANAREJA
509	1	2640	WANAREJA
510	3	15720	WANAREJA
511	3	12440	WANAREJA
512	3	13760	WANAREJA
513	3	4780	WANAREJA
514	3	12280	WANAREJA
515	3	14200	WANAREJA
516	3	4800	WANAREJA
517	1	2820	WANAREJA
518	3	5320	WANAREJA
519	3	3780	WANAREJA
520	3	4020	WANAREJA
521	3	9420	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
522	1	2460	WANAREJA
523	3	8240	WANAREJA
524	3	11360	WANAREJA
525	3	5780	WANAREJA
526	3	16840	WANAREJA
527	3	14840	WANAREJA
528	3	9440	WANAREJA
529	3	4620	WANAREJA
530	3	11240	WANAREJA
531	3	8000	WANAREJA
532	1	2100	WANAREJA
533	3	2320	WANAREJA
534	1	3420	WANAREJA
535	3	5780	WANAREJA
536	3	7280	WANAREJA
537	3	10600	WANAREJA
538	3	11080	WANAREJA
539	3	4840	WANAREJA
540	4	11240	WANAREJA
541	3	15780	WANAREJA
542	1	3500	WANAREJA
543	3	16380	WANAREJA
544	3	7080	WANAREJA
545	3	17720	WANAREJA
546	3	8900	WANAREJA
547	3	12400	WANAREJA
548	3	3200	WANAREJA
549	3	6220	WANAREJA
550	3	11900	WANAREJA
551	4	16480	WANAREJA
552	3	13940	WANAREJA
553	1	2100	WANAREJA
554	3	2180	WANAREJA
555	3	8240	WANAREJA
556	3	12500	WANAREJA
557	3	9000	WANAREJA
558	2	10960	WANAREJA
559	3	8300	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
560	3	8660	WANAREJA
561	3	16440	WANAREJA
562	3	14200	WANAREJA
563	3	13680	WANAREJA
564	3	12560	WANAREJA
565	3	13020	WANAREJA
566	3	4620	WANAREJA
567	3	13800	WANAREJA
568	3	11520	WANAREJA
569	3	10920	WANAREJA
570	1	1500	WANAREJA
571	3	9740	WANAREJA
572	3	6360	WANAREJA
573	3	10350	WANAREJA
574	3	1700	WANAREJA
575	4	39240	WANAREJA
576	3	9280	WANAREJA
577	3	8060	WANAREJA
578	3	9340	WANAREJA
579	2	2260	WANAREJA
580	4	27380	WANAREJA
581	5	36840	WANAREJA
582	3	6760	WANAREJA
583	3	5660	WANAREJA
584	3	4980	WANAREJA
585	3	14600	WANAREJA
586	3	11980	WANAREJA
587	3	16320	WANAREJA
588	3	5640	WANAREJA
589	5	37100	WANAREJA
590	4	28600	WANAREJA
591	2	6160	WANAREJA
592	4	35460	WANAREJA
593	3	7960	WANAREJA
594	3	6980	WANAREJA
595	3	15420	WANAREJA
596	3	16380	WANAREJA
597	3	16040	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
598	3	6000	WANAREJA
599	3	8880	WANAREJA
600	4	13400	WANAREJA
601	3	16260	WANAREJA
602	4	12540	WANAREJA
603	3	15880	WANAREJA
604	4	25500	WANAREJA
605	3	9100	WANAREJA
606	3	5260	WANAREJA
607	3	6540	WANAREJA
608	3	6180	WANAREJA
609	3	14920	WANAREJA
610	3	3080	WANAREJA
611	3	8660	WANAREJA
612	3	8480	WANAREJA
613	1	2760	WANAREJA
614	3	5660	WANAREJA
615	1	3140	WANAREJA
616	3	6000	WANAREJA
617	3	3920	WANAREJA
618	3	5160	WANAREJA
619	1	2140	WANAREJA
620	2	428	WANAREJA
621	3	4980	WANAREJA
622	3	8380	WANAREJA
623	3	14720	WANAREJA
624	3	14700	WANAREJA
625	4	17920	WANAREJA
626	1	3680	WANAREJA
627	3	4540	WANAREJA
628	3	4920	WANAREJA
629	3	7480	WANAREJA
630	3	5420	WANAREJA
631	4	7660	WANAREJA
632	3	7360	WANAREJA
633	1	1440	WANAREJA
634	4	17780	WANAREJA
635	4	11940	WANAREJA

**Lampiran 1. Data Berat Kendaraan Hasil Penimbangan Jembatan Timbang
Wanareja 12 Oktober 2017**

NO	Gol Kendaraan	Hasil Penimbangan (Kg)	Nama UPPKB
636	3	14100	WANAREJA
637	3	4880	WANAREJA
638	3	13520	WANAREJA
639	5	43840	WANAREJA
640	3	6860	WANAREJA
641	3	4060	WANAREJA
642	3	15140	WANAREJA
643	3	15780	WANAREJA
644	3	10220	WANAREJA
645	3	9060	WANAREJA
646	3	14820	WANAREJA
647	3	15320	WANAREJA

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Persentase Muatan Berlebih golongan 3

No	JB	Hasil Penimbangan	Persentase Muatan Berlebih (%)
1	2100	2400	14.29
2	2100	2260	7.62
3	2060	3420	66.02
4	2050	3500	70.73
5	2060	3520	70.87
6	2310	2960	28.14
7	2010	2440	21.39
8	2540	4400	73.23
9	2540	3360	32.28
10	7499	16380	118.43
11	1750	2860	63.43
12	2540	3500	37.80
13	1930	2220	15.03
14	1720	2640	53.49
15	2050	2100	2.44
16	2050	2460	20.00
17	1760	2100	19.32
18	1890	3740	97.88
19	2500	2820	12.80
20	2540	3140	23.62
21	1760	2140	21.59
22	2530	3680	45.45
23	2040	3080	50.98
24	2540	3320	30.71
25	2540	3120	22.83
26	1760	2500	42.05
27	1930	2060	6.74
28	1760	3080	75.00
29	1750	2260	29.14
30	2480	3740	50.81
31	1670	2140	28.14

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Persentase Muatan Berlebih golongan 3

32	1750	2140	22.29
33	2540	3460	36.22
34	1760	2900	64.77
35	2480	2980	20.16
36	1920	1980	3.13
37	1720	1900	10.47
38	1970	2680	36.04
39	1660	1760	6.02
40	1940	3166	63.20
Persentase rata-rata			38

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Persentase Muatan Berlebih golongan 4

No	JB1	Hasil Penimbangan	Persentase Muatan Berlebih (%)
1	7500	10280	37.07
2	7500	12520	66.93
3	7500	12340	64.53
4	7500	8800	17.33
5	7500	10700	42.67
6	4,480	5520	23.21
7	7900	8700	10.13
8	7800	13620	74.62
9	7100	14300	101.41
10	11710	25340	116.40
11	7500	13260	76.80
12	7350	10900	48.30
13	4720	6960	47.46
14	8252	14040	70.14
15	7390	12440	68.34
16	4860	5600	15.23
17	7370	11240	52.51
18	4000	7140	78.50
19	12080	17180	42.22
20	7440	12860	72.85
21	7150	10620	48.53
22	7480	13980	86.90
23	4130	6260	51.57
24	7500	14020	86.93
25	7100	14780	108.17

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Persentase Muatan Berlebih golongan 4

No	JB1	Hasil Penimbangan	Persentase Muatan Berlebih (%)
26	7450	10960	47.11
27	4780	6160	28.87
28	4100	4280	4.39
29	7450	9560	28.32
30	7500	12520	66.93
31	4780	5340	11.72
32	7470	13520	80.99
33	7500	14700	96.00
34	7015	12300	75.34
35	7960	9226	15.90
36	7630	8200	7.47
37	7500	14920	98.93
38	4230	5040	19.15
39	5150	7400	43.69
40	4400	4920	11.82
41	7500	9140	21.87
42	7500	14460	92.80
43	8000	13480	68.50
44	7500	10260	36.80
45	7500	14261	90.15
46	7000	7480	6.86
47	12641	22940	81.47
48	7415	7570	2.09
49	4145	4520	9.05
50	7500	15080	101.07
51	2530	2600	2.77
52	7500	16520	120.27
53	7500	15220	102.93
54	7500	10000	33.33
55	8000	9060	13.25
56	4380	7000	59.82
57	20300	22240	9.56
58	2540	3200	25.98
59	4080	9206	125.64
60	7500	11880	58.40
61	7500	13180	75.73
62	7730	16220	109.83
63	7500	8960	19.47

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Persentase Muatan Berlebih golongan 4

No	JB	Hasil Penimbangan	Persentase Muatan Berlebih (%)
64	7500	14980	99.73
65	7500	12000	60.00
66	7500	15060	100.80
67	7500	16940	125.87
68	7480	7860	5.08
69	4170	7000	67.87
70	7000	8360	19.43
71	13280	14600	9.94
72	7500	8480	13.07
73	7000	15440	120.57
74	7420	14680	97.84
75	7980	8440	5.76
76	7480	12740	70.32
77	7500	11360	51.47
78	8250	10960	32.85
79	7480	14020	87.43
80	7450	15820	112.35
81	7500	10160	35.47
82	7500	10180	35.73
83	7280	8100	11.26
84	7000	11480	64.00
85	7500	7920	5.60
86	7500	15380	105.07
87	7150	12700	77.62
88	7480	9680	29.41
89	4995	10720	114.61
90	7230	7900	9.27
91	7370	11740	59.29
92	12080	17880	48.01
93	7400	12920	74.59
94	8000	14440	80.50
95	4350	6600	51.72
96	7340	14160	92.92
97	7480	8320	11.23
98	4100	4760	16.10
99	7450	13700	83.89
100	11790	19640	66.58
Persentase muatan berlebih rata-rata			55.66

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Persentase Muatan Berlebih golongan 6

No	JB1	Hasil Penimbangan	Persentase Muatan Berlebih (%)
1	8000	13760	72.00
2	8250	16840	104.12
3	8250	14920	80.85
4	8750	14600	66.86
5	8130	9280	14.15
6	7500	15580	107.73
7	7370	12620	71.23
8	24000	31560	31.50
9	20050	27580	37.56
10	7150	11160	56.08
11	20250	32440	60.20
12	25230	42280	67.58
13	7500	10280	37.07
14	23040	41780	81.34
15	7500	13680	82.40
16	7410	10860	46.56
17	7500	11180	49.07
18	7500	13220	76.27
19	7500	13560	80.80
20	7500	14240	89.87
21	1760	2360	34.09
22	7500	7980	6.40
23	7450	16906	126.93
24	7500	15720	109.60
25	7500	13560	80.80
26	15000	45800	205.33
27	4280	4500	5.14
28	7450	8680	16.51
29	24540	47880	95.11
30	7650	13800	80.39
31	20280	28860	42.31
32	7300	7800	6.85
33	7400	9360	26.49
34	7500	15490	106.53
35	21000	30920	47.24
36	7680	12900	67.97
37	7680	14420	87.76

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Persentase Muatan Berlebih golongan 6

No	JB	Hasil Penimbangan	Persentase Muatan Berlebih (%)
38	7500	13300	77.33
39	7000	8720	24.57
40	7500	15720	109.60
41	7450	12440	66.98
42	7500	12280	63.73
43	7500	14200	89.33
44	4050	4800	18.52
45	6980	9420	34.96
46	7500	8240	9.87
47	7500	11360	51.47
48	7100	14840	109.01
49	7200	9440	31.11
50	7500	11240	49.87
51	7450	8000	7.38
52	4770	7280	52.62
53	5115	10600	107.23
54	7498	11080	47.77
55	4218	4840	14.75
56	7500	15780	110.40
57	7340	16380	123.16
58	7500	17720	136.27
59	7460	12400	66.22
60	4330	6220	43.65
61	7500	11900	58.67
62	7500	13940	85.87
63	7480	7880	5.35
64	7480	12500	67.11
65	7500	9000	20.00
66	7500	8300	10.67
67	7400	8660	17.03
68	7500	16440	119.20
69	7270	14200	95.32
70	7370	13680	85.62
71	7600	12560	65.26
72	7500	13020	73.60
73	7500	13800	84.00
74	7450	11520	54.63
75	7260	10920	50.41

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Persentase Muatan Berlebih golongan 6

No	JB1	Hasil Penimbangan	Persentase Muatan Berlebih (%)
76	7330	8060	9.96
77	7455	9340	25.29
78	7500	16320	117.60
79	7500	15420	105.60
80	7500	16380	118.40
81	7840	8880	13.27
82	7500	16260	116.80
83	7500	15880	111.73
84	7130	9100	27.63
85	5086	6180	21.51
86	7350	8660	17.82
87	7500	8480	13.07
88	7210	8380	16.23
89	7470	14720	97.05
90	7380	14700	99.19
91	7890	14100	78.71
92	7500	15780	110.40
93	7350	10220	39.05
94	7500	9060	20.80
95	7410	14820	100.00
96	7480	15320	104.81
97	4490	4740	5.57
98	7450	10720	43.89
99	7806	10120	29.64
100	7500	8880	18.40
101	24000	42260	76.08
102	6425	6860	6.77
103	7180	10360	44.29
104	7500	16720	122.93
105	7500	13200	76.00
106	7500	10740	43.20
107	7500	9240	23.20
108	4220	7380	74.88
109	7480	13600	81.82
110	4050	5720	41.23
111	11710	12340	5.38
112	7350	13080	77.96
113	7500	13820	84.27

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Persentase Muatan Berlebih golongan 6

No	JB	Hasil Penimbangan	Persentase Muatan Berlebih (%)
114	7500	11560	54.13
115	7500	12140	61.87
116	6910	9040	30.82
117	7500	12120	61.60
118	7450	12520	68.05
119	7100	14960	110.70
120	7470	9820	31.46
121	7500	14300	90.67
122	7500	13300	77.33
123	7480	13300	77.81
124	7890	8300	5.20
125	7500	13340	77.87
126	7500	12140	61.87
127	7500	14940	99.20
128	7500	11080	47.73
129	7460	7650	2.55
130	7500	13360	78.13
131	7500	11700	56.00
132	7390	8620	16.64
133	7450	9820	31.81
134	7350	8700	18.37
135	7370	8920	21.03
136	8000	8940	11.75
137	7500	9060	20.80
138	7500	10000	33.33
139	24200	49600	104.96
140	7500	16660	122.13
141	7480	15900	112.57
142	7500	16960	126.13
143	7500	9160	22.13
144	4180	9340	123.44
145	25390	41580	63.77
146	11700	23240	98.63
147	7480	12140	62.30
148	7250	8800	21.38
149	7500	8220	9.60
150	7140	10500	47.06
151	1950	2500	28.21
152	7420	11260	51.75

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Persentase Muatan Berlebih golongan 6

No	JB	Hasil Penimbangan	Persentase Muatan Berlebih (%)
153	20050	32840	63.79
154	7500	10420	38.93
155	7500	12320	64.27
156	7400	12300	66.22
157	7500	16940	125.87
158	7500	11240	49.87
159	6950	8200	17.99
Persentase muatan berlebih rata-rata			60.91

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Persentase Muatan Berlebih golongan 7a

No	JB	Hasil Penimbangan	Persentase Muatan Berlebih (%)
1	21000	27380	30.38
2	20680	28600	38.30
3	20950	25500	21.72
4	21000	27960	33.14
5	25390	39240	54.55
6	11980	16480	37.56
7	11700	35460	203.08
8	10000	13400	34.00
9	11600	12540	8.10
10	13300	16840	26.62
11	1760	2080	18.18
12	7880	8360	6.09
13	7120	11500	61.52
14	1970	3320	68.53
15	5020	8360	66.53
Persentase muatan berlebih rata-rata			47.22

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Persentase Muatan Berlebih golongan 7b

No	JB	Hasil Penimbangan	Persentase Muatan Berlebih (%)
1	24530	36840	50.18
2	24980	37100	48.52
3	23500	43840	86.55
4	23180	48540	109.40
5	20590	21660	5.20
Persentase muatan berlebih rata-rata			59.97

Lampiran 3. Faktor Ekivalen Beban Gandar untuk Perkerasan Kaku AASHTO 1993

Table D.13. Axle Load Equivalency Factors for Rigid Pavements, Single Axles and p_t of 2.5

Axle Load (kips)	Slab Thickness, D (inches)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002
4	003	002	002	002	002	002	002	002	002
6	012	011	010	010	010	010	010	010	010
8	039	035	033	032	032	032	032	032	032
10	097	089	084	082	081	080	080	080	080
12	203	189	181	176	175	174	174	173	173
14	376	360	347	341	338	337	336	336	336
16	634	623	610	604	601	599	599	599	598
18	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00
20	1 51	1 52	1 55	1 57	1 58	1 58	1 59	1 59	1 59
22	2 21	2 20	2 28	2 34	2 38	2 40	2 41	2 41	2 41
24	3 16	3 10	3 22	3 36	3 45	3 50	3 53	3 54	3 55
26	4 41	4 26	4 42	4 67	4 85	4 95	5 01	5 04	5 05
28	6 05	5 76	5 92	6 29	6 61	6 81	6 92	6 98	7 01
30	8 16	7 67	7 79	8 28	8 79	9 14	9 35	9 46	9 52
32	10 8	10 1	10 1	10 7	11 4	12 0	12 3	12 6	12 7
34	14 1	13 0	12 9	13 6	14 6	15 4	16 0	16 4	16 5
36	18 2	16 7	16 4	17 1	18 3	19 5	20 4	21 0	21 3
38	23 1	21 1	20 6	21 3	22 7	24 3	25 6	26 4	27 0
40	29 1	26 5	25 7	26 3	27 9	29 9	31 6	32 9	33 7
42	36 2	32 9	31 7	32 2	34 0	36 3	38 7	40 4	41 6
44	44 6	40 4	38 8	39 2	41 0	43 8	46 7	49 1	50 8
46	54 5	49 3	47 1	47 3	49 2	52 3	55 9	59 0	61 4
48	66 1	59 7	56 9	56 8	58 7	62 1	66 3	70 3	73 4
50	79 4	71 7	68 2	67 8	69 6	73 3	78 1	83 0	87 1

Lampiran 3. Faktor Ekuivalen Beban Gandar untuk Perkerasan Kaku AASHTO 1993

Table D.14. Axle Load Equivalency Factors for Rigid Pavements, Tandem Axles and p_t of 2.5

Axle Load (kips)	Slab Thickness, D (inches)									
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
2	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001
4	0006	0006	0005	0005	0005	0005	0005	0005	0005	0005
6	002	002	002	002	002	002	002	002	002	002
8	007	006	006	005	005	005	005	005	005	005
10	015	014	013	013	012	012	012	012	012	012
12	031	028	026	026	025	025	025	025	025	025
14	057	052	049	048	047	047	047	047	047	047
16	097	089	084	082	081	081	080	080	080	080
18	155	143	136	133	132	131	131	131	131	131
20	234	220	211	206	204	203	203	203	203	203
22	340	325	313	308	305	304	303	303	303	303
24	475	462	450	444	441	440	439	439	439	439
26	644	637	627	622	620	619	618	618	618	618
28	855	854	852	850	850	850	849	849	849	849
30	1 11	1 12	1 13	1 14	1 14	1 14	1 14	1 14	1 14	1 14
32	1 43	1 44	1 47	1 49	1 50	1 51	1 51	1 51	1 51	1 51
34	1 82	1 82	1 87	1 92	1 95	1 96	1 97	1 97	1 97	1 97
36	2 29	2 27	2 35	2 43	2 48	2 51	2 52	2 52	2 52	2 53
38	2 85	2 80	2 91	3 03	3 12	3 16	3 18	3 20	3 20	3 20
40	3 52	3 42	3 55	3 74	3 87	3 94	3 98	4 00	4 01	4 01
42	4 32	4 16	4 30	4 55	4 74	4 86	4 91	4 95	4 96	4 96
44	5 26	5 01	5 16	5 48	5 75	5 92	6 01	6 06	6 09	6 09
46	6 36	6 01	6 14	6 53	6 90	7 14	7 28	7 36	7 40	7 40
48	7 64	7 16	7 27	7 73	8 21	8 55	8 75	8 86	8 92	8 92
50	9 11	8 50	8 55	9 07	9 68	10 14	10 42	10 58	10 66	10 66
52	10 8	10 0	10 0	10 6	11 3	11 9	12 3	12 5	12 7	12 7
54	12 8	11 8	11 7	12 3	13 2	13 9	14 5	14 8	14 9	14 9
56	15 0	13 8	13 6	14 2	15 2	16 2	16 8	17 3	17 5	17 5
58	17 5	16 0	15 7	16 3	17 5	18 6	19 5	20 1	20 4	20 4
60	20 3	18 5	18 1	18 7	20 0	21 4	22 5	23 2	23 6	23 6
62	23 5	21 4	20 8	21 4	22 8	24 4	25 7	26 7	27 3	27 3
64	27 0	24 6	23 8	24 4	25 8	27 7	29 3	30 5	31 3	31 3
66	31 0	28 1	27 1	27 6	29 2	31 3	33 2	34 7	35 7	35 7
68	35 4	32 1	30 9	31 3	32 9	35 2	37 5	39 3	40 5	40 5
70	40 3	36 5	35 0	35 3	37 0	39 5	42 1	44 3	45 9	45 9
72	45 7	41 4	39 6	39 8	41 5	44 2	47 2	49 8	51 7	51 7
74	51 7	46 7	44 6	44 7	46 4	49 3	52 7	55 7	58 0	58 0
76	58 3	52 6	50 2	50 1	51 8	54 9	58 6	62 1	64 8	64 8
78	65 5	59 1	56 3	56 1	57 7	60 9	65 0	69 0	72 3	72 3
80	73 4	66 2	62 9	62 5	64 2	67 5	71 9	76 4	80 2	80 2
82	82 0	73 9	70 2	69 6	71 2	74 7	79 4	84 4	88 8	88 8
84	91 4	82 4	78 1	77 3	78 9	82 4	87 4	93 0	98 1	98 1
86	102	92	87	86	87	91	96	102	108	108
88	113	102	96	95	96	100	105	112	119	119
90	125	112	106	105	106	110	115	123	130	130

Lampiran 3. Faktor Ekuivalen Beban Gandar untuk Perkerasan Kaku AASHTO 1993

Table D.15. Axle Load Equivalency Factors for Rigid Pavements, Triple Axles and p_i of 2.5

Axle Load (kips)	Slab Thickness, D (inches)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0001	0001	0001	.0001	0001	0001	0001	0001	0001
4	0003	0003	0003	0003	0003	0003	0003	0003	0003
6	001	001	001	001	001	001	001	001	001
8	003	002	002	002	002	002	002	002	002
10	006	005	005	.005	005	005	.005	005	005
12	011	010	010	009	009	009	009	009	009
14	020	018	017	017	016	016	016	016	016
16	033	030	029	028	027	027	027	027	027
18	053	048	045	044	044	043	043	043	043
20	080	073	069	067	066	066	066	066	066
22	116	107	101	099	098	097	097	097	097
24	163	151	144	141	139	139	138	138	138
26	222	209	200	195	194	193	192	192	192
28	295	281	271	265	263	262	262	262	262
30	384	371	359	354	351	350	349	349	349
32	490	480	468	463	460	459	458	458	458
34	616	609	601	596	594	593	592	592	592
36	765	762	759	757	756	755	755	755	755
38	939	941	946	948	950	951	951	951	951
40	1 14	1 15	1 16	1 17	1 18	1 18	1 18	1 18	1 18
42	1 38	1 38	1 41	1 44	1 45	1 46	1 46	1 46	1 46
44	1 65	1 65	1 70	1 74	1 77	1 78	1 78	1 78	1 79
46	1 97	1 96	2 03	2 09	2 13	2 15	2 16	2 16	2 16
48	2 34	2 31	2 40	2 49	2 55	2 58	2 59	2 60	2 60
50	2 76	2 71	2 81	2 94	3 02	3 07	3 09	3 10	3 11
52	3 24	3 15	3 27	3 44	3 56	3 62	3 66	3 68	3 68
54	3 79	3 66	3 79	4 00	4 16	4 26	4 30	4 33	4 34
56	4 41	4 23	4 37	4 63	4 84	4 97	5 03	5 07	5 09
58	5 12	4 87	5 00	5 32	5 59	5 76	5 85	5 90	5 93
60	5 91	5 59	5 71	6 08	6 42	6 64	6 77	6 84	6 87
62	6 80	6 39	6 50	6 91	7 33	7 62	7 79	7 88	7 93
64	7 79	7 29	7 37	7 82	8 33	8 70	8 92	9 04	9 11
66	8 90	8 28	8 33	8 83	9 42	9 88	10 17	10 33	10 42
68	10 1	9 4	9 4	9 9	10 6	11 2	11 5	11 7	11 9
70	11 5	10 6	10 6	11 1	11 9	12 6	13 0	13 3	13 5
72	13 0	12 0	11 8	12 4	13 3	14 1	14 7	15 0	15 2
74	14 6	13 5	13 2	13 8	14 8	15 8	16 5	16 9	17 1
76	16 5	15 1	14 8	15 4	16 5	17 6	18 4	18 9	19 2
78	18 5	16 9	16 5	17 1	18 2	19 5	20 5	21 1	21 5
80	20 6	18 8	18 3	18 9	20 2	21 6	22 7	23 5	24 0
82	23 0	21 0	20 3	20 9	22 2	23 8	25 2	26 1	26 7
84	25 6	23 3	22 5	23 1	24 5	26 2	27 8	28 9	29 6
86	28 4	25 8	24 9	25 4	26 9	28 8	30 5	31 9	32 8
88	31 5	28 6	27 5	27 9	29 4	31 5	33 5	35 1	36 1
90	34 8	31 5	30 3	30 7	32 2	34 4	36 7	38 5	39 8

Lampiran 5. Pembagian Sumbu Akibat Muatan Berlebih Simulasi Bina Marga 1987

1. Simulasi 5%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	8,715	2,961	5,754				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	8,715	2,961	5,754				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	15,9075	5,4075	10,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	26,25	6,5625	9,844	9,844			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	32,97	5,9325	9,23	8,90	8,90		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

2. Simulasi 10%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	9,13	3,102	6,028				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	9,13	3,102	6,028				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	16,665	5,665	11				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	27,5	6,875	10,31	10,31			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	34,54	6,215	9,67	9,33	9,33		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

3. Simulasi 15%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	9,545	3,243	6,302				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	9,545	3,243	6,302				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	17,4225	5,9225	11,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	28,75	7,1875	10,78	10,78			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	36,11	6,4975	10,11	9,75	9,75		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

4. Simulasi 20%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	9,96	3,384	6,576				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	9,96	3,384	6,576				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	18,18	6,18	12				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	30	7,5	11,25	11,25			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	37,68	6,78	10,55	10,18	10,18		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

5. Simulasi 25%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	10,375	3,525	6,85				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	10,375	3,525	6,85				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	18,9375	6,4375	12,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	31,25	7,8125	11,72	11,72			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	39,25	7,0625	10,99	10,60	10,60		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

6. Simulasi 30%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	10,79	3,666	7,124				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	10,79	3,666	7,124				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	19,695	6,695	13				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	32,5	8,125	12,19	12,19			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	40,82	7,345	11,43	11,02	11,02		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

7. Simulasi 35%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	11,205	3,807	7,398				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	11,205	3,807	7,398				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	20,4525	6,9525	13,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	33,75	8,4375	12,66	12,66			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	42,39	7,6275	11,87	11,45	11,45		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

8. Simulasi 40%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	11,62	3,948	7,672				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	11,62	3,948	7,672				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	21,21	7,21	14				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	35	8,75	13,13	13,13			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	43,96	7,91	12,31	11,87	11,87		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

9. Simulasi 45%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	12,035	4,089	7,946				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	12,035	4,089	7,946				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	21,9675	7,4675	14,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	36,25	9,0625	13,59	13,59			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	45,53	8,1925	12,75	12,30	12,30		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

10. Simulasi 50%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	12,45	4,23	8,22				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	12,45	4,23	8,22				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	22,725	7,725	15				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	37,5	9,375	14,06	14,06			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	47,1	8,475	13,18	12,72	12,72		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

11. Simulasi 55%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	12,865	4,371	8,494				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	12,865	4,371	8,494				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	23,4825	7,9825	15,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	38,75	9,6875	14,53	14,53			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	48,67	8,7575	13,62	13,14	13,14		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

12. Simulasi 60%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	13,28	4,512	8,768				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	13,28	4,512	8,768				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	24,24	8,24	16				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	40	10	15	15			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	50,24	9,04	14,06	13,57	13,57		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

13. Simulasi 65%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	13,695	4,653	9,042				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	13,695	4,653	9,042				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	24,9975	8,4975	16,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	41,25	10,3125	15,47	0			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	51,81	9,3225	14,50	13,99	13,99		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

14. Simulasi 70%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	14,11	4,794	9,316				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	14,11	4,794	9,316				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	25,755	8,755	17				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	42,5	10,625	15,94	15,94			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	53,38	9,605	14,94	14,42	14,42		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

15. Simulasi 75%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	14,525	4,935	9,59				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	14,525	4,935	9,59				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	26,5125	9,0125	17,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	43,75	10,9375	16,41	16,41			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	54,95	9,8875	15,38	14,84	14,84		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

16. Simulasi 80%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	14,94	5,076	9,864				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	14,94	5,076	9,864				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	27,27	9,27	18				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	45	11,25	16,88	16,88			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	56,52	10,17	15,82	15,26	15,26		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

17. Simulasi 85%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	15,355	5,217	10,14				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	15,355	5,217	10,14				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	28,0275	9,5275	18,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	46,25	11,5625	17,34	17,34			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	58,09	10,4525	16,26	15,69	15,69		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

18. Simulasi 90%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	15,77	5,358	10,41				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	15,77	5,358	10,41				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	28,785	9,785	19				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	47,5	11,875	17,81	17,81			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	59,66	10,735	16,70	16,11	16,11		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

19. Simulasi 95%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	16,185	5,499	10,69				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	16,185	5,499	10,69				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	29,5425	10,0425	19,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	48,75	12,1875	18,28	18,28			
8	Trailer 4 as, truck gandingan	7b	1.2+2.2	61,23	11,0175	17,14	16,54	16,54		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

20. Simulasi 100%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	16,6	5,64	10,96				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	16,6	5,64	10,96				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	30,3	10,3	20				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	50	12,5	18,75	18,75			
8	Trailer 4 as, truck gandingan	7b	1.2+2.2	62,8	11,3	17,58	16,96	16,96		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

Lampiran 5. Pembagian Sumbu Akibat Muatan Berlebih Simulasi NAASRA 2004

1. Simulasi 5%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	8,715	2,961	5,754				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	8,715	2,961	5,754				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	15,9075	5,4075	10,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	26,25	6,5625	9,844	9,844			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	32,97	5,9325	9,23	8,90	8,90		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

2. Simulasi 10%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	9,13	3,102	6,028				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	9,13	3,102	6,028				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	16,665	5,665	11				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	27,5	6,875	10,31	10,31			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	34,54	6,215	9,67	9,33	9,33		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

3. Simulasi 15%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	9,545	3,243	6,302				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	9,545	3,243	6,302				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	17,4225	5,9225	11,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	28,75	7,1875	10,78	10,78			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	36,11	6,4975	10,11	9,75	9,75		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

4. Simulasi 20%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	9,96	3,384	6,576				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	9,96	3,384	6,576				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	18,18	6,18	12				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	30	7,5	11,25	11,25			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	37,68	6,78	10,55	10,18	10,18		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

5. Simulasi 25%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	10,375	3,525	6,85				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	10,375	3,525	6,85				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	18,9375	6,4375	12,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	31,25	7,8125	11,72	11,72			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	39,25	7,0625	10,99	10,60	10,60		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

6. Simulasi 30%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	10,79	3,666	7,124				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	10,79	3,666	7,124				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	19,695	6,695	13				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	32,5	8,125	12,19	12,19			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	40,82	7,345	11,43	11,02	11,02		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

7. Simulasi 35%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	11,205	3,807	7,398				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	11,205	3,807	7,398				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	20,4525	6,9525	13,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	33,75	8,4375	12,66	12,66			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	42,39	7,6275	11,87	11,45	11,45		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

8. Simulasi 40%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	11,62	3,948	7,672				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	11,62	3,948	7,672				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	21,21	7,21	14				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	35	8,75	13,13	13,13			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	43,96	7,91	12,31	11,87	11,87		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

9. Simulasi 45%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	12,035	4,089	7,946				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	12,035	4,089	7,946				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	21,9675	7,4675	14,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	36,25	9,0625	13,59	13,59			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	45,53	8,1925	12,75	12,30	12,30		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

10. Simulasi 50%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	12,45	4,23	8,22				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	12,45	4,23	8,22				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	22,725	7,725	15				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	37,5	9,375	14,06	14,06			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	47,1	8,475	13,18	12,72	12,72		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

11. Simulasi 55%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	12,865	4,371	8,494				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	12,865	4,371	8,494				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	23,4825	7,9825	15,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	38,75	9,6875	14,53	14,53			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	48,67	8,7575	13,62	13,14	13,14		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

12. Simulasi 60%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	13,28	4,512	8,768				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	13,28	4,512	8,768				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	24,24	8,24	16				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	40	10	15	15			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	50,24	9,04	14,06	13,57	13,57		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

13. Simulasi 65%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	13,695	4,653	9,042				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	13,695	4,653	9,042				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	24,9975	8,4975	16,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	41,25	10,3125	15,47	0			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	51,81	9,3225	14,50	13,99	13,99		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

14. Simulasi 70%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	14,11	4,794	9,316				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	14,11	4,794	9,316				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	25,755	8,755	17				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	42,5	10,625	15,94	15,94			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	53,38	9,605	14,94	14,42	14,42		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

15. Simulasi 75%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	14,525	4,935	9,59				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	14,525	4,935	9,59				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	26,5125	9,0125	17,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	43,75	10,9375	16,41	16,41			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	54,95	9,8875	15,38	14,84	14,84		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

16. Simulasi 80%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	14,94	5,076	9,864				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	14,94	5,076	9,864				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	27,27	9,27	18				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	45	11,25	16,88	16,88			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	56,52	10,17	15,82	15,26	15,26		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

17. Simulasi 85%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	15,355	5,217	10,14				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	15,355	5,217	10,14				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	28,0275	9,5275	18,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	46,25	11,5625	17,34	17,34			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	58,09	10,4525	16,26	15,69	15,69		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

18. Simulasi 90%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	15,77	5,358	10,41				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	15,77	5,358	10,41				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	28,785	9,785	19				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	47,5	11,875	17,81	17,81			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	59,66	10,735	16,70	16,11	16,11		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

19. Simulasi 95%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	16,185	5,499	10,69				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	16,185	5,499	10,69				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	29,5425	10,0425	19,5				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	48,75	12,1875	18,28	18,28			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	61,23	11,0175	17,14	16,54	16,54		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

20. Simulasi 100%

No	Tipe kendaraan			Berat total (ton)	Konfigurasi beban sumbu roda (Ton)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	2	1	1				
2	Pick-up, combi	3	1,2	16,6	5,64	10,96				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	16,6	5,64	10,96				
4	Bus kecil	5a	1,2	8,3	2,82	5,48				
5	Bus besar	5b	1,2	9	3,06	5,94				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	30,3	10,3	20				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	50	12,5	18,75	18,75			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	62,8	11,3	17,58	16,96	16,96		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	40,13	5,88	10	10	7,00	7,25	

Lampiran 5. Pembagian Sumbu Akibat Muatan Berlebih Simulasi AASHTO 1993

1. Simulasi 5%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	19,2133	6,52788	12,69				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	19,2133	6,52788	12,69				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	35,07	11,92148	23,15				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	57,8713	14,46782	21,7	21,7			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	72,6863	13,07891	20,35	19,63	19,63		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

2. Simulasi 10%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	20,1282	6,838731	13,29				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	20,1282	6,838731	13,29				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	36,74	12,48917	24,25				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	60,6271	15,15676	22,74	22,74			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	76,1476	13,70171	21,32	20,56	20,56		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

3. Simulasi 15%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	21,0431	7,149583	13,89				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	21,0431	7,149583	13,89				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	38,41	13,05686	25,35				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	63,3828	15,84571	23,77	23,77			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	79,6088	14,32452	22,29	21,50	21,50		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

4. Simulasi 20%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	21,958	7,460434	14,5				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	21,958	7,460434	14,5				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	40,08	13,62455	26,46				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	66,1386	16,53465	24,8	24,8			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	83,0701	14,94732	23,25	22,43	22,43		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

5. Simulasi 25%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	22,8729	7,771286	15,1				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	22,8729	7,771286	15,1				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	41,75	14,19224	27,56				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	68,8944	17,22359	25,84	25,84			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	86,5313	15,57013	24,22	23,37	23,37		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

6. Simulasi 30%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	23,7878	8,082137	15,71				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	23,7878	8,082137	15,71				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	43,42	14,75993	28,66				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	71,6502	17,91254	26,87	26,87			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	89,9926	16,19293	25,19	24,30	24,30		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

7. Simulasi 35%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	24,7028	8,392988	16,31				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	24,7028	8,392988	16,31				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	45,09	15,32762	29,76				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	74,4059	18,60148	27,9	27,9			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	93,4538	16,81574	26,16	25,24	25,24		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

8. Simulasi 40%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	25,6177	8,70384	16,91				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	25,6177	8,70384	16,91				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	46,76	15,89531	30,86				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	77,1617	19,29043	28,94	28,94			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	96,9151	17,43854	27,13	26,17	26,17		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

9. Simulasi 45%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	26,5326	9,014691	17,52				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	26,5326	9,014691	17,52				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	48,43	16,463	31,97				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	79,9175	19,97937	29,97	29,97			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	100,376	18,06135	28,10	27,11	27,11		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

10. Simulasi 50%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	27,4475	9,325543	18,12				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	27,4475	9,325543	18,12				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	50,1	17,03069	33,07				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	82,6733	20,66831	31	31			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	103,838	18,68415	29,07	28,04	28,04		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

11. Simulasi 55%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	28,3624	9,636394	18,73				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	28,3624	9,636394	18,73				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	51,77	17,59838	34,17				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	85,429	21,35726	32,04	32,04			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	107,299	19,30696	30,04	28,98	28,98		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

12. Simulasi 60%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	29,2774	9,947245	19,33				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	29,2774	9,947245	19,33				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	53,44	18,16607	35,27				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	88,1848	22,0462	33,07	33,07			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	110,76	19,92976	31,01	29,91	29,91		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

13. Simulasi 65%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	30,1923	10,2581	19,93				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	30,1923	10,2581	19,93				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	55,11	18,73376	36,38				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	90,9406	22,73514	34,1	34,1			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	114,221	20,55257	31,97	30,85	30,85		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

14. Simulasi 70%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	31,1072	10,56895	20,54				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	31,1072	10,56895	20,54				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	56,78	19,30145	37,48				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	93,6964	23,42409	35,14	35,14			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	117,683	21,17538	32,94	31,78	31,78		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

15. Simulasi 75%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	32,0221	10,8798	21,14				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	32,0221	10,8798	21,14				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	58,45	19,86914	38,58				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	96,4521	24,11303	36,17	36,17			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	121,144	21,79818	33,91	32,72	32,72		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

16. Simulasi 80%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	32,937	11,19065	21,75				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	32,937	11,19065	21,75				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	60,12	20,43683	39,68				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	99,2079	24,80198	37,2	37,2			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	124,605	22,42099	34,88	33,65	33,65		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

17. Simulasi 85%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	33,8519	11,5015	22,35				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	33,8519	11,5015	22,35				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	61,79	21,00452	40,79				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	101,964	25,49092	38,24	38,24			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	128,066	23,04379	35,85	34,59	34,59		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

18. Simulasi 90%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	34,7669	11,81235	22,95				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	34,7669	11,81235	22,95				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	63,46	21,57221	41,89				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	104,719	26,17986	39,27	39,27			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	131,528	23,6666	36,82	35,52	35,52		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

19. Simulasi 95%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	35,6818	12,12321	23,56				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	35,6818	12,12321	23,56				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	65,13	22,1399	42,99				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	107,475	26,86881	40,3	40,3			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	134,989	24,2894	37,79	36,46	36,46		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

20. Simulasi 100%

No	Tipe kendaraan			Berat total (kip)	Konfigurasi beban sumbu roda (kip)					
					Depan ST,RT	Belakang				
						ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Sedan, jeep, st. wangon	2	1,1	4,40924	2,20462	2,205				
2	Pick-up, combi	3	1,2	36,5967	12,43406	24,16				
3	Truck 2 as (L), micro truck, mobil hantaran	4	1.2L	36,5967	12,43406	24,16				
4	Bus kecil	5a	1,2	18,2983	6,217028	12,08				
5	Bus besar	5b	1,2	19,8416	6,746137	13,1				
6	Truck 2as (H)	6	1.2H	66,8	22,70759	44,09				
7	Truck 3as	7a	1.2.2	110,231	27,55775	41,34	41,34			
8	Trailer 4 as, truck gandengan	7b	1.2+2.2	138,45	24,91221	38,76	37,39	37,39		
9	Truck S, trailer	7c	1.2.2+2.2	88,4714	12,96317	22,05	22,05	15,43	15,98	

2015 Jawa Tengah [24]

Lnk Traffic Post	AADT		Bus %	Car %	LTr %	HT %	Factor Cycle Veh 1	Car Veh 2	Uli 1 Veh 3	Uli 2 Veh 4	Statu: N/A	Large Sub Veh 5	Truck 2x a) Veh 6	Truck 3x a) Veh 7a	Truck 3x b) Veh 7b	Truck 3x c) Veh 7c	No Mtr Trif Veh 8	13-Nov-2015 Survey Year	
	MBT	Total																	
023 - SP. 3 LINGKAR KUDUS TIMUR - BTS. KAB. PATI / KUDUS																			
A023	22,746	55,653	49.96	2.72	37.04	20.29	32,740	7,531	1,284	2,546	86	533	760	5,371	2,926	413	1,275	167	2015
024 - BTS. KAB. KUDUS/PATI - SP. 3 LINGKAR PATI BARAT																			
A024	23,936	58,837	49.37	3.14	26.90	20.38	32,435	7,707	1,460	2,722	131	821	912	5,553	3,059	501	1,319	167	2015
02415 K - JLN. LINGKAR PATI																			
A02416	25,256	68,632	49.04	4.02	26.45	20.89	33,096	7,839	1,582	2,654	283	753	1,044	5,835	3,192	633	1,451	261	2015
025 - SP. 3 LINGKAR PATI TIMUR - BTS. KOTA REMBANG																			
A025	16,798	26,704	43.07	3.84	33.27	22.82	9,836	3,860	844	2,193	167	447	1,402	4,194	2,414	420	897	80	2015
02512 K - JLN. UNTUNG SUROPATI (REMBANG)																			
A02512	21,162	33,007	36.75	6.66	31.05	25.34	11,059	4,194	1,729	1,854	617	635	707	5,864	3,051	1,205	1,106	795	2015
02515 K - JLN. DIPONEGORO (REMBANG)																			
A02515	20,207	31,619	36.37	6.38	31.73	25.52	10,901	4,043	1,572	1,705	734	588	585	5,826	3,207	1,128	1,021	710	2015
028 - BTS. KOTA REMBANG - BULU (BTL. PROV. JATIM)																			
A028	4,861	19,597	55.79	3.91	30.63	9.67	13,578	1,739	277	696	157	33	211	1,278	405	9	56	158	2015
02812 K - JLN. SUDIRMAN (REMBANG)																			
A02812	13,732	24,999	40.65	8.00	22.47	26.86	11,140	3,116	1,237	1,229	842	567	1,321	1,764	1,882	674	1,430	127	2015
027 - BTS. PROV. JAWA BARAT - KARANG PUCUNG																			
A027	8,842	15,583	56.37	14.03	23.65	5.35	8,631	1,243	3,305	1,300	548	411	387	1,201	258	86	63	120	2015
028 - KARANG PUCUNG - WANGON																			
A028	10,330	23,252	54.81	5.20	34.81	6.06	12,645	2,012	2,798	852	239	288	605	3,001	454	27	44	277	2015
028 - WANGON - MANGANTI																			
A029	9,970	26,314	57.73	9.53	26.85	5.09	15,942	1,801	2,341	1,479	447	497	482	2,179	456	37	91	462	2015
030 - MANGANTI - RAWALO																			
A030	16,304	36,411	59.02	7.61	27.02	9.95	19,503	6,130	736	2,838	601	860	746	3,860	779	80	174	564	2015
031 - RAWALO - SAMPANG																			
A031	6,359	17,126	55.29	11.82	24.33	5.58	8,133	1,300	1,800	1,097	472	534	1,068	1,094	503	62	163	404	2015
032 - SAMPANG - BUNTU																			
A032	6,826	15,132	57.04	11.06	23.91	12.96	8,895	1,731	977	886	288	478	241	1,415	520	134	237	211	2015
033 - BUNTU - BANYUMAS																			
A033	7,836	18,864	65.70	10.39	19.44	3.47	8,898	3,084	254	1,690	517	297	562	992	193	15	74	128	2015
034 - BANYUMAS - BTS. KAB. BANJARNEGARA/BANYUMAS																			
A034	4,765	12,478	67.44	1.05	27.07	3.89	7,662	1,690	679	639	3	47	199	1,115	154	3	48	61	2015
035 - BTS. KAB. BANJARNEGARA/BANYUMAS - KLAMPOK																			
A035	4,826	14,280	60.05	12.76	25.37	1.80	9,444	1,255	786	754	535	64	246	823	74	1	6	228	2015
036 - KLAMPOK - BTS. KOTA BANJARNEGARA																			
A036	19,036	30,612	62.81	6.27	17.27	13.66	11,512	7,834	1,848	2,273	670	223	802	2,435	1,089	805	656	64	2015
03611 K - JLN. SUPRAPTO (BANJARNEGARA)																			
A03611	14,620	43,521	70.40	10.72	17.93	1.05	26,241	6,206	1,642	2,154	1,288	289	645	1,962	117	1	38	760	2015
03612 K - JLN. PEMUDA (BANJARNEGARA)																			
A03612	15,735	44,352	68.09	11.19	18.94	1.79	28,096	5,442	1,673	2,219	1,352	408	476	2,102	211	4	68	732	2015
037 - BTS. KOTA BANJARNEGARA - BTS. KAB. WONOSOBO																			
A037	9,294	19,467	65.52	5.79	24.68	3.01	10,165	2,944	1,430	1,808	246	292	544	1,750	236	6	39	8	2015
03711 K - JLN. S. PARMAN (BANJARNEGARA)																			
A03711	13,269	39,070	75.94	6.09	16.96	2.00	25,931	5,346	2,054	2,667	372	304	532	1,779	169	3	73	310	2015

BINA MARGA													TRAFFIC SUMMARY REPORT												
INTERURBAN ROAD MANAGEMENT SYSTEM													Jawa Tengah [24]												
CENTRAL DATABASE													2015												
Link Traffic Post	AADT		Car %	Bus %	LTr %	HTR %	Motor Cycle Veh 1	Car Veh 2	Util Veh 3	Util Veh 4	Small Bus Veh5a	Large Bus Veh5b	Truck 2x a) Veh5a	Truck 2x b) Veh6b	Truck 3x a) Veh7a	Truck 3x b) Veh7b	Truck 3x c) Veh7c	No Mot Traf Ven 8	Survey Year						
	MBT	Total																		2015	2016				
027 - BTS. PROV. JAWA BARAT - KARANG PUCUNG																									
A027	7,495	13,369	81.92	12.60	20.05	5.34	10,644	2,449	894	1,298	453	488	200	1,303	321	7	72	170	2016						
028 - KARANG PUCUNG - WANGON																									
A028	7,527	17,859	56.81	8.99	25.91	8.29	6,934	2,808	513	955	122	555	1,213	737	527	42	55	3,398	2016						
029 - WANGON - MANGANTI																									
A029	12,880	29,201	63.34	9.40	21.16	6.10	12,892	2,171	3,591	2,459	483	777	587	2,050	818	95	79	539	2016						
030 - MANGANTI - RAWALO																									
A030	13,569	24,484	50.27	5.34	38.90	5.49	10,719	4,869	949	1,003	570	154	2,576	2,503	437	188	120	196	2016						
031 - RAWALO - SAMPANG																									
A031	9,609	19,369	44.71	18.81	25.45	11.00	9,030	1,390	2,084	842	846	959	442	2,007	543	219	293	730	2016						
032 - SAMPANG - BUNTU																									
A032	8,301	17,331	53.08	11.88	26.02	12.02	8,790	586	2,619	952	270	716	859	1,281	566	131	281	240	2016						
033 - BUNTU - BANYUMAS																									
A033	8,452	17,882	67.01	10.99	12.86	9.15	9,087	2,917	1,099	1,558	465	463	527	530	467	149	127	353	2016						
034 - BANYUMAS - BTS. KAB. BANJARNEGARA/BANYUMAS																									
A034	4,644	10,251	86.45	10.79	17.87	4.86	5,560	1,258	458	1,070	439	82	218	614	137	29	61	47	2016						
035 - BTS. KAB. BANJARNEGARA/BANYUMAS - KLAMPOK																									
A035	5,136	12,832	64.39	10.34	21.38	3.80	7,448	1,593	598	1,126	468	53	600	498	127	19	54	247	2016						
036 - KLAMPOK - BTS. KOTA BANJARNEGARA																									
A036	16,756	29,201	57.12	12.55	24.24	6.09	11,961	4,906	1,492	3,204	1,768	335	1,429	2,635	515	206	296	544	2016						
03611 K - JLN. SUPRPTO (BANJARNEGARA)																									
A03611	15,843	47,175	70.06	10.66	18.22	1.06	30,496	6,797	1,960	2,323	1,362	327	773	2,113	128	2	38	838	2016						
03612 K - JLN. PEMUDA (BANJARNEGARA)																									
A03612	7,351	28,402	74.26	9.06	14.28	2.39	20,040	2,720	1,111	1,628	567	96	274	776	136	0	40	1,011	2016						
037 - BTS. KOTA BANJARNEGARA - BTS. KAB. WONOSOBO																									
A037	11,016	25,693	78.49	4.11	16.39	1.00	14,973	692	5,067	2,863	124	325	347	1,458	92	1	17	10	2016						
03711 K - JLN. S. PARMAN (BANJARNEGARA)																									
A03711	13,563	41,560	75.6	5.37	17.67	1.78	25,062	5,102	2,213	2,861	367	332	563	1,834	205	3	30	336	2016						
03712 K - JLN. TENTARA PELAJAR (BANJARNEGARA)																									
A03712	14,646	38,508	80.67	2.51	14.94	1.86	23,563	3,360	5,609	2,756	222	145	762	1,436	155	43	76	279	2016						
038 - BTS. KAB. BANJARNEGARA - SELOKROMO																									
A038	15,517	25,560	68.71	10.27	17.12	3.90	9,769	3,413	3,974	3,275	1,052	542	939	1,717	429	82	94	274	2016						
039 - SELOKROMO - BTS. KOTA WONOSOBO																									
A039	14,430	30,167	74.01	7.03	16.29	2.67	15,726	3,630	4,503	2,547	875	139	649	1,701	317	16	63	1	2016						
03911 K - JLN. JOGO NEGORO (WONOSOBO)																									
A03911	14,012	43,595	80.70	6.09	12.67	0.53	29,346	6,283	2,133	2,892	568	286	662	1,100	61	0	27	235	2016						
03912 K - JLN. A. YANI (WONOSOBO)																									