



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599

**PERENCANAAN JALAN TOL KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR
SEKSI III STA 19+000 - STA 29+000 JAWA TIMUR
MENGUNAKAN PERKERASAN KAKU**

Tiara Ana Fadhilah
NRP. 3116040531

Dosen Pembimbing :
Ir. Dunat Indratmo, MT
NIP. 19530323 198502 1 001

Program Studi Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599

**PERENCANAAN JALAN TOL KRIAN - LEGUNDI - BUNDER -
MANYAR SEKSI III STA 19+000 - STA 29+000 JAWA TIMUR
MENGUNAKAN PERKERASAN KAKU**

Tiara Ana Fadhilah
NRP. 3116040531

Dosen Pembimbing :
Ir. Dunat Indratmo, MT
NIP. 19530323 198502 1 001

Program Studi Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599

**PLANNING KRIAN - LEGUNDI - BUNDER - MANYAR TOLL
ROAD SECTION III STA 19+000 until STA 29+000 USING
RIGID PAVEMENT**

Tiara Ana Fadhilah
NRP. 3116040531

Concelor Lecturer
Ir. Dunat Indratmo, MT
NIP. 19530323 198502 1 001

Diploma IV Lanjut Jenjang Civil Engineering Study Program
Civil Engineering Infrastructure Departments
Faculty of Vocation
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2017

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN JALAN TOL KRIAN – LEGUNDI –
BUNDER – MANYAR SEKSI III STA 19+000 – STA 29+000
JAWA TIMUR MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Teknik
Pada

Program Studi Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh
Mahasiswa



Tiara Ana Fadhillah
3116040531



Disetujui Oleh
Dosen Pembimbing

01 AUG 2017

R. Dinar Hadratmo, MT
19530323 198502 1 001

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JALAN TOL KRIAN – LEGUNDI – BUNDER – MANYAR SEKSI III STA 19+000 - STA 29+000 JAWA TIMUR MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU

Nama Mahasiswa : Tiara Ana Fadhilah
NRP : 3116040531
Dosen Pembimbing : Ir. Dunat Indratmo, MT
NIP : 19530323 198502 1 001

ABSTRAK

Rencana pengembangan terminal Teluk Lamong mendukung perkembangan industri dan permukiman di wilayah Kabupaten Gresik sebagai Kawasan Strategis Nasional Gerbangkertosusila, maka sangat diperlukan jalan bebas hambatan Krian – Legundi – Bunder – Manyar sebagai prasarana jalan dimana fungsinya untuk melayani pertumbuhan kegiatan eksport-import dari wilayah Provinsi Jawa Timur bagian Selatan-Barat (Gresik, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, Kediri, Nganjuk, Madiun, Ponorogo, Tulungagung, Trenggalek, Magetan, Pacitan) yang akan menuju Terminal Teluk Lamong. Dalam Tugas Akhir ini direncanakan Perencanaan perkerasaan kaku pada ruas Jalan Tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar Seksi III STA 19+000 – STA 29+000 sepanjang 10 km.

Dalam perencanaan jalan Tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar ini untuk analisa kapasitas jalan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) Jalan Bebas Hambatan 1997, untuk geometrik jalan bebas hambatan jalan tol menggunakan petunjuk Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009, untuk perencanaan tebal perkerasaan jalan dengan menggunakan petunjuk Perencanaan Perkerasaan Jalan Beton Semen Dinas Pekerjaan Umum Metode Bina Marga 2003, dan untuk perencanaan saluran tepi jalan (drainase) dengan menggunakan Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan (SNI 03-3424-1994) dan untuk perhitungan Rencana Anggaran

Biaya menggunakan Harga Satuan Dasar Kabupaten Mojokerto 2017.

Dari hasil perencanaan Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Seksi III STA 19+000 – STA 29+000 maka didapatkan kapasitas jalan sebesar 9292 smp/jam pada tahun 2019 dan kapasitas jalan 13938 smp/jam pada tahun 2036. Untuk umur rencana 25 tahun didapatkan lapis pondasi bawah menggunakan agregat kelas C dan campuran Beton Kurus setebal 10 cm. Tebal perkerasan kaku adalah 25 cm dengan menggunakan tulangan. Saluran drainase berbentuk trapesium yang terbuat dari pasangan batu kali dengan dimensi $b=0,1$ m dan $H=0,4$ m, $b=0,2$ dan $H=0,6$ m, $b=0,3$ m dan $H= 0,7$ m, $b=0,4$ m dan $H=0,9$ m. Rencana anggaran biaya untuk perencanaan Jalan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Seksi III STA 19+000 – STA 29+000 pada tahap pembangunan I adalah Rp. 961,258,824,638.01 dan pada tahap pembangunan II untuk pelebaran jalan adalah Rp. 57,681,435,638.95.

Kata Kunci : Perencanaan Jalan Tol, Perkerasan Kaku, Krian – Legundi – Bunder – Manyar

PLANNING KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR TOLL ROAD SECTION III STA 19+000 until STA 29+000 USING RIGID PAVEMENT

Student's Name : Tiara Ana Fadhilah
NRP : 3116040531
Lecturer : Ir. Dunat Indratmo, MT
NIP : 19530323 198502 1 001

ABSTRACT

Lamong Bay terminal development plan supports industrial and residential development in Gresik Regency as National Strategic Area Gerbangkertosusila, so it is necessary freeway Krian - Legundi - Bunder - Manyar as road infrastructure where its function to serve the growth of export-import activity from East Java Province South-West (Gresik, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, Kediri, Nganjuk, Madiun, Ponorogo, Tulungagung, Trenggalek, Magetan, Pacitan) to Lamong Bay Terminal. In this Final Project is planned Planning of rigid rigidity on Krian - Legundi - Bunder - Manyar Toll Road section III STA 19 + 000 - STA 29 + 000 along 10 km.

In planning the Krian - Legundi - Bunder - Manyar Toll Road for road capacity analysis based on the Road Access Manual of Indonesia (MKJI) of the 1997 Expressway, for the geometric highway expressway use guidance of Road Geometry of Freeway for Toll Road. 007 / BM / 2009, for the planning of pavement road thickness by using the guidance of Concrete Pavement Concrete Pavement Planning of 2003 Bina Marga Public Works Method, and for drainage planning by using Road Surface Drainage Planning Procedures (SNI 03-3424- 1994) and for the calculation of Budget Plan using Unit Price of Mojokerto Regency 2017.

From the result of planning of Krian-Legundi-Bunder-Manyar Toll Road Section III STA 19 + 000 - STA 29 + 000, we get road capacity 9292 smp / hour in 2019 and road capacity 13938 smp / hour in year 2036. For age of 25 Year found base

layer using C class aggregate and Concrete mix of 10 cm thick. The thickness of the rigid pavement is 25 cm using the reinforcement. Trapezoidal drainage channels made of stone pairs with dimensions $b = 0.1$ m and $H = 0.4$ m, $b = 0.2$ and $H = 0.6$ m, $b = 0.3$ m and $H = 0.7$ M, $b = 0.4$ m and $H = 0.9$ m. Budget plan for planning of Krian-Legundi-Bunder-Manyar toll road Section III STA 19 + 000 - STA 29 + 000 at development stage I is Rp. 961,258,824,638.01 and at the second construction stage for road widening is Rp.57,681,435,638.95.

Keywords: Toll Road Planning, Rigid Pavement, Krian - Legundi - Bunder - Manyar

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu bentuk tanggung jawab penulis dalam menyelesaikan pendidikan di Program Studi Diploma Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak sekali mendapatkan bimbingan, dorongan, serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Yang Terhormat :

1. Orang tua dan keluarga, yang telah memberikan doa, bimbingan, perhatian dan semangat.
2. Bapak Ir. Dunat Indratmo, MT selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
3. Bapak Dr. Machus, ST, MT selaku Ketua Program Studi Diploma Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Bapak dan Ibu dosen pengajar serta seluruh karyawan Jurusan Diploma Teknik Sipil ITS.
5. Teman-teman seperjuangan atas bantuan, saran, kritik dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, yang membutuhkan saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------------------------------|
| LEMBAR PENGESAHAN..... | Error! Bookmark not defined. |
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR GAMBAR..... | xv |
| DAFTAR TABEL..... | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Tujuan | 3 |
| 1.5 Lokasi Studi | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1 Analisa Kapasitas Jalan | 7 |
| 2.1.1 Arus Lalu Lintas..... | 7 |
| 2.1.2 Analisa Kapasitas | 8 |
| 2.1.3 Kapasitas Dasar..... | 9 |
| 2.1.4 Faktor Penyesuaian Kapasitas akibat Lebar Lajur Lalu Lintas (FCw)..... | 10 |
| 2.1.5 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FCsp)..... | 10 |
| 2.1.6 Penentuan Derajat Kejenuhan (DS)..... | 11 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.2 | Kontrol Geometrik Jalan..... | 11 |
| 2.2.1 | Standar Jumlah Lajur | 11 |
| 2.2.2 | Kecepatan Rencana (V_R) | 12 |
| 2.2.3 | Lebar Lajur Jalan dan Bahu Jalan..... | 13 |
| 2.2.4 | Jarak Pandang..... | 14 |
| 2.2.5 | Alinyemen Horizontal..... | 16 |
| 2.2.6 | Alinyemen Vertikal..... | 28 |
| 2.2.4 | Koordinasi Alinyemen Horizontal dan Alinyemen Vertikal | 32 |
| 2.3 | Perencanaan Perkerasan Kaku..... | 32 |
| 2.3.1 | Daya Dukung Tanah Dasar..... | 32 |
| 2.3.2 | Kekuatan Beton | 34 |
| 2.3.3 | Lalu Lintas | 34 |
| 2.4 | Perencanaan Tebal Pelat..... | 37 |
| 2.5 | Perencanaan Tulangan..... | 42 |
| 2.5.1 | Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT)..... | 42 |
| 2.5.2 | Perkerasan Beton Semen Bersambung Dengan Tulangan (BBDT)..... | 43 |
| 2.5.3 | Perkerasan Beton Semen Menerus Dengan Tulangan (BMDT)..... | 43 |
| 2.6 | Perencanaan Sambungan Perkerasan Kaku | 45 |
| 2.6.1 | Sambungan memanjang dengan batang pengikat (<i>tie bars</i>) | 47 |
| 2.6.3 | Sambungan pelaksanaan memanjang..... | 47 |
| 2.6.4 | Sambungan susut melintang..... | 48 |

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 2.6.5 | Sambungan pelaksanaan melintang | 50 |
| 2.7 | Perencanaan Saluran Tepi (Drainase) | 51 |
| 2.7.1 | Intensitas Curah Hujan..... | 51 |
| 2.7.2 | Waktu konsentrasi (T_c)..... | 54 |
| 2.7.3 | Koefisien pengaliran (C)..... | 55 |
| 2.7.4 | Menghitung Luas Daerah Pengaliran (A)..... | 56 |
| 2.7.5 | Menghitung Debit Air (Q)..... | 56 |
| 2.7.6 | Menghitung Kemiringan Saluran | 57 |
| BAB III | METODOLOGI | 61 |
| 3.1 | Pekerjaan Persiapan | 61 |
| 3.2 | Pengumpulan Data..... | 61 |
| 3.3 | Perhitungan Kapasitas Jalan..... | 61 |
| 3.4 | Perencanaan Geometrik Jalan | 62 |
| 3.5 | Perencanaan Struktur Perkerasan Kaku..... | 62 |
| 3.6 | Perencanaan Drainase | 62 |
| 3.7 | Gambar Rencana..... | 62 |
| 3.8 | Perencanaan Rencana Anggaran Biaya (RAB)..... | 63 |
| BAB IV | ANALISA DATA DAN PERENCANAAN | 67 |
| 4.1 | Data Lalu Lintas | 67 |
| 4.1.1 | Pengolahan Data Lalu Lintas | 68 |
| 4.2 | Analisa Kapasitas Jalan | 69 |
| 4.2.1 | Kapasitas Dasar (C_0) | 69 |
| 4.2.2 | Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu lintas (FC_w)..... | 72 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 4.2.3 | Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FCsp)..... | 73 |
| 4.2.4 | Menghitung Nilai Kapasitas (C)..... | 73 |
| 4.2.5 | Menghitung <i>Degree of Saturation</i> (DS)..... | 73 |
| 4.2.6 | Menghitung Nilai Kapasitas Pelebaran Jalan..... | 75 |
| 4.2.7 | Menghitung <i>Degree of Saturation</i> (DS) setelah pelebaran | 75 |
| 4.3 | Kontrol Geometrik | 76 |
| 4.3.1 | Alinyemen Horizontal..... | 76 |
| 4.3.2 | Alinyemen Vertikal..... | 82 |
| 4.4 | Perencanaan Tebal Perkerasan | 93 |
| 4.4.1 | Analisa Lalu lintas | 93 |
| 4.4.2 | Data CBR Tanah Dasar | 103 |
| 4.4.3 | Perhitungan Tebal Pondasi Bawah Minimum... | 103 |
| 4.4.4 | Perhitungan CBR Tanah Efektif | 104 |
| 4.4.5 | Kekuatan Beton Semen | 105 |
| 4.4.6 | Perencanaan Tebal Perkerasan Tahap I..... | 105 |
| 4.4.7 | Perencanaan Tebal Perkerasan Tahap II..... | 108 |
| 4.4.8 | Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Kondisi Eksisting | 111 |
| 4.4.9 | Penulangan Pelat Beton..... | 111 |
| 4.4.10 | Perencanaan Sambungan Perkerasan..... | 113 |
| 4.5 | Perencanaan Drainase Jalan | 115 |
| 4.5.1 | Data Curah Hujan | 115 |
| 4.5.2 | Perencanaan Saluran Tepi..... | 117 |

| | |
|--|-----|
| BAB V METODE PELAKSANAAN | 129 |
| BAB VI RENCANA ANGGARAN BIAYA | 145 |
| 6.1 Volume Pekerjaan Pembangunan Tahap I..... | 145 |
| 6.2 Rencana Anggaran Biaya Pembangunan Tahap I | 157 |
| 6.3 Volume Pekerjaan Tahap II..... | 162 |
| 6.1 Rencana Anggaran Biaya Pembangunan Tahap II ... | 165 |
| 6.4.1 Analisa Harga Dasar dan Upah..... | 167 |
| BAB VII PENUTUP..... | 171 |
| 7.1 Kesimpulan | 171 |
| 7.2 Saran..... | 172 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 175 |
| BIODATA PENULIS..... | 177 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1.1 Peta Provinsi Jawa Timur | 4 |
| Gambar 1.2 Rencana Jalan Tol Krian – Legundi – Bunder - Manyar | 5 |
| | |
| Gambar 2. 1 Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cembung | 14 |
| Gambar 2. 2 Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cekung | 14 |
| Gambar 2. 3 Tikungan <i>Full Circle</i> | 17 |
| Gambar 2. 4 Tikungan <i>Spiral-Circle-Spiral</i> | 18 |
| Gambar 2. 5 Tikungan <i>Spiral- Spiral</i> | 19 |
| Gambar 2. 6 Metode Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan .. | 21 |
| Gambar 2. 7 Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe FC .. | 22 |
| Gambar 2. 8 Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe SCS .. | 22 |
| Gambar 2. 9 Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe SS .. | 23 |
| Gambar 2. 10 Lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung | 28 |
| Gambar 2. 11 Jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung..... | 30 |
| Gambar 2. 12 Jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung..... | 30 |
| Gambar 2. 13 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen | 33 |
| Gambar 2. 14 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah | 34 |
| Gambar 2. 15 Sistem perencanaan perkerasan beton semen | 38 |
| Gambar 2. 16 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton | 41 |

| | |
|---|--------|
| Gambar 2. 17 Analisis erosi dan jumlah repetisi beban berdasarkan faktor erosi, dengan bahu beton..... | 42 |
| Gambar 2. 18 Tipikal sambungan memanjang | 48 |
| Gambar 2. 19 Ukuran standar penguncian sambungan memanjang | 48 |
| Gambar 2. 20 Sambungan susut melintang tanpa ruji | 49 |
| Gambar 2. 21 Sambungan susut melintang dengan ruji..... | 50 |
| Gambar 2. 22 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur | 50 |
| Gambar 2. 23 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan..... | 51 |
| Gambar 2. 24 Batas daerah pengaliran yang diperhitungkan (L1+L2+L3)..... | 56 |
| Gambar 2. 25 Kemiringan tanah | 57 |
| Gambar 2. 26 Pematah Arus..... | 58 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir | 65 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Ekuivalensi Mobil Penumpang Untuk Jalan Bebas Hambatan Dua Arah - Empat Lajur | 7 |
| Tabel 2. 2 Ekuivalensi Mobil Penumpang Untuk Jalan Bebas Hambatan Dua Arah - Enam Lajur | 8 |
| Tabel 2. 3 Kapasitas Jalan Bebas Hambatan Terbagi | 9 |
| Tabel 2. 4 Kapasitas Jalan Bebas Hambatan Tak Terbagi..... | 9 |
| Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu – Lintas (FC_w)..... | 10 |
| Tabel 2. 6 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FC_{sp})..... | 11 |
| Tabel 2. 7 Tipe Alinyemen | 12 |
| Tabel 2. 8 Jumlah Lajur Berdasarkan Arus Lalu Lintas | 12 |
| Tabel 2. 9Kecepatan Rencana (V_R)..... | 13 |
| Tabel 2. 10Lebar Lajur dan Bahu Jalan Tol..... | 13 |
| Tabel 2. 11 Jarak Pandang Henti (S_s) Minimum..... | 15 |
| Tabel 2. 12 Jarak Pandang Henti (S_s) Minimum dengan Kelandaian | 15 |
| Tabel 2. 13 panjang bagian lurus maksimum..... | 16 |
| Tabel 2. 14 Panjang Tikungan Minimum | 20 |
| Tabel 2.15Superelevasi Maksimum Berdasarkan Tata Guna Lahan dan Iklim..... | 23 |
| Tabel 2.16Koefisien gesek maksimum berdasarkan V_R | 24 |
| Tabel 2. 17Panjang Jari-Jari Minimum (Dibulatkan) | 24 |
| Tabel 2. 18Tingkat perubahan kelandaian melintang maksimum | 27 |
| Tabel 2. 19 Kelandaian Maksimum | 29 |
| Tabel 2.20 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana | 35 |
| Tabel 2. 21Faktor keamanan beban (FKB)..... | 37 |
| Tabel 2. 22 Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan beton semen..... | 39 |

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 23 Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton..... | 40 |
| Tabel 2. 24 Hubungan kuat tekan beton dan angka ekivalen baja dan beton (n) | 44 |
| Tabel 2. 25 Diameter ruji | 49 |
| Tabel 2. 26 Kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan ... | 51 |
| Tabel 2. 27 Nilai Y_T | 52 |
| Tabel 2. 28 Nilai Y_n | 53 |
| Tabel 2. 29 Nilai S_n | 53 |
| Tabel 2. 30 Hubungan kondisi permukaan dengan koefisien hambatan | 54 |
| Tabel 2. 31 Hubungan kondisi permukaan tanah dan koefisien pengaliran (C) | 55 |
| Tabel 2. 32 Harga n Untuk Rumus Manning | 58 |
| Tabel 2. 33 Hubungan kemiringan selokan samping jalan (i) dan jarak pematah arus (L) | 59 |
| | |
| Tabel 4. 1 Data Lalu – Lintas Harian Tahun 2015 | 67 |
| Tabel 4. 2 Pertumbuhan Volume Lalu-Lintas pada Ruas Jalan Tol Surabaya - Gresik..... | 67 |
| Tabel 4. 3Volume Lalu – Lintas Harian Rata-rata Tahunan..... | 68 |
| Tabel 4. 4 Perhitungan ΔH STA 19+000 – STA 29+000..... | 70 |
| Tabel 4.5 Tipe Alinyemen Jalan Tol KLBM STA 19+000 – STA 29+000 | 72 |
| Tabel 4. 6 Kapasitas Dasar Jalan Tol KLBM STA 19+000 – STA 29+000 | 72 |
| Tabel 4.7 FCw Jalan Tol KLBMSTA 19+000 – STA 29+000 ... | 72 |
| Tabel 4.8 FCsp Jalan Tol KLBM STA 19+000 – STA 29+000 . | 73 |
| Tabel 4. 9 Rekapitulasi DS (4/2 D) | 74 |
| Tabel 4. 10 Rekapitulasi DS (6/2 D)..... | 76 |
| Tabel 4. 11Rekapitulasi Kontrol Alinyemen Horizontal Lengkung Full Circle | 81 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4. 12Rekapitulasi Kontrol Alinyemen Horizontal Lengkung Spiral – Spiral..... | 81 |
| Tabel 4. 13 Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti $S < L$ | 84 |
| Tabel 4. 14 Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti $S > L$ | 84 |
| Tabel 4. 15 Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cembung berdasarkan syarat keluwesan bentuk | 85 |
| Tabel 4. 16. Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cembung berdasarkan syarat drainase | 85 |
| Tabel 4. 17 Perhitungan perubahan desain alinyemen vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti $S < L$ | 86 |
| Tabel 4. 18 Perhitungan perubahan desain alinyemen vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti $S > L$ | 86 |
| Tabel 4. 19 Perhitungan perubahan desain alinyemen vertikal cembung berdasarkan syarat keluwesan bentuk..... | 87 |
| Tabel 4. 20 Perhitungan perubahan desain alinyemen vertikal cembung berdasarkan syarat drainase | 87 |
| Tabel 4. 21Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti $S < L$ | 90 |
| Tabel 4. 22Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti $S > L$ | 90 |
| Tabel 4. 23Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cekung berdasarkan keluwesan bentuk..... | 91 |
| Tabel 4. 24Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cekung berdasarkan drainase | 91 |
| Tabel 4. 25 Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cekung berdasarkan kenyamanan..... | 92 |
| Tabel 4. 26Distribusi Volume Kendaraan | 93 |
| Tabel 4. 27 LHR Perencanaan Perkerasan Kaku Tahun 2019 | 94 |
| Tabel 4. 28LHR Perencanaan Perkerasan Kaku Tahun 2036 | 95 |
| Tabel 4. 29 Data Muatan Maksimum dan Pengelompokan Kendaraan Niaga | 96 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 4. 30 perhitungan jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya untuk tahap I | 98 |
| Tabel 4. 31 Perhitungan repetisi sumbu rencana untuk tahap I ... | 99 |
| Tabel 4. 32 Perhitungan jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya untuk tahap II | 101 |
| Tabel 4. 33 Perhitungan repetisi sumbu rencana untuk tahap II | 102 |
| Tabel 4. 34 Analisa Fatik dan Erosi Tebal Plat 245mm Tahap I | 106 |
| Tabel 4. 35 Analisa Fatik dan Erosi Tebal Plat 250mm Tahap I | 107 |
| Tabel 4. 36 Analisa Fatik dan Erosi Tebal Plat 245mm Tahap II | 108 |
| Tabel 4. 37 Analisa Fatik dan Erosi Tebal Plat 250mm Tahap II | 110 |
| | |
| Tabel 5. 1 Persyaratan gradasi lapis pondasi agregat | 132 |
| Tabel 5. 2 Sifat-sifat Lapis Pondasi Agregat..... | 133 |
| Tabel 5. 3 Gradasi Agregat Halus | 135 |
| Tabel 5. 4 Gradasi Agregat Kasar | 135 |
| | |
| Tabel 6. 1 Perhitungan Volume Galian | 145 |
| Tabel 6. 2 Perhitungan Volume Timbunan | 148 |
| Tabel 6. 3 Perhitungan Volume Galian Tanah untuk Drainase | 151 |
| Tabel 6. 4 Perhitungan Volume Pasangan Batu Kali..... | 152 |
| Tabel 6. 5 Perhitungan Luas Plesteran..... | 153 |
| Tabel 6. 6 Analisa Harga Dasar dan Upah Tahun 2017 | 157 |
| Tabel 6. 7 Rencana Anggaran Biaya Pembangunan Tahap I | 160 |
| Tabel 6. 8 Rata-rata Inflasi Tahun 2011-2015 | 167 |
| Tabel 6. 9 Analisa Harga Dasar dan Upah Tahun 2044 | 167 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jawa Timur merupakan salah satu provinsi dengan pertumbuhan ekonomi terbesar di Indonesia. Hal ini dipengaruhi oleh penetapan wilayah Kawasan Strategis Nasional Gerbangkertosusila yang akan memberikan dampak pertumbuhan ekonomi yang meningkat akibat kegiatan ekspor–import dari wilayah Selatan-Barat Provinsi Jawa Timur (Gresik, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, Kediri, Nganjuk, Madiun, Ponorogo, Tulungagung, Trenggalek, Magetan, Pacitan) yang akan melalui terminal Teluk Lamong.

Upaya untuk mengantisipasi bangkitan lalu lintas akibat pertumbuhan ekspor-import yang melalui Teluk Lamong, Pemerintah Daerah Jawa Timur merencanakan jalan bebas hambatan Krian – Legundi – Bunder – Manyar sebagai prasarana transportasi dimana fungsinya untuk melayani dan memudahkan pergerakan masyarakat dalam kegiatan ekspor-import di Terminal Teluk Lamong. Selain itu, jalan bebas hambatan ini juga sebagai jalur alternatif yang menghubungkan Krian – Manyar dengan keuntungan lebih mempersingkat waktu tempuh serta mampu mengurangi biaya operasi kendaraan agar semakin irit dan mudah.

Berdasarkan latar belakang di atas, dalam pengerjaan Tugas Akhir ini diambil judul tentang Perencanaan Jalan Tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar Seksi III STA 19+000 – STA 29+000 Jawa Timur menggunakan perkerasan kaku metode Bina Marga dengan umur rencana 25 tahun. Direncanakan menggunakan perkerasan kaku dikarenakan dapat menahan beban kendaraan yang berat dengan lalu lintas kendaraan yang cukup tinggi, tahan terhadap genangan air dan banjir, biaya perawatan lebih murah dibanding jalan aspal, dapat digunakan pada struktur tanah yang memiliki CBR rendah tanpa perbaikan struktur tanahnya terlebih dahulu.

Dengan demikian pembangunan Jalan Tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar diharapkan mampu menjadi solusi efisiensi waktu, arus transportasi ekspor-import, dan

diharapkan dalam 25 tahun mendatang, kondisi Jalan Tol krian – Legundi – Bunder III STA 19+000 – 29+000 mampu mendukung kelancaran lalu lintas dan keselamatan bagi pengguna jalan serta memacu pertumbuhan ekonomi di daerah sekitarnya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah ditinjau dari segi teknis perencanaan jalan dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil perhitungan *Degree of Saturation*(DS) kondisi eksisting hingga mencapai nilai $DS \geq 0,75$?
2. Berapa kebutuhan kapasitas rencana jalan pada saat nilai DS kondisi eksisting mencapai $\geq 0,75$ sebagai awal umur rencana hingga 25 tahun kedepan?
3. Bagaimana perencanaan geometrik jalan yang meliputi alinyemen vertikal dan alinyemen horizontal berpedoman pada petunjuk Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009 Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga?
4. Berapa ketebalan perkerasan kaku yang diperlukan untuk umur rencana 25 tahun dengan menggunakan petunjuk Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Dinas Pekerjaan Umum Metode Bina Marga 2003?
5. Berapa dimensi saluran tepi (drainase) yang direncanakan untuk jalan tersebut menurut Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan (SNI 03-3424-1994)?
6. Berapa rancangan anggaran dan biaya proyek jalan tol tersebut?
7. Bagaimana metode pelaksanaan dari proyek jalan tol tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya perencanaan yang dapat terjadi, maka batasan masalah yang digunakan meliputi :

1. Data-data yang digunakan dalam perencanaan jalan tol merupakan data sekunder
2. Perkerasan jalan yang ditinjau hanya pada STA 19+000 – STA 29+000
3. Rencana Anggaran Biaya hanya dibatasi pada konstruksi perkerasan dan saluran (drainase) dan tidak memperhitungkan biaya perawatan perkerasan
4. Tidak membahas dinding penahan, perencanaan timbunan, struktur jembatan, dan *box culvert* yang terdapat dalam proyek tersebut

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari perencanaan jalan ini adalah :

1. Untuk mengetahui hasil perhitungan *Degree of Saturation* (DS) pada kondisi eksisting
2. Untuk mengetahui kebutuhan kapasitas rencana jalan yang berpedoman pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 pada saat nilai DS kondisi eksisting mencapai $\geq 0,75$ sebagai awal umur rencana hingga 25 tahun kedepan
3. Untuk perencanaan geometrik jalan yang meliputi alinyemen vertikal dan alinyemen horizontal berpedoman pada petunjuk Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009 Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga
4. Untuk mengetahui ketebalan perkerasan kaku yang direncanakan pada jalan tersebut dengan menggunakan petunjuk Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Dinas Pekerjaan Umum Metode Bina Marga 2003 untuk umur rencana 25 tahun
5. Untuk mengetahui dimensi saluran tepi (drainase) yang direncanakan untuk jalan tersebut menurut Tata

Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan (SNI 03-3424-1994)

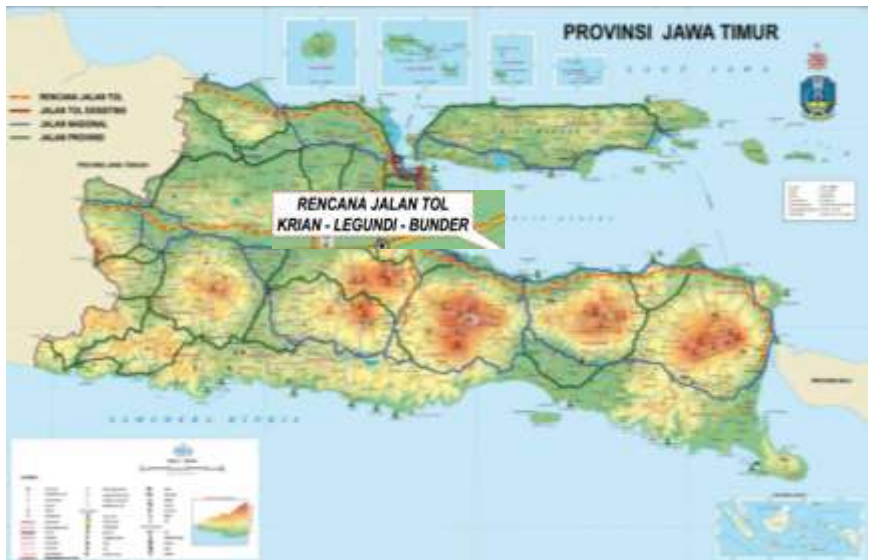
6. Untuk mengetahui rancangan anggaran dan biaya proyek jalan tol tersebut
7. Untuk mengetahui bagaimana metode pelaksanaan proyek jalan tol tersebut

1.5 Lokasi Studi

Nama Proyek : Pembangunan Jalan Tol Kawasan PKN Gerbangkertosusila ruas Krian – Legundi – Bunder - Manyar

Alamat Proyek : Kabupaten Sidoarjo – Kabupaten Gresik, Jawa Timur

Peta Lokasi :



Gambar 1.1 Peta Provinsi Jawa Timur



Gambar 1.2 Rencana Jalan Tol Krian – Legundi – Bunder - Manyar

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Kapasitas Jalan

2.1.1 Arus Lalu Lintas

Perhitungan arus lalu lintas pada jalan bebas hambatan berpedoman pada MKJI 1997 dengan cara perhitungan sebagai berikut :

$$Q = LHRT \times k \times emp$$

Keterangan :

Q = Arus kendaraan (smp/jam)

LHRT = Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan
(kendaraan/hari)

k = Rasio antara arus jam rencana dan LHRT (nilai normal 0,11)

emp = Ekuivalensi mobil penumpang

Tabel 2.1 Ekuivalensi Mobil Penumpang Untuk Jalan Bebas Hambatan Dua Arah - Empat Lajur

| Tipe alinyemen | Arus Kend/jam | emp | | |
|----------------|------------------------------|-----|-----|-----|
| | MW terbagi per arah kend/jam | MHV | LB | LT |
| Datar | 0 | 1,2 | 1,2 | 1,6 |
| | 1250 | 1,4 | 1,4 | 2,0 |
| | 2250 | 1,6 | 1,7 | 2,5 |
| | ≥2.800 | 1,3 | 1,5 | 2,0 |
| Bukit | 0 | 1,5 | 1,6 | 4,8 |
| | 900 | 2,0 | 2,0 | 4,6 |
| | 1700 | 2,2 | 2,3 | 4,3 |
| | ≥2.250 | 1,8 | 1,9 | 3,5 |
| Gunung | 0 | 3,2 | 2,2 | 5,5 |
| | 700 | 2 | 2,6 | 5,1 |
| | 1450 | 2,0 | 2,9 | 4,8 |
| | ≥2.000 | 2,0 | 2,4 | 3,8 |

Sumber : MKJI 1997 hal 7-33

Tabel 2. 2 Ekivalensi Mobil Penumpang Untuk Jalan Bebas Hambatan Dua Arah - Enam Lajur

| Tipe Alinyemen | Total Arus Kend/jam | emp | | |
|----------------|---------------------|-----|-----|-----|
| | | MHV | LB | LT |
| Datar | 0 | 1.2 | 1.2 | 1.6 |
| | 1.900 | 1.4 | 1.4 | 2.0 |
| | 3.400 | 1.6 | 1.7 | 2.5 |
| | ≥ 4.150 | 1.3 | 1.5 | 2.0 |
| Bukit | 0 | 1.8 | 1.6 | 4.8 |
| | 1.450 | 2.0 | 2.0 | 4.6 |
| | 2.600 | 2.2 | 2.3 | 4.3 |
| | ≥ 3.300 | 1.8 | 1.9 | 3.5 |
| Gunung | 0 | 3.2 | 2.2 | 5.5 |
| | 1.150 | 2.9 | 2.6 | 5.1 |
| | 2.150 | 2.6 | 2.9 | 4.8 |
| | ≥ 3.000 | 2.0 | 2.4 | 3.8 |

Sumber : MKJI 1997 hal 7-36

2.1.2 Analisa Kapasitas

Untuk jalan tak terbagi, semua analisa (kecuali analisa kelandaian khusus) dilakukan pada kedua arah menggunakan satu set formulir. Untuk jalan terbagi, analisa dilakukan pada masing – masing arah dan seolah – olah masing – masing arah adalah jalan satu arah yang terpisah.

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \text{ (smp/jam)}$$

Keterangan :

C = Kapasitas

C_o = Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu-lintas

FC_{SP} = Faktor penyesuaian akibat pemisahan arah
(jalan bebas hambatan tak terbagi)

2.1.3 Kapasitas Dasar

Kapasitas dasar adalah kapasitas dari suatu segmen jalan untuk suatu set koordinasi yang ditentukan sebelumnya (geometrik, pola arus lalu lintas, dan faktor lingkungan). Perhatian bahwa pengaruh tipe medan pada kapasitas juga diperhitungkan melalui penggunaan emp yang berbeda seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4 dibawah ini :

Tabel 2. 3 Kapasitas Jalan Bebas Hambatan Terbagi

| Tipe jalan bebas hambatan/ Tipe Alinyemen | Kapasitas dasar (smp/jam/lajur) |
|--|------------------------------------|
| Empat dan enam - lajur terbagi | |
| - Datar | 2300 |
| - Bukit | 2250 |
| - Gunung | 2150 |

Sumber : MKJI 1997hal 7-47

Tabel 2. 4 Kapasitas Jalan Bebas Hambatan Tak Terbagi

| Tipe jalan bebas hambatan/ Tipe Alinyemen | Kapasitas dasar (Total Kedua arah) (smp/jam) |
|--|--|
| Empat dan enam - lajur terbagi | |
| - Datar | 3400 |
| - Bukit | 3300 |
| - Gunung | 3200 |

Sumber : MKJI 1997hal 7-47

Kapasitas jalan untuk jalan bebas hambatan dengan lebih dari enam lajur (berlajur banyak) dapat ditentukan dengan menggunakan kapasitas per lajur yang diberikan dalam tabel di atas, meskipun lajur yang bersangkutan tidak dengan lebar yang standart.

2.1.4 Faktor Penyesuaian Kapasitas akibat Lebar Lajur Lalu Lintas (FC_w)

Untuk jalan bebas hambatan umumnya mempunyai bahu diperkeras yang dapat digunakan untuk lalu – lintas, lebar bahu tidak ditambahkan pada lebar efektif jalur lalu – lintas yang dapat dilihat pada Tabel 2.5 dibawah ini :

Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu – Lintas (FC_w)

| Tipe jalan bebas hambatan | Lebar efektif jalur lalu lintas W_c (m) | FC_w |
|---|---|--------|
| Empat-lajur terbagi Enam-lajur terbagi | Per lajur 3,25 | 0,96 |
| | 3,50 | 1,00 |
| | 3,75 | 1,03 |
| Dua-lajur tak terbagi | Total kedua arah 6,5 | 0,96 |
| | 7,0 | 1,00 |
| | 7,5 | 1,04 |

Sumber : MKJI 1997 hal 7-48

Faktor penyesuaian kapasitas jalan dengan lebih dari enam lajur dapat ditentukan dengan menggunakan nilai perlajur yang diberikan untuk jalan bebas hambatan empat dan enam lajur pada Tabel 2.5 diatas.

2.1.5 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FC_{sp})

Nilai Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FC_{sp}) adalah nilai kapasitas dasar akibat pemisah arah (pembagian arah arus pada jalan dua arah dan dinyatakan sebagai prosentase dari arah arus total pada masing-masing arah). Faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisah arah dapat ditentukan sesuai dalam tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FCsp)

| Pemisahan arah SP % - % | | 50-50 | 55-45 | 60-40 | 65-35 | 70-30 |
|-------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FCsp | Jalan bebas hambatan tak terbagi | 1 | 0,97 | 0,94 | 0,91 | 0,88 |

Sumber : MKJI 1997 hal 7-49

2.1.6 Penentuan Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (*Degree of Saturation*) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan tingkat kinerja suatu simpang dan segmen jalan. Dalam rencana jalan bebas hambatan harus dengan tujuan memastikan derajat kejenuhan tidak melebihi kapasitas (0,75). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$DS = \frac{Q}{C} < 0,75$$

Dimana :

DS = *Degree of Saturation* (Derajat Kejenuhan)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas

2.2 Kontrol Geometrik Jalan

2.2.1 Standar Jumlah Lajur

Standar minimal jumlah lajur adalah 2 (dua) lajur per arah atau 4/2 D dan ditentukan berdasarkan tipe alinyemen sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.7 dan prakiraan volume lalu lintas yang dinyatakan dalam kendaraan/jam sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.8

Tabel 2. 7 Tipe Alinyemen

| Tipe alinyemen | Naik + turun (m/km) | Lengkung horizontal (rad/km) |
|----------------|------------------------|------------------------------------|
| Datar | < 10 | < 1,0 |
| Perbukitan | 10 – 30 | 1,0 – 2.5 |
| Pegunungan | > 30 | > 2,5 |

Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga

Tabel 2. 8 Jumlah Lajur Berdasarkan Arus Lalu Lintas

| Tipe Alinyemen | Arus Lalu Lintas per Arah (kend/jam) | Jumlah Lajur (minimal) |
|----------------|--|---------------------------|
| Datar | ≤ 2.250 | 4/2 D |
| | ≤ 3.400 | 6/2 D |
| | ≤ 5.000 | 8/2 D |
| Perbukitan | ≤ 1.700 | 4/2 D |
| | ≤ 2.600 | 6/2 D |
| Pegunungan | ≤ 1.450 | 4/2 D |
| | ≤ 2.150 | 6/2 D |

Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga

2.2.2 Kecepatan Rencana (V_R)

Kecepatan rencana jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus memenuhi kriteria sebagaimana ditetapkan pada Tabel 2.9

Tabel 2. 9Kecepatan Rencana (V_R)

| Medan Jalan | V_R minimal (km/jam) | |
|-------------|------------------------|-----------|
| | Antarkota | Perkotaan |
| Datar | 120 | 80 – 100 |
| Perbukitan | 100 | 80 |
| Pegunungan | 80 | 60 |

Catatan: Kecepatan rencana 140 km/jam (masuk di range) diijinkan untuk jalan tol antarkota setelah dilakukan analisis tertentu

Sumber : *Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga*

2.2.3 Lebar Lajur Jalan dan Bahu Jalan

Lebar lajur dan lebar bahu jalan ditentukan berdasarkan lokasi jalan tol dan kecepatan rencana. Lebar lajur dan bahu jalan dapat dilihat pada Tabel 2.10

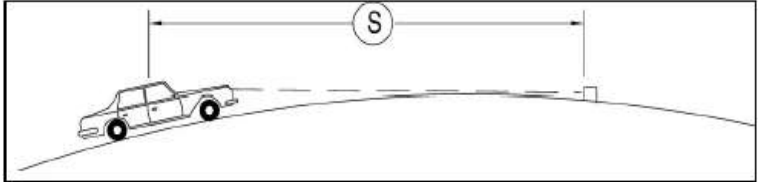
Tabel 2. 10Lebar Lajur dan Bahu Jalan Tol

| Lokasi Jalan Tol | V_R (km/jam) | Lebar Lajur (m) | | Lebar bahu luar diperkeras (m) | | Lebar bahu dalam diperkeras (m) |
|------------------|----------------|-----------------|-------|--------------------------------|-------|---------------------------------|
| | | Min | Ideal | Min | Ideal | |
| Antarkota | 120 | 3,60 | 3,75 | 3,00 | 3,50 | 1,50 |
| | 100 | 3,60 | 3,60 | 3,00 | 3,50 | 1,50 |
| | 80 | 3,60 | 3,60 | 3,00 | 3,50 | 1,00 |
| Perkotaan | 100 | 3,50 | 3,60 | 3,00 | 3,50 | 1,00 |
| | 80 | 3,50 | 3,50 | 2,00 | 3,50 | 0,50 |
| | 60 | 3,50 | 3,50 | 2,00 | 3,50 | 0,50 |

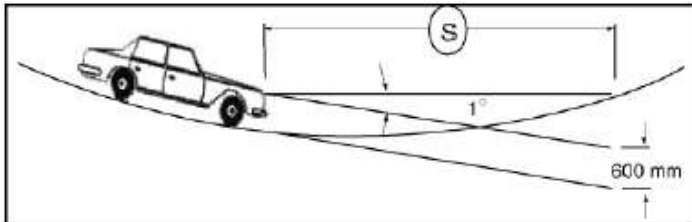
Sumber : *Geometri Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga*

2.2.4 Jarak Pandang

Jarak pandang (S) diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 108 cm dan tinggi halangan 60 cm diukur dari permukaan jalan. Setiap bagian jalan harus memenuhi jarak pandang.



Gambar 2. 1 Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cembung



Gambar 2. 2 Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cekung

Jarak pandang henti dapat terjadi pada dua kondisi tertentu sebagai berikut :

- Jarak pandang henti (S_s) pada bagian datar dihitung dengan rumus

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + 0,039 \frac{V_R^2}{a}$$

- Jarak pandang henti (S_s) akibat kelandaian dihitung dengan rumus

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + \frac{V_R^2}{254 \left[\left(\frac{a}{9,81} \right) \pm G \right]}$$

Keterangan :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu reaksi, ditetapkan 2,5 detik

- a = tingkat perlambatan (m/detik²), ditetapkan 3,4 meter/detik²
 G = kelandaian jalan (%)

Tabel 2.11 berisi S_s minimum pada bagian datar yang dihitung berdasarkan rumus diatas dengan pembulatan – pembulatan untuk berbagai V_R .

Tabel 2. 11 Jarak Pandang Henti (S_s) Minimum

| V_R (km/jam) | Jarak awal reaksi (m) | Jarak awal pengereman (m) | Jarak pandang henti (m) | |
|-------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------|------------|
| | | | Perhitungan | Pembulatan |
| 120 | 83,3 | 163,4 | 246,7 | 250 |
| 100 | 69,4 | 113,5 | 182,9 | 185 |
| 80 | 55,6 | 72,6 | 128,2 | 130 |
| 60 | 41,7 | 40,8 | 82,5 | 85 |

Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga

Tabel 2.12 berisi S_s minimum dengan kelandaian yang dihitung berdasarkan rumus di atas untuk berbagai V_R .

Tabel 2. 12 Jarak Pandang Henti (S_s) Minimum dengan Kelandaian

| V_R (km/jam) | Jarak pandang henti (m) | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Turunan | | | | | | Tanjakan | | | | | |
| | 1% | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% | 1% | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% |
| 120 | 252 | 257 | 263 | 269 | 275 | 281 | 243 | 238 | 234 | 230 | 227 | 223 |
| 100 | 187 | 190 | 194 | 198 | 203 | 207 | 180 | 177 | 174 | 172 | 169 | 167 |
| 80 | 131 | 133 | 136 | 138 | 141 | 144 | 127 | 125 | 123 | 121 | 120 | 118 |
| 60 | 84 | 86 | 87 | 88 | 90 | 92 | 82 | 81 | 80 | 79 | 78 | 77 |

Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga

2.2.5 Alinyemen Horizontal

- Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan).
- Geometri pada bagian lengkung didesain sedemikian rupa dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan V_R .
- Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan, maka alinyemen horizontal harus diperhitungkan secara akurat.

2.2.5.1 Panjang Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai V_R).

Panjang bagian lurus ditetapkan menurut Tabel 2.13 di bawah ini :

Tabel 2. 13 panjang bagian lurus maksimum

| V_R (km/jam) | Panjang Bagian Lurus Maksimum (m) | |
|----------------|-----------------------------------|------------|
| | Perhitungan | Pembulatan |
| 140 | 5833,3 | 5850 |
| 120 | 5000 | 5000 |
| 100 | 4166,7 | 4200 |
| 80 | 3333,3 | 3350 |
| 60 | 2500 | 2500 |

Sumber : *Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga*

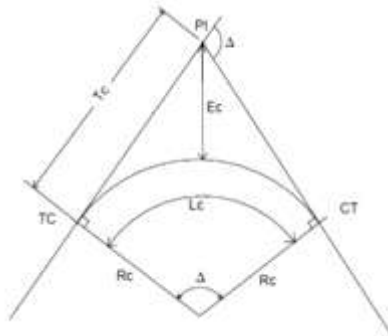
2.2.5.2 Standar Bentuk Tikungan (ditambahkan kapan dipakai FC, SCS, SS)

1. *Full Circle* (FC), yaitu tikungan yang berbentuk busur lingkaran secara penuh. Tikungan ini memiliki satu titik pusat lingkaran dengan jari-jari yang seragam.

$$T_c = R_c \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360^\circ} 2\pi R$$



Gambar 2. 3 Tikungan *Full Circle*

2. *Spiral-Circle-Spiral* (SCS), yaitu tikungan yang terdiri dari 1 (satu) lengkung lingkaran dan 2 (dua) lengkung spiral.

$$X_c = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c^2}$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6R_c}$$

$$\theta_s = \frac{L_s \cdot 90}{\pi \cdot R_c}$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s$$

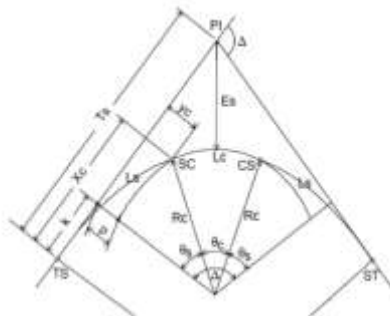
$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} \times 2\pi R_c$$

$$L = L_c + 2L_s$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c(1 - \cos \theta_s)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c} - R_c \sin \theta_s$$

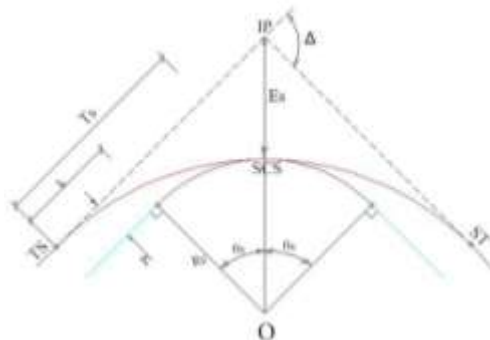
$$E_s = \frac{(R_c + p)}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R$$



Gambar 2. 4 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

3. *Spiral-Spiral* (SS), yaitu tikungan yang terdiri atas 2 (dua) lengkung spiral.

$$\begin{aligned}
 k &= Xc - R \sin \theta_s & \theta_s &= \frac{\Delta}{2} \\
 p &= Yc - R(1 - \cos \theta_s) & \Delta c &= 0 \\
 T_s &= (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k & L_c &= 0 \\
 E_s &= \frac{(R + p)}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R & Y_c &= \frac{L_s^2}{6R} \\
 L_{total} &= 2L_s & X_c &= L_s - \frac{L_s^3}{40R^2}
 \end{aligned}$$



Gambar 2. 5 Tikungan *Spiral-Spiral*

2.2.5.3 Panjang Tikungan

Panjang tikungan (L_t) dapat terdiri dari panjang busur lingkaran (L_c) dan panjang 2 (dua) lengkung spiral (L_s) atau beberapa lengkung spiral yang diukur sepanjang sumbu jalan. Untuk menjamin kelancaran dan kemudahan mengemudikan kendaraan pada saat menikung, maka panjang suatu tikungan tidak kurang dari 6 detik perjalanan dengan V_R . Panjang ini dapat diperhitungkan berdasarkan V_R atau ditetapkan berdasarkan Tabel 2.14 sebagai berikut:

Tabel 2. 14 Panjang Tikungan Minimum

| V_R (km/jam) | Panjang Tikungan Minimum (m) |
|----------------|------------------------------|
| 120 | 200 |
| 100 | 170 |
| 80 | 140 |
| 60 | 100 |

Catatan :

- a. Pada tikungan full circle, nilai $L_s = 0$, sehingga $L_t = L_c$
 - b. Pada tikungan Spiral-spiral, nilai $L_c = 0$, sehingga $L_t = 2 L_s$
- Sumber : *Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga*

2.2.5.4 Superelevasi

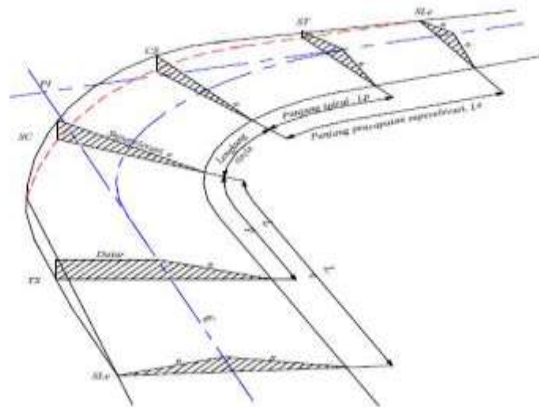
a. Umum

- Superelevasi harus dibuat pada semua tikungan kecuali tikungan yang memiliki radius yang lebih besar dari R_{min} tanpa superelevasi. Besarnya superelevasi harus direncanakan sesuai dengan V_R
- Superelevasi berlaku pada jalur lalu lintas dan bahu jalan

- Nilai superelevasi maksimum ditetapkan antara 4%-10 %
- Harus diperhatikan masalah drainase pada pencapaian kemiringan

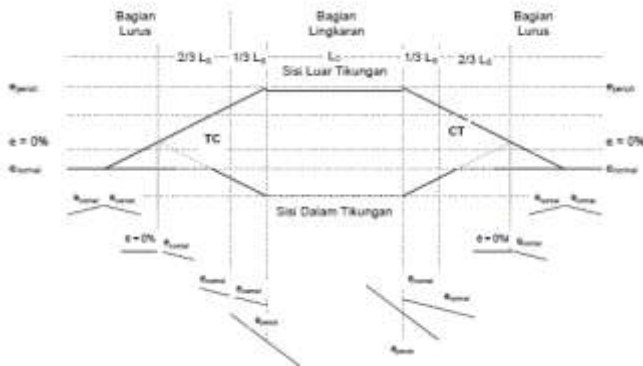
b. Diagram Superelevasi

- Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke superelevasi penuh pada bagian lengkung, seperti pada gambar di bawah ini :



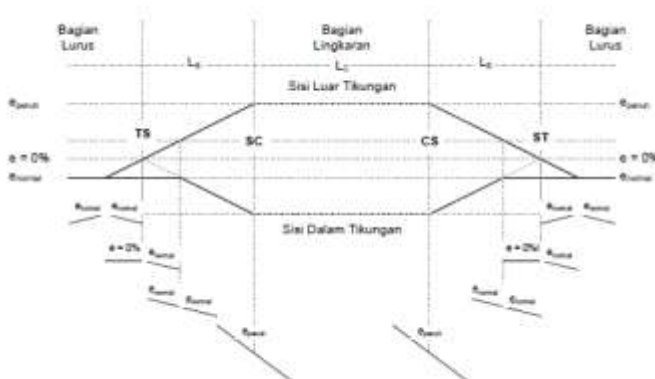
Gambar 2. 6 Metode Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan

- Pada tikungan tipe FC, bila diperlukan pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3$ LS dan dilanjutkan pada bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3$ bagian panjang Ls, seperti pada gambar di bawah ini :



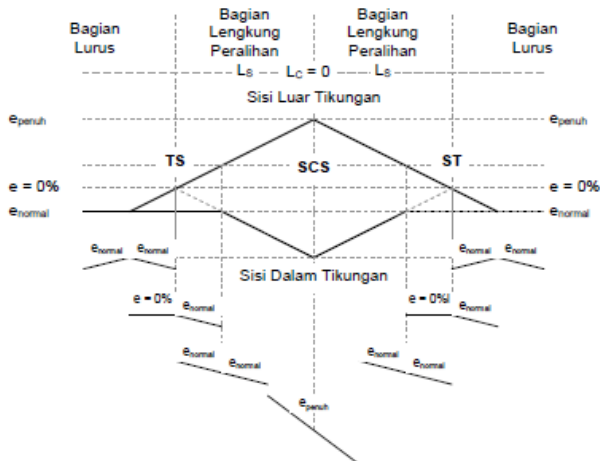
Gambar 2. 7Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe FC

- Pada tikungan tipe SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan pada titik TS, kemudian meningkat secara bertahap sampai mencapai superelevasi penuh pada titik SC, seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.8Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe SCS

- Pada tikungan tipe SS, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral, seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 2. 9 Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe SS

2.2.2.5 Jari – Jari Tikungan

Jari – jari tikungan minimum (R_{min}) ditetapkan sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127(e_{maks} + f_{maks})}$$

Keterangan :

R_{min} = Jari – jari tikungan minimum (m)

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

E_{maks} = Super elevasi maksimum (%)

F_{maks} = Koefisien gesek maksimum

Besaran nilai super elevasi maksimum ditentukan menggunakan Tabel 2.15 berikut,

Tabel 2.15 Superelevasi Maksimum Berdasarkan Tata Guna Lahan dan Iklim

| Superelevasi Maksimum | Kondisi yang Digunakan |
|-----------------------|--|
| 10% | Maksimum untuk jalan tol antarkota |
| 8% | Maksimum untuk jalan tol antarkota dengan curah hujan tinggi |
| 6% | Maksimum untuk jalan tol perkotaan |
| 4% | Maksimum untuk jalan tol perkotaan dengan kepadatan tinggi |

Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga

Besaran nilai koefisien gesek maksimum ditentukan menggunakan Tabel 2.16 berikut,

Tabel 2.16 Koefisien gesek maksimum berdasarkan V_R

| V_R (km/jam) | Koefisien Gesek Maksimum (f_{max}) |
|----------------|--|
| 120 | 0,092 |
| 100 | 0,116 |
| 80 | 0,140 |
| 60 | 0,152 |

Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga

Hasil perhitungan R_{min} ditampilkan pada Tabel 2.17

Tabel 2. 17 Panjang Jari-Jari Minimum (Dibulatkan)

| e max (%) | VR (km/jam) | f_{max} | (e/100+f) | Rmin (m) | |
|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|------------|
| | | | | Perhitungan | Pembulatan |
| 10,0 | 120 | 0,092 | 0,192 | 590,6 | 590 |
| 10,0 | 100 | 0,116 | 0,216 | 364,5 | 365 |
| 10,0 | 80 | 0,14 | 0,24 | 210 | 210 |
| 10,0 | 60 | 0,152 | 0,252 | 112,5 | 110 |
| 8,0 | 120 | 0,092 | 0,172 | 659,2 | 660 |
| 8,0 | 100 | 0,116 | 0,196 | 401,7 | 400 |

| | | | | | |
|-----|-----|-------|-------|-------|-----|
| 8,0 | 80 | 0,14 | 0,22 | 229,1 | 230 |
| 8,0 | 60 | 0,152 | 0,232 | 122,2 | 120 |
| 6,0 | 120 | 0,092 | 0,152 | 746 | 745 |
| 6,0 | 100 | 0,116 | 0,176 | 447,4 | 445 |
| 6,0 | 80 | 0,14 | 0,2 | 252 | 250 |
| 6,0 | 60 | 0,152 | 0,212 | 133,7 | 135 |
| 4,0 | 120 | 0,092 | 0,132 | 859 | 860 |
| 4,0 | 100 | 0,116 | 0,156 | 504,7 | 505 |
| 4,0 | 80 | 0,14 | 0,18 | 280 | 280 |
| 4,0 | 60 | 0,152 | 0,192 | 147,6 | 150 |

Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol,
Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga

2.2.2.6 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan (L_s) berfungsi untuk memberikan kesempatan kepada pengemudi untuk mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan dengan jari-jari R tetap, agar gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat melintasi tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan.

Ketentuan lengkung peralihan adalah sebagai berikut:

- a) Bentuk lengkung peralihan yang digunakan adalah bentuk spiral (*clothoide*)
- b) Panjang lengkung peralihan ditetapkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:
 - 1) Waktu perjalanan melintasi lengkung peralihan
 - 2) Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan
 - 3) Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan
 - 4) Tingkat perubahan kelandaian relatif
- c) L_s ditentukan yang memenuhi ke empat kriteria tersebut di atas, sehingga dipilih nilai L_s yang terpanjang.

- a. Waktu perjalanan melintasi lengkung peralihan
Waktu perjalanan melintasi lengkung peralihan harus dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinyemen yang mendadak. Kriteria ini dihitung dengan rumus :

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T$$

Keterangan :

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan (detik), ditetapkan 2 detik

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

- b. Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan
Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (r_e) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui r_{e-max} yang ditetapkan sebagai berikut:

a) untuk $V_R \leq 70$ km/jam, $r_{e-max} = 0,035$ m/m/detik,

b) untuk $V_R \geq 80$ km/jam, $r_{e-max} = 0,025$ m/m/detik.

Kriteria ini dihitung dengan rumus :

$$L_s = \frac{\left(\frac{e_m - e_n}{100} \right) V_R}{3,6 r_e}$$

Keterangan :

e_m = Superelevasi maksimum (%)

e_n = Superelevasi normal (%)

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

r_e = Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (m/m/det)

- c. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan
Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada

lengkungperalihan dengan aman. Kriteria ini dihitung dengan rumus :

$$L_s = \frac{0,0214V_R^3}{RC}$$

Keterangan :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

R = radius tikungan (m)

C = perubahan maksimum percepatan arah radial (m/det^3), digunakan 1,2 m/det^3

- d. Tingkat perubahan kelandaian relatif
Tingkat perubahan kelandaian relatif (Δ) dari bentuk kemiringan normal ke bentuk kemiringan superelevasi penuh tidak boleh melampaui Δ maksimum yang ditetapkan seperti pada Tabel 2.18

Tabel 2. 18Tingkat perubahan kelandaian melintang maksimum

| V_R (km/jam) | Δ (m/m) |
|----------------|----------------|
| 120 | 1/263 |
| 100 | 1/227 |
| 80 | 1/200 |
| 60 | 1/167 |

Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga

Panjang pencapaian perubahan kelandaian dari kemiringan normal sampai ke kemiringan superelevasi penuh (L_s) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$L_s = \frac{(wn_1)e_d}{\Delta} (b_w)$$

Keterangan :

w = lebar satu jalur lalu lintas (m)

e_d = superelevasi rencana (%)

n_1 = jumlah lajur yang diputar
 b_w = faktor penyesuaian untuk jumlah lajur yang diputar

| | | | |
|-------|------|------|------|
| n_1 | 1 | 1,5 | 2 |
| b_w | 1,00 | 0,83 | 0,75 |

Δ = tingkat perubahan kelandaian relatif (m/m)

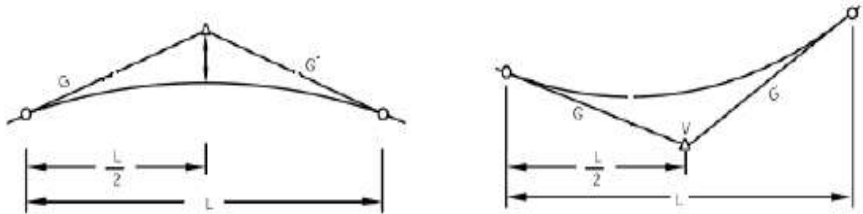
Tikungan yang memiliki R dengan nilai $e = LN$ tidak memerlukan lengkung peralihan dan tikungan yang memiliki R dengan nilai $e = RC$ tidak memerlukan superelevasi.

2.2.6 Alinyemen Vertikal

2.2.6.1 Umum

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung.

- Bagian lurus dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar).
- Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.



Gambar 2. 10 Lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung

Bila pelaksanaan konstruksi dilakukan secara bertahap selama masa konsesi jalan tol, maka harus dipertimbangkan, misalnya peningkatan perkerasan, penambahan lajur, dan dengan pelaksanaan pembiayaan yang efisien, dan dianjurkan, perubahan alinyemen vertikal dimasa yang akan datang seharusnya dihindarkan.

2.2.6.2 Kelandaian Alinyemen Vertikal

Kelandaian maksimum

Pembatasan kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum jalan untuk alinyemen vertikal harus memenuhi Tabel 2.19 sebagai berikut :

Tabel 2. 19 Kelandaian Maksimum

| V_R (km/jam) | Kelandaian maksimum (%) | | |
|-------------------|-------------------------|------------|------------|
| | Datar | Perbukitan | Pegunungan |
| 120 | 3 | 4 | 5 |
| 100 | 3 | 4 | 6 |
| 80 | 4 | 5 | 6 |
| 60 | 5 | 6 | 6 |

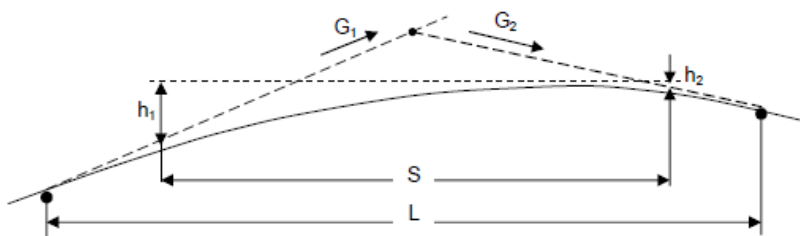
Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol,
Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal
Bina Marga

2.2.6.3 Lengkung Vertikal Alinyemen Vertikal

a. Lengkung Vertikal Cembung

Panjang lengkung vertikal cembung, berdasarkan jarak pandangan henti ditentukan dengan rumus berikut:

- a) Jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung ($S < L$), seperti pada Gambar 2.11



Gambar 2. 11 Jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung

$$L = \frac{AS^2}{658}$$

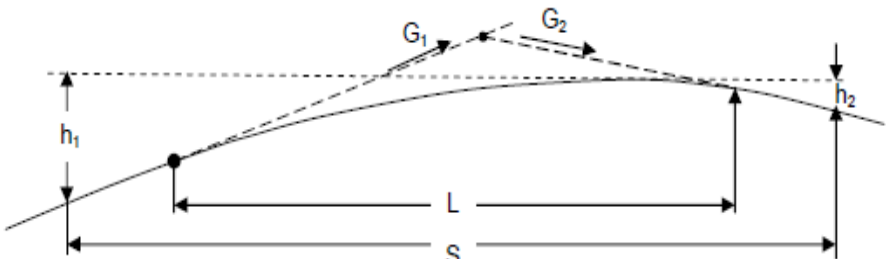
Keterangan :

L = panjang lengkung vertikal (m)

A = perbedaan aljabar landai (%)

S = jarak pandang henti (m)

- b) Jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung ($S > L$), seperti pada Gambar 2.12



Gambar 2. 12 Jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung

$$L = 2S - \frac{658}{A}$$

Keterangan :

L = panjang lengkung vertikal (m)

A = perbedaan aljabar landai (%)

S = jarak pandang henti (m)

Nilai minimum untuk panjang lengkung vertikal pada kondisi jarak pandang lebih besar dari panjang

lengkung vertikal, yaitu $L_{\min} = 0,6 V_R$, dimana V_R dalam km/jam dan L_{\min} dalam meter.

b. Lengkung Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung, berdasarkan jarak pandangan henti ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

- c.
a) Jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cekung ($S < L$)

$$L = \frac{AS^2}{120 + 3,5S}$$

Keterangan :

- L = panjang lengkung vertikal (m)
A = perbedaan aljabar landai (%)
V = kecepatan rencana (km/jam)

- b) Jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cekung ($S > L$)

$$L = 2S - \left(\frac{120 + 3,5S}{A} \right)$$

Keterangan :

- L = panjang lengkung vertikal (m)
A = perbedaan aljabar landai (%)
V = kecepatan rencana (km/jam)

Nilai minimum untuk panjang lengkung vertikal pada kondisi jarak pandang lebih besarpanjang lengkung vertikal, yaitu $L_{\min} = 0,6 V_R$, dimana V_R dalam km/jam dan L_{\min} dalam meter.

2.2.4 Koordinasi Alinyemen Horizontal dan Alinyemen Vertikal

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan alinyemen, adalah sebagai berikut :

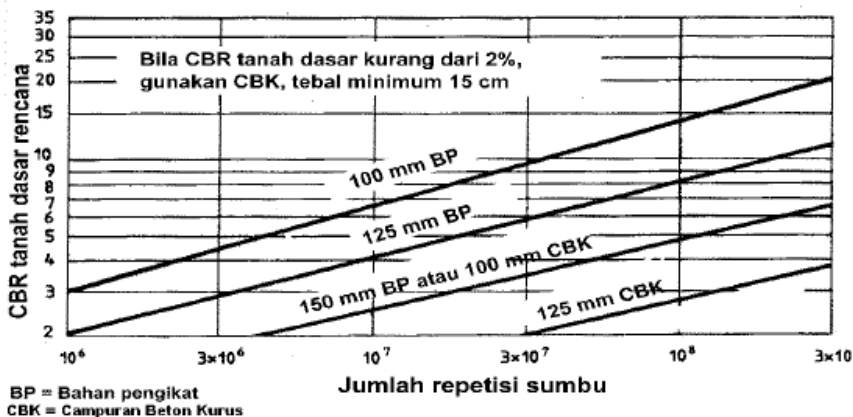
- a. Alinyemen vertikal dan alinyemen horizontal terletak dalam 1 fase, sehingga tikungan tampak alami dan pengemudi dapat memperkirakan bentuk alinyemen berikutnya.
- b. Bila tikungan horizontal dan vertikal tidak terletak pada satu fase maka pengemudi akan sukar untuk memperkirakan bentuk jalan selanjutnya dan bentuk jalan terkesan patah di suatu tempat.
- c. Tikungan yang tajam sebaiknya tidak diadakan di bagian atas lengkung vertikal cembung atau di bagian bawah lengkung vertikal cekung. Alinyemen vertikal akan menghalangi pengemudi pada saat mulai memasuki awal tikungan. Kombinasi ini akan memberikan kesan terputusnya jalan yang sangat membahayakan pengemudi.
- d. Pada jalan yang lurus dan panjang sebaiknya tidak dibuatkan lengkung vertikal cekung atau kombinasi lengkung vertikal cekung.
- e. Kelandaian yang landau dan pendek sebaiknya tidak diletakkan di antara dua kelandaian yang curam sehingga mengurangi jarak pandangan pengemudi.
- f. Jangan menempatkan bagian lurus pendek pada lengkung cembung akan memberikan efek loncatan pada pengemudi.
- g. Hindarkan menempatkan awal dari tikungan, mendekati puncak dari lengkung cembung.

2.3 Perencanaan Perkerasan Kaku

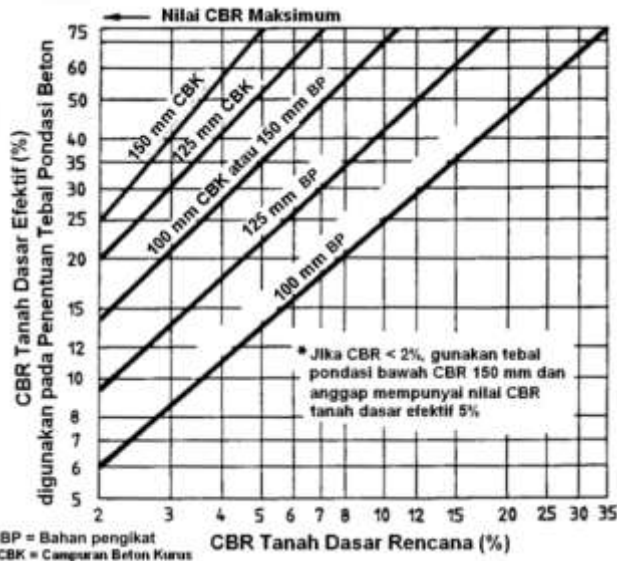
2.3.1 Daya Dukung Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing –

masing untuk tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2%, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-MixConcrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai dasar CBR tanah dasar efektif 5%.



Gambar 2. 13 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen



Gambar 2. 14 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah

2.3.2 Kekuatan Beton

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat lentur beton yaitu sebagai berikut:

$$-f_{cf} = K (f_c')^{0,50} \text{ dalam Mpa atau}$$

$$-f_{cf} = 3,13 K (f_c') \text{ dalam kg/cm}^2$$

Dengan pengertian :

f_c' = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm^2)

f_{cf} = kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm^2)

K = konstanta, 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat pecah

2.3.3 Lalu Lintas

Lalu lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir.

Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton.

2.3.3.1 Konfigurasi Sumbu

Konfigurasi sumbu terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
- Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

2.3.3.2 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar. Jumlah lajur dengan berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi diuraikan dalam Tabel 2.20 di bawah ini:

Tabel 2.20 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana

| Lebar perkerasan (Lp) | Jumlah lajur (n_1) | Koefisien distribusi | |
|-------------------------------------|------------------------|----------------------|--------|
| | | 1 Arah | 2 Arah |
| $Lp < 5,50$ m | 1 Lajur | 1 | 1 |
| $5,50 \text{ m} \leq Lp < 8,25$ m | 2 Lajur | 0,7 | 0,5 |
| $8,25 \text{ m} \leq Lp < 11,25$ m | 3 Lajur | 0,5 | 0,475 |
| $11,23 \text{ m} \leq Lp < 15,00$ m | 4 Lajur | - | 0,45 |
| $15,00 \text{ m} \leq Lp < 18,75$ m | 5 Lajur | - | 0,425 |
| $18,75 \text{ m} \leq Lp < 22,00$ m | 6 Lajur | - | 0,4 |

Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah

2.3.3.3 Pertumbuhan Lalu Lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i}$$

Keterangan :

R = Faktor pertumbuhan lalu – lintas

I = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %

UR = Umur rencana (tahun)

2.3.3.4 Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Jumlah sumbu kendaraan niaga umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C$$

Keterangan :

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

JSKNH = Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat dibuka

R = Faktor pertumbuhan komulatif yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana

C = Koefisien distribusi kendaraan

2.3.3.5 Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}) yang dapat dilihat pada Tabel 2.21 dibawah ini :

Tabel 2. 21 Faktor keamanan beban (FKB)

| No. | Penggunaan | Nilai FKB |
|-----|---|-----------|
| 1 | Jalan bebas hambatan utama dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi, Bila menggunakan data lalu - lintas dari hasil survai beban dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan bebas dapat dikurangi 1,15 | 1,2 |
| 2 | Jalan bebas hambatan (freeway) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah | 1,1 |
| 3 | Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah | 1 |

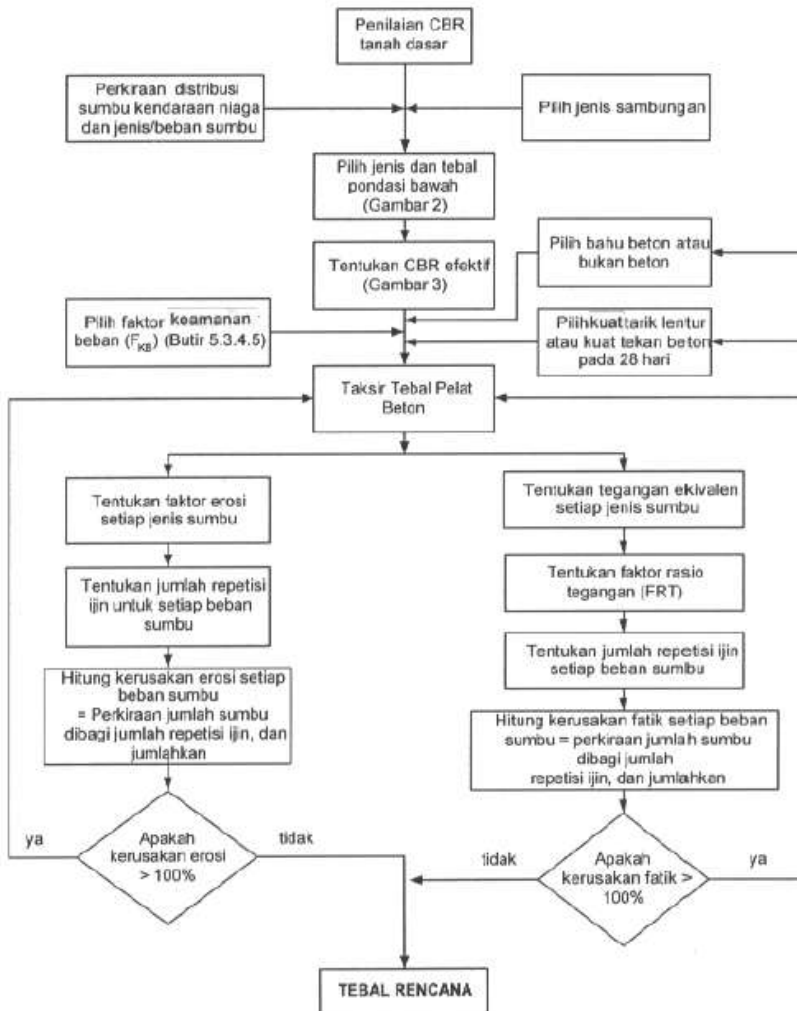
Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah

2.4 Perencanaan Tebal Pelat

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi.

Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

Langkah-langkah perencanaan tebal pelat diperlihatkan pada Gambar 2.22 dan Tabel 2.22



Gambar 2. 15Sistem perencanaan perkerasan beton semen

Tabel 2. 22 Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan beton semen

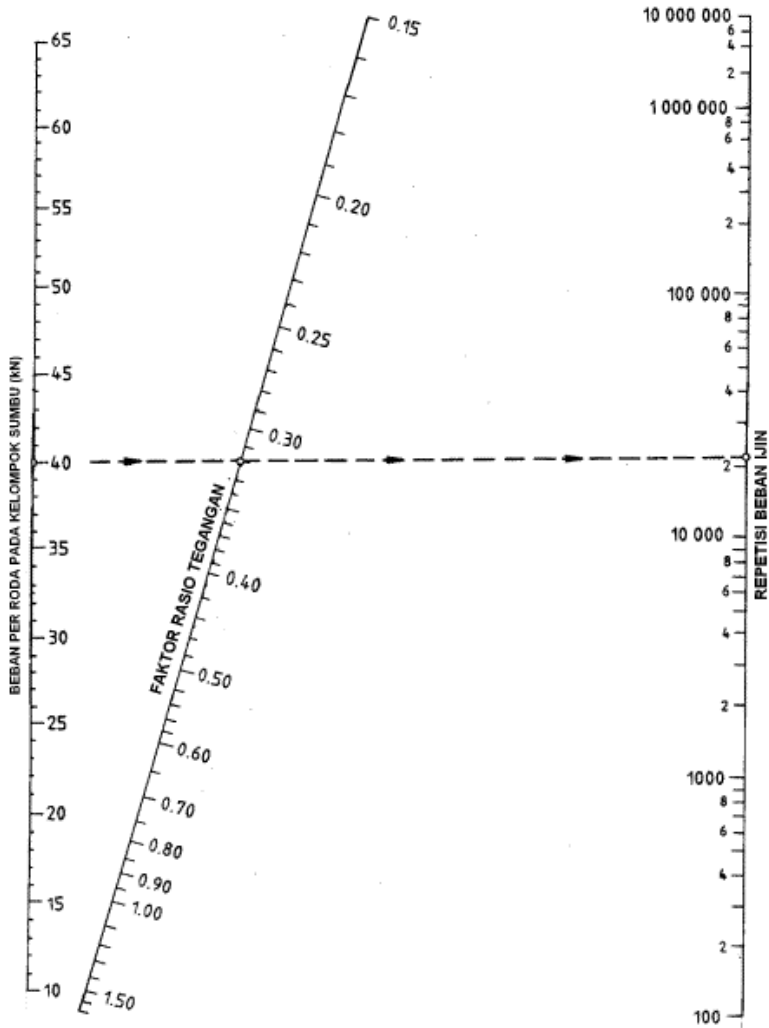
| Langkah | Uraian Kegiatan |
|---------|--|
| 1 | Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji, atau menerus dengan tulangan. |
| 2 | Tentukan apakah menggunakan bahu beton atau bukan. |
| 3 | Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana sesuai dengan Gambar 2 |
| 4 | Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih sesuai dengan Gambar 3, |
| 5 | Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (f_{cr}) |
| 6 | Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (F_{KB}) |
| 7 | Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia atau dapat menggunakan Gambar 24 sampai dengan Gambar 31 |
| 8 | Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT dari Tabel 8 atau Tabel 9 |
| 9 | Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik-lentur (f_{cr}). |
| 10 | Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}) untuk menentukan beban rencana per roda. Jika beban rencana per roda ≥ 65 kN (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi pada Gambar 19 sampai Gambar 21 |
| 11 | Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 19, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut. |
| 12 | Hitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin. |
| 13 | Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari Gambar 20 atau 21. |
| 14 | Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin. |
| 15 | Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 19 dan Gambar 20 atau Gambar 21 yang masing-masing menapai 10 juta dan 100 juta repetisi. |
| 16 | Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut. Dengan cara yang sama hitung jumlah total erosi dari setiap beban roda pada STRT tersebut. |
| 17 | Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap jenis kelompok sumbu lainnya. |
| 18 | Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu. |
| 19 | Ulangi langkah 7 sampai dengan langkah 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi $\leq 100\%$. Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan. |

Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah

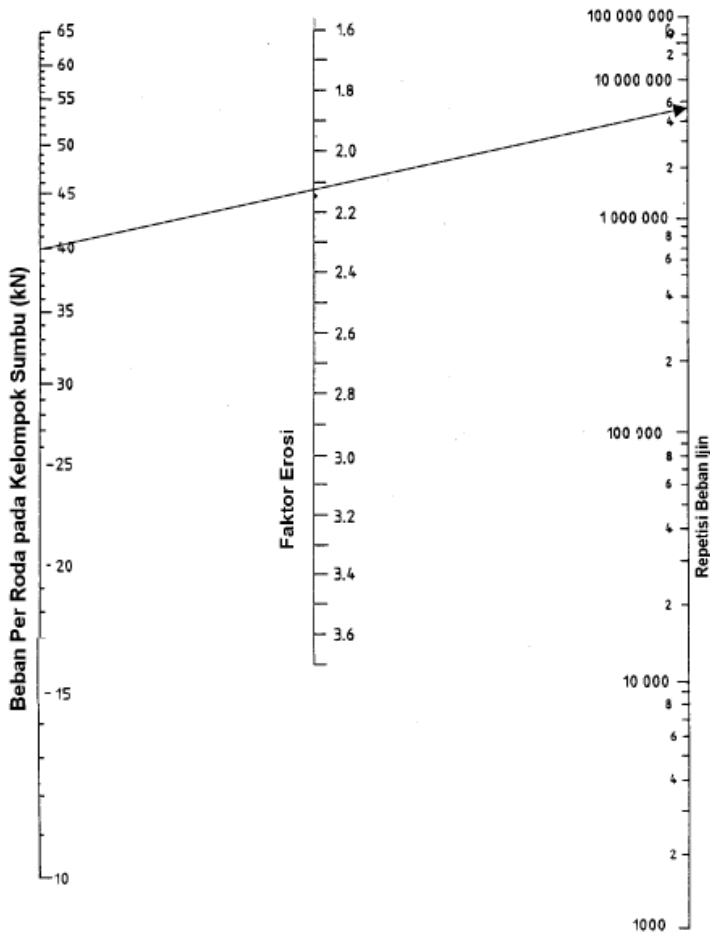
Tabel 2. 23 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Dengan Bahu Beton

| Tebal Slab (mm) | CBR Eff Tanah Dasar (%) | Tegangan Setara | | | | Faktor Erosi | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|-----------------|------|-------|-------|--------------|------|-------|-------|-----------------------------|------|-------|-------|
| | | STRT | STRG | STdRG | STrRG | Tanpa Ruli | | | | Dengan Ruli/Beton Bertulang | | | |
| | | | | | | STRT | STRG | STdRG | STrRG | STRT | STRG | STdRG | STrRG |
| 220 | 5 | 0,79 | 1,3 | 1,13 | 0,87 | 1,91 | 2,51 | 2,67 | 2,72 | 1,68 | 2,29 | 2,44 | 2,54 |
| 220 | 10 | 0,77 | 1,22 | 1,05 | 0,81 | 1,89 | 2,49 | 2,61 | 2,54 | 1,66 | 2,27 | 2,38 | 2,48 |
| 220 | 15 | 0,76 | 1,19 | 1,02 | 0,79 | 1,88 | 2,48 | 2,58 | 2,61 | 1,66 | 2,26 | 2,35 | 2,42 |
| 220 | 20 | 0,75 | 1,17 | 0,99 | 0,78 | 1,87 | 2,47 | 2,56 | 2,58 | 1,65 | 2,25 | 2,33 | 2,39 |
| 220 | 25 | 0,74 | 1,15 | 0,97 | 0,76 | 1,86 | 2,46 | 2,54 | 2,56 | 1,64 | 2,24 | 2,31 | 2,37 |
| 220 | 35 | 0,72 | 1,11 | 0,92 | 0,73 | 1,85 | 2,45 | 2,5 | 2,52 | 1,62 | 2,22 | 2,27 | 2,32 |
| 220 | 50 | 0,71 | 1,06 | 0,88 | 0,71 | 1,83 | 2,43 | 2,47 | 2,48 | 1,6 | 2,2 | 2,23 | 2,26 |
| 220 | 75 | 0,7 | 1,01 | 0,85 | 0,69 | 1,81 | 2,41 | 2,41 | 2,41 | 1,58 | 2,18 | 2,18 | 2,19 |
| 230 | 5 | 0,74 | 1,22 | 1,08 | 0,82 | 1,86 | 2,46 | 2,63 | 2,69 | 1,63 | 2,23 | 2,4 | 2,5 |
| 230 | 10 | 0,72 | 1,15 | 1 | 0,77 | 1,84 | 2,44 | 2,57 | 2,61 | 1,61 | 2,21 | 2,34 | 2,42 |
| 230 | 15 | 0,71 | 1,12 | 0,97 | 0,75 | 1,83 | 2,43 | 2,54 | 2,58 | 1,6 | 2,21 | 2,31 | 2,39 |
| 230 | 20 | 0,7 | 1,1 | 0,94 | 0,74 | 1,82 | 2,42 | 2,52 | 2,55 | 1,59 | 2,2 | 2,29 | 2,38 |
| 230 | 25 | 0,69 | 1,08 | 0,92 | 0,72 | 1,81 | 2,41 | 2,5 | 2,53 | 1,58 | 2,19 | 2,27 | 2,34 |
| 230 | 35 | 0,68 | 1,04 | 0,87 | 0,69 | 1,8 | 2,4 | 2,46 | 2,48 | 1,56 | 2,17 | 2,23 | 2,28 |
| 230 | 50 | 0,67 | 1 | 0,83 | 0,67 | 1,78 | 2,38 | 2,43 | 2,44 | 1,54 | 2,15 | 2,19 | 2,22 |
| 230 | 75 | 0,66 | 0,96 | 0,8 | 0,65 | 1,76 | 2,38 | 2,37 | 2,37 | 1,53 | 2,13 | 2,12 | 2,16 |
| 240 | 5 | 0,69 | 1,16 | 1,02 | 0,78 | 1,81 | 2,41 | 2,6 | 2,66 | 1,58 | 2,18 | 2,36 | 2,47 |
| 240 | 10 | 0,67 | 1,09 | 0,95 | 0,72 | 1,79 | 2,39 | 2,54 | 2,58 | 1,56 | 2,17 | 2,3 | 2,39 |
| 240 | 15 | 0,66 | 1,06 | 0,92 | 0,7 | 1,78 | 2,38 | 2,51 | 2,55 | 1,55 | 2,15 | 2,27 | 2,36 |
| 240 | 20 | 0,65 | 1,04 | 0,89 | 0,69 | 1,77 | 2,37 | 2,49 | 2,52 | 1,54 | 2,14 | 2,25 | 2,33 |
| 240 | 25 | 0,65 | 1,02 | 0,87 | 0,68 | 1,76 | 2,36 | 2,47 | 2,5 | 1,53 | 2,13 | 2,23 | 2,31 |
| 240 | 35 | 0,64 | 0,98 | 0,83 | 0,66 | 1,75 | 2,35 | 2,43 | 2,45 | 1,51 | 2,11 | 2,19 | 2,25 |
| 240 | 50 | 0,63 | 0,95 | 0,79 | 0,63 | 1,73 | 2,33 | 2,39 | 2,41 | 1,49 | 2,1 | 2,15 | 2,19 |
| 240 | 75 | 0,62 | 0,89 | 0,76 | 0,61 | 1,71 | 2,31 | 2,34 | 2,34 | 1,48 | 2,08 | 2,1 | 2,13 |
| 250 | 5 | 0,66 | 1,09 | 0,98 | 0,73 | 1,77 | 2,37 | 2,56 | 2,63 | 1,54 | 2,14 | 2,32 | 2,45 |
| 250 | 10 | 0,63 | 1,03 | 0,9 | 0,69 | 1,74 | 2,35 | 2,5 | 2,55 | 1,52 | 2,12 | 2,26 | 2,37 |
| 250 | 15 | 0,62 | 1 | 0,87 | 0,67 | 1,73 | 2,34 | 2,47 | 2,52 | 1,5 | 2,11 | 2,23 | 2,33 |
| 250 | 20 | 0,61 | 0,99 | 0,85 | 0,66 | 1,72 | 2,33 | 2,45 | 2,49 | 1,49 | 2,1 | 2,22 | 2,3 |
| 250 | 25 | 0,61 | 0,97 | 0,83 | 0,64 | 1,72 | 2,32 | 2,43 | 2,47 | 1,48 | 2,09 | 2,2 | 2,28 |
| 250 | 35 | 0,6 | 0,93 | 0,79 | 0,61 | 1,71 | 2,3 | 2,39 | 2,42 | 1,4 | 2,07 | 2,16 | 2,22 |
| 250 | 50 | 0,59 | 0,9 | 0,75 | 0,59 | 1,68 | 2,28 | 2,36 | 2,38 | 1,44 | 2,05 | 2,11 | 2,16 |
| 250 | 75 | 0,58 | 0,86 | 0,72 | 0,57 | 1,66 | 2,27 | 2,3 | 2,31 | 1,43 | 2,03 | 2,06 | 2,1 |
| 260 | 5 | 0,61 | 1,04 | 0,93 | 0,71 | 1,72 | 2,33 | 2,53 | 2,61 | 1,49 | 2,09 | 2,29 | 2,42 |
| 260 | 10 | 0,6 | 0,98 | 0,86 | 0,66 | 1,7 | 2,3 | 2,47 | 2,53 | 1,47 | 2,07 | 2,23 | 2,34 |
| 260 | 15 | 0,59 | 0,95 | 0,83 | 0,63 | 1,69 | 2,28 | 2,44 | 2,49 | 1,46 | 2,06 | 2,2 | 2,3 |
| 260 | 20 | 0,58 | 0,94 | 0,81 | 0,62 | 1,68 | 2,28 | 2,42 | 2,46 | 1,45 | 2,05 | 2,18 | 2,28 |
| 260 | 25 | 0,57 | 0,92 | 0,79 | 0,61 | 1,67 | 2,27 | 2,4 | 2,44 | 1,44 | 2,04 | 2,16 | 2,25 |
| 260 | 35 | 0,56 | 0,88 | 0,75 | 0,59 | 1,66 | 2,26 | 2,36 | 2,39 | 1,42 | 2,02 | 2,12 | 2,19 |
| 260 | 50 | 0,56 | 0,85 | 0,71 | 0,56 | 1,64 | 2,24 | 2,32 | 2,35 | 1,4 | 2 | 2,08 | 2,13 |
| 260 | 75 | 0,55 | 0,81 | 0,68 | 0,54 | 1,62 | 2,22 | 2,27 | 2,28 | 1,38 | 1,98 | 2,01 | 2,06 |
| 270 | 5 | 0,57 | 0,99 | 0,89 | 0,66 | 1,68 | 2,28 | 2,5 | 2,58 | 1,45 | 2,05 | 2,25 | 2,39 |
| 270 | 10 | 0,55 | 0,93 | 0,83 | 0,62 | 1,66 | 2,26 | 2,44 | 2,5 | 1,43 | 2,03 | 2,2 | 2,31 |
| 270 | 15 | 0,55 | 0,9 | 0,8 | 0,6 | 1,65 | 2,25 | 2,41 | 2,47 | 1,41 | 2,02 | 2,17 | 2,27 |
| 270 | 20 | 0,54 | 0,89 | 0,78 | 0,59 | 1,64 | 2,24 | 2,39 | 2,44 | 1,4 | 2,01 | 2,15 | 2,25 |
| 270 | 25 | 0,54 | 0,87 | 0,76 | 0,58 | 1,63 | 2,23 | 2,37 | 2,42 | 1,39 | 2 | 2,13 | 2,22 |
| 270 | 35 | 0,53 | 0,84 | 0,72 | 0,56 | 1,61 | 2,22 | 2,33 | 2,37 | 1,37 | 1,98 | 2,09 | 2,16 |
| 270 | 50 | 0,53 | 0,8 | 0,68 | 0,53 | 1,59 | 2,2 | 2,29 | 2,32 | 1,35 | 1,96 | 2,04 | 2,11 |
| 270 | 75 | 0,52 | 0,77 | 0,65 | 0,52 | 1,58 | 2,18 | 2,24 | 2,25 | 1,34 | 1,94 | 1,99 | 2,03 |
| 280 | 5 | 0,54 | 0,94 | 0,86 | 0,63 | 1,64 | 2,25 | 2,48 | 2,56 | 1,4 | 2,01 | 2,22 | 2,37 |
| 280 | 10 | 0,52 | 0,89 | 0,79 | 0,6 | 1,62 | 2,22 | 2,41 | 2,48 | 1,38 | 1,99 | 2,16 | 2,29 |
| 280 | 15 | 0,52 | 0,86 | 0,76 | 0,58 | 1,61 | 2,2 | 2,38 | 2,44 | 1,37 | 1,97 | 2,13 | 2,25 |
| 280 | 20 | 0,51 | 0,85 | 0,74 | 0,57 | 1,6 | 2,2 | 2,36 | 2,42 | 1,36 | 1,96 | 2,12 | 2,22 |
| 280 | 25 | 0,51 | 0,83 | 0,73 | 0,56 | 1,59 | 2,19 | 2,34 | 2,39 | 1,35 | 1,95 | 2,1 | 2,2 |
| 280 | 35 | 0,5 | 0,8 | 0,69 | 0,54 | 1,57 | 2,18 | 2,3 | 2,34 | 1,33 | 1,93 | 2,06 | 2,14 |
| 280 | 50 | 0,5 | 0,76 | 0,66 | 0,51 | 1,55 | 2,16 | 2,26 | 2,29 | 1,31 | 1,91 | 2,01 | 2,08 |
| 280 | 75 | 0,49 | 0,74 | 0,62 | 0,49 | 1,54 | 2,14 | 2,21 | 2,22 | 1,29 | 1,89 | 1,96 | 2 |

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggal; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STrRG: Su



Gambar 2. 16 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton



Gambar 2. 17 Analisis erosi dan jumlah repetisi beban berdasarkan faktor erosi, dengan bahu beton

2.5 Perencanaan Tulangan

2.5.1 Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan (BBTT)

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu dipasang guna mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang

diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan.

2.5.2 Perkerasan Beton Semen Bersambung Dengan Tulangan (BBDT)

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s}$$

Dengan pengertian:

- As = luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)
 fs = kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.
 g = gravitasi (m/detik²).
 h = tebal pelat beton (m)
 L = jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)
 M = berat per satuan volume pelat (kg/m³)
 μ = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

2.5.3 Perkerasan Beton Semen Menerus Dengan Tulangan (BMDT)

a. Tulangan Memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen bertulang menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\phi)}{f_y - n \cdot f_{ct}}$$

Dengan pengertian :

Ps = persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)

- f_{ct} = kuat tarik langsung beton = $(0,4 - 0,5 f_{ct})$
 (kg/cm²)
 f_y = tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)
 n = angka ekivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c)
 μ = koefisien gesekan antara pelat beton dengan
 lapisan di bawahnya
 E_s = modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)
 E_c = modulus elastisitas beton = $1485 \sqrt{f'c}$
 (kg/cm²)

Tabel 2. 24 Hubungan kuat tekan beton dan angka ekivalensi
 baja dan beton (n)

| $f'c$ (kg/cm ²) | n |
|-----------------------------|-----|
| 175 – 225 | 10 |
| 235 – 285 | 8 |
| 290 – ke atas | 6 |

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang, perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$L_{cr} = \frac{f_{ct}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b (\varepsilon_s \cdot E_c - f_{ct})}$$

Dengan pengertian :

L_{cr} = jarak teoritis antara retakan (cm).

p = perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton.

u = perbandingan keliling terhadap luas tulangan = $4/d$.

f_b = tegangan lekat antara tulangan dengan beton = $(1,97\sqrt{f'c})/d$. (kg/cm²)

ε_s = koefisien susut beton = $(400 \cdot 10^{-6})$.

f_{ct} = kuat tarik langsung beton = $(0,4 - 0,5 f_{cf})$
(kg/cm^2)

n = angka ekivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c).

E_c = modulus Elastisitas beton = $14850 \sqrt{f'c}$
(kg/cm^2)

E_s = modulus Elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm^2)

b. Tulangan Melintang

Luas tulangan melintang (A_s) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan rumus berikut :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s}$$

Dengan pengertian:

A_s = luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)

f_s = kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.

g = gravitasi (m/detik^2).

h = tebal pelat beton (m)

L = jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)

M = berat per satuan volume pelat (kg/m^3)

μ = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut:

a. Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.

b. Jarak maksimum tulangan dari sumbu-ke-sumbu 75 cm.

2.6 Perencanaan Sambungan Perkerasan Kaku

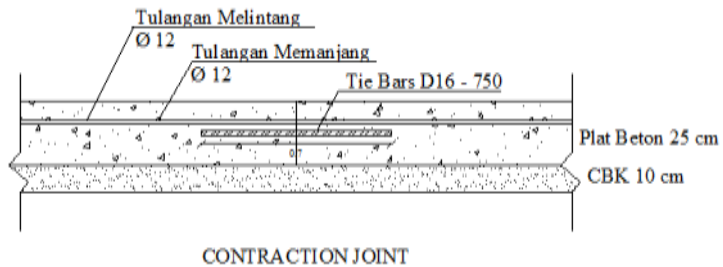
Sambungan atau joint adalah alat yang digunakan pada perkerasan kaku untuk menghubungkan tiap segmen pada perkerasan. Berfungsi untuk mendistribusikan atau menyalurkan

beban yang diterima plat atau segmen satu ke segmen yang lain, sehingga tidak terjadi pergeseran pada segmen akibat beban dari kendaraan.

Ada tiga dasar jenis joint yang digunakan pada perkerasan beton, yaitu contraction, construction dan isolasi joint. Faktor yang penting pada joint adalah berarti secara mekanis menyambungkan plat, seperti contraction dan construction joint, kecuali pada isolasi joint dengan penyambungan membantu penyebaran beban pada satu plat ke plat lainnya.

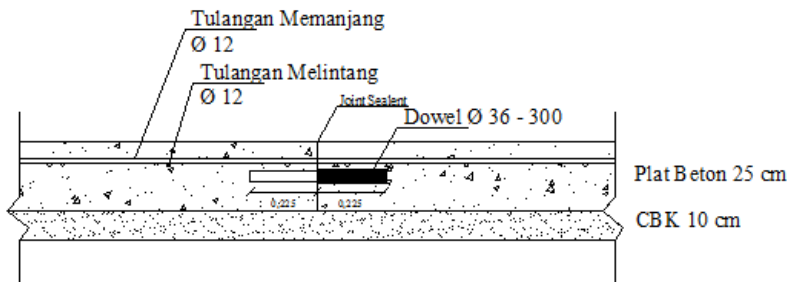
1. Contraction Joint

Contraction joint adalah joint-joint yang dibuat khusus untuk mengontrol retak alamiah akibat beton mengerut pada area beton yang sangat luas. Contraction joint umumnya melintang tegak lurus as jalan.



2. Construction Joint

Construction joint adalah joint yang dibuat untuk menghubungkan segmen-segmen dalam proses pengecoran beton bila area pengecoran sangat luas, sulit untuk dilakukan pengecoran sekaligus, oleh karena itu dikerjakan dengan beberapa segmen pengecoran atau dilakukan dalam waktu yang berbeda.



CONSTRUCTION JOINT

2.6.1 Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 – 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU- 24 dan berdiameter 16 mm.

Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_t = 204 \times b \times h$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75$$

Dengan pengertian :

A_t = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2).

B = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

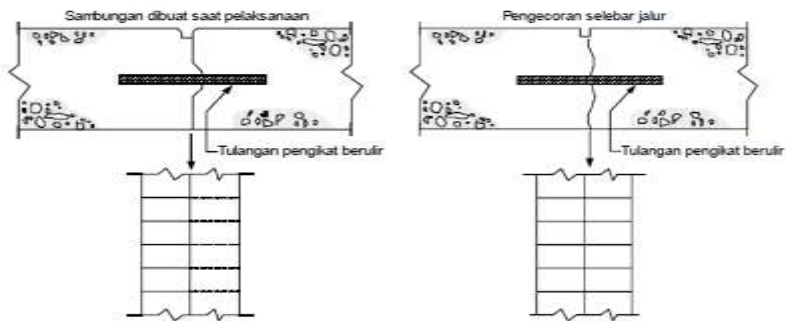
ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

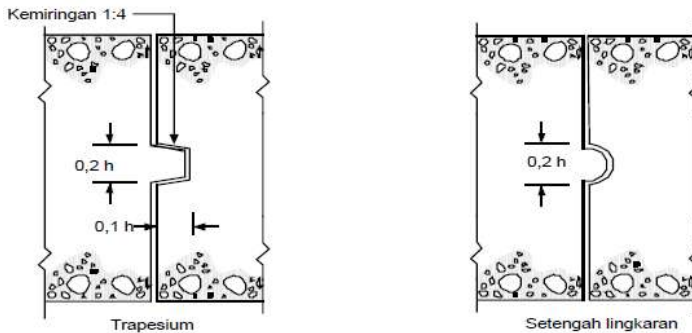
2.6.3 Sambungan pelaksanaan memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian

dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 18 Tipikal sambungan memanjang



Gambar 2. 19 Ukuran standar penguncian sambungan memanjang

Sebelum penghamparan pelat beton di sebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.

2.6.4 Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.20 dan 2.21.

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton.

Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada Tabel 2.25

Tabel 2. 25 Diameter ruji

| No. | Tebal pelat beton h (mm) | Diameter ruji (mm) |
|-----|----------------------------|--------------------|
| 1 | $125 < h \leq 140$ | 20 |
| 2 | $140 < h \leq 160$ | 24 |
| 3 | $160 < h \leq 190$ | 28 |
| 4 | $190 < h \leq 220$ | 33 |
| 5 | $220 < h \leq 250$ | 36 |



Gambar 2. 20 Sambungan susut melintang tanpa ruji

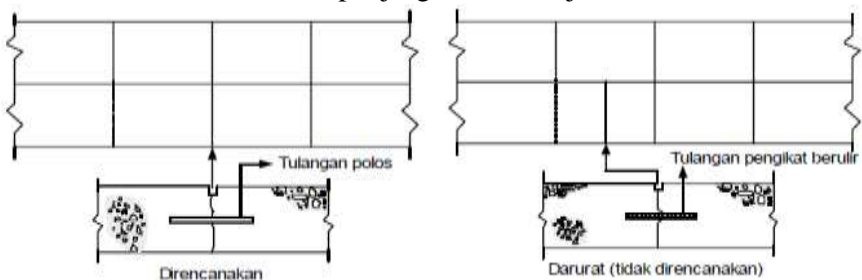


Gambar 2. 21 Sambungan susut melintang dengan ruji

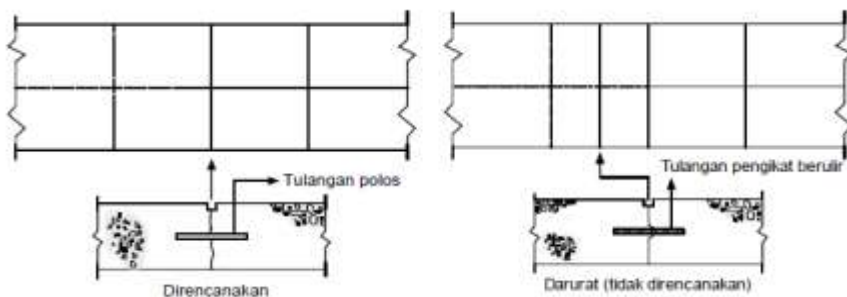
2.6.5 Sambungan pelaksanaan melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. Tipikal sambungan pelaksanaan melintang diperlihatkan pada Gambar 2.22 dan Gambar 2.33

Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.



Gambar 2. 22 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur



Gambar 2. 23 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

2.7 Perencanaan Saluran Tepi (Drainase)

Drainase merupakan bagian yang harus diperhatikan sehingga konstruksi jalan tidak cepat rusak dan dapat berfungsi sesuai dengan umur rencana. Dalam perencanaan konstruksi jalan perlu adanya kemiringan melintang, untuk memudahkan dan mempercepat mengalirnya air ke sistem drainase di tepi jalan.

Tabel 2. 26 Kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan

| No. | Jenis lapisan permukaan jalan | Kemiringan melintang normal (i) |
|-----|-------------------------------|---------------------------------|
| 1 | Beraspal, beton | 2% - 3% |
| 2 | Japat | 4% - 6% |
| 3 | Kerikil | 3% - 6% |
| 4 | Tanah | 4% - 6% |

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan 03-3424-1994*

2.7.1 Intensitas Curah Hujan

Rumus menghitung intensitas curah hujan (I) menggunakan analisa distribusi frekuensi sebagai berikut :

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

$$X_t = \bar{x} + \frac{S_x}{S_n} (Y_t - Y_n)$$

$$I = \frac{90\% + X_t}{4}$$

Keterangan :

X_T = besarnya curah hujan untuk periode ulang T tahun (mm)/24 jam

\bar{x} = nilai rata – rata aritmatik hujan kumulatif

S_x = standar deviasi

Y_T = variasi yang merupakan fungsi periode ulang

Y_n = nilai yang tergantung pada n

S_n = standar deviasi merupakan fungsi dari n

I = intensitas curah hujan mm/jam

Tabel 2. 27 Nilai Y_T

| Periode Ulang (Tahun) | Variasi yang berkurang |
|--------------------------|------------------------|
| 2 | 0.3665 |
| 5 | 1.4999 |
| 10 | 2.2502 |
| 25 | 3.1985 |
| 50 | 3.9019 |
| 100 | 4.6001 |

Sumber : Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan
03-3424-1994

Tabel 2. 28 Nilai Y_n

| n | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10 | 0,4952 | 0,4996 | 0,5035 | 0,5070 | 0,5100 | 0,5126 | 0,5157 | 0,5181 | 0,5202 | 0,5220 |
| 20 | 0,5225 | 0,5252 | 0,5288 | 0,5283 | 0,5255 | 0,5309 | 0,5320 | 0,5332 | 0,5343 | 0,5353 |
| 30 | 0,5352 | 0,5371 | 0,5380 | 0,5368 | 0,5402 | 0,5402 | 0,5410 | 0,5418 | 0,5424 | 0,5432 |
| 40 | 0,5435 | 0,5422 | 0,5448 | 0,5453 | 0,5458 | 0,5453 | 0,5468 | 0,5473 | 0,5477 | 0,5481 |
| 50 | 0,5485 | 0,5485 | 0,5493 | 0,5497 | 0,5501 | 0,5504 | 0,5508 | 0,5511 | 0,5519 | 0,5518 |
| 60 | 0,5521 | 0,5534 | 0,5527 | 0,5530 | 0,5533 | 0,5535 | 0,5538 | 0,5540 | 0,5543 | 0,5545 |
| 70 | 0,5548 | 0,5552 | 0,5555 | 0,5555 | 0,5557 | 0,5559 | 0,5561 | 0,5563 | 0,5565 | 0,5567 |
| 80 | 0,5569 | 0,5570 | 0,5572 | 0,5574 | 0,5576 | 0,5578 | 0,5580 | 0,5581 | 0,5583 | 0,5585 |
| 90 | 0,5586 | 0,5587 | 0,5989 | 0,5591 | 0,5592 | 0,5593 | 0,5595 | 0,5596 | 0,5598 | 0,5599 |

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*
03-3424-1994

Tabel 2. 29 Nilai S_n

| n | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10 | 0,9496 | 0,9676 | 0,9833 | 0,9971 | 1,0095 | 10,206 | 1,0316 | 1,0411 | 1,0493 | 1,0565 |
| 20 | 0,0628 | 10,695 | 1,0695 | 1,0811 | 1,0854 | 1,0915 | 1,0961 | 1,1004 | 1,1047 | 1,1066 |
| 30 | 0,1124 | 1,1199 | 1,1199 | 1,1226 | 1,1255 | 1,1285 | 1,1313 | 1,1339 | 1,1363 | 1,1338 |
| 40 | 0,1413 | 1,1435 | 1,1435 | 1,1480 | 1,1499 | 1,1519 | 1,1538 | 1,1557 | 1,1574 | 1,1590 |
| 50 | 0,1607 | 1,1523 | 1,1523 | 1,1558 | 1,1557 | 1,1581 | 1,1596 | 1,1708 | 1,1721 | 1,1734 |
| 60 | 0,1747 | 1,1759 | 1,1759 | 1,1782 | 1,1782 | 1,1803 | 1,1814 | 1,1824 | 1,1834 | 1,1844 |
| 70 | 0,1899 | 1,1653 | 1,1653 | 1,1681 | 1,1690 | 1,1698 | 1,1906 | 1,1915 | 1,1923 | 1,1930 |
| 80 | 0,1938 | 1,1945 | 1,1945 | 1,1959 | 1,1967 | 1,1973 | 1,1980 | 1,1967 | 1,1994 | 1,2001 |
| 90 | 0,2007 | 1,2013 | 1,2020 | 1,2025 | 1,2032 | 1,2038 | 1,2044 | 1,2049 | 1,2055 | 1,2050 |

Sumber : *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan* 03-3424-
1994

2.7.2 Waktu konsentrasi (Tc)

Waktu konsentrasi Tc dihitung dengan rumus berikut :

$$T_c = t_1 + t_2$$

$$t_1 = \left(2/3 \times 3,28 \times L_o \cdot \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0,167}$$

$$t_2 = \frac{L}{60V}$$

Keterangan :

T_c = Waktu konsentrasi (menit)

t₁ = Waktu inlet (menit).

t₂ = Waktu aliran (menit).

L_o = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase

L = panjang saluran.

Nd = koefisien hambatan

S = Kemiringan daerah pengaliran.

V = Kecepatan air rata-rata di selokan (m/dt)

Tabel 2. 30 Hubungan kondisi permukaan dengan koefisien hambatan

| No. | Kondisi lapis permukaan | Nd |
|-----|--|-------|
| 1 | Lapis semen dan aspal beton | 0,013 |
| 2 | Permukaan licin dan kedap air | 0,020 |
| 3 | Permukaan licin dan kokoh | 0,100 |
| 4 | Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar | 0,200 |
| 5 | Padang rumput dan rerumputan | 0,400 |
| 6 | Hutan gundul | 0,600 |
| 7 | Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat | 0,800 |

Sumber : Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan
03-3424-1994

2.7.3 Koefisien pengaliran (C)

Tabel 2. 31 Hubungan kondisi permukaan tanah dan koefisien pengaliran (C)

| No. | Kondisi permukaan tanah | Koefisien pengaliran (C)* |
|-----|--|--|
| 1 | Jalan beton dan jalan aspal | 0,70 – 0,95 |
| 2 | Jalan kerikil dan jalan tanah | 0,40 – 0,70 |
| 3 | Bahu jalan : - Tanah berbutir halus - Tanah berbutir kasar - Batuan masif keras - Batuan masif lunak | 0,40 – 0,65 0,10 – 0,20 0,70 – 0,85 0,60 – 0,75 |
| 4 | Daerah perkotaan | 0,70 – 0,95 |
| 5 | Daerah pinggir kota | 0,60 – 0,70 |
| 6 | Daerah industri | 0,60 – 0,90 |
| 7 | Pemukiman padat | 0,40 – 0,60 |
| 8 | Pemukiman tidak padat | 0,40 – 0,60 |
| 9 | Taman dan kebun | 0,20 – 0,40 |
| 10 | Persawahan | 0,45 – 0,60 |
| 11 | Perbukitan | 0,70 – 0,80 |
| 12 | Pegunungan | 0,75 – 0,90 |

Keterangan :

* = Untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang besar.

Bila daerah pengaliran terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda, harga C rata – rata ditentukan dengan rumus berikut :

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

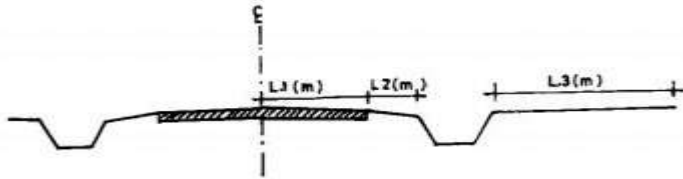
Keterangan :

C_1, C_2, C_3 = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan.

A_1, A_2, A_3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan.

2.7.4 Menghitung Luas Daerah Pengaliran (A)

Luas daerah pengaliran batas-batasnya tergantung dari pembebasan dan daerah sekelilingnya.



Gambar 2. 24 Batas daerah pengaliran yang diperhitungkan ($L_1+L_2+L_3$)

Keterangan gambar :

L = Batas daerah pengaliran yang diperhitungkan ($L_1+L_2+L_3$)

L1 = ditetapkan dari as jalan sampai bagian tepi perkerasan

L2 = ditetapkan dari tepi perkerasan yang ada sampai tepi bahu jalan

L3 = tergantung dari keadaan daerah setempat dan panjang maksimum 100 meter

2.7.5 Menghitung Debit Air (Q)

Untuk menghitung debit air (Q) menggunakan rumus yaitu :

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A$$

Keterangan :

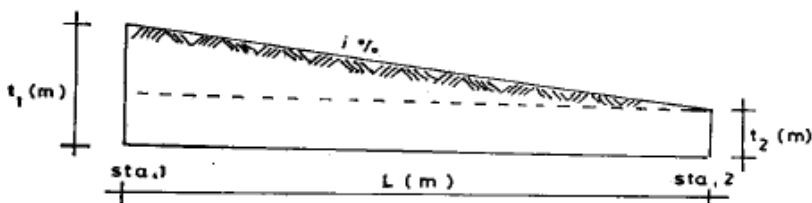
Q = Debit air (m^3)

C = Koefisien pengaliran
 I = Intensitas hujan (mm/jam)
 A = Luas daerah pengaliran (km²)

2.7.6 Menghitung Kemiringan Saluran

a. Kemiringan tanah

Kemiringan tanah di tempat dibuatnya fasilitas saluran ditentukan dari hasil pengukuran di lapangan, dihitung dengan rumus :



Gambar 2. 25 Kemiringan tanah

$$i = \frac{t_1 - t_2}{L} \times 100\%$$

Dimana :

t₁ = Tinggi tanah di bagian tertinggi (m)

t₂ = Tinggi tanah di bagian terendah (m)

b. Kemiringan saluran

Untuk menghitung kemiringan saluran digunakan rumus berikut :

$$V = 1/n (R^{2/3}) (i)^{1/2}$$

$$i = \left(\frac{V \cdot n}{R^{2/3}} \right)^2$$

Dimana :

V = kecepatan aliran (m/detik).

n = koefisien kekasaran manning

R = F/P = Jari-jari hidrolik

F = Luas penampang basah (m²)

- P = keliling basah (m)
 i = kemiringan saluran yang diizinkan

Tabel 2. 32 Harga n Untuk Rumus Manning

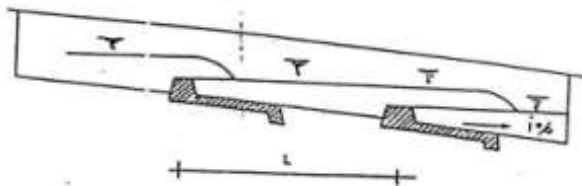
| No. | Tipe Saluran | Baik sekali | Baik | Sedang | Jelek |
|---------------------------------------|---|-------------|-------|--------|-------|
| SALURAN BUATAN, BETON, ATAU BATU KALI | | | | | |
| 1 | Saluran pemasangan batu, tanpa penyelesaian | 0.025 | 0.030 | 0.033 | 0.035 |
| 2 | Seperti no. 16, tapi dengan penyelesaian | 0.017 | 0.020 | 0.025 | 0.030 |
| 3 | Saluran beton | 0.014 | 0.016 | 0.019 | 0.021 |
| 4 | Saluran beton halus dan rata | 0.010 | 0.011 | 0.012 | 0.013 |
| 5 | Saluran beton pracetak dengan acuan baja | 0.013 | 0.014 | 0.014 | 0.015 |
| 6 | Saluran beton pracetak dengan acuan kayu | 0.015 | 0.016 | 0.016 | 0.016 |

Sumber : Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan
 03-3424-1994

Dari hasil kedua perhitungan diatas akan dibandingkan.

- Apabila (i lapangan) \leq (i perhitungan), maka kemiringan selokan direncanakan sesuai dengan i perhitungan
- Apabila (i lapangan) $>$ (i perhitungan), maka harus dibuat pematah arus

c. Pematah Arus



Gambar 2. 26 Pematah Arus

Pematah arus untuk mengurangi kecepatan aliran diperlukan bagi selokan samping jalan yang panjang dan mempunyai kemiringan cukup besar, (lihat Gambar 2.33); Pemasangan jarak pematah arus (L) harus sesuai dengan tabel 2.33 di bawah ini :

Tabel 2. 33 Hubungan kemiringan selokan samping jalan (i) dan jarak pematah arus (L)

| | | | | | |
|-------|-----|-----|----|----|-----|
| i (%) | 6 % | 7 % | 8% | 9% | 10% |
| L (m) | 16m | 10m | 8m | 7m | 6m |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Dalam bab ini akan ditulis langkah-langkah yang digunakan pada penyusunan perencanaan jalan tol menggunakan perkerasan kaku untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

3.1 Pekerjaan Persiapan

Adapun kegiatan yang dilakukan yaitu :

1. Mencari informasi pada instansi terkait dengan data yang dibutuhkan
2. Mengumpulkan dan mempelajari segala bentuk kegiatan yang dapat mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir
3. Survey lokasi

3.2 Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam penulisan Tugas Akhir, dilakukan pengumpulan data-data yang mendukung dalam penulisan Tugas Akhir adalah sebagai berikut :

1. Peta lokasi studi
2. Data CBR tanah dasar
3. Data lalu lintas
4. Data curah hujan

3.3 Perhitungan Kapasitas Jalan

Untuk melakukan tahap perhitungan kapasitas jalan digunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Adapun pokok bahasan yang digunakan adalah analisa ruas jalan luar kota. Pada analisa tersebut hasil yang diperoleh adalah derajat kejenuhan. Derajat kejenuhan ini diberi batasan $\leq 0,75$, apabila melebihi maka dianggap jalan tidak mampu lagi menampung arus lalu lintas sehingga perlu rencana jalan alternatif.

3.4 Perencanaan Geometrik Jalan

Pada tahap ini sebagian besar perencanaan mengacu pada peta lokasi studi. Adapun perencanaan yang dilakukan adalah :

1. Jarak pandang
Jarak pandangan dihitung untuk keperluan alinyemen horizontal dan vertikal. Dengan cara menghitung jarak pandang henti dan menyiap
2. Alinyemen horizontal
Tahap perhitungan alinyemen horizontal dilakukan setelah trase sudah ditentukan. Adapun cara perhitungan alinyemen horizontal telah dijelaskan pada subbab 2.2.5
3. Alinyemen vertikal
Alinyemen vertikal direncanakan untuk memperkecil jumlah timbunan atau galian. Perencanaan alinyemen vertikal ini mengacu pada potongan memanjang jalan. Adapun cara perhitungan alinyemen vertikal telah dijelaskan pada subbab 2.2.6

3.5 Perencanaan Struktur Perkerasan Kaku

1. Analisis data CBR
2. Perhitungan volume LHR hingga umur rencana
3. Perencanaan tebal pelat
4. Perencanaan tulangan

3.6 Perencanaan Drainase

1. Menghitung waktu konsentrasi
2. Menghitung intensitas hujan
3. Menghitung koefisien aliran
4. Menghitung debit air
5. Menghitung dimensi saluran

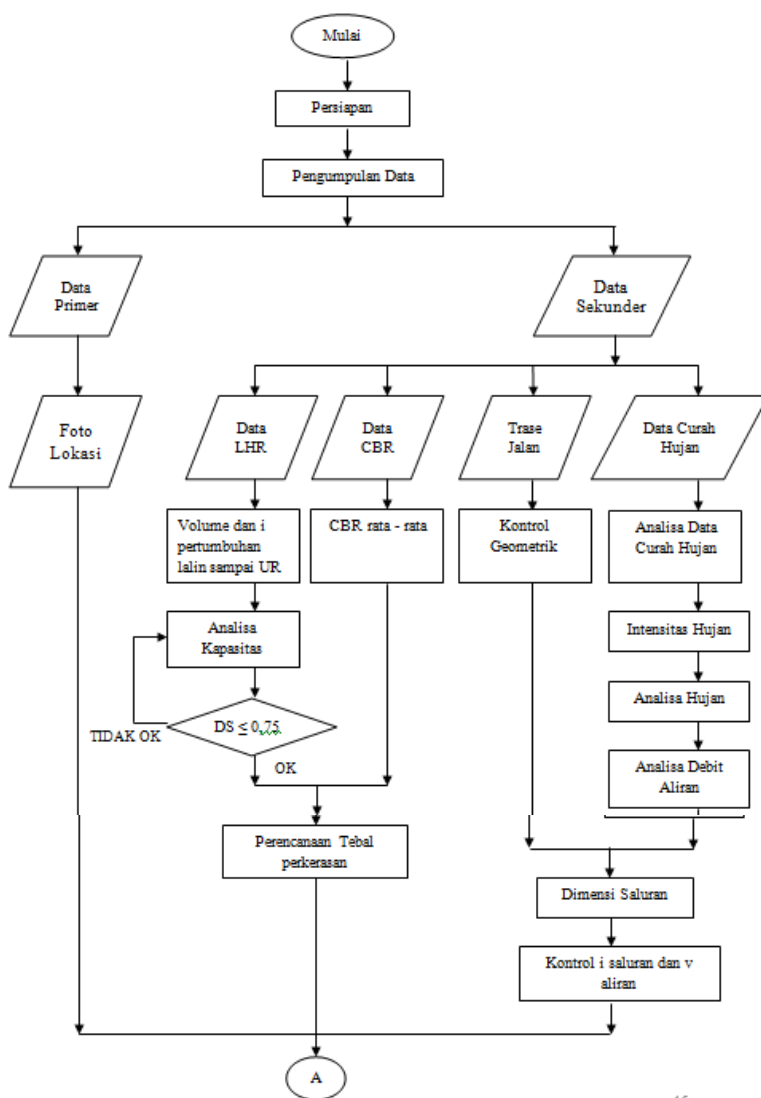
3.7 Gambar Rencana

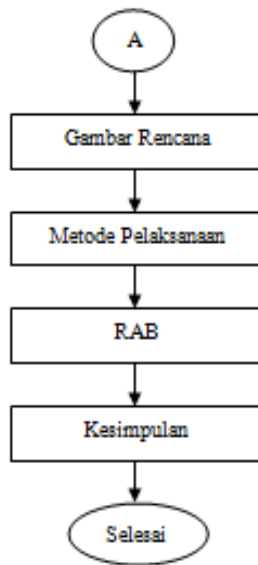
Pada tahap ini gambar rencana berupa gambar dari hasil perhitungan perencanaan jalan dan perencanaan drainase.

Pembuatan gambar rencana dapat dilakukan setelah analisa perencanaan jalan selesai.

3.8 Perencanaan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perencanaan RAB mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan. Perhitungan ini didasarkan pada volume yang digunakan dalam pelaksanaan rencana jalan.





Gambar 3. 1 Diagram Alir

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA DATA DAN PERENCANAAN

4.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas harian rata-rata diperlukan untuk merencanakan tebal perkerasan dan analisa kapasitas jalan.

Data lalu lintas yang diperoleh dari konsultan perencana Jalan Tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar ini adalah LHR tahun 2015. Data LHRT untuk STA 19+000 – STA 29+000 tercantum dalam Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Data Lalu – Lintas Harian Tahun 2015

| Golongan Kendaraan | LHRT (kendaraan/hari) |
|--------------------|-----------------------|
| Golongan I | 3645 |
| Golongan II | 1422 |
| Golongan III | 974 |
| Golongan IV | 2573 |
| Golongan V | 1156 |

Berdasarkan referensi laporan akhir pra studi kelayakan rencana jalan tol Krian – Legundi – Bunder memberikan informasi angka pertumbuhan lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan tol Surabaya – Gresik saat ini adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4. 2 Pertumbuhan Volume Lalu-Lintas pada Ruas Jalan Tol Surabaya - Gresik

| Tahun | Volume | Faktor pertumbuhan (%) |
|-------|----------|------------------------|
| 2008 | 20458050 | |
| 2009 | 21855583 | 6,83 |
| 2010 | 22156718 | 1,38 |
| 2011 | 23603626 | 6,53 |
| 2012 | 25938963 | 9,89 |
| 2013 | 28021710 | 8,03 |

Dari data di atas terlihat bahwa rata-rata pertumbuhan lalu lintas per tahun untuk ruas jalan tol Surabaya – Gresik adalah sekitar 6.5%. Hal itu dijadikan dasar untuk menentukan pertumbuhan lalu lintas pada rencana jalan tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar.

4.1.1 Pengolahan Data Lalu Lintas

Data lalu lintas yang diperoleh terlebih dahulu dihitung untuk mengetahui volume lalu lintas hingga akhir umur rencana dengan faktor pertumbuhan sebesar 6.5%.

Rekapitulasi hasil perhitungan LHRT dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan berikut ini adalah contoh perhitungan volume kendaraan golongan I pada tahun 2016

$$\begin{aligned} \text{LHRT Golongan I 2016} &= \text{Volume kendaraan} \times (1+i) \\ &= 3645 \times (1+6.5\%) \\ &= 3882 \text{ kendaraan/hari} \end{aligned}$$

Tabel 4. 3 Volume Lalu – Lintas Harian Rata-rata Tahunan

| Tahun | LHRT (kendaraan/hari) | | | | |
|-------|-----------------------|--------|---------|--------|-------|
| | Gol I | Gol II | Gol III | Gol IV | Gol V |
| 2015 | 3645 | 1422 | 974 | 2573 | 1156 |
| 2016 | 3882 | 1514 | 1037 | 2740 | 1231 |
| 2017 | 4134 | 1612 | 1104 | 2918 | 1311 |
| 2018 | 4403 | 1717 | 1176 | 3108 | 1396 |
| 2019 | 4689 | 1829 | 1252 | 3310 | 1487 |
| 2020 | 4994 | 1948 | 1334 | 3525 | 1584 |
| 2021 | 5319 | 2074 | 1420 | 3754 | 1687 |
| 2022 | 5664 | 2209 | 1513 | 3998 | 1796 |
| 2023 | 6032 | 2353 | 1611 | 4258 | 1913 |
| 2024 | 6425 | 2505 | 1716 | 4535 | 2038 |
| 2025 | 6842 | 2668 | 1827 | 4830 | 2170 |
| 2026 | 7287 | 2842 | 1946 | 5144 | 2311 |
| 2027 | 7761 | 3027 | 2073 | 5478 | 2461 |

| | | | | | |
|------|-------|------|------|-------|------|
| 2028 | 8265 | 3223 | 2207 | 5834 | 2621 |
| 2029 | 8802 | 3433 | 2351 | 6213 | 2792 |
| 2030 | 9374 | 3656 | 2504 | 6617 | 2973 |
| 2031 | 9984 | 3894 | 2666 | 7047 | 3166 |
| 2032 | 10633 | 4147 | 2840 | 7506 | 3372 |
| 2033 | 11324 | 4416 | 3024 | 7993 | 3591 |
| 2034 | 12060 | 4703 | 3221 | 8513 | 3825 |
| 2035 | 12844 | 5009 | 3430 | 9066 | 4073 |
| 2036 | 13679 | 5334 | 3653 | 9656 | 4338 |
| 2037 | 14568 | 5681 | 3891 | 10283 | 4620 |
| 2038 | 15515 | 6050 | 4144 | 10952 | 4920 |
| 2039 | 16523 | 6444 | 4413 | 11664 | 5240 |
| 2040 | 17597 | 6863 | 4700 | 12422 | 5581 |
| 2041 | 18741 | 7309 | 5005 | 13229 | 5944 |
| 2042 | 19959 | 7784 | 5331 | 14089 | 6330 |
| 2043 | 21256 | 8290 | 5677 | 15005 | 6741 |
| 2044 | 22638 | 8828 | 6046 | 15980 | 7180 |

4.2 Analisa Kapasitas Jalan

4.2.1 Kapasitas Dasar (Co)

Kapasitas dasar jalan dapat ditentukan dari tipe alinyemen jalan pada daerah perencanaan. Penggolongan tipe alinyemen dapat dibedakan menjadi 3 yaitu datar, bukit, dan gunung. Penentuan tipe alinyemen jalan tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar STA 19+000 – STA 29+000 adalah sebagai berikut :

Alinyemen vertikal

Dari gambar potongan memanjang didapatkan elevasi potongan memanjang jalan. Rekapitulasi elevasi potongan memanjang dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Perhitungan ΔH STA 19+000 – STA 29+000

| STA | Elevasi | ΔH | STA | Elevasi | ΔH |
|--------|---------|------------|--------|---------|------------|
| 19+000 | 6.95 | | 24+000 | 5.35 | |
| 19+100 | 8.95 | 2.00 | 24+100 | 4.74 | -0.61 |
| 19+200 | 8.35 | -0.60 | 24+200 | 4.73 | -0.01 |
| 19+300 | 6.35 | -2.00 | 24+300 | 4.72 | -0.01 |
| 19+400 | 6.07 | -0.28 | 24+400 | 4.71 | -0.01 |
| 19+500 | 4.80 | -1.27 | 24+500 | 4.70 | -0.01 |
| 19+600 | 4.80 | 0.00 | 24+600 | 4.68 | -0.02 |
| 19+700 | 4.80 | 0.00 | 24+700 | 4.67 | -0.01 |
| 19+800 | 4.80 | 0.00 | 24+800 | 4.66 | -0.01 |
| 19+900 | 4.80 | 0.00 | 24+900 | 4.65 | -0.01 |
| 20+000 | 4.80 | 0.00 | 25+000 | 4.64 | -0.01 |
| 20+100 | 4.80 | 0.00 | 25+100 | 4.63 | -0.01 |
| 20+200 | 4.80 | 0.00 | 25+200 | 4.61 | -0.02 |
| 20+300 | 4.80 | 0.00 | 25+300 | 4.60 | -0.01 |
| 20+400 | 4.89 | 0.09 | 25+400 | 4.59 | -0.01 |
| 20+500 | 5.77 | 0.88 | 25+500 | 4.58 | -0.01 |
| 20+600 | 6.88 | 1.11 | 25+600 | 4.57 | -0.01 |
| 20+700 | 6.95 | 0.07 | 25+700 | 4.56 | -0.01 |
| 20+800 | 7.01 | 0.06 | 25+800 | 4.55 | -0.01 |
| 20+900 | 7.07 | 0.06 | 25+900 | 4.53 | -0.02 |
| 21+000 | 7.13 | 0.06 | 26+000 | 4.52 | -0.01 |
| 21+100 | 7.18 | 0.05 | 26+100 | 4.51 | -0.01 |
| 21+200 | 7.24 | 0.06 | 26+200 | 4.50 | -0.01 |
| 21+300 | 7.30 | 0.06 | 26+300 | 4.49 | -0.01 |
| 21+400 | 7.35 | 0.05 | 26+400 | 4.48 | -0.01 |
| 21+500 | 7.41 | 0.06 | 26+500 | 4.46 | -0.02 |
| 21+600 | 7.47 | 0.06 | 26+600 | 4.45 | -0.01 |

| | | | | | |
|--------|-------|-------|--------|------|-------|
| 21+700 | 7.52 | 0.05 | 26+700 | 4.44 | -0.01 |
| 21+800 | 7.95 | 0.43 | 26+800 | 4.43 | -0.01 |
| 21+900 | 9.88 | 1.93 | 26+900 | 4.42 | -0.01 |
| 22+000 | 11.69 | 1.81 | 27+000 | 4.41 | -0.01 |
| 22+100 | 11.30 | -0.39 | 27+100 | 4.40 | -0.01 |
| 22+200 | 9.32 | -1.98 | 27+200 | 4.38 | -0.02 |
| 22+300 | 7.42 | -1.90 | 27+300 | 4.37 | -0.01 |
| 22+400 | 6.94 | -0.48 | 27+400 | 4.36 | -0.01 |
| 22+500 | 6.93 | -0.01 | 27+500 | 4.35 | -0.01 |
| 22+600 | 6.91 | -0.02 | 27+600 | 4.34 | -0.01 |
| 22+700 | 6.90 | -0.01 | 27+700 | 4.33 | -0.01 |
| 22+800 | 6.89 | -0.01 | 27+800 | 4.31 | -0.02 |
| 22+900 | 6.88 | -0.01 | 27+900 | 5.00 | 0.69 |
| 23+000 | 6.87 | -0.01 | 28+000 | 7.00 | 2.00 |
| 23+100 | 6.86 | -0.01 | 28+100 | 8.76 | 1.76 |
| 23+200 | 6.85 | -0.01 | 28+200 | 9.00 | 0.24 |
| 23+300 | 6.83 | -0.02 | 28+300 | 9.05 | 0.05 |
| 23+400 | 6.82 | -0.01 | 28+400 | 9.10 | 0.05 |
| 23+500 | 6.81 | -0.01 | 28+500 | 9.15 | 0.05 |
| 23+600 | 6.80 | -0.01 | 28+600 | 9.20 | 0.05 |
| 23+700 | 6.79 | -0.01 | 28+700 | 9.25 | 0.05 |
| 23+800 | 6.78 | -0.01 | 28+800 | 9.30 | 0.05 |
| 23+900 | 6.50 | -0.28 | 28+900 | 9.35 | 0.05 |
| 24+000 | 5.35 | -1.15 | 29+000 | 9.48 | 0.13 |
| Jumlah | | | | | 2.53 |

Sehingga,

$$\text{naik + turun} = \frac{\Delta H \text{ (m)}}{\Sigma \text{ Panjang Jalan (km)}} = \frac{2.53 \text{ m}}{10 \text{ km}} = 0.253 \text{ m / km}$$

Karena hasil perhitungan $0,253 \text{ m/km} < 10 \text{ m/km}$, maka tipe medan jalan adalah **Datar**.

Tabel 4.5 Tipe Alinyemen Jalan Tol KLBM STA 19+000 – STA 29+000

| Tipe alinyemen | Lengkung vertikal (m/km) |
|----------------|--------------------------|
| Datar | < 10 |
| Perbukitan | 10 – 30 |
| Pegunungan | > 30 |

Sesuai hasil perhitungan dapat ditentukan dengan menggunakan tabel untuk tipe alinyemen datar pada jalan bebas hambatan 4 lajur 2 arah terbagi didapatkan nilai kapasitas dasar C_0 adalah 2300 smp/jam/lajur.

Tabel 4. 6 Kapasitas Dasar Jalan Tol KLBM STA 19+000 – STA 29+000

| Tipe jalan bebas hambatan/ Tipe alinyemen | Kapasitas dasar (smp/jam/lajur) |
|--|---------------------------------|
| Empat- dan enam-lajur terbagi | |
| - Datar | 2300 |
| - Bukit | 2250 |
| - Gunung | 2150 |

4.2.2 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu lintas (FCw)

FCw untuk tipe jalan bebas hambatan 4 lajur 2 arah terbagi dengan lebar 3,6 m didapatkan dengan cara interpolasi pada Tabel 4.7 yaitu diperoleh sebesar 1,01.

Tabel 4.7 FCw Jalan Tol KLBM STA 19+000 – STA 29+000

| Tipe jalan bebas hambatan | Lebar efektif jalur lalu lintas W_c (m) | FCw |
|---------------------------|---|------|
| Empat-lajur terbagi | Per lajur | 0,96 |
| Enam-lajur terbagi | 3,25 | |
| | 3,50 | 1,00 |
| | 3,75 | 1,03 |

4.2.3 Menentukan Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah (FCsp)

Direncanakan ruas jalan tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar (KLBM) 4 lajur 2 arah terbagi dengan pemisah arah 50% - 50%, dapat dilihat pada Tabel 4.8 sehingga FCsp diperoleh sebesar 1.

Tabel 4.8 FCsp Jalan Tol KLBM STA 19+000 – STA 29+000

| Pemisahan arah SP % - % | | 50-50 | 55-45 | 60-40 | 65-35 | 70-30 |
|-------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FCsp | Jalan bebas hambatan tak terbagi | 1 | 0,97 | 0,94 | 0,91 | 0,88 |

4.2.4 Menghitung Nilai Kapasitas (C)

Dengan menggunakan persamaan $C = C_o \times FC_w \times FC_{sp}$, maka diperoleh hasil perhitungan kapasitas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 C &= C_o \times FC_w \times FC_{sp} \\
 &= 2300 \text{ smp / jam / lajur} \times 1.01 \times 1 \times 4 \text{ lajur} \\
 &= 9292 \text{ smp / jam}
 \end{aligned}$$

4.2.5 Menghitung Degree of Saturation (DS)

Data LHR pada Tabel 4.3 terlebih dahulu diolah menjadi Q (smp/jam) dengan cara mengalikan faktor k, kemudian dapat digunakan untuk menghitung *Degree of Saturation* (DS).

Perhitungan DS dimulai dari awal umur rencana pada tahun 2019 hingga akhir umur rencana 25 tahun yaitu tahun 2044. Analisa kapasitas jalan ini digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu jalan dalam menampung lalu lintas yang melewati ruas jalan tersebut, dengan cara menghitung *Degree of Saturation* (DS) dari data yang telah ada. Jalan Tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar direncanakan 4 lajur 2 arah terbagi (4/2 D) dengan

- Lebar badan jalan : 7,2 m (3,6 m tiap lajur)
- Median : Ada

- Bahu jalan (luar) : 3 m
- Bahu jalan (dalam) : 1,5 m

Dalam perhitungan *Degree of Saturation* (DS) ini, penulis menggunakan program KAJI. Berikut rekapitulasi perhitungan *Degree of Saturation* (DS) tahun 2019 – 2044 (4/2D) menggunakan program KAJI:

Tabel 4. 9 Rekapitulasi DS (4/2 D)

| Tahun | DS |
|-------|-------|
| 2019 | 0.215 |
| 2020 | 0.230 |
| 2021 | 0.247 |
| 2022 | 0.264 |
| 2023 | 0.283 |
| 2024 | 0.303 |
| 2025 | 0.325 |
| 2026 | 0.349 |
| 2027 | 0.375 |
| 2028 | 0.403 |
| 2029 | 0.434 |
| 2030 | 0.469 |
| 2031 | 0.507 |
| 2032 | 0.548 |
| 2033 | 0.594 |
| 2034 | 0.644 |
| 2035 | 0.699 |
| 2036 | 0.759 |
| 2037 | 0.824 |
| 2038 | 0.881 |
| 2039 | 0.898 |

| | |
|------|-------|
| 2040 | 0.910 |
| 2041 | 0.917 |
| 2042 | 0.966 |
| 2043 | 1.029 |
| 2044 | 1.095 |

Sumber : Hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa DS pada tahun 2036 adalah 0,759. Nilai DS pada tahun tersebut telah mencapai $DS \geq 0,75$. Sehingga dibutuhkan pelebaran jalan pada tahun tersebut.

4.2.6 Menghitung Nilai Kapasitas Pelebaran Jalan

Jalan tol direncanakan menjadi 6 lajur 2 arah terbagi dengan lebar lajur 3,6 m. perhitungan kapasitas pelebaran jalan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C &= C_o \times FC_w \times FC_{sp} \\
 &= 2300 \text{ smp / jam / lajur} \times 1.01 \times 1 \times 6 \text{ lajur} \\
 &= 13938 \text{ smp / jam}
 \end{aligned}$$

4.2.7 Menghitung *Degree of Saturation* (DS) setelah pelebaran

Pelebaran Jalan Tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar dilakukan pada tahun 2036 hingga akhir umur rencana yaitu pada tahun 2044 direncanakan 6 lajur 2 arah terbagi (6/2 D) dengan :

- Lebar badan jalan : 10,8 m (3,6 m tiap lajur)
- Median : Ada
- Bahu jalan (luar) : 3 m
- Bahu jalan (dalam) : 1,5 m

Dalam perhitungan *Degree of Saturation* (DS) ini, penulis menggunakan program KAJI. Berikut rekapitulasi perhitungan *Degree of Saturation* (DS) tahun 2036 – 2044 (6/2D) menggunakan program KAJI:

Tabel 4. 10 Rekapitulasi DS (6/2 D)

| Tahun | DS |
|-------|-------|
| 2036 | 0.452 |
| 2037 | 0.488 |
| 2038 | 0.529 |
| 2039 | 0.572 |
| 2040 | 0.620 |
| 2041 | 0.672 |
| 2042 | 0.729 |
| 2043 | 0.792 |
| 2044 | 0.861 |

Dari data diatas diketahui bahwa *Degree of Saturation* (DS) pada tahun 2043 dan 2044 adalah 0,792 dan 0,861. DS tersebut melebihi 0,75 akan tetapi belum mencapai batas kapasitas kritis yaitu DS = 1.

4.3 Kontrol Geometrik

4.3.1 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal terdiri dari bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan) yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan saat melaju dengan kecepatan tertentu. Pada perencanaan Jalan Tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar STA 19+000 – STA 29+000 terdapat 3 jenis tikungan yaitu Full Circle, Spiral-Circle-Spiral, dan Spiral-Spiral.

Contoh Perhitungan Kontrol Alinyemen Horizontal Full Circle

- Alinyemen horizontal pada PI 11

Diketahui :

$$V_R = 70 \text{ km/jam}$$

$$\Delta = 11.6^\circ$$

$$R = 366 \text{ m}$$

$$e \text{ maks} = 10\%$$

$$\begin{aligned} f_{\text{maks}} &= 0.12 \\ e_n &= 2\% \end{aligned}$$

Perhitungan Lengkung Full Circle :

$$\begin{aligned} R_{\text{min}} &= \frac{V_R^2}{127(e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}})} \\ &= \frac{(70)^2}{127(0.1 + 0.12)} \\ &= 175,376 \text{ m} \quad < R = 366 \text{ m} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \\ &= (366 \text{ m}) \cdot \tan \frac{1}{2} (11,6^\circ) \\ &= 37,177 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \\ &= (37,177 \text{ m}) \cdot \tan \frac{1}{4} (11,6^\circ) \\ &= 1,883 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_c &= \frac{\Delta}{360^\circ} \cdot 2\pi R \\ &= \frac{11,6^\circ}{360^\circ} \cdot 2(3.14)(366 \text{ m}) \\ &= 74,099 \text{ m} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{array}{lll} L_c & < & 2 T_c \\ 74,1 \text{ m} & < & 74,354 \text{ m} \quad (\text{Memenuhi}) \end{array}$$

Contoh Perhitungan Kontrol Alinyemen Horizontal Spiral – Spiral

- Alinyemen horizontal pada PI 12
Diketahui :

$$\begin{aligned}
 V_R &= 70 \text{ km/jam} \\
 \Delta &= 16,08^\circ \\
 R &= 366 \text{ m} \\
 e \text{ maks} &= 10\% \\
 f \text{ maks} &= 0,12 \\
 en &= 2\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan Lengkung Spiral – Spiral :

$$\begin{aligned}
 R_{\min} &= \frac{V_R^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \\
 &= \frac{(70)^2}{127(0,1 + 0,12)} \\
 &= 175,376 \text{ m} < R = 366 \text{ m} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \theta_s &= \frac{\Delta}{2} \\
 &= \frac{16,08}{2} \\
 &= 8,04
 \end{aligned}$$

$$\Delta_c = 0$$

$$L_c = 0$$

$$\begin{aligned}
 Y_c &= \frac{L_s^2}{6R} \\
 &= \frac{(83,33 \text{ m})^2}{6(366 \text{ m})} \\
 &= 3,162 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_c &= L_s - \frac{L_s^3}{40R^2} \\
&= (83,33\text{m}) - \frac{(83,33\text{m})^3}{40(366\text{m})^2} \\
&= 83,33\text{m} - 0,1079896\text{m} \\
&= 83,22\text{m} \\
k &= X_c - R \sin \theta_s \\
&= (83,22\text{m}) - (366\text{m}) \sin(8,04) \\
&= 32,032\text{m} \\
p &= Y_c - R(1 - \cos \theta_s) \\
&= (3,162\text{m}) - (366\text{m})(1 - \cos(8,04)) \\
&= (3,162\text{m}) - (366\text{m})(0,00983) \\
&= (3,162\text{m}) - (3,598\text{m}) \\
&= -0,435\text{m} \\
T_s &= (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \\
&= (366\text{m} + (-0,435\text{m})) \tan(8,04) + (32,032\text{m}) \\
&= (365,565\text{m} \times 0,141) + 32,032\text{m} \\
&= 51,545\text{m} + 32,032\text{m} \\
&= 83,669\text{m} \\
E_s &= \frac{R + p}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R \\
&= \frac{(366\text{m}) + (-0,435\text{m})}{\cos(8,04)} - (366\text{m}) \\
&= 369,19\text{m} - 366\text{m} \\
&= 3,193\text{m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_t &= 2L_s \\ &= 2(83,33\text{m}) \\ &= 166,66\text{m}\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{array}{lcl}2 L_s & < & 2 T_s \\ 166,66 \text{ m} & < & 2 (83,6687 \text{ m}) \\ 166,66 \text{ m} & < & 167,337 \text{ m} \quad (\text{Memenuhi})\end{array}$$

Tabel 4. 11 Rekapitulasi Kontrol Alinyemen Horizontal Lengkung Full Circle

| PI | Data Rencana | | | Rmin | Kontrol R | Tc | Lc | Ec | 2Tc | Kontrol Lc < 2 Tc |
|----|----------------|----|-----|----------|-----------|--------|------|--------|----------|-------------------|
| | Δ° | v | R | | | | | | | |
| 11 | 11.6 | 70 | 366 | 175.3758 | OK | 37.177 | 74.1 | 1.8833 | 74.35385 | Memenuhi |

Tabel Alinyemen Horizontal Lengkung Spiral-Circle-Spiral

| PI | Data Rencana | | | Rmin | Kontrol R | θ_s | Yc | Xc | k | p | Lc | Es |
|----|----------------|----|-----|---------|-----------|------------|------|-------|-------|------|--------|--------|
| | Δ° | v | R | | | | | | | | | |
| 14 | 33,76 | 70 | 366 | 175.376 | OK | 6,52 | 3.16 | 83.22 | 41,65 | 0,79 | 132.33 | 17,308 |

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Kontrol Alinyemen Horizontal Lengkung Spiral – Spiral

| PI | Data Rencana | | | Rmin | Kontrol R | θ_s | Yc | Xc | k | p |
|----|----------------|----|-----|---------|-----------|------------|--------|-------|----------|--------|
| | Δ° | v | R | | | | | | | |
| 12 | 16.08 | 70 | 366 | 175.376 | OK | 8.04 | 3.1621 | 83.22 | 32.03164 | -0.435 |
| 13 | 15.14 | 70 | 366 | 175.376 | OK | 7.57 | 3.1621 | 83.22 | 35.00613 | -0.028 |
| 15 | 8.74 | 70 | 366 | 175.376 | OK | 4.37 | 3.1621 | 83.22 | 55.33392 | 2.098 |

| Ts | Es | 2 Ls | 2Ts | Kontrol 2Ls < 2 Ts |
|---------|---------|--------|----------|--------------------|
| 83.6687 | 3.19345 | 166.66 | 167.3373 | Memenuhi |
| 83.6422 | 3.18986 | 166.66 | 167.2845 | Memenuhi |
| 83.4637 | 3.17128 | 166.66 | 166.9273 | Memenuhi |

4.3.2 Alinyemen Vertikal

Contoh Perhitungan Alinyemen Vertikal Cembung

- Alinyemen vertikal pada PPV STA 19+150

Diketahui :

$$G1 = 2 \%$$

$$G2 = -2 \%$$

$$A = -4 \% \text{ (Tipe alinyemen vertikal adalah cembung)}$$

$$V_R = 80 \text{ km/jam}$$

$$L = 48,45 \text{ m}$$

- Perhitungan jarak pandang henti

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + 0,039 \frac{V_R^2}{a}$$

$$= 0,278 \times 80 \times 2,5 + 0,039 \frac{80^2}{3,4}$$

$$= 129,012 \text{ m}$$

Keterangan :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu reaksi, ditetapkan 2,5 detik

a = tingkat perlambatan (m/s^2), ditetapkan $3,4 \text{ m/s}^2$

- Panjang lengkung (L) berdasarkan jarak pandang henti

Untuk $S < L$

$$L = \frac{AS^2}{658}$$

$$= \frac{2(129,012)^2}{658}$$

$$= 101,18 \text{ m}$$

Nilai L tidak memenuhi terhadap syarat $S < L$

Untuk $S > L$

$$L = 2S - \frac{658}{A}$$

$$= 2(129,012) - \frac{658}{2}$$

$$= 93,52 \text{ m}$$

Nilai L memenuhi terhadap syarat $S > L$

Syarat :

| | | |
|------------|--------------|------------------|
| L lapangan | > L hitungan | |
| 48,45 m | < 93,52 m | (Tidak Memenuhi) |

- Panjang lengkung (L) berdasarkan syarat keluwesan bentuk

$$L = 0,6 \times V_R$$

$$= 0,6 \times 80$$

$$= 48 \text{ m}$$

Syarat :

| | | |
|------------|--------------|------------|
| L lapangan | > L hitungan | |
| 48,45 m | > 48 m | (Memenuhi) |

- Panjang lengkung (L) berdasarkan syarat drainase

$$L = 40 \times A$$

$$= 40 \times 4$$

$$= 160 \text{ m}$$

Syarat :

| | | |
|------------|--------------|------------------|
| L lapangan | > L hitungan | |
| 48,45 m | < 160 m | (Tidak Memenuhi) |

Kontrol panjang lengkung vertikal cembung pada PPV STA 19+150

Berdasarkan jarak pandang henti ($S > L$) dan syarat drainase tidak memenuhi, maka diperlukan perubahan desain ataupun perubahan perhitungan alinyemen vertikal.

- Rekapitulasi perhitungan alinyemen vertikal cembung

Tabel 4. 13 Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti $S < L$

| STA PPV | G1 | G2 | A | V | S | L hitungan | $S < L$ |
|---------|-------|-------|------|-----|-----|------------|---------|
| 19+150 | 2.00 | -2.00 | 4.00 | 80 | 129 | 101.18 | Not OK |
| 20+593 | 1.20 | 0.06 | 1.14 | 120 | 249 | 107.42 | Not OK |
| 22+066 | 2.00 | -2.00 | 4.00 | 80 | 130 | 102.74 | Not OK |
| 23+878 | -0.01 | -1.20 | 1.19 | 120 | 249 | 112.13 | Not OK |
| 28+100 | 2.00 | 0.00 | 2.00 | 80 | 130 | 51.37 | Not OK |

Tabel 4. 14 Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti $S > L$

| STA PPV | G1 | G2 | A | V | S | L hitungan | $S > L$ | L lapangan | Kontrol |
|---------|-------|-------|------|-----|-----|------------|---------|------------|----------------|
| 19+150 | 2.00 | -2.00 | 4.00 | 80 | 129 | 93.52 | OK | 48.45 | Tidak Memenuhi |
| 20+593 | 1.20 | 0.06 | 1.14 | 120 | 249 | -79.19 | OK | 108.96 | Memenuhi |
| 22+066 | 2.00 | -2.00 | 4.00 | 80 | 130 | 95.50 | OK | 96.79 | Memenuhi |
| 23+878 | -0.01 | -1.20 | 1.19 | 120 | 249 | -54.94 | OK | 99.42 | Memenuhi |
| 28+100 | 2.00 | 0.00 | 2.00 | 80 | 130 | -69.00 | OK | 96.79 | Memenuhi |

Tabel 4. 15 Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cembung berdasarkan syarat keluwesan bentuk

| STA PPV | G1 | G2 | A | V | S | L hitungan | L lapangan | Kontrol |
|---------|-------|-------|------|-----|-----|------------|------------|----------|
| 19+150 | 2.00 | -2.00 | 4.00 | 80 | 129 | 48 | 48.45 | Memenuhi |
| 20+593 | 1.20 | 0.06 | 1.14 | 120 | 249 | 72 | 108.96 | Memenuhi |
| 22+066 | 2.00 | -2.00 | 4.00 | 80 | 130 | 48 | 96.79 | Memenuhi |
| 23+878 | -0.01 | -1.20 | 1.19 | 120 | 249 | 72 | 99.42 | Memenuhi |
| 28+100 | 2.00 | 0.00 | 2.00 | 80 | 130 | 48 | 96.79 | Memenuhi |

Tabel 4. 16. Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cembung berdasarkan syarat drainase

| STA PPV | G1 | G2 | A | V | S | L hitungan | L lapangan | Kontrol |
|---------|-------|-------|------|-----|-----|------------|------------|----------------|
| 19+150 | 2.00 | -2.00 | 4.00 | 80 | 129 | 160.0 | 48.45 | Tidak Memenuhi |
| 20+593 | 1.20 | 0.06 | 1.14 | 120 | 249 | 45.6 | 108.96 | Memenuhi |
| 22+066 | 2.00 | -2.00 | 4.00 | 80 | 130 | 160.0 | 96.79 | Tidak Memenuhi |
| 23+878 | -0.01 | -1.20 | 1.19 | 120 | 249 | 47.6 | 99.42 | Memenuhi |
| 28+100 | 2.00 | 0.00 | 2.00 | 80 | 130 | 80.0 | 96.79 | Memenuhi |

Daritabel rekapitulasi kontrol perhitungan alinyemen vertikal cembung pada PPV STA 19+150 dan STA 22+066 tidak memenuhi berdasarkan syarat jarak pandang henti dan syarat drainase, maka diperlukan perubahan desain. Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan perubahan desain alinyemen vertikal cembung.

Tabel 4. 17 Perhitungan perubahan desain alinyemen vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti $S < L$

| STA PPV | G1 | G2 | A | V | S | L hitungan | L lapangan | $S < L$ |
|---------|-------|-------|-------|-----|-----|------------|------------|---------|
| 19+150 | 1.07 | -1.27 | 2.33 | 80 | 130 | 60 | 94.00 | Not OK |
| 20+593 | 1.20 | 0.07 | 1.129 | 120 | 249 | 107 | 108.96 | Not OK |
| 22+066 | 1.16 | -1.44 | 2.60 | 80 | 130 | 67 | 106.00 | Not OK |
| 23+878 | -0.02 | -1.20 | 1.178 | 120 | 249 | 112 | 99.42 | Not OK |
| 28+100 | 2.00 | 0.00 | 2 | 80 | 130 | 52 | 96.79 | Not OK |

Tabel 4. 18 Perhitungan perubahan desain alinyemen vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti $S > L$

| STA PPV | G1 | G2 | A | V | S | L hitungan | $S > L$ | L lapangan | Kontrol |
|---------|-------|-------|-------|-----|-----|------------|---------|------------|----------|
| 19+150 | 1.07 | -1.27 | 2.33 | 80 | 130 | -23 | OK | 94.00 | Memenuhi |
| 20+593 | 1.20 | 0.07 | 1.129 | 120 | 249 | -86 | OK | 108.96 | Memenuhi |
| 22+066 | 1.16 | -1.44 | 2.60 | 80 | 130 | 8 | OK | 106.00 | Memenuhi |
| 23+800 | -0.02 | -1.20 | 1.178 | 120 | 249 | -61 | OK | 99.42 | Memenuhi |
| 28+100 | 2.00 | 0.00 | 2 | 80 | 130 | -69 | OK | 96.79 | Memenuhi |

Tabel 4. 19 Perhitungan perubahan desain alinyemen vertikal cembung berdasarkan syarat keluwesan bentuk

| STA PPV | G1 | G2 | A | V | Lhitungan | L lapangan | Kontrol |
|---------|-------|-------|-------|-----|-----------|------------|----------|
| 19+150 | 1.07 | -1.27 | 2.33 | 80 | 48 | 94.00 | Memenuhi |
| 20+593 | 1.20 | 0.07 | 1.129 | 120 | 72 | 108.96 | Memenuhi |
| 22+066 | 1.16 | -1.44 | 2.602 | 80 | 48 | 106.00 | Memenuhi |
| 23+878 | -0.02 | -1.20 | 1.178 | 120 | 72 | 99.42 | Memenuhi |
| 28+100 | 2.00 | 0.00 | 2 | 80 | 48 | 96.79 | Memenuhi |

Tabel 4. 20 Perhitungan perubahan desain alinyemen vertikal cembung berdasarkan syarat drainase

| STA PPV | G1 | G2 | A | V | Lhitungan | L lapangan | Kontrol |
|---------|-------|-------|-------|-----|-----------|------------|----------|
| 19+150 | 1.07 | -1.27 | 2.33 | 80 | 93.3 | 94.00 | Memenuhi |
| 20+593 | 1.20 | 0.07 | 1.129 | 120 | 45.1 | 108.96 | Memenuhi |
| 22+066 | 1.16 | -1.44 | 2.602 | 80 | 104.1 | 106.00 | Memenuhi |
| 23+878 | -0.02 | -1.20 | 1.178 | 120 | 47.1 | 99.42 | Memenuhi |
| 28+100 | 2.00 | 0.00 | 2 | 80 | 80.0 | 96.79 | Memenuhi |

Contoh Perhitungan Alinyemen Vertikal Cekung

- Alinyemen vertikal pada PPV STA 19+500

Diketahui :

$$G1 = -1,27 \%$$

$$G2 = 0,00 \%$$

$$A = 1,27 \% \text{ (Tipe alinyemen vertikal adalah cekung)}$$

$$V_R = 80 \text{ km/jam}$$

$$L = 50,7 \text{ m}$$

- Perhitungan jarak pandang henti

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + 0,039 \frac{V_R^2}{a}$$

$$= 0,278 \times 80 \times 2,5 + 0,039 \frac{80^2}{3,4}$$

$$= 129,012 \text{ m}$$

$$= 130 \text{ m}$$

Keterangan :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu reaksi, ditetapkan 2,5 detik

a = tingkat perlambatan (m/s^2), ditetapkan $3,4 \text{ m/s}^2$

- Panjang lengkung (L) berdasarkan jarak pandang henti

Untuk $S < L$

$$L = \frac{AS^2}{120 + (3.5 \times S)}$$

$$= \frac{1,27(130)^2}{120 + (3,5 \times 130)}$$

$$= 38 \text{ m}$$

Nilai L tidak memenuhi terhadap syarat $S < L$

Untuk $S > L$

$$\begin{aligned} L &= 2S - \frac{120 + (3,5 \times S)}{A} \\ &= 2(130) - \frac{120 + (3,5 \times 130)}{1,27} \\ &= -195 \text{ m} \end{aligned}$$

Nilai L memenuhi terhadap syarat $S > L$

- Panjang lengkung (L) berdasarkan syarat keluwesan bentuk

$$\begin{aligned} L &= 0,6 \times V_R \\ &= 0,6 \times 80 \\ &= 48 \text{ m} \end{aligned}$$

- Panjang lengkung (L) berdasarkan syarat drainase

$$\begin{aligned} L &= 40 \times A \\ &= 40 \times 1,27 \\ &= 50,7 \text{ m} \end{aligned}$$

- Panjang lengkung berdasarkan syarat kenyamanan

$$\begin{aligned} L &= \frac{AV^2}{395} \\ &= \frac{1,27(80)^2}{395} \\ &= 20,51 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan panjang lengkung L di atas, untuk panjang lengkung STA 19+500 dipilih L terpanjang yaitu berdasarkan syarat drainase sebesar 50,7 m.

- Rekapitulasi perhitungan alinyemen vertikal cekung

Tabel 4. 21 Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti $S < L$

| STA PPV | G1 | G2 | A | V | S | L hitungan | L lapangan | $S < L$ |
|---------|-------|-------|------|-----|-----|------------|------------|---------|
| 19+500 | -1.27 | 0.00 | 1.27 | 80 | 130 | 38 | 50.70 | Not OK |
| 20+419 | 0.00 | 1.20 | 1.2 | 120 | 249 | 76 | 103.51 | Not OK |
| 21+700 | 0.07 | 1.16 | 1.09 | 80 | 130 | 32 | 50.00 | Not OK |
| 22+400 | -1.44 | -0.02 | 1.42 | 80 | 130 | 42 | 59.00 | Not OK |
| 24+046 | -1.20 | -0.01 | 1.19 | 120 | 249 | 75 | 99.34 | Not OK |
| 27+865 | -0.01 | 2.00 | 2.01 | 80 | 130 | 60 | 98.35 | Not OK |

Tabel 4. 22 Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti $S > L$

| STA PPV | G1 | G2 | A | V | S | L hitungan | $S > L$ | L lapangan | Kontrol |
|---------|-------|-------|------|-----|-----|------------|---------|------------|----------|
| 19+500 | -1.27 | 0.00 | 1.27 | 80 | 130 | -195 | OK | 50.70 | Memenuhi |
| 20+419 | 0.00 | 1.20 | 1.2 | 120 | 249 | -329 | OK | 103.51 | Memenuhi |
| 21+700 | 0.07 | 1.16 | 1.09 | 80 | 130 | -269 | OK | 50.00 | Memenuhi |
| 22+400 | -1.44 | -0.02 | 1.42 | 80 | 130 | -145 | OK | 59.00 | Memenuhi |
| 24+100 | -1.20 | -0.01 | 1.19 | 120 | 249 | -336 | OK | 99.34 | Memenuhi |
| 27+865 | -0.01 | 2.00 | 2.01 | 80 | 130 | -27 | OK | 98.35 | Memenuhi |

Tabel 4. 23 Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cekung berdasarkan keluwesan bentuk

| STA PPV | G1 | G2 | A | V | L hitungan | L lapangan | Kontrol |
|---------|-------|-------|------|-----|------------|------------|----------|
| 19+500 | -1.27 | 0.00 | 1.27 | 80 | 48 | 50.70 | Memenuhi |
| 20+419 | 0.00 | 1.20 | 1.20 | 120 | 72 | 103.51 | Memenuhi |
| 21+700 | 0.07 | 1.16 | 1.09 | 80 | 48 | 50.00 | Memenuhi |
| 22+400 | -1.44 | -0.02 | 1.42 | 80 | 48 | 59.00 | Memenuhi |
| 24+100 | -1.20 | -0.01 | 1.19 | 120 | 72 | 99.34 | Memenuhi |
| 27+865 | -0.01 | 2.00 | 2.01 | 80 | 48 | 98.35 | Memenuhi |

Tabel 4. 24 Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cekung berdasarkan drainase

| STA PPV | G1 | G2 | A | V | L hitungan | L lapangan | Kontrol |
|---------|-------|-------|------|-----|------------|------------|----------|
| 19+500 | -1.27 | 0.00 | 1.27 | 80 | 50.6 | 50.70 | Memenuhi |
| 20+419 | 0.00 | 1.20 | 1.20 | 120 | 48.0 | 103.51 | Memenuhi |
| 21+700 | 0.07 | 1.16 | 1.09 | 80 | 43.5 | 50.00 | Memenuhi |
| 22+400 | -1.44 | -0.02 | 1.42 | 80 | 56.9 | 59.00 | Memenuhi |
| 24+100 | -1.20 | -0.01 | 1.19 | 120 | 47.6 | 99.34 | Memenuhi |
| 27+865 | -0.01 | 2.00 | 2.01 | 80 | 80.4 | 98.35 | Memenuhi |

Tabel 4. 25 Kontrol perhitungan alinyemen vertikal cekung berdasarkan kenyamanan

| STA PPV | G1 | G2 | A | V | L hitungan | L lapangan | Kontrol |
|---------|-------|-------|------|-----|------------|------------|----------|
| 19+500 | -1.27 | 0.00 | 1.27 | 80 | 20.5 | 50.70 | Memenuhi |
| 20+419 | 0.00 | 1.20 | 1.20 | 120 | 43.7 | 103.51 | Memenuhi |
| 21+700 | 0.07 | 1.16 | 1.09 | 80 | 17.6 | 50.00 | Memenuhi |
| 22+400 | -1.44 | -0.02 | 1.42 | 80 | 23.0 | 59.00 | Memenuhi |
| 24+100 | -1.20 | -0.01 | 1.19 | 120 | 43.4 | 99.34 | Memenuhi |
| 27+865 | -0.01 | 2.00 | 2.01 | 80 | 32.6 | 98.35 | Memenuhi |

4.4 Perencanaan Tebal Perkerasan

4.4.1 Analisa Lalu lintas

a. Pengelompokan Jenis Kendaraan

Perhitungan lalu lintas untuk perencanaan perkerasan jalan harus berdasarkan penggolongan kendaraan menurut klasifikasi dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, sehingga data LHR yang didapatkan untuk perencanaan tugas akhir ini harus sesuai klasifikasi kendaraan dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dengan menggunakan prosentase distribusi tipikal volume kendaraan yang didapatkan dari Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013.

Hasil perhitungan distribusi volume kendaraan untuk desain perkerasan jalan pada perencanaan tugas akhir ini disajikan pada Tabel 4.26

Tabel 4. 26Distribusi Volume Kendaraan

| Gol | Jenis Kendaraan | Distribusi Tipikal (%) | Distribusi Volume Kendaraan (%) |
|--------------|-----------------|------------------------|---------------------------------|
| I | Mobil Penumpang | 74.3 | 100 |
| Total | | 74.3 | 100 |
| II | Bus | 5.0 | 29.24 |
| | Truk 2 as kecil | 6.6 | 38.6 |
| | Truk 2 as besar | 5.5 | 32.16 |
| Total | | 17.1 | 100 |
| III | Truk 3 as | 5.6 | 100 |
| Total | | 5.6 | 100 |
| IV | Truk gandeng | 0.7 | 58.33 |
| | Truk 4 as | 0.5 | 41.67 |
| Total | | 1.2 | 100 |
| V | Truk 5 as/lebih | 1.0 | 100 |
| Total | | 1.0 | 100 |

- Contoh perhitungan :

Distribusi volume kendaraan bus

$$= \frac{\text{Distribusi tipikal}}{\text{Total distribusi tipikal tiap golongan}} \times 100\%$$

$$= \frac{5}{17,1} \times 100\%$$

$$= 29,24\%$$

Pada tugas akhir ini jalan tol direncanakan akan dibangun dalam 2 tahap. Tahap pertama yaitu pada awal umur rencana tahun 2019 dengan 4/2D dan tahap kedua yaitu pelebaran jalan pada tahun 2036 dengan 6/2D. Oleh karena itu perhitungan LHR untuk perencanaan perkerasan kaku dibagi menjadi dua tahap menyesuaikan dengan rencana pembangunan jalan.

Distribusi LHR untuk setiap golongan kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.27

Tabel 4. 27 LHR Perencanaan Perkerasan Kaku Tahun 2019

| Jenis Kendaraan | LHR |
|-----------------|-------|
| Mobil Penumpang | 4689 |
| Bus | 535 |
| Truk 2 as kecil | 706 |
| Truk 2 as besar | 588 |
| Truk 3 as | 1252 |
| Truk gandeng | 1931 |
| Truk 4 as | 1379 |
| Truk 5 as/lebih | 1487 |
| Total | 12567 |

- Contoh perhitungan :

$$\text{LHR Bus} = \text{Distribusi (\%)} \times \text{Jumlah LHR 2019 golongan II}$$

$$= 29,24\% \times 1829$$

$$= 535 \text{ kendaraan/hari}$$
 Jumlah LHR 2019 golongan II didapatkan dari Tabel 4.28

Tabel 4. 28LHR Perencanaan Perkerasan Kaku Tahun 2036

| Jenis Kendaraan | LHR |
|-----------------|-------|
| Mobil Penumpang | 13679 |
| Bus | 1560 |
| Truk 2 as kecil | 2059 |
| Truk 2 as besar | 1715 |
| Truk 3 as | 3653 |
| Truk gandeng | 5632 |
| Truk 4 as | 4024 |
| Truk 5 as/lebih | 4338 |
| Total | 36660 |

- Contoh perhitungan :

$$\text{LHR Bus} = \text{Distribusi (\%)} \times \text{Jumlah LHR 2036 golongan II}$$

$$= 29\% \times 5334$$

$$= 1560 \text{ kendaraan/hari}$$
 Jumlah LHR 2036 golongan II didapatkan dari tabel
- b. Perhitungan Beban Lalu Lintas
- Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Jenis kendaraan yang perhitungkan adalah jenis kendaraan yang mempunyai berat minimal 5 ton.

Pengelompokan kendaraan niaga untuk mengetahui berat dari masing-masing jenis kendaraan tdpapat dilihat pada Tabel 4.29

Tabel 4. 29 Data Muatan Maksimum dan Pengelompokan Kendaraan Niaga

| Jenis Kendaraan | Berat Total Maks (Ton) | Beban As (ton) | Jenis As |
|-----------------|------------------------|----------------|----------|
| Mobil penumpang | 2 | 1 | STRT |
| | | 1 | STRT |
| Bus | 9 | 3.06 | STRT |
| | | 5.94 | STRG |
| Truk 2 as 3/4 | 8.3 | 2.82 | STRT |
| | | 5.48 | STRG |
| Truk 2as | 18.2 | 6.19 | STRT |
| | | 12.01 | STRG |
| Truk 3 as | 25 | 6.25 | STRT |
| | | 18.75 | STdRG |
| Truk 4 as | 26.2 | 7.56 | STRT |
| | | 11.76 | STRG |
| | | 22.68 | STdRG |
| Truk gandeng | 31.4 | 5.02 | STRT |
| | | 11.304 | STRG |
| | | 7.536 | STRG |
| | | 7.536 | STRG |
| Truk 5 as/lebih | 50 | 6.5 | STRT |
| | | 21.75 | STdRG |
| | | 21.75 | STdRG |

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga

- c. Perhitungan Lalu Lintas Rencana
 Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur

rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan.

Perencanaan Perkerasan Kaku untuk Tahap I (2019 – 2035)

- Menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas (R)
Umur rencana jalan tol 25 tahun dan laju pertumbuhan lalu lintas i diambil sebesar 6,5%, sehingga nilai R adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R &= \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \\ &= \frac{(1+0,065)^{16} - 1}{0,065} \\ &= 26,754 \end{aligned}$$

- Menentukan koefisien distribusi kendaraan (C)
Nilai koefisien distribusi kendaraan jalan tol direncanakan 4 lajur 2 arah (4/2D) dapat dilihat pada tabel dan diperoleh nilai C sebesar 0,45
- Menghitung Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)

$$\begin{aligned} JSKN &= 22484 \times 365 \times 26.754 \times 0.45 \\ &= 98802480 \end{aligned}$$

Tabel 4. 30 perhitungan jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya untuk tahap I

| Jenis kendaraan | Konfigurasi beban sumbu (ton) | | | | Jml. Kend (bh) | Jml. Sumbu per kend (bh) | Jml. Sumbu (bh) | STRT | | STRG | | STdRG | |
|-----------------|-------------------------------|-------|-------|-------|----------------|--------------------------|-----------------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | RD | RB | RGD | RGB | | | | BS | JS | BS | JS | BS | JS |
| | | | | | | | | (ton) | (bh) | (ton) | (bh) | (hb) | (bh) |
| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Mobil | 1 | 1 | - | - | 4689 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Bus | 3.06 | 5.94 | - | - | 535 | 2 | 1070 | 3 | 535 | 6 | 535 | - | - |
| Truk 2 as kecil | 2.82 | 5.48 | - | - | 706 | 2 | 1412 | 3 | 706 | 5 | 706 | - | - |
| Truk 2 as besar | 6.19 | 12.01 | - | - | 588 | 2 | 1176 | 6 | 588 | 12 | 588 | - | - |
| Truk 3 as | 6.25 | - | - | 18.75 | 1252 | 2 | 2504 | 6 | 1252 | - | - | 19 | 1252 |
| Truk gandeng | 5.02 | 11.3 | 7.5 | 7.5 | 1931 | 4 | 7724 | 5 | 1931 | - | - | - | - |
| | | | | | | | | - | - | 11 | 1931 | - | - |
| | | | | | | | | - | - | 8 | 1931 | - | - |
| | | | | | | | | - | - | 8 | 1931 | - | - |
| | | | | | | | | - | - | 8 | 1931 | - | - |
| Truk 4 as | 7.56 | 11.76 | - | 22.68 | 1379 | 3 | 4137 | 8 | 1379 | 12 | 1379 | 23 | 1379 |
| Truk 5 as/lebih | 6.5 | - | 21.75 | 21.75 | 1487 | 3 | 4461 | 7 | 1487 | - | - | - | - |
| | | | | | | | | - | - | - | - | 22 | 1487 |
| | | | | | | | | - | - | - | - | 22 | 1487 |
| Total | | | | | | | 22484 | | 7878 | | 9001 | | 5605 |

Tabel 4. 31 Perhitungan repetisi sumbu rencana untuk tahap I

| Jenis sumbu | Beban sumbu (ton) | Jumlah sumbu | Proporsi beban | Proporsi sumbu | Lalu lintas rencana | Repetisi yang terjadi |
|------------------|-------------------|--------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 = 4x5 x6 |
| STRT | 8 | 1379 | 0.18 | 0.35 | 98802480 | 6059803 |
| | 7 | 1487 | 0.19 | 0.35 | 98802480 | 6534393 |
| | 6 | 1840 | 0.23 | 0.35 | 98802480 | 8085597 |
| | 5 | 1931 | 0.25 | 0.35 | 98802480 | 8485483 |
| | 3 | 1241 | 0.16 | 0.35 | 98802480 | 5453384 |
| Total | | 7878 | 1.00 | | | |
| STRG | 12 | 1967 | 0.22 | 0.40 | 98802480 | 8643679 |
| | 11 | 1931 | 0.21 | 0.40 | 98802480 | 8485483 |
| | 8 | 3862 | 0.43 | 0.40 | 98802480 | 16970965 |
| | 6 | 535 | 0.06 | 0.40 | 98802480 | 2350975 |
| | 5 | 706 | 0.08 | 0.40 | 98802480 | 3102408 |
| Total | | 9001 | 1.00 | | | |
| STdRG | 23 | 1379 | 0.25 | 0.25 | 98802480 | 6059803 |
| | 22 | 2974 | 0.53 | 0.25 | 98802480 | 13068786 |
| | 19 | 1252 | 0.22 | 0.25 | 98802480 | 5501721 |
| Total | | 5605 | 1.00 | | | |
| Kumulatif | | | | | | 98802480 |

Perencanaan Perkerasan Kaku untuk Tahap II (2036 – 2044)

- Menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas (R)
Umur rencana jalan tol 25 tahun dan laju pertumbuhan lalu lintas i diambil sebesar 6,5%, sehingga nilai R adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R &= \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \\ &= \frac{(1+0,065)^9 - 1}{0,065} \\ &= 11,73 \end{aligned}$$

- Menentukan koefisien distribusi kendaraan (C)
Nilai koefisien distribusi kendaraan jalan tol direncanakan 4 lajur 2 arah (4/2D) dapat dilihat pada tabel dan diperoleh nilai C sebesar 0,45
- Menghitung Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN)

$$\begin{aligned} JSKN &= 65578 \times 365 \times 11.73 \times 0.45 \\ &= 126362114 \end{aligned}$$

Tabel 4. 32 Perhitungan jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya untuk tahap II

| Jenis kendaraan | Konfigurasi beban sumbu (ton) | | | | Jml. Kend (bh) | Jml. Sumbu per kend (bh) | Jml. Sumbu (bh) | STRT | | STRG | | STdRG | |
|-----------------|-------------------------------|-------|-------|-------|----------------|--------------------------|-----------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|
| | RD | RB | RGD | RGB | | | | BS | JS | BS | JS | BS | JS |
| | | | | | | | | (ton) | (bh) | (ton) | (bh) | (hb) | (bh) |
| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Mobil | 1 | 1 | - | - | 13679 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Bus | 3.06 | 5.94 | - | - | 1560 | 2 | 3120 | 3 | 1560 | 6 | 1560 | - | - |
| Truk 2 as kecil | 2.82 | 5.48 | - | - | 2059 | 2 | 4118 | 3 | 2059 | 5 | 2059 | - | - |
| Truk 2 as besar | 6.19 | 12.01 | - | - | 1715 | 2 | 3430 | 6 | 1715 | 12 | 1715 | - | - |
| Truk 3 as | 6.25 | - | - | 18.75 | 3653 | 2 | 7306 | 6 | 3653 | - | - | 18.75 | 3653 |
| Truk gandeng | 5.02 | 11.3 | 7.5 | 7.5 | 5632 | 4 | 22528 | 5 | 5632 | - | - | - | - |
| | | | | | | | | - | - | 11 | 5632 | - | - |
| | | | | | | | | - | - | 8 | 5632 | - | - |
| | | | | | | | | - | - | 8 | 5632 | - | - |
| Truk 4 as | 7.56 | 11.76 | - | 22.68 | 4024 | 3 | 12072 | 8 | 4024 | 12 | 4024 | 22.68 | 4024 |
| Truk 5 as/lebih | 6.5 | - | 21.75 | 21.75 | 4334 | 3 | 13002 | 7 | 4334 | - | - | - | - |
| | | | | | | | | - | - | - | - | 21.75 | 4334 |
| | | | | | | | | - | - | - | - | 21.75 | 4334 |
| Total | | | | | | | 65576 | | 22977 | | 26254 | | 16345 |

Tabel 4. 33 Perhitungan repetisi sumbu rencana untuk tahap II

| Jenis sumbu | Beban sumbu (ton) | Jumlah sumbu | Proporsi beban | Proporsi sumbu | Lalu lintas rencana | Repetisi yang terjadi |
|------------------|-------------------|--------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 = 4x5x6 |
| STRT | 8 | 4024 | 0.18 | 0.35 | 126362114 | 7754074 |
| | 7 | 4334 | 0.19 | 0.35 | 126362114 | 8351430 |
| | 6 | 5368 | 0.23 | 0.35 | 126362114 | 10343904 |
| | 5 | 5632 | 0.25 | 0.35 | 126362114 | 10852620 |
| | 3 | 3619 | 0.16 | 0.35 | 126362114 | 6973656 |
| Total | | 22977 | 1.00 | | | |
| STRG | 12 | 5739 | 0.22 | 0.40 | 126362114 | 11058805 |
| | 11 | 5632 | 0.21 | 0.40 | 126362114 | 10852620 |
| | 8 | 11264 | 0.43 | 0.40 | 126362114 | 21705240 |
| | 6 | 1560 | 0.06 | 0.40 | 126362114 | 3006052 |
| | 5 | 2059 | 0.08 | 0.40 | 126362114 | 3967604 |
| Total | | 26254 | 1.00 | | | |
| STdRG | 23 | 4024 | 0.25 | 0.25 | 126362114 | 7754074 |
| | 22 | 8668 | 0.53 | 0.25 | 126362114 | 16702861 |
| | 19 | 3653 | 0.22 | 0.25 | 126362114 | 7039173 |
| Total | | 16345 | 1.00 | | | |
| Kumulatif | | | | | | 126362114 |

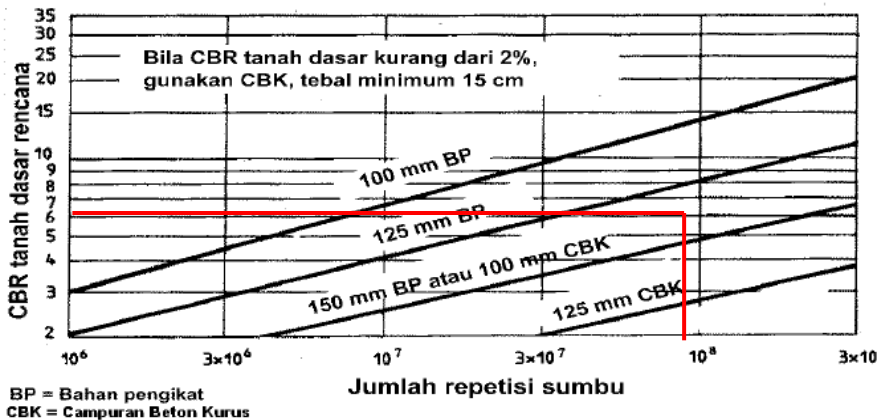
4.4.2 Data CBR Tanah Dasar

Data CBR tanah dasar digunakan untuk mendesain tebal perkerasan jalan. Sebagian besar tanah dasar pada lokasi perencanaan jalan tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar ini berupa material timbunan. Nilai CBR yang digunakan untuk perencanaan jalan tol ini yaitu sebesar 6%.

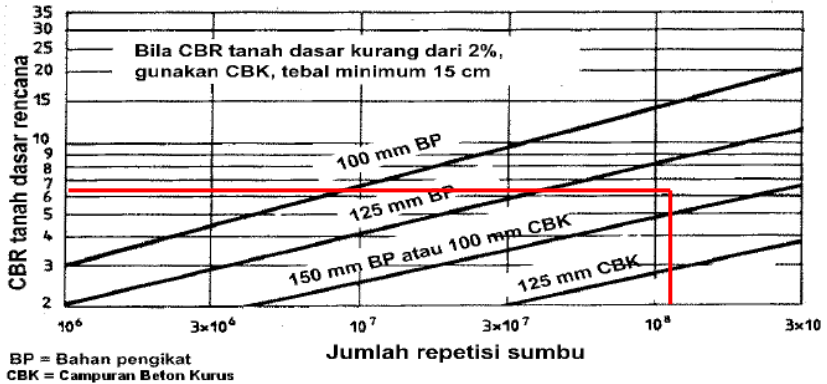
4.4.3 Perhitungan Tebal Pondasi Bawah Minimum

Dari hasil perhitungan jumlah repetisi sumbu dan nilai CBR tanah dasar rencana 6%, selanjutnya diplotkan pada grafik tebal pondasi bawah minimum untuk mencari tebal minimum lapis pondasi bawah yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini.

Grafik 4.1 Tebal Pondasi Bawah Minimum yang digunakan untuk perencanaan tahap I



Grafik 4. 2Tebal Pondasi Bawah Minimum yang digunakan untuk perencanaan tahap II

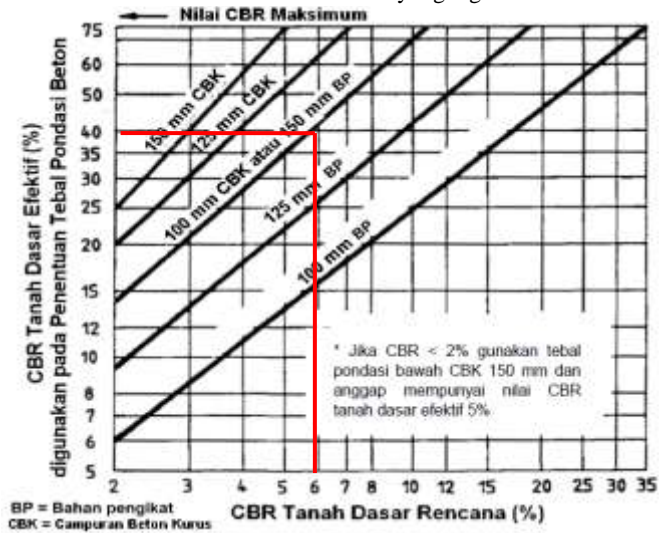


Sesuai dengan grafik tahap I dan tahap II didapatkan tebal minimum lapis pondasi bawah yang sama yaitu 150 mm lapis pondasi bawah bahan pengikat atau 100 mm campuran beton kurus.

4.4.4 Perhitungan CBR Tanah Efektif

Dari hasil perhitungan tebal pondasi bawah dan nilai CBR tanah dasar rencana 6%, selanjutnya diplotkan pada grafik CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah untuk mencari nilai CBR tanah dasar efektif. Nilai CBR tanah dasar efektif didapatkan 40% sesuai dengan perhitungan pada grafik berikut

Grafik 4. 3 CBR Tanah Dasar Efektif yang digunakan



4.4.5 Kekuatan Beton Semen

Kuat tekan beton yang digunakan pada perencanaan tugas akhir ini adalah sebesar $f_c' = 285 \text{ kg/cm}^2$ dan kuattarik lenturnya sebesar 4 MPa

4.4.6 Perencanaan Tebal Perkerasan Tahap I

Faktor keamanan beban (F_{KB}) untuk jalan bebas hambatan ditentukan dari tabel sebesar 1,2

a. Taksiran tebal pelat beton 24,5 cm

Tabel 4. 34 Analisa Fatik dan Erosi Tebal Plat 245mm Tahap I

| Jenis sumbu | Beban sumbu ton (kN) | Beban rencana per roda (kN) | Repetisi yang terjadi | Faktor tegangan dan erosi | | Analisa fatik | | Analisa erosi | |
|-------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|-------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | | | | | | Repetisi ijin | Persen rusak (%) | Repetisi ijin | Persen rusak (%) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 6 | $7=4*100/6$ | 8 | $9=4*100/8$ |
| STRT | 80 | 48.00 | 6059803 | TE | 0.617 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 70 | 42.00 | 6534393 | FRT | 0.15 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 60 | 36.00 | 8085597 | FE | 1.478 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 50 | 30.00 | 8485483 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 30 | 18.00 | 5453384 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| STRG | 120 | 36.00 | 8643679 | TE | 0.945 | TT | 0 | 70000000 | 12.35 |
| | 110 | 33.00 | 8485483 | FRT | 0.24 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 80 | 24.00 | 16970965 | FE | 2.087 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 60 | 18.00 | 2350975 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 50 | 15.00 | 3102408 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| STdRG | 230 | 34.50 | 6059803 | TE | 0.797 | TT | 0 | 10000000 | 60.60 |
| | 220 | 33.00 | 13068786 | FRT | 0.20 | TT | 0 | 40000000 | 32.67 |
| | 190 | 28.50 | 5501721 | FE | 2.160 | TT | 0 | TT | 0 |
| TOTAL | | | | | | 0 | < 100% | 105.6 | < 100% |

Dari tabel diatas diperoleh hasil analisis fatik $0\% < 100\%$ dan hasil analisis erosi $105,6\% > 100\%$ maka tebal pelat beton harus diperlebar.

b. Taksiran tebal pelat beton 25 cm

Tabel 4. 35 Analisa Fatik dan Erosi Tebal Plat 250mm Tahap I

| Jenis sumbu | Beban sumbu ton (kN) | Beban rencana per roda (kN) | Repetisi yang terjadi | Faktor tegangan dan erosi | | Analisa fatik | | Analisa erosi | |
|-------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|-------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | | | | | | Repetisi ijin | Persen rusak (%) | Repetisi ijin | Persen rusak (%) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 6 | $7=4*100/6$ | 8 | $9=4*100/8$ |
| STRT | 80 | 48.00 | 6059803 | TE | 0.597 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 70 | 42.00 | 6534393 | FRT | 0.15 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 60 | 36.00 | 8085597 | FE | 1.427 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 50 | 30.00 | 8485483 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 30 | 18.00 | 5453384 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| STRG | 120 | 36.00 | 8643679 | TE | 0.920 | TT | 0 | 70000000 | 12.35 |
| | 110 | 33.00 | 8485483 | FRT | 0.23 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 80 | 24.00 | 16970965 | FE | 2.063 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 60 | 18.00 | 2350975 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 50 | 15.00 | 3102408 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| STdRG | 230 | 34.50 | 6059803 | TE | 0.777 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 220 | 33.00 | 13068786 | FRT | 0.19 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 190 | 28.50 | 5501721 | FE | 2.143 | TT | 0 | TT | 0 |
| TOTAL | | | | | | 0 | < 100% | 12.3 | < 100% |

Dari tabel diatas diperoleh hasil analisis fatik $0\% < 100\%$ dan hasil analisis erosi $12,3\% < 100\%$ maka dipilih tebal pelat 25 cm.

4.4.7 Perencanaan Tebal Perkerasan Tahap II

Faktor keamanan beban (F_{KB}) untuk jalan bebas hambatan ditentukan dari tabel sebesar 1.2

a. Taksiran tebal pelat beton 24,5 cm

Tabel 4. 36 Analisa Fatik dan Erosi Tebal Plat 245mm Tahap II

| Jenis sumbu | Beban sumbu ton (kN) | Beban rencana per roda (kN) | Repetisi yang terjadi | Faktor tegangan dan erosi | | Analisa fatik | | Analisa erosi | |
|-------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|-------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | | | | | | Repetisi ijin | Persen rusak (%) | Repetisi ijin | Persen rusak (%) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 6 | $7=4*100/6$ | 8 | $9=4*100/8$ |
| STRT | 80 | 48.00 | 7754074 | TE = | 0.617 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 70 | 42.00 | 8351430 | FRT = | 0.15 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 60 | 36.00 | 10343904 | FE = | 1.478 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 50 | 30.00 | 10852620 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 30 | 18.00 | 6973656 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| STRG | 120 | 36.00 | 11058805 | TE = | 0.945 | TT | 0 | 70000000 | 15.80 |
| | 110 | 33.00 | 10852620 | FRT = | 0.24 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 80 | 24.00 | 21705240 | FE = | 2.087 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 60 | 18.00 | 3006052 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 50 | 15.00 | 3967604 | | | TT | 0 | TT | 0 |

| | | | | | | | | | |
|-------|-----|-------|----------|-------|-------|----|--------|----------|--------|
| STdRG | 230 | 34.50 | 7754074 | TE = | 0.797 | TT | 0 | 10000000 | 77.54 |
| | 220 | 33.00 | 16702861 | FRT = | 0.20 | TT | 0 | 40000000 | 41.76 |
| | 190 | 28.50 | 7039173 | FE = | 2.160 | TT | 0 | TT | 0 |
| TOTAL | | | | | | 0 | < 100% | 135.10 | < 100% |

Dari tabel diatas diperoleh hasil analisis fatik $0\% < 100\%$ dan hasil analisis erosi $105,6\% > 100\%$ maka tebal pelat beton harus diperlebar.

b. Taksiran tebal pelat beton 25 cm

Tabel 4. 37 Analisa Fatik dan Erosi Tebal Plat 250mm Tahap II

| Jenis sumbu | Beban sumbu ton (kN) | Beban rencana per roda (kN) | Repetisi yang terjadi | Faktor tegangan dan erosi | | Analisa fatik | | Analisa erosi | |
|-------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|-------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | | | | | | Repetisi ijin | Persen rusak (%) | Repetisi ijin | Persen rusak (%) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 6 | $7=4*100/6$ | 8 | $9=4*100/8$ |
| STRT | 80 | 48.00 | 7754074 | TE = | 0.597 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 70 | 42.00 | 8351430 | FRT = | 0.15 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 60 | 36.00 | 10343904 | FE = | 1.427 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 50 | 30.00 | 10852620 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 30 | 18.00 | 6973656 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| STRG | 120 | 36.00 | 11058805 | TE = | 0.92 | TT | 0 | 70000000 | 15.80 |
| | 110 | 33.00 | 10852620 | FRT = | 0.23 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 80 | 24.00 | 21705240 | FE = | 2.063 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 60 | 18.00 | 3006052 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| | 50 | 15.00 | 3967604 | | | TT | 0 | TT | 0 |
| STdRG | 230 | 34.50 | 7754074 | TE = | 0.777 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 220 | 33.00 | 16702861 | FRT = | 0.19 | TT | 0 | TT | 0 |
| | 190 | 28.50 | 7039173 | FE = | 2.143 | TT | 0 | TT | 0 |
| TOTAL | | | | | | 0 | < 100% | 15.80 | < 100% |

Dari tabel diatas diperoleh hasil analisis fatik $0\% < 100\%$ dan hasil analisis erosi $12,3\% < 100\%$ maka dipilih tebal pelat 25 cm.

4.4.8 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Kondisi Eksisting

Berdasarkan hasil perhitungan tebal perkerasan didapatkan tebal pelat beton 250mm untuk pembangunan tahap I dan tebal pelat beton 250mm untuk pembangunan tahap II, maka tebal perkerasan diambil 25 cm.

Pada kondisi eksisting jalan tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar menggunakan perkerasan kaku dengan tebal 27 cm dan lapis pondasi *Lean Concrete* setebal 15 cm sedangkan berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan Metode Bina Marga diperoleh tebal perkerasan 25 cm dan lapis pondasi bawah *Lean concrete* 10 cm. Tebal perkerasan hasil perhitungan dengan Metode Bina Marga lebih tipis 2 cm daripada kondisi eksisting.

4.4.9 Penulangan Pelat Beton

Tulangan memanjang dan melintang yang dibutuhkan pada perkerasan beton bertulang dihitung dengan rumus persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s}$$

Dimana :

A_s = luas tulangan yang diperlukan (mm^2/m')

μ = koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi bawah

L = rencana sambungan memanjang (m)

M = berat isi beton (kg/m^3)

g = gravitasi (m/detik^2)

h = rencana tebal pelat beton (m)

Data teknis perkerasan beton bersambung dengan tulangan untuk tulangan memanjang maupun tulangan melintang adalah sebagai berikut :

| | |
|----------------------|------------------------------------|
| Koef gesek | = 1,3 |
| Tebal pelat | = 0,25 m |
| Panjang pelat | = 5 m |
| Lebar pelat | = 2 x 3,6 m = 7,2 m |
| Kuat tarik ijin baja | = 0,6 fy = 0,6 x 240 MPa = 144 MPa |
| Berat isi beton | = 2400 kg/m ³ |
| Gravitasi | = 9,81 m/detik ² |

a. Tulangan Memanjang

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \\ &= \frac{1,3 \times 5 \times 2400 \times 9,81 \times 0,25}{2 \times 144} \\ &= 132,844 \text{ mm}^2 / \text{m}' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\min}} &= 0,1\% \times \text{luas pelat} \\ &= 0,1\% \times 250 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 250 \text{ mm}^2 / \text{m}' \end{aligned}$$

As min > As perlu, sehingga menggunakan As min

Maka untuk tulangan memanjang direncanakan dengan tulangan minimum Ø12 jarak 225 mm

$$A_s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2}{L} = \frac{0,25 \times \pi \times 12^2}{0,225} = 502,655 \text{ mm}^2 / \text{m}'$$

502,655 mm²/m' > 250 mm²/m' (Memenuhi)

b. Tulangan Melintang

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \\ &= \frac{1,3 \times 3,6 \times 2400 \times 9,81 \times 0,25}{2 \times 144} \\ &= 95,65 \text{ mm}^2 / \text{m}' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\min}} &= 0,1\% \times \text{luas pelat} \\
 &= 0,1\% \times 250\text{mm} \times 1000\text{mm} \\
 &= 250\text{mm}^2 / \text{m}'
 \end{aligned}$$

$A_{s_{\min}} > A_{s_{\text{perlu}}}$, sehingga menggunakan $A_{s_{\min}}$

Maka untuk tulangan melintang direncanakan dengan tulangan minimum $\varnothing 12$ jarak 300 mm

$$A_s = \frac{0,25 \times \pi \times d^2}{L} = \frac{0,25 \times \pi \times 12^2}{0,3} = 376,99 \text{ mm}^2 / \text{m}'$$

$376,99 \text{ mm}^2/\text{m}' > 250 \text{ mm}^2/\text{m}'$ (Memenuhi)

4.4.10 Perencanaan Sambungan Perkerasan

Setelah mendapatkan dimensi pelat beton, selanjutnya dapat dihitung sambungan dan tulangan perkerasan beton bersambung dengan tulangan dengan dimensi pelat beton:

- Tebal pelat = 25 cm
- Lebar pelat = 2 x 3,6 m
- Panjang pelat = 5 m

4.4.10.1 Sambungan Susut Melintang

Sambungan melintang beton bersambung dengan tulangan (BBDT) dipasang setiap jarak 5 m menggunakan ruji. Diameter ruji didapat dari tabel untuk tebal pelat 25 cm didapatkan ukuran dan jarak ruji sebagai berikut :

- Diameter dowel = 36 mm
- Panjang dowel = 450 mm
- Jarak dowel = 300 mm

4.4.10.2 Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*tie bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Perhitungan sambungan memanjang adalah sebagai berikut :

- a. $A_t = 204 \times b \times h$

$$= 204 \times 3,6 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$$

$$= 183,6 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Dicoba diameter tiebars minimum D-16mm 750mm

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 \times 1000 / \text{jarak tulangan}$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (16)^2 \times 1000 / 750$$

$$A = 267,95 \text{ mm}^2 > A_t = 183,6 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan diameter tiebars minimum D16 dengan jarak 75 cm.

$$\begin{aligned} \text{b. } I &= (38,3 \times \phi) + 75 \\ &= (38,3 \times 16) + 75 \\ &= 687,8 \text{ mm} \\ &= 68,78 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka sambungan pelaksanaan memanjang dipasang tulangan baja ulir D16 dengan panjang 70 cm dan jarak 75 cm.

4.5 Perencanaan Drainase Jalan

4.5.1 Data Curah Hujan

Dalam perhitungan analisa curah hujan untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan (I) di ruas jalan tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar STA 19+000 – STA 29+000 dari stasiun hujan terdekat yaitu Stasiun Cerme, Stasiun Gresik/Bunder, Stasiun Menganti adalah sebagai berikut :

| No. | Tahun | Stasiun Hujan | | | Curah Hujan Xi (mm) | Deviasi | |
|--------|-------|---------------|-----------------|----------|---------------------|-----------|------------------------|
| | | Cerme | Gresik / Bunder | Menganti | | (Xi - Xt) | (Xi - Xt) ² |
| 1 | 2005 | 42 | 84 | 67 | 65 | -25 | 645 |
| 2 | 2006 | 120 | 150 | 75 | 115 | 25 | 605 |
| 3 | 2007 | 70 | 70 | 73 | 71 | -19 | 376 |
| 4 | 2008 | 74 | 76 | 52 | 68 | -22 | 502 |
| 5 | 2009 | 88 | 85 | 97 | 90 | 0 | 0 |
| 6 | 2010 | 111 | 103 | 76 | 97 | 7 | 44 |
| 7 | 2011 | 108 | 103 | 73 | 95 | 5 | 21 |
| 8 | 2012 | 73 | 72 | 67 | 71 | -19 | 376 |
| 9 | 2013 | 94 | 93 | 128 | 105 | 15 | 213 |
| 10 | 2014 | 150 | 100 | 130 | 127 | 37 | 1340 |
| Jumlah | | | | | 904 | 0 | 4122 |

$$\begin{aligned}
 \text{Rata - rata } (X_t) &= \frac{\sum X_i}{n} \\
 &= \frac{904}{10} \\
 &= 90,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Standar Deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_t)^2}{n}} = \sqrt{\frac{4122}{10}} = 20,30$$

Untuk menentukan besarnya curah hujan pada periode T tahun digunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = X_t + \frac{S_x}{S_n} \times (Y_t - Y_n)$$

Periode ulang T tahun untuk saluran tepi direncanakan yakni 5 tahun maka didapat, dimana :

$$Y_t = 1,4999$$

$$S_n = 0,9496$$

$$Y_n = 0,4952$$

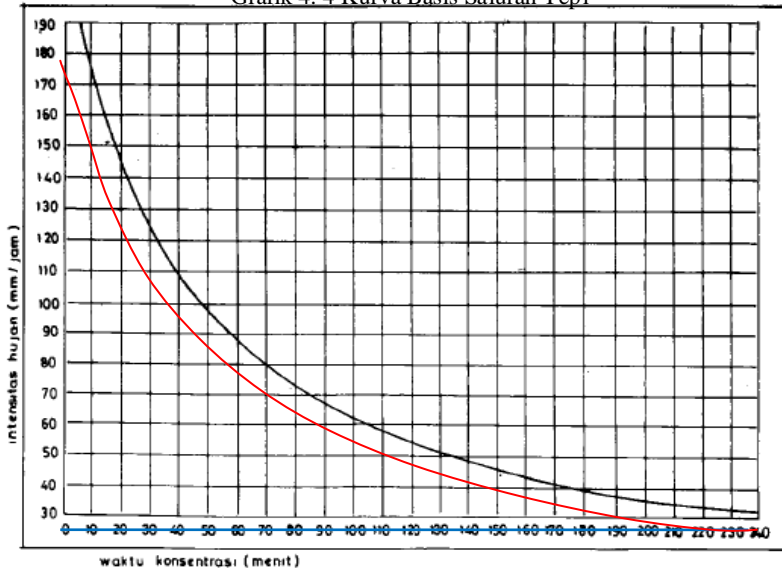
$$\begin{aligned} X_T &= X_t + \frac{S_x}{S_n} \times (Y_t - Y_n) \\ &= 90,4 + \frac{20,30}{0,9496} \times (1,4999 - 0,4952) \\ &= 111,88 \text{ mm / jam} \end{aligned}$$

- Bila curah hujan efektif dianggap mempunyai penyebaran seragam 4 jam, maka intensitas curah hujan I didapat dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} I &= \frac{90\% \times X_T}{4} \\ &= \frac{90\% \times 111,88}{4} \\ &= 25,17 \text{ mm / jam} \end{aligned}$$

Harga I = 25,17 mm/jam kemudian diplotkan pada waktu intensitas t = 240 menit di kurva basis dan tarik garis lengkung searah dengan garis lengkung kurva basis, kurva ini merupakan garis lengkung intensitas hujan rencana

Grafik 4. 4 Kurva Basis Saluran Tepi



4.5.2 Perencanaan Saluran Tepi

Dalam perencanaan saluran tepi (drainase), arah aliran air ditentukan oleh kelandaian jalan yang ada.

Contoh Perhitungan Saluran Tepi STA 19+325 – STA 19+500

a. Menentukan Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu konsentrasi merupakan waktu paling jauh yang dibutuhkan air limbah untuk mencapai lokasi fasilitas drainase (*inlet time*) dari titik terjauh yang terletak di daerah pengaliran.

- Daerah Pengaliran

| | | |
|-------------|----|---------|
| Bahu dalam | L1 | = 1,5 m |
| Badan jalan | L2 | = 7,2 m |
| Bahu luar | L3 | = 3 m |
| Timbunan | L4 | = 6,6 m |

- Jarak terjauh dari daerah yang ditinjau menuju Saluran Tepi (Lo)

$$\begin{aligned}\text{Lo Bahu dalam} &= L1 + L2 + L3 + L4 \\ &= 1,5 \text{ m} + 7,2 \text{ m} + 3 \text{ m} + 6,6 \text{ m} \\ &= 18,3 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lo Badan Jalan} &= L2 + L3 + L4 \\ &= 7,2 \text{ m} + 3 \text{ m} + 6,6 \text{ m} \\ &= 16,8 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lo Bahu Luar} &= L3 + L4 \\ &= 3 \text{ m} + 6,6 \text{ m} \\ &= 9,6 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Lo Timbunan} = L4 = 6,6 \text{ m}$$

- Koefisien Hambatan (nd)

$$\text{nd bahu dalam} = 0,013$$

$$\text{nd badan jalan} = 0,013$$

$$\text{nd bahu luar} = 0,013$$

$$\text{nd timbunan} = 0,2$$

- Kemiringan Daerah Pengaliran (s)

$$\text{Bahu dalam} = 2\%$$

$$\text{Badan jalan} = 2\%$$

$$\text{Bahu luar} = 4\%$$

$$\text{Timbunan} = 50\%$$

- Penentuan inlet time (t_1)

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times \text{Lo} \times \frac{\text{nd}}{\sqrt{s}} \right)^{0,167}$$

$$t_1 \text{ bahu dalam} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 18,3 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,243 \text{ menit}$$

$$t_1 \text{ badan jalan} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 16,8 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,225 \text{ menit}$$

$$t_1 \text{ bahu luar} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 9,6 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right)^{0,167} = 1,053 \text{ menit}$$

$$t_1 \text{ timbunan} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 6,6 \times \frac{0,2}{\sqrt{0,5}} \right)^{0,167} = 1,265 \text{ menit}$$

$$\text{Jumlah } t_1 = 4,786 \text{ menit}$$

- Penentuan flow time (t_2)

Saluran direncanakan menggunakan pasangan batu dengan kecepatan aliran air yang diizinkan $V = 1,8 \text{ m/detik}$

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{L}{60 \times V} \\ &= \frac{175 \text{ m}}{60 \times 1,8 \text{ m / det}} \\ &= 1,620 \text{ menit} \end{aligned}$$

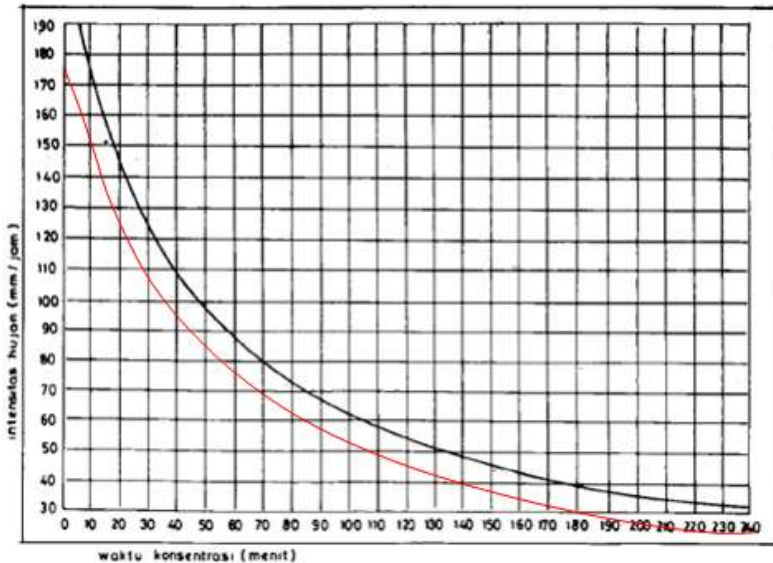
- Waktu konsentrasi (T_c)

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,786 \text{ menit} + 1,620 \text{ menit} \\ &= 6,407 \text{ menit} \end{aligned}$$

- b. Menentukan Intensitas Hujan (I)

Nilai intensitas hujan maksimum (mm/jam) ditentukan dengan cara memplotkan harga $T_c = 6,171$ menit pada waktu konsentrasi di kurva basis, kemudian tarik garis ke atas hingga memotong intensitas hujan kurva rencana, sehingga didapatkan nilai intensitas hujan maksimum $I = 158 \text{ mm/jam}$

Grafik 4. 5 Kurva Basis Saluran Tepi



c. Menentukan Luas Daerah Pengaliran (A)

$$A_1 \text{ bahu dalam} = 1,5\text{m} \times 175\text{m} = 262,5\text{m}^2$$

$$A_2 \text{ per ker asan} = 10,8\text{m} \times 175\text{m} = 1890\text{m}^2$$

$$A_3 \text{ bahu luar} = 3\text{m} \times 175\text{m} = 525\text{m}^2$$

$$A_4 \text{ timbunan} = 3\text{m} \times 175\text{m} = 525\text{m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Total A} &= A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \\ &= 262,5 + 1890 + 525 + 525 \\ &= 3202,5\text{m}^2 \end{aligned}$$

d. Menentukan Koefisien Pengaliran (C)

$$C_1 \text{ bahu dalam} = 0,7$$

$$C_2 \text{ per ker asan} = 0,7$$

$$C_3 \text{ bahu luar} = 0,7$$

$$C_4 \text{ timbunan} = 0,2$$

Perhitungan C gabungan :

$$\begin{aligned} C_{\text{gab}} &= \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 + C_4 A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \\ &= \frac{0,7 \times 262,5 + 0,7 \times 1260 + 0,7 \times 525 + 0,2 \times 1155}{262,5 + 1260 + 525 + 1155} \\ &= 0,52 \end{aligned}$$

e. Menentukan Debit Air (Q)

$$C = 0,618$$

$$I = 158 \text{ mm/jam}$$

$$A = 3202,5 \text{ m}^2 = 0,003203 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1}{3,6} C \cdot I \cdot A \\ &= \frac{1}{3,6} (0,52) \cdot (158) \cdot (0,003203) \\ &= 0,073 \text{ m}^3 / \text{detik} \end{aligned}$$

f. Menghitung Penampang Basah Saluran Tepi

$$Q = 0,087 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V = 1,8 \text{ m/detik}$$

$$F_d = \frac{0,073}{1,8}$$

$$= 0,041 \text{ m}^2$$

g. Menghitung Dimensi Saluran Tepi

Saluran tepi berbentuk trapesium dengan debit $Q = 0,315 \text{ m}^3/\text{detik}$ maka kemiringan talud 1:1

$$\frac{b + 2md}{2} = d\sqrt{m^2 + 1}$$

$$\frac{b + 2(1)d}{2} = d\sqrt{(1)^2 + 1}$$

$$\frac{b + 2d}{2} = d\sqrt{2}$$

$$\frac{b + 2d}{2} = 1,414d$$

$$b + 2d = 2,828d$$

$$b = 2,828d - 2d$$

$$b = 0,828d$$

$$Fe = \frac{1}{2} \times (b + (b + 2d)) \times d$$

$$= \frac{1}{2} \times (2b + 2d) \times d$$

$$= \frac{1}{2} \times (2bd + 2d^2)$$

$$= bd + d^2$$

$$= d(b + d)$$

$$= d(0,828d + d)$$

$$= 0,828d^2 + d^2$$

$$Fe = 1,828d^2$$

$$Fe = Fd$$

$$1,828d^2 = 0,041$$

$$d^2 = \frac{0,041m^2}{1,828}$$

$$= 0,022m^2$$

$$d = 0,149 \text{ m}$$

$$= 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,828d$$

$$b = 0,828 \times (0,2 \text{ m})$$

$$b = 0,166 \text{ m}$$

$$= 0,2 \text{ m}$$

b yang digunakan dibulatkan menjadi 0,2 m untuk memudahkan proses pembuatan saluran tepi

h. Perhitungan Tinggi Jagaan (W) Saluran Tepi

$$W = \sqrt{0,5d}$$

$$= \sqrt{0,5 \times 0,2 \text{ m}}$$

$$= 0,316 \text{ m}$$

$$H = W + d$$

$$= 0,316 \text{ m} + 0,2 \text{ m}$$

$$= 0,516 \text{ m}$$

$$= 0,6 \text{ m}$$

i. Perhitungan Kemiringan Saluran

$$R = \frac{d}{2}$$

$$R = \frac{0,2 \text{ m}}{2}$$

$$= 0,1 \text{ m}$$

Tipe saluran pasangan batu dengan penyelesaian kondisi baik, harga n untuk rumus manning $n = 0,02$

$$\begin{aligned}
 i &= \left(\frac{V \cdot n}{R^{2/3}} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{(1,8) \cdot (0,02)}{(0,1\text{m})^{2/3}} \right)^2 \\
 &= 0,0279
 \end{aligned}$$

Kemiringan yang diijinkan $i = 2,79\%$

j. Periksa Kemiringan Tanah di Lapangan (i Lapangan)

$$\text{STA } 18+500 (t_1) = 2,829 \text{ m}$$

$$\text{STA } 19+150 (t_2) = 0,606 \text{ m}$$

$$L = 175 \text{ m}$$

$$i_{\text{lapangan}} = \frac{t_1 - t_2}{L}$$

$$i_{\text{lapangan}} = \frac{2,829 - 0,606}{175} \times 100\%$$

$$i_{\text{lapangan}} = 1,27\%$$

Sehingga diperoleh,

$$i_{\text{lapangan}} = 1,266 \%$$

$$i_{\text{ijin (perhitungan)}} = 2,79 \%$$

kesimpulan $i_{\text{lapangan}} < i_{\text{perhitungan}}$ maka tidak diperlukan pematah arus.

| No. | STA | | Panjang Saluran (L) | Kecepatan Saluran (V) | t ₁ | t ₂ | T _c | Intensitas Hujan (I) |
|-----|--------|--------|---------------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|
| | | | (m) | (m/det) | (menit) | (menit) | (menit) | (mm/jam) |
| 1 | 19+325 | 19+500 | 175 | 1.8 | 4.786 | 1.620 | 6.407 | 158 |
| 2 | 20+170 | 19+500 | 670 | 1.8 | 4.786 | 6.204 | 10.990 | 142 |
| 3 | 20+600 | 20+200 | 400 | 1.8 | 4.786 | 3.704 | 8.490 | 152 |
| 4 | 21+400 | 20+600 | 800 | 1.8 | 4.786 | 7.407 | 12.194 | 142 |
| 5 | 21+760 | 21+400 | 360 | 1.8 | 4.786 | 3.333 | 8.120 | 152 |
| 6 | 22+310 | 23+170 | 855 | 1.8 | 4.786 | 7.917 | 12.703 | 140 |
| 7 | 23+190 | 24+130 | 930 | 1.8 | 4.786 | 8.611 | 13.398 | 138 |
| 8 | 24+150 | 24+600 | 440 | 1.8 | 4.786 | 4.074 | 8.860 | 150 |
| 9 | 24+600 | 25+300 | 700 | 1.8 | 4.786 | 6.481 | 11.268 | 142 |
| 10 | 25+300 | 26+600 | 1300 | 1.8 | 4.786 | 12.037 | 16.823 | 128 |
| 11 | 26+600 | 27+800 | 1200 | 1.8 | 4.786 | 11.111 | 15.898 | 130 |
| 12 | 27+865 | 27+800 | 65 | 1.8 | 4.786 | 0.602 | 5.388 | 155 |

| Luas Daerah Pengaliran | | | | Koefisien Pengaliran (C) | | | | C gabungan | Debit air (Q) |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|------------|-----------------------|
| A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | | (m ³ /det) |
| (m ²) | (m ²) | (m ²) | (m ²) | | | | | | |
| 262.5 | 1260 | 525 | 1155 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5197 | 0.073 |
| 1005 | 4824 | 2010 | 4422 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5197 | 0.251 |
| 600 | 2880 | 1200 | 2640 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5197 | 0.161 |
| 1200 | 5760 | 2400 | 5280 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5197 | 0.300 |
| 540 | 2592 | 1080 | 2376 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5197 | 0.145 |
| 1282.5 | 6156 | 2565 | 5643 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5197 | 0.316 |
| 1395 | 6696 | 2790 | 6138 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5197 | 0.339 |
| 660 | 3168 | 1320 | 2904 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5197 | 0.174 |
| 1050 | 5040 | 2100 | 4620 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5197 | 0.263 |
| 1950 | 9360 | 3900 | 8580 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5197 | 0.440 |
| 1800 | 8640 | 3600 | 7920 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5197 | 0.412 |
| 97.5 | 468 | 195 | 429 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.5197 | 0.027 |

| Penampang Basah (Fd) | d | b | H | R | i ijin | i lapangan | Kontrol Perhitungan |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|--------------------------|
| (m ²) | (m) | (m) | (m) | (m) | (%) | (%) | |
| 0.041 | 0.200 | 0.200 | 0.600 | 0.100 | 2.792 | 1.27 | Tidak perlu pematah arus |
| 0.140 | 0.300 | 0.300 | 0.700 | 0.150 | 1.626 | 0.00 | Tidak perlu pematah arus |
| 0.089 | 0.300 | 0.300 | 0.700 | 0.150 | 1.626 | 0.52 | Tidak perlu pematah arus |
| 0.167 | 0.400 | 0.400 | 0.900 | 0.200 | 1.108 | 0.06 | Tidak perlu pematah arus |
| 0.080 | 0.300 | 0.300 | 0.700 | 0.150 | 1.626 | 0.24 | Tidak perlu pematah arus |
| 0.176 | 0.400 | 0.400 | 0.900 | 0.200 | 1.108 | 0.16 | Tidak perlu pematah arus |
| 0.188 | 0.400 | 0.400 | 0.900 | 0.200 | 1.108 | 0.22 | Tidak perlu pematah arus |
| 0.097 | 0.300 | 0.300 | 0.700 | 0.150 | 1.626 | 0.01 | Tidak perlu pematah arus |
| 0.146 | 0.300 | 0.300 | 0.700 | 0.150 | 1.626 | 0.01 | Tidak perlu pematah arus |
| 0.244 | 0.400 | 0.400 | 0.900 | 0.200 | 1.108 | 0.01 | Tidak perlu pematah arus |
| 0.229 | 0.400 | 0.400 | 0.900 | 0.200 | 1.108 | 0.01 | Tidak perlu pematah arus |
| 0.015 | 0.100 | 0.100 | 0.400 | 0.050 | 7.036 | 0.37 | Tidak perlu pematah arus |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V METODE PELAKSANAAN

A. Pekerjaan Persiapan

1. Pembuatan Kantor Sementara (Direksi Kit)

Direksi kit merupakan kantor lapangan bersifat sementara yang memiliki fungsi sebagai tempat kerja bagi kontraktor, pengawas dan lain-lain. Dengan adanya direksi kit memudahkan pengawasan dan koordinasi untuk kontraktor dan pengawas dalam kegiatan proyek.

Direksi kit berada di dekat STA 19+000 dikarenakan pekerjaan pada seksi III jalan tol dimulai dari STA tersebut.

2. Pembuatan *Stock Pile*

Stock pile merupakan tempat penyimpanan material sebelum digunakan langsung di lapangan. Tempat penyimpanan material harus dibersihkan dan diratakan agar kualitas material sesuai dengan pekerjaan yang dikerjakan. Material harus diletakkan di atas permukaan yang bersih, keras dan bila perlu harus ditutupi. Letak *Stock pile* berada dalam satu lokasi Direksi kit.

3. Pembuatan Papan Nama Proyek

- a. Selama jangka waktu pelaksanaan proyek harus memasang papan nama proyek digunakan sebagai identitas dan informasi mengenai proyek
- b. Papan nama proyek dipasang pada simpangan-simpangan jalan utama pada awal dan akhir lokasi pekerjaan
- c. Papan informasi proyek ini harus terpelihara dan berfungsi selama masa konstruksi.

4. Mobilisasi

Pengangkutan peralatan konstruksi berdasarkan daftar alat-alat konstruksi yang akan digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan dan kedatangan tenaga kerja ke lapangan sebelum pekerjaan dimulai sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan.

5. Pembersihan Lapangan

Pekerjaan ini mencakup pembersihan, pembongkaran, pembuangan semua bahan yang tidak dikehendaki serta pembersihan semua tanaman/pohon termasuk pembongkaran tunggul, akar dan pembuangan semua ceceran bahan yang diakibatkan oleh pembersihan dan puing-puing di dalam daerah kerja, kecuali benda-benda yang telah ditentukan harus tetap di tempatnya atau yang harus dipindahkan. Pembersihan dan pembongkaran dilakukan menggunakan alat berat bulldozer, wheel loader, dan dump truck.

B. Pekerjaan Drainase

Pekerjaan drainase saluran tepi pada perencanaan tugas akhir ini menggunakan pasangan batu kali dengan mortar.

1. Material yang digunakan yaitu :
 - a. batu yang keras, kuat, tahan lama, padat, tahan cuaca, harus rata, dan berbentuk baji atau lonjong
 - b. Mortar semen untuk pekerjaan pasangan batu tersusun dari satu bagian semen *Portland* dan tiga bagian agregat halus (pasir)
2. Pelaksanaan pekerjaan
 - a. Pekerjaan dimulai dengan menentukan titik-titik yang akan dijadikan saluran tepi. Selanjutnya dilakukan penggalian menggunakan excavator dan hasil galiannya diangkut dengan dump truck keluar proyek
 - b. Setelah selesai digali, dipasang patok patok untuk menandai saluran yang akan dikerjakan
 - c. Material yang akan digunakan didatangkan ke lokasi dan kemudian dicampurkan sesuai takaran yang ditentukan. Apabila material telah siap digunakan, selanjutnya batu kali disusun rapi dan diberi mortar agar dapat saling mengikat
 - d. Setelah pasangan batu kali selesai dikerjakan, selanjutnya pekerjaan plesteran dilakukan agar pasangan batu kali menjadi lebih rapi dan tertata rapi

C. Pekerjaan Tanah

Pekerjaan Timbunan

Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan pilihan yaitu material harus bebas dari bahan-bahan organik seperti daun, rumput, akar dan kotoran. Material yang dipilih harus memiliki nilai CBR tidak kurang dari karakteristik daya dukung tanah dasar yang diambil untuk rancangan dan tidak kurang dari 6% setelah perendaman 4 hari bila dipadatkan 100% kepadatan kering maksimum.

1. Pengangkutan Material

Pengangkutan material timbunan pilihan ke lokasi pekerjaan menggunakan dump truck, material yang berada di *stockpile* dimuat oleh wheel loader ke dalam Dump Truck, kemudian Dump Truck mengangkut material timbunan pilihan menuju lokasi pekerjaan

2. Penghamparan material

Setelah tiba di lokasi, material dalam Dump Truck dituang ke lapangan kemudian dihamparkan selapis demi selapis horizontal dengan tebal yang sama dan dengan lebar sesuai ukuran pada gambar. Penghamparan material dilakukan dengan menggunakan Motor Grader

3. Pemadatan material

Hamparan material dipadatkan menggunakan Vibro Roller, dimulai dari bagian tepi ke bagian tengah. Pemadatan dilakukan berulang untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan dibantu dengan Water Tank Truck untuk membasahi material timbunan pilihan dan diselingi dengan pemadatan menggunakan vibro roller. Selama pemadatan sekelompok pekerja akan merapikan tepi hamparan dan level permukaan dengan menggunakan alat bantu sekop

4. Bila tanah dasar akan dibuat pada timbunan, material yang diletakkan lebih dari satu lapis pada bagian atas timbunan sampai kedalaman 30 cm dibawah elevasi tanah dasar harus dipadatkan sekurang-kurangnya 100% dari kepadatan kering maksimum. Pada rentang kadar air -3% sampai dengan +1% dari kadar air optimum di laboratorium. Nilai CBR minimum

yang diharuskan untuk tanah dasar pada pekerjaan perkerasan jalan dalam proyek ini adalah 6%.

D. Pekerjaan Lapis Pondasi

1. Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas C

Pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi agregat kelas C ini dilaksanakan setelah pekerjaan penyiapan tanah dasar selesai. Lapis pondasi agregat kelas C adalah untuk lapis pondasi bawah dengan tebal 25 cm.

a. Peralatan

- Wheel loader
- Dump truck
- Motor grader
- Vibrator roller
- Pneumatic tire roller
- Water tanker
- Alat bantu (kereta dorong, sekop, dan garpu)

b. Persyaratan bahan

- Agregat kasar kelas C berasal dari kerikil
- Agregat halus (lolos ayakan 4,75 mm) harus terdiri atas dari partikel pasir atau batu pecah halus
- Gradasi agregat untuk lapis pondasi agregat harus memenuhi persyaratan gradasi agregat campuran sebagaimana disajikan pada Tabel 5.1

•

Tabel 5.1 Persyaratan gradasi lapis pondasi agregat

| Ukuran Saringan | | Berat butir yang lolos (%) |
|-----------------|------|----------------------------|
| ASTM | mm | Kelas C |
| 3" | 75 | 100 |
| 2" | 50 | 75 – 100 |
| 1 ½" | 37,5 | 60 – 90 |
| 1" | 25 | 45 – 78 |
| 3/8" | 9,5 | 25 – 55 |
| No. 4 | 4,75 | 13 – 45 |
| No. 10 | 2,00 | 8 – 36 |

| | | |
|---------|-------|--------|
| No. 40 | 0,425 | 3 – 23 |
| No. 200 | 0,075 | 0 – 10 |

Agregat untuk lapis pondasi harus bebas dari bahan organik dan gumpalan lempung atau bahan – bahan lain yang tidak dikehendaki dan harus memenuhi persyaratan sesuai pada Tabel 5.2

Tabel 5. 2Sifat-sifat Lapis Pondasi Agregat

| No. | Sifat | Kelas C |
|-----|---|-----------|
| 1. | Abrasi dari agregat kasar (SNI 03-2417-1990) | Maks. 40% |
| 2. | Indeks Plastis (SNI 03-1966-1990) dan (SNI 03-1967-1990) | 4 - 9 |
| 3 | Batas cair (SNI 03-1967-1990) | Maks. 35 |
| 4. | Gumpalan lempung dan butiran-butiran mudah pecah (SNI 03-4141-1996) | Maks. 1% |
| 5. | CBR (SNI 03-1744-1989) | Min. 35% |

c. Pengangkutan Material

Pengangkutan material lapis pondasi agregat kelas B ke lokasi pekerjaan menggunakan dump truck, material yang berada di *stockpile* dimuat oleh Wheel Loader ke dalam Dump Truck, kemudian Dump Truck mengangkut material lapis pondasi agregat kelas B menuju lokasi pekerjaan

d. Penghamparan material

Setelah Dump Truck tiba di lokasi, material dalam Dump Truck dituang ke lapangan kemudian dihamparkan dengan takaran yang merata agar menghasilkan tebal padat yang diperlukan. Bila akan dihampar lebih dari satu lapis, maka lapisan-lapisan harus diusahakan sama tebalnya. Tebal padat maksimum tidak boleh melebihi 20

cm dan tidak dihampar sewaktu turun hujan. Penghamparan material dilakukan dengan menggunakan Motor Grader

- e. Pemasatan material
Hamparan material dipadatkan menggunakan Vibro Roller, Pemasatan dilakukan berulang untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan dibantu dengan Water Tank Truck untuk membasahi material timbunan pilihan dan diselingi dengan pemasatan menggunakan Vibro Roller. Tebal lapis pondasi bawah adalah 40 cm dalam keadaan padat, selama pemasatan sekelompok pekerja akan merapikan tepi hamparan dan level permukaan dengan menggunakan alat bantu
- f. Dilakukan uji kepadatan di lapangan untuk mengetahui nilai kepadatan maksimum di lapangan, apabila nilai kepadatan sudah memenuhi nilai kepadatan pada spesifikasi maka dapat dilanjutkan dengan pekerjaan lapis pondasi atas, apabila nilai kepadatan tidak terpenuhi maka harus dilakukan pemasatan lagi hingga kepadatan memenuhi

2. Pekerjaan *Lean Concrete*

Pekerjaan *Lean Concrete* adalah pekerjaan yang dimaksudkan sebagai lapis pondasi atau lantai kerja bagi pekerjaan perkerasan kaku.

a. Material

- Agregat halus
Agregat halus yang memiliki sifat butir yang bersih, keras dan awet, serta harus bersih dan bebas dari lumpur, lempung, bahan organik dan kotoran lainnya serta harus memenuhi ketentuan gradasi sebagai berikut:

Tabel 5. 3 Gradasi Agregat Halus

| Ukuran Ayakan (mm) | Kumulatif presentase berat yang lolos |
|-----------------------|--|
| 9.5 | 100 |
| 4.75 | 95 – 100 |
| 2.36 | 80 – 100 |
| 1.18 | 50 – 85 |
| 0.600 | 25 – 60 |
| 0.300 | 10 – 30 |
| 0.150 | 2 – 10 |

Analisa saringan agregat halus harus dilakukan menurut SNI 03-1968-1990 (JIS A1102 atau AASHTO T27-06)

- Agregat kasar
Agregat kasar harus memiliki sifat yang keras, awet dan bersih dari bahan organik serta harus memenuhi ketentuan gradasi berikut:

Tabel 5. 4 Gradasi Agregat Kasar

| Ukuran ayakan (mm) | Persen berat yang lolos untuk agregat | | | |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | Ukuran Nominal maks. 37.5 mm | Ukuran Nominal maks. 25 mm | Ukuran Nominal maks. 19 mm | Ukuran Nominal maks. 12.5 mm |
| 50.8 | 100 | - | - | - |
| 38.1 | 95 – 100 | 100 | - | - |
| 25.4 | - | 95 – 100 | 100 | - |
| 19.0 | 35 – 70 | - | 90 – 100 | 100 |
| 12.7 | - | 25 – 60 | - | 90 – 100 |
| 9.5 | 10 – 30 | - | 20 – 55 | 40 – 70 |
| 4.75 | 0 – 5 | 0 – 10 | 0 – 10 | 0 – 15 |
| 2.36 | - | 0 – 5 | 0 – 5 | 0 – 5 |

Analisa saringan agregat kasar harus dilakukan menurut SNI 03-1968-1990 (JIS A1102 atau AASTHO T27-06)

- Semen
Semen yang digunakan adalah harus menggunakan satu jenis/tipe semen dari satu merek, dengan mutu yang sama untuk satu proyek. Semen yang digunakan pada pekerjaan beton adalah Semen Portland (JIS R5210 atau AASTHO M85-07)
- Air
Air yang digunakan dalam pencampuran, pengawetan, atau pekerjaan lainnya harus bersih dan bebas dari minyak, garam, asam, alkali, gula, tumbuhan atau zat lainnya yang dapat merusak hasil pekerjaan

b. Pelaksanaan

Pelaksanaan atau pengecoran lantai kerja dilakukan berdasarkan per lajur dengan dimulai lajur tengah hingga lajur tepi.

- Pemasangan cetakan atau acuan sesuai ukuran
- Tinggi cetakan disesuaikan dengan ketebalan *lean concrete*
- *Lean concrete* berupa beton *ready mix*, pengecoran dilakukan menggunakan Truck mixer
- Setelah Truck mixer sampai di lokasi pekerjaan, campuran *Lean concrete* dituang dalam cetakan, pengecoran *lean concrete* selalu diikuti dengan penggetaran dengan menggunakan Vibrator agar menghasilkan beton yang padat
- Setelah pemadatan dan diratakan sampai bidang dan elevasi yang benar, *lean concrete* harus dilepa (*floating*) sampai permukaan rata dan tidak ada permukaan yang lebih rendah ataupun tekstur yang terbuka. Uji kerataan permukaan dilakukan paling sedikit dua kali geseran mal datar (*straight-edge*). Penyimpangan pada permukaan

yang sudah selesai tidak boleh lebih dari 1 cm dari elevasi yang direncanakan

- *Lean concrete* harus segera dirawat, setelah *finishing* selesai, untuk jangka waktu tidak kurang dari 7 hari. Untuk mencegah keretakan, selama masa *curing lean concrete* ditutupi dengan karung basah atau seluruh permukaan disemprot air secara kontinyu, dan kondisi kelembaban dijaga selama masa perawatan
- Permukaan *lean concrete* tidak boleh terlalu kasar untuk mencegah terjadinya keretakan pada struktur perkerasan. Untuk lebih aman, *lean concrete* dapat dilapisi dengan plastik sebelum plat beton dicor.

3. Pekerjaan Perkerasan Kaku

a. Spesifikasi

- Agregat halus
Agregat halus yang memiliki sifat butir yang bersih, keras dan awet, serta harus bersih dan bebas dari lumpur, lempung, bahan organik dan kotoran lainnya serta harus memenuhi ketentuan gradasi sebagai berikut:

| Ukuran Ayakan (mm) | Kumulatif presentase berat yang lolos |
|-----------------------|--|
| 9.5 | 100 |
| 4.75 | 95 – 100 |
| 2.36 | 80 – 100 |
| 1.18 | 50 – 85 |
| 0.600 | 25 – 60 |
| 0.300 | 10 – 30 |
| 0.150 | 2 – 10 |

Analisa saringan agregat halus harus dilakukan menurut SNI 03-1968-1990 (JIS A1102 atau AASHTO T27-06)

- Agregat kasar

Agregat kasar harus memiliki sifat yang keras, awet dan bersih dari bahan organik serta harus memenuhi ketentuan gradasi berikut:

| Ukuran ayakan (mm) | Persen berat yang lolos untuk agregat | | | |
|--------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| | Ukuran Nominal maks. 37.5 mm | Ukuran Nominal maks. 25 mm | Ukuran Nominal maks. 19 mm | Ukuran Nominal maks. 12.5 mm |
| 50.8 | 100 | - | - | - |
| 38.1 | 95 – 100 | 100 | - | - |
| 25.4 | - | 95 – 100 | 100 | - |
| 19.0 | 35 – 70 | - | 90 – 100 | 100 |
| 12.7 | - | 25 – 60 | - | 90 – 100 |
| 9.5 | 10 – 30 | - | 20 – 55 | 40 – 70 |
| 4.75 | 0 – 5 | 0 – 10 | 0 – 10 | 0 – 15 |
| 2.36 | - | 0 – 5 | 0 – 5 | 0 – 5 |

Analisa saringan agregat kasar harus dilakukan menurut SNI 03-1968-1990 (JIS A1102 atau AASHTO T27-06)

- **Semen**
Semen yang digunakan adalah harus menggunakan satu jenis/tipe semen dari satu merek, dengan mutu yang sama untuk satu proyek. Semen yang digunakan pada pekerjaan beton adalah Semen Portland (JIS R5210 atau AASTHO M85-07)
- **Air**
Air yang digunakan dalam pencampuran, pengawetan, atau pekerjaan lainnya harus bersih dan bebas dari minyak, garam, asam, alkali, gula, tumbuhan atau zat lainnya yang dapat merusak hasil pekerjaan
- **Konsistensi beton**

Konsistensi beton harus ditentukan dengan mengukur slump sesuai dengan SNI 1972:2008 (AASHTO T119-07). Slump untuk beton yang akan dibentuk dengan acuan berjalan (*slipform*) adalah sekitar 20 – 50 mm

- Tulangan plat beton
 - Besi tulangan dipasang dengan kedudukan seperempat ketebalan plat beton dari permukaan
 - Tulangan diusahakan dalam posisi yang rata (tidak melengkung) untuk dapat berfungsi secara baik dalam menahan keretakan
 - Untuk menjaga kedudukan tulangan tersebut, perlu ditumpu dengan *spaser* yang berfungsi sebagai kaki. Alternatif lain adalah beton dicor setebal tiga perempat bagian, setelah itu tulangan diletakkan, kemudian dicor kembali hingga ketebalan penuh

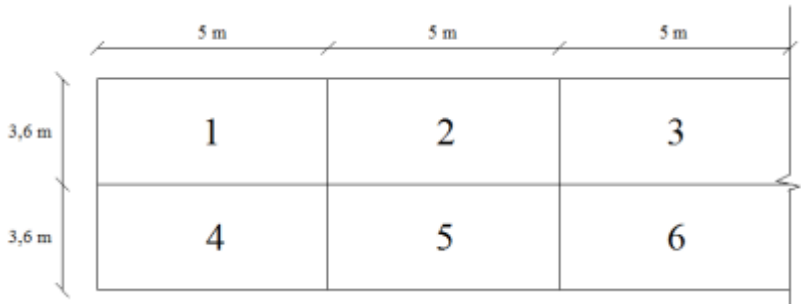
- Tulangan sambungan melintang (Dowel)
 - Berbentuk polos dan berdiameter besar
 - Diletakkan di tengah-tengah tebal plat beton dan sejajar dengan sumbu jalan
 - Pada salah satu sisi, dowel terikat dengan plat beton dan pada sisi lain terbebas dari ikatan beton
 - Jarak antar dowel minimum 30 cm dan panjang 45 cm
 - Tidak boleh ada tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas saat plat beton menyusut
 - Setengah panjang dowel harus dicat atau dilumuri bahan anti lengket

- Tulangan sambungan memanjang (*tiebar*)
 - Berbentuk ulir
 - Jarak antartiebar digunakan 75 cm
 - Mutu minimum BJTU 24 dan berdiameter 16 mm

- Dipasang dengan kedua ujung melekat dengan plat beton
- Diletakkan di tengah-tengah tebal plat beton dan tegak lurus dengan sumbu jalan

b. Pelaksanaan

Pelaksanaan atau pengecoran dilakukan berdasarkan per lajur dengan urutan pekerjaan sesuai dengan nomor pada gambar denah pelaksanaan dibawah. Pelaksanaan dilakukan dengan bantuan mesin pengaduk atau alat pengangkut campuran beton dan pekerja dengan bahan beton ready mix.



- Lapsi lantai kerja *lean concrete* dengan membran kedap air. Membran kedap air ini harus berupa *Polyethene* dengan tebal 125 mikron berfungsi untuk mencegah air semen yang terkandung dalam beton rigid tidak meresap ke dalam lapisan dibawahnya dan juga untuk mencegah adanya ikatan antara plat beton dengan *lean concrete* yang mengakibatkan terjadinya retak-retak pada beton setelah terjadinya penyusutan pada waktu pengerasan beton



- Pemasangan *spacer*



- Pemasangan tulangan diatas *spacer* sesuai dengan jarak yang telah ditentukan
- Beton *ready mix* didatangkan dengan mesin pengaduk atau alat pengangkut campuran beton ke lokasi pengecoran



- Setelah itu, Slipform paver bergerak perlahan sambil memproses beton *ready mix* yang telah dituang



- Dowel dan *tiebar* dipasang secara otomatis oleh alat Slipform paver

- Ketika beton mulai mengeras \pm 30 menit setelah dikerjakan, dilakukan pembuatan texture (*grooving*) yang kemudian disemprot dengan material *curing compound* sesaat setelah *grooving* dengan tujuan mengurangi penguapan yang berlebihan



- Setelah beton mengalami *setting time*, permukaannya ditutup dengan kain geotextile. Penutupan dilakukan minimal 1 minggu dan dilakukan *curing* secara teratur
- Selanjutnya dilakukan pemotongan beton rigid dengan alat Saw concrete cutting. Proses pemotongan beton ini dilakukan maksimal 18 jam setelah beton rigid dikerjakan. Proses pemotongan dilakukan sedalam $\frac{1}{4}$ dari tebal beton
- Lubang hasil pemotongan beton diisi dengan material *sealant*

E. Pekerjaan Finishing

Pekerjaan finishing dilakukan agar setelah pekerjaan selesai, masyarakat dapat menikmati fasilitas yang ada dengan nyaman. Pekerjaan finishing meliputi :

1. Pembersihan lapangan setelah semua pekerjaan telah selesai dilakukan. Lapangan dibersihkan dari sisa-sisa material dan juga dilakukan demobilisasi alat maupun pekerja

2. Pembuatan marka jalan guna membagi lajur pada tiap jalur, sehingga nantinya pengguna jalan dapat menikmati jalan dengan nyaman
3. Pemasangan rambu-rambu lalu lintas serta penerangan jalan guna meningkatkan kenyamanan pengguna lalu lintas.

BAB VI RENCANA ANGGARAN BIAYA

6.1 Volume Pekerjaan Pembangunan Tahap I

A. Pekerjaan Persiapan

1. Mobilisasi
Jumlah = 1 Ls
2. Pemasangan Seng Gelombang 2 m
Panjang = 30 m
Lebar = 30 m
Luas = 900 m²
3. Pembuatan Kantor Sementara (Direksi Kit)
Panjang = 10 m
Lebar = 6 m
Luas = 60 m²
4. Pekerjaan Papan Nama Proyek
Jumlah = 1 unit
5. Pembersihan Lapangan
Panjang = 10000 m
Lebar = 60 m
Luas = 600000 m²

B. Pekerjaan Tanah

1. Galian biasa

Tabel 6. 1 Perhitungan Volume Galian

| STA | Luas galian (m ²) | Volume (m ³) | STA | Luas galian (m ²) | Volume (m ³) |
|--------|----------------------------------|-----------------------------|--------|----------------------------------|-----------------------------|
| 19+325 | 0 | 0 | 23+800 | 0 | 0 |
| 19+350 | 0 | 0 | 23+850 | 0 | 0 |
| 19+400 | 0 | 0 | 23+900 | 0 | 0 |
| 19+450 | 0 | 0 | 23+950 | 0 | 0 |
| 19+500 | 0 | 0 | 24+000 | 0 | 0 |
| 19+550 | 0 | 0 | 24+050 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|--------|---|---|--------|------|-----|
| 19+600 | 0 | 0 | 24+100 | 0 | 0 |
| 19+650 | 0 | 0 | 24+130 | 0 | 0 |
| 19+700 | 0 | 0 | 24+150 | 0 | 0 |
| 19+750 | 0 | 0 | 24+200 | 0 | 0 |
| 19+800 | 0 | 0 | 24+250 | 0 | 0 |
| 19+850 | 0 | 0 | 24+300 | 0 | 0 |
| 19+900 | 0 | 0 | 24+350 | 0 | 0 |
| 19+950 | 0 | 0 | 24+400 | 0 | 0 |
| 20+000 | 0 | 0 | 24+450 | 0 | 0 |
| 20+050 | 0 | 0 | 24+500 | 0 | 0 |
| 20+100 | 0 | 0 | 24+550 | 0 | 0 |
| 20+150 | 0 | 0 | 24+600 | 0 | 0 |
| 20+170 | 0 | 0 | 24+650 | 0 | 0 |
| 20+200 | 0 | 0 | 24+700 | 0 | 0 |
| 20+250 | 0 | 0 | 24+750 | 0 | 0 |
| 20+300 | 0 | 0 | 24+800 | 0 | 0 |
| 20+350 | 0 | 0 | 24+850 | 0 | 0 |
| 20+400 | 0 | 0 | 24+900 | 30.4 | 760 |
| 20+450 | 0 | 0 | 24+950 | 0 | 0 |
| 20+500 | 0 | 0 | 25+000 | 0 | 0 |
| 20+550 | 0 | 0 | 25+050 | 0 | 0 |
| 20+600 | 0 | 0 | 25+100 | 0 | 0 |
| 20+650 | 0 | 0 | 25+150 | 0 | 0 |
| 20+700 | 0 | 0 | 25+200 | 0 | 0 |
| 20+750 | 0 | 0 | 25+250 | 0 | 0 |
| 20+800 | 0 | 0 | 25+300 | 0 | 0 |
| 20+850 | 0 | 0 | 25+350 | 0 | 0 |
| 20+900 | 0 | 0 | 25+400 | 0 | 0 |
| 20+950 | 0 | 0 | 25+450 | 0 | 0 |
| 21+000 | 0 | 0 | 25+500 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|--------|---|---|--------|---|---|
| 21+050 | 0 | 0 | 25+550 | 0 | 0 |
| 21+100 | 0 | 0 | 25+600 | 0 | 0 |
| 21+150 | 0 | 0 | 25+650 | 0 | 0 |
| 21+200 | 0 | 0 | 25+700 | 0 | 0 |
| 21+250 | 0 | 0 | 25+750 | 0 | 0 |
| 21+300 | 0 | 0 | 25+800 | 0 | 0 |
| 21+350 | 0 | 0 | 25+850 | 0 | 0 |
| 21+400 | 0 | 0 | 25+900 | 0 | 0 |
| 21+450 | 0 | 0 | 25+950 | 0 | 0 |
| 21+500 | 0 | 0 | 26+000 | 0 | 0 |
| 21+550 | 0 | 0 | 26+050 | 0 | 0 |
| 21+600 | 0 | 0 | 26+100 | 0 | 0 |
| 21+650 | 0 | 0 | 26+150 | 0 | 0 |
| 21+700 | 0 | 0 | 26+200 | 0 | 0 |
| 21+750 | 0 | 0 | 26+250 | 0 | 0 |
| 21+760 | 0 | 0 | 26+300 | 0 | 0 |
| 22+310 | 0 | 0 | 26+350 | 0 | 0 |
| 22+350 | 0 | 0 | 26+400 | 0 | 0 |
| 22+400 | 0 | 0 | 26+450 | 0 | 0 |
| 22+450 | 0 | 0 | 26+500 | 0 | 0 |
| 22+500 | 0 | 0 | 26+550 | 0 | 0 |
| 22+550 | 0 | 0 | 26+600 | 0 | 0 |
| 22+600 | 0 | 0 | 26+650 | 0 | 0 |
| 22+650 | 0 | 0 | 26+700 | 0 | 0 |
| 22+700 | 0 | 0 | 26+750 | 0 | 0 |
| 22+750 | 0 | 0 | 26+800 | 0 | 0 |
| 22+800 | 0 | 0 | 26+850 | 0 | 0 |
| 22+850 | 0 | 0 | 26+900 | 0 | 0 |
| 22+900 | 0 | 0 | 26+950 | 0 | 0 |
| 22+950 | 0 | 0 | 27+000 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|--------------|---|---|--------|---|-----|
| 23+000 | 0 | 0 | 27+050 | 0 | 0 |
| 23+050 | 0 | 0 | 27+100 | 0 | 0 |
| 23+100 | 0 | 0 | 27+150 | 0 | 0 |
| 23+150 | 0 | 0 | 27+200 | 0 | 0 |
| 23+165 | 0 | 0 | 27+250 | 0 | 0 |
| 23+195 | 0 | 0 | 27+300 | 0 | 0 |
| 23+200 | 0 | 0 | 27+350 | 0 | 0 |
| 23+250 | 0 | 0 | 27+400 | 0 | 0 |
| 23+300 | 0 | 0 | 27+450 | 0 | 0 |
| 23+350 | 0 | 0 | 27+500 | 0 | 0 |
| 23+400 | 0 | 0 | 27+550 | 0 | 0 |
| 23+450 | 0 | 0 | 27+600 | 0 | 0 |
| 23+500 | 0 | 0 | 27+650 | 0 | 0 |
| 23+550 | 0 | 0 | 27+700 | 0 | 0 |
| 23+600 | 0 | 0 | 27+750 | 0 | 0 |
| 23+650 | 0 | 0 | 27+800 | 0 | 0 |
| 23+700 | 0 | 0 | 27+850 | 0 | 0 |
| 23+750 | 0 | 0 | 27+865 | 0 | 0 |
| Total galian | | | | | 760 |

2. Timbunan

Tabel 6. 2 Perhitungan Volume Timbunan

| STA | Luas Timbunan (m ²) | Volume (m ³) | STA | Luas Timbunan (m ²) | Volume (m ³) |
|--------|---------------------------------|--------------------------|--------|---------------------------------|--------------------------|
| 19+325 | 134.496 | 2923.2 | 23+800 | 37.76 | 2532 |
| 19+350 | 99.36 | | 23+850 | 60.064 | 2445.6 |
| 19+400 | 79.04 | 4460 | 23+900 | 73.28 | 3333.6 |
| 19+450 | 58.72 | 3444 | 23+950 | 98.208 | 4287.2 |
| 19+500 | 38.4 | 2428 | 24+000 | 80.32 | 4463.2 |

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 19+550 | 64.64 | 2576 | 24+050 | 66.816 | 3678.4 |
| 19+600 | 64.64 | 3232 | 24+100 | 62.08 | 3222.4 |
| 19+650 | 64.64 | 3232 | 24+130 | 61.984 | 1860.96 |
| 19+700 | 64.64 | 3232 | 24+150 | 61.92 | 1239.04 |
| 19+750 | 64.64 | 3232 | 24+200 | 61.76 | 3092 |
| 19+800 | 64.64 | 3232 | 24+250 | 61.6 | 3084 |
| 19+850 | 38.4 | 2576 | 24+300 | 61.44 | 3076 |
| 19+900 | 38.4 | 1920 | 24+350 | 61.28 | 3068 |
| 19+950 | 64 | 2560 | 24+400 | 61.12 | 3060 |
| 20+000 | 64 | 3200 | 24+450 | 60.96 | 3052 |
| 20+050 | 64 | 3200 | 24+500 | 60.8 | 3044 |
| 20+100 | 64 | 3200 | 24+550 | 60.48 | 3032 |
| 20+150 | 64 | 3200 | 24+600 | 34.56 | 2376 |
| 20+170 | 64 | 1280 | 24+650 | 60.32 | 2372 |
| 20+200 | 64 | 1920 | 24+700 | 60.16 | 3012 |
| 20+250 | 64 | 3200 | 24+750 | 60 | 3004 |
| 20+300 | 64 | 3200 | 24+800 | 33.92 | 2348 |
| 20+350 | 39.84 | 2596 | 24+850 | 1.76 | 892 |
| 20+400 | 41.28 | 2028 | 24+900 | 0 | 44 |
| 20+450 | 60 | 2532 | 24+950 | 1.44 | 36 |
| 20+500 | 71.36 | 3284 | 25+000 | 33.28 | 868 |
| 20+550 | 38.176 | 2738.4 | 25+050 | 58.72 | 2300 |
| 20+600 | 40.96 | 1978.4 | 25+100 | 58.56 | 2932 |
| 20+650 | 42.08 | 2076 | 25+150 | 58.24 | 2920 |
| 20+700 | 43.2 | 2132 | 25+200 | 57.92 | 2904 |
| 20+750 | 44.16 | 2184 | 25+250 | 57.76 | 2892 |
| 20+800 | 45.12 | 2232 | 25+300 | 57.6 | 2884 |
| 20+850 | 46.08 | 2280 | 25+350 | 57.44 | 2876 |
| 20+900 | 47.04 | 2328 | 25+400 | 57.28 | 2868 |
| 20+950 | 48 | 2376 | 25+450 | 57.12 | 2860 |

| | | | | | |
|--------|---------|---------|--------|-------|------|
| 21+000 | 48.96 | 2424 | 25+500 | 56.96 | 2852 |
| 21+050 | 75.36 | 3108 | 25+550 | 56.8 | 2844 |
| 21+100 | 76.16 | 3788 | 25+600 | 31.04 | 2196 |
| 21+150 | 77.12 | 3832 | 25+650 | 56.48 | 2188 |
| 21+200 | 78.08 | 3880 | 25+700 | 56.32 | 2820 |
| 21+250 | 79.04 | 3928 | 25+750 | 56.16 | 2812 |
| 21+300 | 80 | 3976 | 25+800 | 56 | 2804 |
| 21+350 | 80.8 | 4020 | 25+850 | 55.68 | 2792 |
| 21+400 | 81.6 | 4060 | 25+900 | 55.36 | 2776 |
| 21+450 | 82.56 | 4104 | 25+950 | 55.2 | 2764 |
| 21+500 | 83.52 | 4152 | 26+000 | 55.04 | 2756 |
| 21+550 | 84.48 | 4200 | 26+050 | 54.88 | 2748 |
| 21+600 | 85.44 | 4248 | 26+100 | 54.72 | 2740 |
| 21+650 | 86.24 | 4292 | 26+150 | 54.56 | 2732 |
| 21+700 | 87.04 | 4332 | 26+200 | 54.4 | 2724 |
| 21+750 | 105.6 | 4816 | 26+250 | 54.24 | 2716 |
| 21+760 | 109.312 | 1074.56 | 26+300 | 54.08 | 2708 |
| 22+310 | 110.272 | 4042.24 | 26+350 | 53.92 | 2700 |
| 22+350 | 91.84 | | 26+400 | 53.76 | 2692 |
| 22+400 | 68.8 | 4016 | 26+450 | 53.44 | 2680 |
| 22+450 | 68.64 | 3436 | 26+500 | 53.12 | 2664 |
| 22+500 | 68.48 | 3428 | 26+550 | 52.96 | 2652 |
| 22+550 | 67.84 | 3408 | 26+600 | 52.8 | 2644 |
| 22+600 | 67.52 | 3384 | 26+650 | 52.64 | 2636 |
| 22+650 | 67.36 | 3372 | 26+700 | 52.48 | 2628 |
| 22+700 | 67.2 | 3364 | 26+750 | 52.32 | 2620 |
| 22+750 | 67.04 | 3356 | 26+800 | 52.16 | 2612 |
| 22+800 | 66.88 | 3348 | 26+850 | 52 | 2604 |
| 22+850 | 66.72 | 3340 | 26+900 | 51.84 | 2596 |
| 22+900 | 66.56 | 3332 | 26+950 | 51.68 | 2588 |

| | | | | | |
|----------------|--------|--------|--------|-------|----------|
| 22+950 | 66.4 | 3324 | 27+000 | 51.52 | 2580 |
| 23+000 | 66.24 | 3316 | 27+050 | 51.36 | 2572 |
| 23+050 | 66.08 | 3308 | 27+100 | 51.2 | 2564 |
| 23+100 | 65.92 | 3300 | 27+150 | 50.88 | 2552 |
| 23+150 | 65.76 | 3292 | 27+200 | 50.56 | 2536 |
| 23+165 | 65.728 | 986.16 | 27+250 | 50.4 | 2524 |
| 23+195 | 65.632 | 1970.4 | 27+300 | 50.24 | 2516 |
| 23+200 | 65.6 | 328.08 | 27+350 | 50.08 | 2508 |
| 23+250 | 65.28 | 3272 | 27+400 | 24.32 | 1860 |
| 23+300 | 64.96 | 3256 | 27+450 | 49.76 | 1852 |
| 23+350 | 64.8 | 3244 | 27+500 | 49.6 | 2484 |
| 23+400 | 64.64 | 3236 | 27+550 | 49.44 | 2476 |
| 23+450 | 64.48 | 3228 | 27+600 | 23.68 | 1828 |
| 23+500 | 64.32 | 3220 | 27+650 | 49.12 | 1820 |
| 23+550 | 64.16 | 3212 | 27+700 | 49.28 | 2460 |
| 23+600 | 38.4 | 2564 | 27+750 | 48.96 | 2456 |
| 23+650 | 63.84 | 2556 | 27+800 | 48.64 | 2440 |
| 23+700 | 63.68 | 3188 | 27+850 | 54.56 | 2580 |
| 23+750 | 63.52 | 3180 | 27+865 | 56.32 | 831.6 |
| Total timbunan | | | | | 467939.4 |

C. Pekerjaan Drainase

1. Pekerjaan Galian Tanah

Tabel 6. 3 Perhitungan Volume Galian Tanah untuk Drainase

| STA | | L (m) | a (m) | b (m) | t (m) | V (m ³) |
|--------|--------|----------|----------|----------|----------|------------------------|
| 19+325 | 19+500 | 175 | 0.6 | 0.2 | 0.6 | 42 |
| 19+500 | 20+170 | 670 | 0.9 | 0.3 | 0.7 | 282 |
| 20+200 | 20+600 | 400 | 0.9 | 0.3 | 0.7 | 168 |
| 20+600 | 21+400 | 800 | 1.2 | 0.4 | 0.9 | 576 |
| 21+400 | 21+760 | 360 | 0.9 | 0.3 | 0.7 | 152 |

| | | | | | | |
|-----------------|--------|------|-----|-----|-----|------|
| 22+310 | 23+165 | 855 | 1.2 | 0.4 | 0.9 | 616 |
| 23+195 | 24+125 | 930 | 1.2 | 0.4 | 0.9 | 670 |
| 24+160 | 24+600 | 440 | 0.9 | 0.3 | 0.7 | 185 |
| 24+600 | 25+300 | 700 | 0.9 | 0.3 | 0.7 | 294 |
| 25+300 | 26+600 | 1300 | 1.2 | 0.4 | 0.9 | 936 |
| 26+600 | 27+800 | 1200 | 1.2 | 0.4 | 0.9 | 864 |
| 27+800 | 27+865 | 65 | 0.3 | 0.1 | 0.4 | 6 |
| Σ Volume | | | | | | 4791 |

2. Pekerjaan Pasangan Batu Kali

Tabel 6. 4 Perhitungan Volume Pasangan Batu Kali

| STA | | L (m) | A1 (m ²) | A2 (m ²) | A3 (m ²) | Volume (m ³) |
|-----------------|--------|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 19+325 | 19+500 | 175 | 0.097 | 0.04 | 0.097 | 40.80 |
| 19+500 | 20+170 | 670 | 0.125 | 0.06 | 0.125 | 207.50 |
| 20+200 | 20+600 | 400 | 0.125 | 0.06 | 0.125 | 123.88 |
| 20+600 | 21+400 | 800 | 0.153 | 0.08 | 0.153 | 309.02 |
| 21+400 | 21+760 | 360 | 0.125 | 0.06 | 0.125 | 111.49 |
| 22+310 | 23+165 | 855 | 0.153 | 0.08 | 0.153 | 330.26 |
| 23+195 | 24+125 | 930 | 0.153 | 0.08 | 0.153 | 359.23 |
| 24+160 | 24+600 | 440 | 0.125 | 0.06 | 0.125 | 136.27 |
| 24+600 | 25+300 | 700 | 0.125 | 0.06 | 0.125 | 216.79 |
| 25+300 | 26+600 | 1300 | 0.153 | 0.08 | 0.153 | 502.16 |
| 26+600 | 27+800 | 1200 | 0.153 | 0.08 | 0.153 | 463.53 |
| 27+800 | 27+865 | 65 | 0.068 | 0.02 | 0.068 | 10.18 |
| Σ Volume | | | | | | 2811.12 |

3. Pekerjaan Plesteran

Tabel 6. 5 Perhitungan Luas Plesteran

| STA | | A1 (m ²) | A2 (m ²) | A3 (m ²) | Luas (m ²) |
|---------------|--------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 19+325 | 19+500 | 49.50 | 35 | 49.50 | 133.99 |
| 19+500 | 20+170 | 284.26 | 201 | 284.26 | 769.51 |
| 20+200 | 20+600 | 169.71 | 120 | 169.71 | 459.41 |
| 20+600 | 21+400 | 452.55 | 320 | 452.55 | 1225.10 |
| 21+400 | 21+760 | 152.74 | 108 | 152.74 | 413.47 |
| 22+310 | 23+165 | 483.66 | 342 | 483.66 | 1309.32 |
| 23+195 | 24+125 | 526.09 | 372 | 526.09 | 1424.17 |
| 24+160 | 24+600 | 186.68 | 132 | 186.68 | 505.35 |
| 24+600 | 25+300 | 296.98 | 210 | 296.98 | 803.97 |
| 25+300 | 26+600 | 735.39 | 520 | 735.39 | 1990.78 |
| 26+600 | 27+800 | 678.82 | 480 | 678.82 | 1837.65 |
| 27+800 | 27+865 | 9.19 | 6.5 | 9.19 | 24.88 |
| Σ Luas | | | | | 10897.62 |

D. Pekerjaan Lapis Pondasi Bawah

1. Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas C

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 7920 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 25,4 \text{ m} \\
 \text{Tebal} &= 0,25 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= 7920 \text{ m} \times 25,4 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \\
 &= 50292 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2. Pekerjaan *Lean concrete*

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 7920 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 25,4 \text{ m} \\
 \text{Tebal} &= 0,1 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= 20116,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

E. Pekerjaan Perkerasan Kaku

1. Pekerjaan perkerasan kaku

| | |
|---------|------------------------|
| Panjang | = 7920 m |
| Lebar | = 25,4 m |
| Tebal | = 0,25 m |
| Volume | = 50292 m ³ |

2. Pekerjaan Tulangan Memanjang

| | | |
|----------------------|-----------------------|-------------------|
| Diameter | = 12 | mm |
| Panjang | = 7920 | m |
| | = 7920000 | mm |
| Jarak antar tulangan | = 225 | mm |
| Volume 1 tulangan | = 895730897,4 | mm ³ |
| Kebutuhan tulangan | = $\frac{25400}{225}$ | mm |
| | = 113 | buah |
| Volume total | = 101217591405,24 | mm ³ |
| | = 101,2175914 | m ³ |
| Berat jenis | = 7850 | kg/m ³ |
| Berat | = 794558,0925 | kg |

3. Pekerjaan Tulangan Melintang

| | | |
|----------------------|-------------------------|-------------------|
| Diameter | = 12 | mm |
| Panjang | = 25,4 | m |
| | = 25400 | mm |
| Jarak antar tulangan | = 300 | mm |
| Volume 1 tulangan | = 2872672,322 | mm ³ |
| Kebutuhan tulangan | = $\frac{7920000}{300}$ | mm |
| | = 26400 | buah |
| Volume total | = 75838549312 | mm ³ |
| | = 75,838549312 | m ³ |
| Berat jenis baja | = 7850 | kg/m ³ |
| Berat | = 595332,6121 | kg |

$$\begin{aligned}
 \text{Total} &= \text{Berat tulangan memanjang} + \text{berat tulangan melintang} \\
 &= 794558,0925 \text{ kg} + 595332,6121 \text{ kg} \\
 &= 1389890,705 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4. Pekerjaan Pembesian Dowel

| | | |
|------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Diameter | = 36 | mm |
| Panjang | = 450 | mm |
| Jarak | = 300 | mm |
| Volume 1 dowel | = 458044,2089 | mm ³ |
| Jumlah dowel dalam 1 cutting | | |
| | = $\frac{25400}{300}$ | mm |
| | = 85 | buah |
| Jumlah cutting | = 1585 | |
| Total kebutuhan dowel | = 134725 | buah |
| Volume total | = 61710006043 | mm ³ |
| | = 61,710006043 | m ³ |
| Berat jenis baja | = 7850 | kg/m ³ |
| Berat | = 484423,5474 | kg |

5. Pekerjaan Pembesian Tiebars

| | | |
|--|-------------------------|-----------------|
| Diameter | = 16 | mm |
| Panjang | = 700 | mm |
| Jarak | = 750 | mm |
| Volume 1 dowel | = 140743.3509 | mm ³ |
| Jumlah tiebars dalam 1 baris memanjang | | |
| | = $\frac{7920000}{750}$ | mm |
| | = 10560 | buah |
| Jumlah baris | = 8,5 | |
| Total kebutuhan tiebars | = 89760 | buah |
| Volume total | = 12633123175 | mm ³ |
| | = 12,633123175 | m ³ |

| | | | |
|------------------|---|------------|-------------------|
| Berat jenis baja | = | 7850 | kg/m ³ |
| Berat | = | 99170,0169 | kg |

F. Pekerjaan Pelengkap Jalan

1. Median *Concrete Barrier*

| | | | |
|-------------------|---|------|------|
| Panjang jalan | = | 7920 | m |
| Panjang 1 barrier | = | 1 | m |
| Kebutuhan barrier | = | 7920 | buah |

2. Marka Jalan

a. Garis Lurus

| | | | |
|----------------------|---|-------|------|
| Panjang | = | 7920 | m |
| Lebar | = | 0.12 | m |
| Tebal | = | 0.002 | m |
| Jumlah dalam 2 jalur | = | 4 | buah |
| Total panjang | = | 31680 | m |

b. Garis putus-putus

| | | | |
|----------------------------|---|-------|------|
| Panjang | = | 5 | m |
| Lebar | = | 0.12 | m |
| Tebal | = | 0.002 | m |
| Jarak antar marka | = | 8 | m |
| Jumlah garis dalam 2 jalur | = | 1220 | buah |
| Total panjang | = | 1220 | x 5m |
| | = | 6100 | m |

6.2 Rencana Anggaran Biaya Pembangunan Tahap I

Tabel 6. 6 Analisa Harga Dasar dan Upah Tahun 2017

| No. | Uraian | Satuan | Harga Satuan Dasar |
|----------|-------------------------|----------------|--------------------|
| A | UPAH | | |
| 1 | Mandor | OH | Rp 140,883.59 |
| 2 | Kepala Tukang | OH | Rp 126,137.31 |
| 3 | Tukang | OH | Rp 118,250.75 |
| 4 | Tukang batu | OH | Rp 118,250.75 |
| 5 | Tukang besi | OH | Rp 118,250.75 |
| 6 | Tukang kayu | OH | Rp 118,250.75 |
| 7 | Tukang cat | OH | Rp 118,250.75 |
| 8 | Operator alat berat | OH | Rp 180,666.56 |
| 9 | Pembantu operator | OH | Rp 112,824.57 |
| 10 | Pekerja | OH | Rp 107,353.30 |
| | | | |
| B | BAHAN / MATERIAL | | |
| 1 | Batu Kali Belah 15/20 | Kg | Rp180,850.00 |
| 2 | Semen Portland | Kg | Rp 2,221.31 |
| 3 | Pasir Pasang | m ³ | Rp 214,726.64 |
| 4 | Agregat Kasar | m ³ | Rp 261,373.19 |
| 5 | Bahan Timbunan Pilihan | m ³ | Rp 117,714.33 |
| 6 | Aspal | Kg | Rp 12,000.00 |
| 7 | Kerosen/Minyak tanah | Liter | Rp 1,650.00 |
| 8 | Agregat Kelas A | m ³ | Rp 279,891.84 |
| 9 | Agregat Kelas B | m ³ | Rp 190,000.00 |
| 10 | Agregat Kelas C | m ³ | Rp 168,000.00 |
| 11 | Minyak Tanah | Liter | Rp 14,650.00 |
| 12 | Kerikil | m ³ | Rp 245,400.00 |
| 13 | Air Tawar | Liter | Rp 150.00 |

| | | | |
|----|---|----------------|-----------------|
| 14 | Besi Beton Ulir | Kg | Rp 13,550.00 |
| 15 | Besi Beton Polos | Kg | Rp 13,050.00 |
| 16 | Kawat Beton | Kg | Rp 17,290.00 |
| 17 | Dolken Kayu Gelam dia. 8-10 cm, p=4m | Batang | Rp 23,900.00 |
| 18 | Kayu Meranti usuk 4/6, 5/7 | m ³ | Rp 5,740,300.00 |
| 19 | Paku Biasa | Kg | Rp 21,380.11 |
| 20 | Besi Plat Strip | Kg | Rp 13,500.00 |
| 22 | Pasir Beton | m ³ | Rp 249,786.60 |
| 23 | Koral Beton | m ³ | Rp 245,400.00 |
| 24 | Bata Merah | Buah | Rp 950.00 |
| 25 | Seng Plat | Lembar | Rp 50,750.00 |
| 26 | Jendela Nako | Daun | Rp 25,850.00 |
| 27 | Kaca Polos Tb. 3 mm | m ² | Rp 112,150.00 |
| 28 | Kunci Tanam Biasa | Buah | Rp 74,400.00 |
| 29 | Plywood 4 mm | Lembar | Rp 126,350.00 |
| 30 | Thermoplastic | Kg | Rp 31,000.00 |
| 31 | Glassbeads | Kg | Rp 28,500.00 |
| 32 | Kayu Acuan | m ³ | Rp 4,283,426.33 |
| 33 | Kayu Balok | m ³ | Rp 5,132,500.00 |
| 34 | Kayu Papan | m ³ | Rp 6,777,236.03 |
| 35 | Paku 4-7 cm | Kg | Rp 21,000.00 |
| 36 | Cat Meni | Kg | Rp 54,250.00 |
| 37 | Plamir Kayu | Kg | Rp 36,600.00 |
| 38 | Amplas Kayu | Lembar | Rp 4,800.00 |
| 39 | Kuas Cat | Buah | Rp 11,650.00 |
| 40 | Cat Kayu | Kg | Rp 77,500.00 |
| 41 | Batu Split Pecah Mesin 3/5 | m ³ | Rp 245,400.00 |
| 42 | Median Concrete Barrier | Unit | Rp 1,500,000.00 |

| | | | |
|----------|--------------------------|----------------|-----------------|
| 43 | Seng Gelombang | Lembar | Rp 78,930.00 |
| 44 | Beton K-125 | m ³ | Rp 910,159.27 |
| 45 | Beton K-175 | m ³ | Rp 962,668.46 |
| 46 | Beton K-250 | m ³ | Rp 1,026,846.36 |
| 47 | Beton K-300 | m ³ | Rp 1,143,533.44 |
| 48 | Beton K-350 | m ³ | Rp 1,166,870.86 |
| 49 | Beton K-400 | m ³ | Rp 1,225,214.40 |
| 50 | Beton K-500 | m ³ | Rp 1,396,093.41 |
| C | PERALATAN | | |
| 1 | Concrete Paver | Jam | Rp 637,808.89 |
| 2 | Wheel Loader | Jam | Rp 579,263.86 |
| 3 | Excavator | Jam | Rp 708,337.30 |
| 4 | Bulldozer | Jam | Rp 939,304.13 |
| 5 | Compressor 4000-6500 L/M | Jam | Rp 224,642.53 |
| 6 | Concrete Vibrator | Jam | Rp 51,650.18 |
| 7 | Water Tank 300-4500 L | Jam | Rp 343,415.25 |
| 8 | Batching Plant | Jam | Rp 846,746.59 |
| 9 | Dump Truck | Jam | Rp 336,248.16 |
| 10 | Tire Roller | Jam | Rp 603,287.59 |
| 11 | Tandem Roller | Jam | Rp 372,124.41 |
| 12 | Motor Grader | Jam | Rp 716,346.34 |
| 13 | Asphalt Distributor | Jam | Rp 469,327.93 |
| 14 | Asphalt Finisher | Jam | Rp 503,098.82 |
| 15 | Asphalt Sprayer | Jam | Rp 63,258.38 |
| 16 | Alat Bantu (3 set) | Jam | Rp 5,000.00 |
| 17 | Concrete Cutter | Jam | Rp 55,000.00 |
| 18 | Vibrator Roller | Jam | Rp 442,904.36 |
| 19 | Truck Mixer | Jam | Rp 824,650.57 |
| 20 | Concrete Vibrator | Jam | Rp 51,650.18 |

Tabel 6. 7Rencana Anggaran Biaya a Pembangunan Tahap I

| No. | Item Pekerjaan | Satuan | Kuantitas | Harga Dasar | Jumlah Harga |
|------------|--|----------------|-------------|-------------------|-----------------------|
| I | PEKERJAAN PERSIAPAN | | | | |
| 1 | Mobilisasi (asumsi) | Ls | 1 | Rp 100,000,000.00 | Rp 100,000,000.00 |
| 2 | Pembuatan Direksi Kit | m ² | 60 | Rp 1,702,082.64 | Rp 102,124,958.24 |
| 3 | Pembuatan Seng Gelombang Tinggi | m ² | 900 | Rp 666,587.49 | Rp 599,928,743.34 |
| 4 | Pembuatan Papan Nama Proyek | Ls | 1 | Rp 1,105,324.14 | Rp 1,105,324.14 |
| 5 | Pembersihan Lapangan | m ² | 600000 | Rp 17,500.80 | Rp 10,500,480,820.80 |
| II | PEKERJAAN TANAH | | | | |
| 1 | Galian | m ³ | 760 | Rp 95,235.26 | Rp 72,378,795.13 |
| 2 | Urugan Pilihan | m ³ | 467939.44 | Rp 163,805.40 | Rp 76,651,009,353.65 |
| III | PEKERJAAN LAPIS PONDASI BAWAH | | | | |
| 1 | Lapis Pondasi Agregat Kelas C | m ³ | 50292 | Rp 325,869.84 | Rp 16,388,646,230.81 |
| 2 | Pekerjaan <i>Lean Concrete</i> | m ³ | 20116.8 | Rp 1,728,755.73 | Rp 34,777,033,323.68 |
| IV | PEKERJAAN PERKERASAN KAKU | | | | |
| 1 | Pekerjaan Perkerasan Kaku | m ³ | 50292 | Rp 3,697,274.37 | Rp 185,943,322,385.45 |
| 2 | Pekerjaan Pembesian Beton untuk tulangan | kg | 1389890.705 | Rp 15,685.73 | Rp 21,801,447,407.80 |

| | | | | | |
|------------|----------------------------------|----------------|-------------|-------------------|-----------------------|
| 3 | Pekerjaan Dowel | kg | 484423.5474 | Rp 16,210.73 | Rp 7,852,858,317.34 |
| 4 | Pekerjaan Tiebars | kg | 99170.01692 | Rp 16,210.73 | Rp 1,607,618,160.49 |
| V | PEKERJAAN DRAINASE | | | | |
| 1 | Pekerjaan Galian Tanah | m ³ | 9582 | Rp 132,000.48 | Rp 1,264,828,570.62 |
| 2 | Pekerjaan Pasangan Batu | m ³ | 5622.25 | Rp 1,039,611.62 | Rp 5,844,953,443.12 |
| 3 | Pekerjaan Plesteran | m ³ | 21795.23562 | Rp 22,813,343.09 | Rp 497,222,187,927.22 |
| VI | PEKERJAAN PELENGKAP JALAN | | | | |
| 1 | Median Concrete Barrier | buah | 7920 | Rp 1,500,000.00 | Rp 11,880,000,000.00 |
| 2 | Pekerjaan Marka | m' | 37780 | Rp 30,750.00 | Rp 1,161,735,000.00 |
| VII | PEKERJAAN FINISHING | | | | |
| 1 | Demobilisasi (Asumsi) | Ls | 1 | Rp 100,000,000.00 | Rp 100,000,000.00 |
| | JUMLAH | | | | Rp 873,871,658,761.83 |
| | PPN 10% | | | | Rp 87,387,165,876.18 |
| | JUMLAH TOTAL | | | | Rp 961,258,824,638.01 |

6.3 Volume Pekerjaan Tahap II

A. Pekerjaan Persiapan

1. Mobilisasi

$$\text{Jumlah} = 1 \text{ Ls}$$

2. Pemasangan Seng Gelombang 2 m

$$\text{Panjang} = 30 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 30 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 900 \text{ m}^2$$

3. Pembuatan Kantor Sementara (Direksi Kit)

$$\text{Panjang} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 60 \text{ m}^2$$

4. Pekerjaan Papan Nama Proyek

$$\text{Jumlah} = 1 \text{ unit}$$

5. Pembersihan Lapangan

$$\text{Panjang} = 10000 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 60 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 600000 \text{ m}^2$$

B. Pekerjaan Lapis Pondasi Bawah

1. Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas C

$$\text{Panjang} = 7920 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 3,6 \text{ m}$$

$$\text{Tebal} = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 7920 \text{ m} \times 3,6 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$$

$$= 7128 \text{ m}^3$$

2. Pekerjaan *Lean concrete*

$$\text{Panjang} = 7920 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 3,6 \text{ m}$$

$$\text{Tebal} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 2851,2 \text{ m}^3$$

C. Pekerjaan Perkerasan Kaku

1. Pekerjaan perkerasan kaku

$$\text{Panjang} = 7920 \text{ m}$$

| | |
|--------|-----------------------|
| Lebar | = 3,6 m |
| Tebal | = 0,25 m |
| Volume | = 7128 m ³ |

2. Pekerjaan Tulangan Memanjang

| | | |
|----------------------|----------------------|-------------------|
| Diameter | = 12 | mm |
| Panjang | = 7920 | m |
| | = 7920000 | mm |
| Jarak antar tulangan | = 225 | mm |
| Volume 1 tulangan | = 895730897,4 | mm ³ |
| Kebutuhan tulangan | = $\frac{3600}{225}$ | mm |
| | = 16 | buah |
| Volume total | = 14331694358,3 | mm ³ |
| | = 14,3316943583 | m ³ |
| Berat jenis | = 7850 | kg/m ³ |
| Berat | = 112503,8007 | kg |

3. Pekerjaan Tulangan Melintang

| | | |
|----------------------|-------------------------|-------------------|
| Diameter | = 12 | mm |
| Panjang | = 3,6 | m |
| | = 3600 | mm |
| Jarak antar tulangan | = 300 | mm |
| Volume 1 tulangan | = 407150,4079 | mm ³ |
| Kebutuhan tulangan | = $\frac{7920000}{300}$ | mm |
| | = 26400 | buah |
| Volume total | = 10748770769 | mm ³ |
| | = 10,748770769 | m ³ |
| Berat jenis baja | = 7850 | kg/m ³ |
| Berat | = 84377,8505 | kg |

| | |
|-------|---|
| Total | = Berat tulangan memanjang + berat tulangan melintang |
| | = 112503,8007kg + 84377,8505 kg |
| | = 196881,6512 kg |

4. Pekerjaan Pembesian Dowel

| | | |
|------------------------------|----------------------|-------------------|
| Diameter | = 36 | mm |
| Panjang | = 450 | mm |
| Jarak | = 300 | mm |
| Volume 1 dowel | = 458044,2089 | mm ³ |
| Jumlah dowel dalam 1 cutting | | |
| | = $\frac{3600}{300}$ | mm |
| | = 12 | buah |
| Jumlah cutting | = 1585 | |
| Total kebutuhan dowel | = 19020 | buah |
| Volume total | = 8712000853 | mm ³ |
| | = 8,712000853 | m ³ |
| Berat jenis baja | = 7850 | kg/m ³ |
| Berat | = 68389,2067 | kg |

D. Pekerjaan Pelengkap Jalan

1. Marka Jalan

a. Garis Lurus

| | | |
|---------------|---------|------|
| Panjang | = 7920 | m |
| Lebar | = 0,12 | m |
| Tebal | = 0,002 | m |
| Jumlah | = 1 | buah |
| Total panjang | = 7920 | m |

b. Garis putus-putus

| | | |
|---------------------|-------------------|------|
| Panjang | = 5 | m |
| Lebar | = 0,12 | m |
| Tebal | = 0,002 | m |
| Jarak antar marka | = 8 | m |
| Jumlah garis | = 1220 | buah |
| Total panjang | = 1220 | x 5m |
| | = 6100 | m |
| Panjang total marka | = 7920 m + 6100 m | |
| | = 14020 | m |

6.1 Rencana Anggaran Biaya Pembangunan Tahap II

| No. | Item Pekerjaan | Satuan | Kuantitas | Harga Dasar | Jumlah Harga |
|------------|--|----------------|-------------|-------------------|----------------------|
| I | PEKERJAAN PERSIAPAN | | | | |
| 1 | Mobilisasi (asumsi) | Ls | 1 | Rp 100,000,000.00 | Rp 100,000,000.00 |
| 2 | Pembuatan Direksi Kit | m ² | 60 | Rp 1,798,012.01 | Rp 107,880,720.88 |
| 3 | Pembuatan Seng Gelombang Tinggi | m ² | 900 | Rp 704,156.36 | Rp 633,740,727.31 |
| 4 | Pembuatan Papan Nama Proyek | Ls | 1 | Rp 1,167,620.21 | Rp 1,167,620.21 |
| 5 | Pembersihan Lapangan | m ² | 600000 | Rp 18,487.15 | Rp 11,092,287,919.86 |
| | | | | | |
| II | PEKERJAAN LAPIS PONDASI BAWAH | | | | |
| 1 | Lapis Pondasi Agregat Kelas C | m ³ | 7128 | Rp 344,235.87 | Rp 2,453,713,275.46 |
| 2 | Pekerjaan <i>Lean Concrete</i> | m ³ | 2851.2 | Rp 1,826,188.41 | Rp 5,206,828,382.62 |
| | | | | | |
| III | PEKERJAAN PERKERASAN KAKU | | | | |
| 1 | Pekerjaan Perkerasan Kaku | m ³ | 7128 | Rp 3,907,580.11 | Rp 27,853,231,003.04 |
| 2 | Pekerjaan Pembesian Beton untuk tulangan | kg | 196881.6512 | Rp 16,569.78 | Rp 3,262,284,766.66 |
| 3 | Pekerjaan Dowel | kg | 68389.2067 | Rp 17,124.36 | Rp 1,171,121,705.24 |

| | | | | | |
|------------|----------------------------------|----|-------|-------------------|----------------------|
| | | | | | |
| VI | PEKERJAAN PELENGKAP JALAN | | | | |
| 1 | Pekerjaan Marka | m' | 14020 | Rp 32,483.07 | Rp 455,412,641.40 |
| | | | | | |
| VII | PEKERJAAN FINISHING | | | | |
| 1 | Demobilisasi (Asumsi) | Ls | 1 | Rp 100,000,000.00 | Rp 100,000,000.00 |
| | JUMLAH | | | | Rp 52,437,668,762.68 |
| | PPN 10% | | | | Rp 5,243,766,876.27 |
| | JUMLAH TOTAL | | | | Rp 57,681,435,638.95 |

6.4.1 Analisa Harga Dasar dan Upah

Pada pembangunan tahap II Jalan tol KLBM ini terjadi akibat adanya penambahan 1 lajur lalu lintas di setiap jalur agar dapat menampung kapasitas kendaraan yang diperkirakan melewati jalan tol ini. Pembangunan tahap II terjadi pada tahun 2036 sedangkan penulis memiliki Harga Dasar Kota Mojokerto tahun 2017, maka dari itu diperlukan adanya data inflasi ekonomi yang terjadi untuk memperkirakan harga dasar dan upah pada tahun 2036. Inflasi yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 6.8 serta analisa harga dasar dan upah tahun 2036 dapat dilihat pada tabel 6.9.

Tabel 6. 8Rata-rata Inflasi Tahun 2011-2015

| Tahun | Inflasi |
|-----------|---------|
| 2011 | 3.79% |
| 2012 | 4.30% |
| 2013 | 8.38% |
| 2014 | 8.36% |
| 2015 | 3.35% |
| Rata-rata | 5.64% |

Tabel 6. 9 Analisa Harga Dasar dan Upah Tahun 2044

| No. | Uraian | Satuan | Harga Satuan Dasar |
|----------|---------------------|--------|--------------------|
| A | UPAH | | |
| 1 | Mandor | OH | Rp 148,823.79 |
| 2 | Kepala Tukang | OH | Rp 133,246.41 |
| 3 | Tukang | OH | Rp 124,915.36 |
| 4 | Tukang batu | OH | Rp 124,915.36 |
| 5 | Tukang besi | OH | Rp 124,915.36 |
| 6 | Tukang kayu | OH | Rp 124,915.36 |
| 7 | Tukang cat | OH | Rp 124,915.36 |
| 8 | Operator alat berat | OH | Rp 190,848.93 |
| 9 | Pembantu operator | OH | Rp 119,183.36 |

| | | | | |
|---------------------------|---|----------------|----|--------------|
| 10 | Pekerja | OH | Rp | 113,403.73 |
| B BAHAN / MATERIAL | | | | |
| 1 | Batu Kali Belah 15/20 | Kg | Rp | 191,042.71 |
| 2 | Semen Portland | Kg | Rp | 2,346.50 |
| 3 | Pasir Pasang | m ³ | Rp | 226,828.63 |
| 4 | Agregat Kasar | m ³ | Rp | 276,104.18 |
| 5 | Bahan Timbunan Pilihan | m ³ | Rp | 124,348.71 |
| 6 | Aspal | Kg | Rp | 12,676.32 |
| 7 | Kerosen/Minyak tanah | Liter | Rp | 1,742.99 |
| 8 | Agregat Kelas A | m ³ | Rp | 295,666.54 |
| 9 | Agregat Kelas B | m ³ | Rp | 200,708.40 |
| 10 | Agregat Kelas C | m ³ | Rp | 177,468.48 |
| 11 | Minyak Tanah | Liter | Rp | 15,475.67 |
| 12 | Kerikil | m ³ | Rp | 259,230.74 |
| 13 | Air Tawar | Liter | Rp | 158.45 |
| 14 | Besi Beton Ulir | Kg | Rp | 14,313.68 |
| 15 | Besi Beton Polos | Kg | Rp | 13,785.50 |
| 16 | Kawat Beton | Kg | Rp | 18,264.46 |
| 17 | Dolken Kayu Gelam dia. 8-10 cm, p=4m | Batang | Rp | 25,247.00 |
| 18 | Kayu Meranti usuk 4/6, 5/7 | m ³ | Rp | 6,063,823.31 |
| 19 | Paku Biasa | Kg | Rp | 22,585.09 |
| 20 | Besi Plat Strip | Kg | Rp | 14,260.86 |
| 22 | Pasir Beton | m ³ | Rp | 263,864.57 |
| 23 | Koral Beton | m ³ | Rp | 259,230.74 |
| 24 | Bata Merah | Buah | Rp | 1,003.54 |
| 25 | Seng Plat | Lembar | Rp | 53,610.27 |
| 26 | Jendela Nako | Daun | Rp | 27,306.91 |
| 27 | Kaca Polos Tb. 3 mm | m ² | Rp | 118,470.77 |

| | | | |
|----------|-------------------------------|----------------|-----------------|
| 28 | Kunci Tanam Biasa | Buah | Rp 78,593.18 |
| 29 | Plywood 4 mm | Lembar | Rp 133,471.09 |
| 30 | Thermoplastic | Kg | Rp 32,747.16 |
| 31 | Glassbeads | Kg | Rp 30,106.26 |
| 32 | Kayu Acuan | m ³ | Rp 4,524,840.24 |
| 33 | Kayu Balok | m ³ | Rp 5,421,767.70 |
| 34 | Kayu Papan | m ³ | Rp 7,159,201.05 |
| 35 | Paku 4-7 cm | Kg | Rp 22,183.56 |
| 36 | Cat Meni | Kg | Rp 57,307.53 |
| 37 | Plamir Kayu | Kg | Rp 38,662.78 |
| 38 | Amplas Kayu | Lembar | Rp 5,070.53 |
| 39 | Kuas Cat | Buah | Rp 12,306.59 |
| 40 | Cat Kayu | Kg | Rp 81,867.90 |
| 41 | Batu Split Pecah Mesin 3/5 | m ³ | Rp 259,230.74 |
| 42 | Median Concrete Barrier | Unit | Rp 1,584,540.00 |
| 43 | Seng Gelombang | Lembar | Rp 83,378.49 |
| 44 | Beton K-125 | m ³ | Rp 961,455.85 |
| 45 | Beton K-175 | m ³ | Rp 1,016,924.45 |
| 46 | Beton K-250 | m ³ | Rp 1,084,719.42 |
| 47 | Beton K-300 | m ³ | Rp 1,207,982.98 |
| 48 | Beton K-350 | m ³ | Rp 1,232,635.70 |
| 49 | Beton K-400 | m ³ | Rp 1,294,267.48 |
| 50 | Beton K-500 | m ³ | Rp 1,474,777.23 |
| | | | |
| C | PERALATAN | | |
| 1 | Concrete Paver | Jam | Rp 673,755.80 |
| 2 | Wheel Loader | Jam | Rp 611,911.17 |
| 3 | Excavator | Jam | Rp 748,259.19 |
| 4 | Bulldozer | Jam | Rp 992,243.31 |

| | | | |
|----|--------------------------|-----|---------------|
| 5 | Compressor 4000-6500 L/M | Jam | Rp 237,303.38 |
| 6 | Concrete Vibrator | Jam | Rp 54,561.18 |
| 7 | Water Tank 300-4500 L | Jam | Rp 362,770.13 |
| 8 | Batching Plant | Jam | Rp 894,469.23 |
| 9 | Dump Truck | Jam | Rp 355,199.11 |
| 10 | Tire Roller | Jam | Rp 637,288.88 |
| 11 | Tandem Roller | Jam | Rp 393,097.34 |
| 12 | Motor Grader | Jam | Rp 756,719.62 |
| 13 | Asphalt Distributor | Jam | Rp 495,779.25 |
| 14 | Asphalt Finisher | Jam | Rp 531,453.47 |
| 15 | Asphalt Sprayer | Jam | Rp 66,823.62 |
| 16 | Alat Bantu (3 set) | Jam | Rp 5,281.80 |
| 17 | Concrete Cutter | Jam | Rp 58,099.80 |
| 18 | Vibrator Roller | Jam | Rp 467,866.45 |
| 19 | Truck Mixer | Jam | Rp 871,127.88 |
| 20 | Concrete Vibrator | Jam | Rp 54,561.18 |

BAB VII PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan dalam perencanaan Jalan tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar STA 19+000 – STA 29+000 maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari analisa kapasitas jalan didapat :
 - a. Jalan tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar STA 19+000 – STA 29+000 :
 - Pembagian lajur : 4/2 D
 - Lebar lajur : 3,6 m
 - Lebar jalur : 2 x 3,6 m
 - Lebar bahu dalam : 1,5 m
 - Lebar bahu luar : 3 m
 - Umur rencana : 25 tahun
 - b. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada awal umur rencana pada tahun 2019 sebelum pelebaran yaitu 0,215
 - c. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada akhir umur rencana pada tahun 2044 sebelum pelebaran yaitu 1.095
 - d. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada tahun 2036 sebelum pelebaran yaitu 0,759 sehingga diperlukan pelebaran jalan sebanyak 1 lajur di setiap jalur
 - e. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada tahun 2036 sesudah pelebaran yaitu 0,45
 - f. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada akhir umur rencana pada tahun 2044 sesudah pelebaran yaitu 0.861
Degree of Saturation (DS) pada akhir umur rencana tersebut melebihi 0,75 akan tetapi belum mencapai batas kapasitas kritis yaitu $DS = 1$
2. Dari hasil perhitungan kontrol geometrik jalan alinyemen horizontal memenuhi standar keamanan dan kenyamanan, akan tetapi alinyemen vertikal tidak memenuhi standar keamanan dan kenyamanan sehingga memerlukan perubahan desain

3. Dari hasil perhitungan tebal perkerasan diperoleh :
 - a. Lapis pondasi bawah menggunakan Agregat kelas C setebal 25 cm dan menggunakan Campuran Beton Kurus (CBK) dengan tebal 10 cm
 - b. Untuk badan jalan menggunakan jenis perkerasan Beton Bersambung Dengan Tulangan (BBDT) setebal 25 cm
 - c. Perkerasan kaku menggunakan tulangan memanjang (besi beton polos) berdiameter 12 mm dengan jarak 225 mm
 - d. Perkerasan kaku menggunakan tulangan melintang (besi beton polos) berdiameter 12 mm dengan jarak 300 mm
 - e. Perkerasan kaku menggunakan sambungan dowel berdiameter 36 mm dan panjang 450 mm. jarak antar dowel yaitu 300 mm
 - f. Perkerasan kaku menggunakan sambungan *tiebar* berdiameter 16 mm dan panjang 700 mm. jarak antar *tiebar* yaitu 750 mm
4. Dari hasil perhitungan dimensi saluran tepi (drainase) menggunakan material pasangan batu kali berbentuk trapezium dengan 4 jenis dimensi sebagai berikut :
 - a. Saluran dengan dimensi $b = 0,1$ m dan $H = 0,4$
 - b. Saluran dengan dimensi $b = 0,2$ m dan $H = 0,6$
 - c. Saluran dengan dimensi $b = 0,3$ m dan $H = 0,7$
 - d. Saluran dengan dimensi $b = 0,4$ m dan $H = 0,9$
5. Rencana Anggaran Biaya untuk perencanaan Jalan tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar pada tahap pembangunan I adalah Rp 961,258,824,638.01 dan pada tahap pembangunan II untuk pelebaran jalan adalah Rp 57,681,435,638.95

7.2 Saran

1. Perencanaan tebal perkerasan Jalan tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar STA 19+000 – STA 29+000 direncanakan hanya sampai tahun 2044, maka setelah tahun 2044 perlu dilakukan evaluasi ulang mengenai tebal perkerasan yang digunakan

2. Untuk perencanaan drainase, penulis hanya merencanakan saluran tepi tanpa merencanakan bangunan pelengkap drainase seperti gorong-gorong. Sehingga disarankan setelah umur rencana berakhir perlu diperhatikan ulang mengenai dimensi saluran perlu tidaknya dilakukan pelebaran
3. Pada rencana anggaran biaya, penulis memakai HSPK Kota Mojokerto tahun 2016 padahal daerah administratif Jalan tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar STA 19+000 – STA 29+000 termasuk wilayah Gresik. Seinggadisarankan menggunakan HSPK Kota/Kab Gresik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2009. "*Perencanaan Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol*". Jakarta

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997. "*Manual Kapasitas Jalan Indonesia*". Jakarta

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2003. "*Perkerasan Beton Semen*". Jakarta

Badan Standardisasi Nasional, 1994. "*Tata Cara Perencanaan Drainase Jalan*". Jakarta.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Tiara Ana Fadhillah, lahir di Bojonegoro pada tanggal 28 Januari 1995, penulis menempuh pendidikan formal di TK Harapan, SDN Tanah Kali Kedinding I/251, SMP Negeri 9 Surabaya, SMA Negeri 6 Surabaya, Diploma III Teknik Sipil ITS, setelah lulus melanjutkan pendidikan di Diploma IV Teknik Sipil ITS pada tahun 2016 dengan NRP 3116040531. Penulis mengambil konsentrasi studi Bangunan Transportasi. Pada Program Studi Diploma IV Teknik Sipil ITS ini, penulis mengambil judul Tugas Akhir Terapan di bidang transportasi dengan judul “Perencanaan Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Seksi III STA 19+000 – STA 29+000 Jawa Timur menggunakan Perkerasan Kaku”. Penulis dapat dihubungi via email tiaraafdhillah@gmail.com.