



TUGAS AKHIR - RC141501

PERENCANAAN TRASE RAILBUS DI KOTA GRESIK

ZULKIFLI NUR RAHMAN
NRP. 3112.106.035

DOSEN PEMBIMBING :
Ir.WAHJU HERIJANTO, MT.
NIP. 196209061989031012

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



TUGAS AKHIR - RC141501

PERENCANAAN TRASE RAILBUS DI KOTA GRESIK

ZULKIFLI NUR RAHMAN
NRP. 3112.106.035

DOSEN PEMBIMBING :
Ir.WAHJU HERIJANTO, MT.
NIP. 196209061989031012

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



FINAL PROJECT - RC141501

PLANNING OF RAILBUS WAY IN GRESIK CITY

ZULKIFLI NUR RAHMAN
NRP. 3112.106.035

PRECEPTOR :
Ir.WAHJU HERIJANTO, MT.
NIP. 196209061989031012

CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND DESIGN
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2015

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN TRASE RAILBUS DI KOTA GRESIK

**Dijjukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada**

Bidang Studi Transportasi

Program Studi Sarjana Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2015

Disusun Oleh:

ZULKIFLI NUR RAHMAN

NRP 3112 106 035

Surabaya, 23 Januari 2015

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Ir. Wahyu Herijanto, MT.

NIP. 196209061989031012

“PERENCANAAN TRASE RAILBUS DI KOTA GRESIK”

Nama Mahasiswa

: Zulkifli Nur Rahman

NRP

: 3112 106 035

Jurusan

: Teknik Sipil

Dosen Pembimbing

: Ir. Wahyu Herijanto, MT.

ABSTRAK

Kabupaten Gresik tidak lepas dari permasalahan kemacetan dan juga minimnya transportasi masal. Kota Gresik mempunyai jalur rel dan stasiun kereta api tidak aktif yang berada di pusat kota, Pengadaan transportasi masal railbus dirasa layak karena selain bisa mengurangi kemacetan juga bisa mengaktifkan kembali jalur rel dan stasiun yang sudah ada.

Dalam penelitian tugas akhir ini direncanakan jalan rel dengan sistem *railbus* yang meliputi desain geometri dan struktur jalan rel berdasarkan pada peraturan PM no. 60 tahun 2012. Pengumpulan data dengan cara survei kondisi eksisting jalan rel dan survei lokasi lahan kosong di Kota Gresik, serta survei penentuan rute dan penempatan halte menurut zona keramaian.

Dari studi ini diperoleh panjang trase sepanjang 30,4 Km, R lengkung horisontal minimum 150 m. Tipe rel yang digunakan R-42 dan groove rail, tebal balas 25 cm, dan menggunakan bantalan beton. Pada trase ini direncanakan total 5 Halte dan 6 Stasiun berdasarkan zona keramaian di Kota Gresik, selain itu trase ini direncanakan mempunyai 3 rute yang mempunyai kapasitas lajur 960 Penumpang/ Jam

Kata Kunci : Railbus Kota Gresik, Trase Jalan Rel, Transportasi Massal Gresik, Halte/ Stasiun.

“PLANNING OF RAILBUS IN GRESIK CITY”

Name : Zulkifli Nur Rahman
NRP : 3112 106 035
Major : Civil Engineering
Preceptor : Ir.Wahju Herijanto,MT.

ABSTRACT

Gresik district can't be separated from the problem of congestion and also the lack of mass transportation. Gresik city have an inactive railway and station which is placed in centre of the city. Railbus procurement considered worthy, because in addition to reducing congestion, it can also reactive the railway existing and station.

In this research were planned railway with railbus system which includes geometric design and structure of the railway based on ministerial regulation PM no. 60 2012. Collectng data by railway existing condition survey and existing location of vacant land survey in the Gresik city, also route determination survey and placement of railstop based on hustle zona.

From this study obtained the trace 30,4 km long. R of horizontal curve 150 m minimum. Rail type used R-42 and groove rail, ballast 25 cm thick and using concrete pads. In this trace, stopping place for public vehicles planed 5 and 6 stations based in the noisem bustle zone in gresik city Beside that, in this trace is planned to have 3 routes that have way capacity 960 passanger/hour.

Key Words : Gresik City Railbus, Railway Trace, Gresik Massal Transportation, Shelter.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, karena hanya berkat limpahan rahmat dan hidayahNya saya mampu menyelesaikan penulisan buku Tugas Akhir dengan judul “PERENCANAAN TRASE RAILBUS DI KOTA GRESIK”. Dalam kesempatan ini saya mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan buku Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bapak dan Alm. Ibu saya
2. Bapak Ir. Wahyu Herijanto, MT, selaku dosen pembimbing.
3. Bapak Ir. Djoko Irawan, MT, selaku dosen wali
4. Keluarga besar Laboratorium Perhubungan
5. Teman-teman LJ Teknik Sipil

Serta pihak-pihak yang telah membantu hingga buku ini terselesaikan, yang mungkin tidak tercantum diatas dan tidak dapat saya sebutkan satu per satu, terimakasih atas dukungan dan doanya.

Namun demikian penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena masih terdapat banyak kekurangan, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran terhadap tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat khususnya bagi mahasiswa teknik sipil dan bagi pembaca lainnya.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat	5
1.6. Lokasi Studi	5
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	 7
2.1. Ketentuan Umum	7
2.1.1. Perencanaan Konstruksi Jalan Rel	7
2.1.2. Kecepatan dan Beban Gandar	7
2.1.3. Standart Jalan Rel	8
2.1.4. Ruang Bebas dan Ruang Bangun	9
2.2. Geometrik Jalan Rel	14

2.2.1. Lebar Sepur	14
2.2.2. Lengkung Horisontal	15
2.2.3. Lengkung Vertikal	21
2.3. Susunan Jalan Rel	23
2.3.1. Tipe dan Karakteristik Penampang Rel	23
2.3.2. Wesel	25
2.3.3. Penambat Rel	27
2.3.4. Bantalan	28
2.3.5. Konstruksi Jalan Rel Bagian Bawah.....	29
2.3.6. Badan Jalan	34
2.3.7. Sub Balas	35
2.3.8. Balas	36
2.4. Stasiun Kereta Api.....	37
2.4.1. Pelayanan Stasiun	37
2.4.2. Perangkat Stasiun.....	39
2.5. Railbus.....	39
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1. Umum	41
3.2. Tahap Persiapan	41
3.3. Tahap Metode Pengumpulan Data	41
3.4. Teknik Analisa Data	43
3.5. Perencanaan Jalur Railbus	43
BAB 4 PENGUMPULAN DATA	47
4.1. Trase Jalan Eksisting	47

4.2. Trase Jalan Rel PT. PETROKIMIA	51
4.3. Trase Jalan Rel Baru.....	55

BAB 5 PERENCANAAN GEOMETRIK DAN

STRUKTUR JALAN REL	59
5.1. Perencanaan Geometrik Jalan Rel	59
5.1.1. Alinyemen Horisontal.....	59
5.1.2. Alinyemen Vertikal.....	69
5.2. Perencanaan Struktur Rel	80
5.2.1. Penambat Rel	84
5.2.2. Pemasangan Rel.....	85
5.3. Perencanaan Bantalan.....	86
5.3.1. Data Bantalan.....	86
5.3.2. Perhitungan Bantalan.....	86
5.3.3. Penentuan Jarak Bantalan	89
5.4. Perencanaan Balas	91
5.5. Penentuan Tempat Henti	93
5.5.1. Stasiun dan halte pada trase eksisting.....	95
5.5.2. Stasiun dan halte pada trase jalan rel PT. PETROKIMIA	99
5.5.3. Stasiun dan halte pada trase jalan rel Baru	101
5.6. Prakiraan Rute Pada Trase Jalan Rel Kota Gresik.....	104
5.6.1. Rute Double Track Stasiun Indro – Stasiun Sumari	106

5.6.2. Rute GKB	107
-----------------------	-----

5.6.3. Rute Pusat Kota	109
------------------------------	-----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kelas Jalan Rel	9
Tabel 2.2	Jarak Ruang Bangun	10
Tabel 2.3	Persyaratan perencanaan lengkungan	16
Tabel 2.4	Pelebaran sepur	17
Tabel 2.5	Penampang Melintang Jalan Rel	21
Tabel 2.6	Jari – jari minimum lengkung vertikal	22
Tabel 2.7	Kelandaian maksimum	22
Tabel 2.9	Kelas jalan dan tipenya	23
Tabel 2.10	Karakteristik penampang rel	24
Tabel 2.11	Lebar Badan Jalan	30
Tabel 5.1	Koordinat X dan Y untuk perhitungan PI.	60
Tabel 5.2	Perhitungan sudut PI pada trase eksisting	62
Tabel 5.3	Perhitungan lengkung horizontal	68
Tabel 5.4	Jari-jari minimum lengkung vertikal (R_v)	70
Tabel 5.5	Perhitungan elevasi trase	73
Tabel 5.6	Perhitungan Alinyemen Vertikal	78
Tabel 5.7	Spesifikasi <i>groove rail</i>	80
Tabel 5.8	Tebal Balas Menurut Kelas Jalan	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Studi	5
Gambar 2.1	Ruang Bebas Pada Bagian Lurus	11
Gambar 2.2	Ruang bebas pada lengkung.....	12
Gambar 2.3	Ruang bebas pada jalur lurus untuk jalan Ganda	13
Gambar 2.4	Ruang bebas pada jalur lengkung untuk jalan Ganda	14
Gambar 2.5	Lebar sepur.....	15
Gambar 2.6	Peninggian Elevasi Rel (h) pada lengkungan jalur tunggal	18
Gambar 2.7	Peninggian Elevasi Rel (h) pada lengkungan Jalur Ganda.....	19
Gambar 2.8	Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus	19
Gambar 2.9	Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkung – Jalur Tunggal.....	19
Gambar 2.10	Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus Jalur Ganda	20
Gambar 2.11	Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkung Jalur Ganda.....	20
Gambar 2.12	Bagian – bagian batang rel.....	25
Gambar 2.13	Bagian – bagian wesel.....	26
Gambar 2.14	Sistem Kerja PLC.....	27

Gambar 2.15	Penampang lebar rel tunggal	30
Gambar 2.16	Penampang lebar rel ganda	30
Gambar 2.17	Tebal timbunan jalan rel.....	32
Gambar 2.18	Railbus PT. INKA.....	39
Gambar 3.1	Skema Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir..	46
Gambar 4.1	Trase Jalan Rel Eksisting	47
Gambar 4.2	Dokumentasi Kondisi Eksisting	49
Gambar 4.3	Trase Jalan Rel PT. PETROKIMIA GRESIK	51
Gambar 4.4	Dokumentasi Kondisi jalan rel PT. PETROKIMIA GRESIK	53
Gambar 4.5	Trase Jalan Rel Baru	55
Gambar 4.4	Dokumentasi Kondisi jalan rel baru.....	57
Gambar 5.1	Trase pada titik awal, PI 1, PI 2.	60
Gambar 5.2	Skema lengkung horizontal SCS P1.....	65
Gambar 5.3	Skema lengkung horizontal Full Circle P12...	66
Gambar 5.4	Lengkung horizontal trase Railbus Kota Gresik	67
Gambar 5.5	Skema Lengkung Vertikal.....	69
Gambar 5.6	Skema lengkung vertikal PV1(STA 1+300) .	71
Gambar 5.7	Penampang <i>groove rail</i>	81
Gambar 5.8	Penampang rel R.42.	82
Gambar 5.9	Pemodelan pembebanan jalan rel	82
Gambar 5.10	Penambat E clip PT. PINDAD	85
Gambar 5.11	Dimensi bantalan beton.WIKA beton	86

Gambar 5.12 Analisis tegangan pada bantalan.....	88
Gambar 5.13 Desain Stasiun.....	93
Gambar 5.14 Desain Halte	94
Gambar 5.15 Lokasi Stasiun Indro	95
Gambar 5.16 Lokasi Stasiun Kebungson.....	96
Gambar 5.17 Lokasi Halte Sukomulyo.....	97
Gambar 5.18 Lokasi Stasiun Soemari.....	98
Gambar 5.19 Lokasi Halte Arif Rahman	99
Gambar 5.20 Lokasi PT. PETROKIMIA.....	100
Gambar 5.21 Lokasi Halte Randuagung.....	101
Gambar 5.22 Lokasi Halte GKB.....	102
Gambar 5.23 Lokasi Stasiun Romo	103
Gambar 5.24 Lokasi Halte Suci	104
Gambar 5.25 Rute Pada Trase Railbus Gresik.....	105
Gambar 5.26 Rute Stasiun Indro – Stasiun Sumari.....	106
Gambar 5.27 Rute GKB.....	108
Gambar 5.28 Rute Pusat Kota.....	110

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Gresik adalah salah satu kota besar di Jawa Timur, dengan luas wilayah 1.191,25 km² (*Gresik Dalam Angka 2013*). Pada tahun 2012 jumlah penduduk di Kabupaten Gresik tercatat sebesar 1.307.995 jiwa dan mempunyai kepadatan penduduk sebesar 1.098 jiwa/km² (*Gresik Dalam Angka 2013*). Kabupaten Gresik mempunyai 2 Kecamatan yang paling padat dan dianggap sebagai pusat perekonomian dan pemerintahan yaitu Kecamatan Gresik yang mempunyai kepadatan 16.906 jiwa/km² dan Kecamatan Kebomas yang mempunyai kepadatan 3.377 jiwa/km² (*Gresik Dalam Angka 2013*).

Seperti halnya beberapa kota besar lain di Indonesia, Kabupaten Gresik sebagai salah satu kota besar di Jawa Timur juga tidak lepas dari permasalahan transportasi, khususnya adalah masalah kemacetan. Salah satu penyebabnya adalah tidak seimbangnya pertumbuhan panjang jalan (kapasitas ruas jalan) dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Kabupaten Gresik, selain itu pertumbuhan kendaraan besar seperti truck sedang maupun truck besar relatif signifikan mengingat Kabupaten Gresik adalah salah satu kabupaten yang bidang perindustrian pertumbuhannya pesat.

Sebagai Kabupaten besar di Jawa Timur kondisi sarana dan prasarana transportasi yang tersedia bisa dibilang minim. Alat transportasi massal yang menghubungkan antar kecamatan di kabupaten ini hanyalah angkutan lyn/ minibus yang semakin hari jumlahnya relatif sedikit, sudah menjadi pandangan umum bahwa masyarakat Gresik lebih menyukai memakai kendaraan pribadi seperti sepeda motor dan mobil pribadi sebagai alat transportasi sehari – hari. Prasarana untuk menunjang sarana transportasi di Kabupaten Gresik juga minim, jumlah halte/ shelter yang tersedia

untuk angkutan umum di Kabupaten Gresik terbilang sedikit. Banyak Lyn yang berhenti sembarangan untuk mencari penumpang dan hal itu membuat kemacetan dan ketidaknyamanan pengguna jalan maupun penumpang lyn tersebut.

Berdasarkan data PT. KAI, sebelum tahun 1975 Kabupaten Gresik dilewati oleh kereta api barang dan penumpang yang melayani angkutan antar kota yaitu menuju arah Lamongan (Stasiun Soemari) dan menuju arah Surabaya (Stasiun Kandangan) dengan Stasiun Kebungson dan Stasiun Indro sebagai prasarana penunjang angkutan kereta api di kota Gresik, namun setelah tahun 1975 stasiun dan jalur kereta api tersebut ditutup karena semakin sepi pengguna angkutan kereta api. Terdapat juga jalur kereta api milik PT. PETROKIMIA GRESIK yang biasa dipakai untuk kereta barang namun intensitasnya kecil. Selain itu di Kota Gresik terdapat bekas jalur truk PT. SEMEN GRESIK yang saat ini sudah tidak dipakai karena pabrik PT. SEMEN GRESIK sudah berhenti beroperasi, sehingga jalur tersebut bisa dimanfaatkan karena berada di dekat dengan pemukiman penduduk.

Dengan kondisi angkutan umum masal yang minim dan semakin macetnya jalan di Kota Gresik, pengaktifan jalur kereta api Kabupaten Gresik dan pemanfaatan jalur truk PT. SEMEN GRESIK dirasa layak sebagai alternatif transportasi di Kabupaten Gresik. Ada beberapa alternatif transportasi masal di dalam kota yang bisa digunakan untuk memfungsikan jalur rel yang sudah ada di Kota Gresik, salah satunya adalah Trem/ Railbus. Trem/ Railbus merupakan kereta yang memiliki rel khusus di dalam kota, dengan Trem yang berselang waktu 5-10 menit berangkat, merupakan solusi untuk kemacetan. Pada tugas akhir ini dipilih alat transportasi railbus karena moda transportasi ini sudah diproduksi di Indonesia dan sudah dioperasikan di Solo, selain itu bobot railbus relatif ringan beratnya sekitar 20 ton seperti bus, tidak seberat kereta api yang 40 ton. Letak rel berbaur dengan lalu-lintas kota, atau terpisah seperti bus-way, bahkan bisa pula layang atau sub-way (Wikipedia).

Melihat kondisi diatas, pembangunan railbus di Kota Gresik terlihat efektif untuk alternatif transportasi masal. Selain bisa mengangkut banyak penumpang, alat transportasi ini juga dapat mengangkut barang sehingga dapat mengurangi volume truk – truk besar yang melewati jalan di kota Gresik. Pengaktifan jalur rel yang sudah tidak digunakan dan pemanfaatan jalur truk PT. SEMEN GRESIK juga dapat mengurangi biaya untuk pembangunan jalur railbus.

Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan melakukan perencanaan jalur railbus sebagai upaya mengatasi kemacetan dengan penggunaan angkutan umum masal railbus, dengan lokasi studi di 2 kecamatan terpadat di Kabupaten Gresik yaitu Kecamatan Gresik dan Kecamatan Kebomas. Penelitian ini akan merencanakan trase rel sebagai jalur railbus. Perencanaan Trase railbus Kota Gresik akan dibagi menjadi 3 trase yaitu trase eksisting yang memanfaatkan jalur rel Stasiun Sumari – Stasiun Indro, trase PT. PETROKIMIA GRESIK yang memanfaatkan jalur rel PT. PETROKIMIA GRESIK dan trase baru yang memanfaatkan bekas jalur truk PT. SEMEN GRESIK. Selain itu penelitian tugas akhir ini juga menetapkan lokasi halte/ shelter yang sesuai berdasarkan zona keramaian dan integrasinya dengan angkutan masal yang sudah ada.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan permasalahan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi eksisting trase jalan rel yang ada pada saat ini ?
2. Bagaimana desain geometri jalan rel untuk railbus?
3. Bagaimana bentuk konstruksi jalan rel untuk railbus ?
4. Bagaimana menentukan haltenya ?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengevaluasi trase jalan rel yang ada di kota Gresik.
2. Merencanakan desain geometri jalan dan rel railbus yang sesuai dengan perencanaan.
3. Mengetahui berapa besar beban yang diterima oleh struktur jalan rel sebagai acuan desain dimensi struktur jalan rel.
4. Menentukan halte railbus berdasarkan zona keramaian dan terintegrasi dengan moda transportasi lain.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Daerah perencanaan jalan rel di Kota Gresik yang meliputi Kecamatan Gresik, Kecamatan Kebomas, dan Kecamatan Manyar
2. Menentukan Halte berdasarkan zona keramaian dan tidak dijelaskan secara detail
3. Tidak membahas insfrastruktur railbus (persinyalan, jembatan, rumah sinyal)
4. Tidak membahas struktur jalan rel pada jembatan viaduct atau aquaduct
5. Tidak menghitung kekuatan timbunan jalan rel rencana
6. Tidak membahas tentang teknis pelaksanaan
7. Tidak menghitung sistem drainase jalan rel rencana
8. Tidak menghitung rencana anggaran biaya dan cut and fill

1.5. Manfaat

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah dapat digunakan sebagai bahan masukan atau usulan kepada Pemerintah Kabupaten Gresik, dalam hal ini Dinas Perhubungan Kabupaten Gresik dalam upaya mengurangi tingkat kemacetan di Kabupaten Gresik. Selain itu juga sebagai masukan terhadap perkembangan pembangunan perkeretaapian di Kabupaten Gresik sebagai solusi alternatif dalam pemilihan moda transportasi untuk angkutan barang dan penumpang.

1.6. Lokasi Studi

Lokasi studi pada penelitian tugas akhir ini yaitu meliputi jalan rel non aktif stasiun Soemari – stasiun Kebungson – Stasiun Indro, dan jalan rel non aktif milik PT. PETROKIMIA GRESIK. Selain itu direncanakan pula trase rel baru yang berada di bekas jalur truk PT. SEMEN GRESIK. Perencanaan trase jalan rel juga dibatasi hanya di kota Gresik saja, yang meliputi Kecamatan Gresik, Kecamatan Kebomas, dan Kecamatan Manyar.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Studi
(Sumber : Google Map, 2014)

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ketentuan Umum

2.1.1 Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

- 1 Lintas kereta api direncanakan untuk melewati berbagai jumlah angkutan barang dan atau penumpang dalam suatu jangka waktu tertentu.
- 2 Perencanaan konstruksi jalan rel harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis.
- 3 Konstruksi jalan rel tersebut harus dapat dilalui oleh kendaraan rel dengan aman dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya.
- 4 Secara ekonomis diharapkan agar pembangunan dan pemeliharaan konstruksi tersebut dapat dibangun dengan biaya yang sekecil mungkin dimana masih memungkinkan terjaminnya keamanan dan tingkat kenyamanan.
- 5 Perencanaan konstruksi jalan rel dipengaruhi oleh jumlah beban, kecepatan maksimum, beban gandar dan pola operasi.

Dengan syarat diatas perencanaan jalan rel diklasifikasikan sehingga perencanaan dapat dibuat sesuai dengan kegunaan.

2.1.2 Kecepatan dan Beban Gandar

A) Kecepatan

1. Kecepatan rencana
Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel.
 - a) Untuk perencanaan struktur jalan rel.
 $V_{rencana} = 1,25 \times V_{maks}$
 - b) Untuk perencanaan peninggian

$$V_{rencana} = c \times \frac{\sum N_i \cdot V_i}{\sum N_i}$$

C = 1,25

N_i = Jumlah Kereta api yang lewat

V_i = Kecepatan Operasi

- c) Untuk perencanaan jari – jari lengkung lingkaran dan lengkung peralihan

V rencana = V maks

2. Kecepatan Maksimum

Kecepatan maksimum adalah kecepatan tertinggi yang diijinkan untuk operasi suatu rangkaian kereta pada lintas tertentu.

3. Kecepatan Operasi

Kecepatan operasi adalah kecepatan rata-rata kereta api pada petak jalan tertentu.

4. Kecepatan Komersil

Kecepatan komersil kecepatan rata-rata kereta api sebagai hasil pembagian jarak tempuh dengan waktu tempuh.

B) Beban Gandar.

Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Untuk semua kelas, beban gandar maksimum yang ditetapkan adalah 18 ton.

2.1.3 Standart Jalan Rel.

A) Klasifikasi.

Daya angkut lintas, kecepatan maksimum, beban gandar dan ketentuan-ketentuan lain untuk setiap kelas jalan, tercantum pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kelas Jalan Rel

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gendut (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan Jarak antar sumbu bantalan (cm)	Jenis Penambat	Tebal Bantalan Atas (cm)	Lebar Bantalan (cm)
I	$> 20.10^6$	120	18	R.60/R.54	Delam 50	Clastic Ganda	30	60
II	$10.10^6 - 20.10^6$	110	18	R.54/R.50	Delam/Kayu 50	Clastic Ganda	30	50
III	$5.10^6 - 10.10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Daja 50	Clastic Ganda	30	40
IV	$2.5.10^6 - 5.10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Daja 50	Clastic Ganda/Tunggal	25	40
V	$< 2.5.10^6$	80	18	R.42	Kayu/Daja 50	Clastic Tunggal	25	35

B) Daya Angkut Lintas

Daya angkut lintas adalah jumlah angkutan anggapan yang melewati suatu lintas dalam jangka waktu satu tahun. Daya angkut lintas mencerminkan jenis serta jumlah beban total dan kecepatan kereta api yang lewat di lintas yang bersangkutan. Daya angkut disebut daya angkut T dengan satuan ton/ tahun.

2.1.4 Ruang Bebas dan Ruang Bangun.

- Ruang bebas adalah ruang diatas sepur yang harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang, ruang ini disediakan untuk lalu lintas rangkaian kereta api.
- Ruang bangun adalah ruang disisi sepur yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap seperti antara lain tiang semboyan, tiang listrik dan pagar
- Batas ruang bangun diukur dari sumbu sepur pada tinggi 1 meter sampai 3,55 meter.

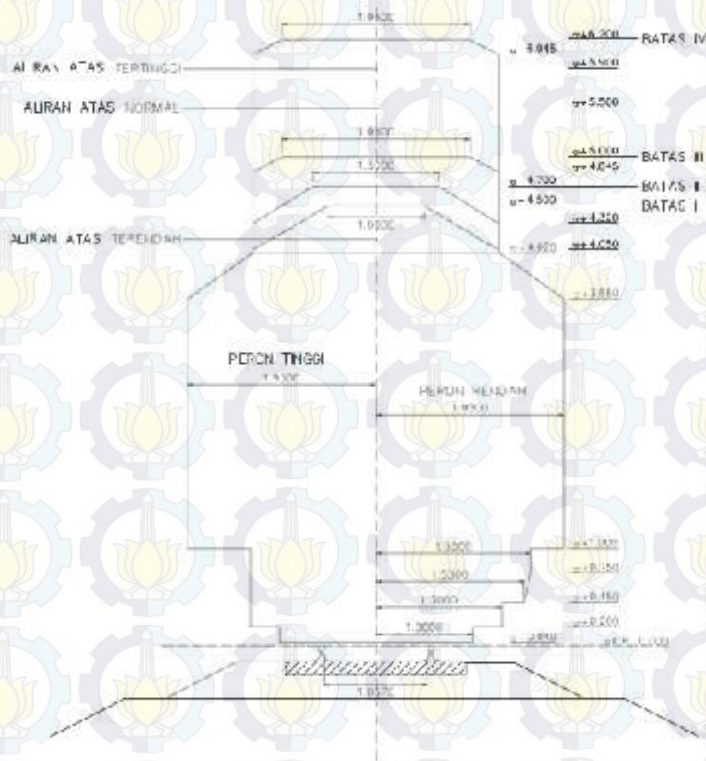
Jarak ruang bangun tersebut ditetapkan sebagai berikut

Tabel 2.2 Jarak Ruang Bangun

Segmen Jalur	Jalur Lurus	Jalur Lengkung $R < 800$
Lintasan Bebas	Minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel	$R < 300$, minimal 2,55 m, $R > 300$, minimal 2,45 m di kiri kanan as jalan rel
Emplasemen	Minimal 1,95 m di kiri kanan as jalan rel	minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel
Jembatan, Terowongan	2,15 m di kiri kanan as jalan rel	2,15 m di kiri kanan as jalan rel

Sumber : Peraturan Menteri No.60 - Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

Ukuran ruang bebas untuk jalur tunggal dan jalur ganda, baik pada bagian lintasan yang lurus maupun yang melengkung seperti Gambar 1.1, Gambar 1.2, Gambar 1.3, Gambar 1.4.



Keterangan :

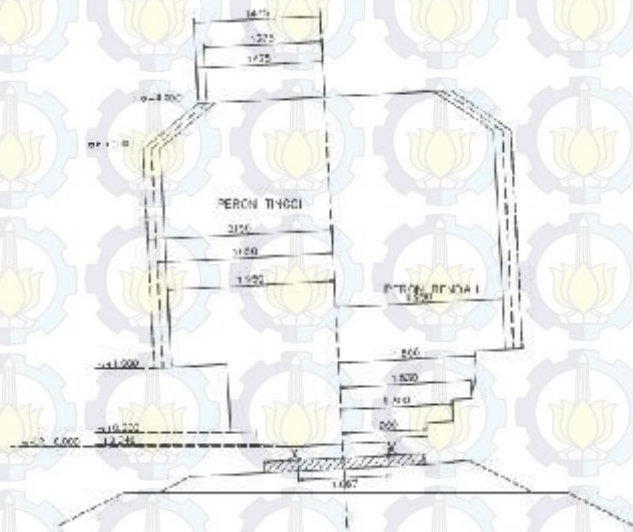
Batas I = Untuk jembatan dengan kecepatan sampai 60 km/jam

Batas II = Untuk Viaduk dan terowongan dengan kecepatan sampai 60km/jam dan untuk jembatan tanpa pembatasan kecepatan.

Batas III = Untuk viaduk baru dan bangunan lama kecuali terowongan dan jembatan

Batas IV = Untuk lintas kereta listrik

Gambar. 2.1 Ruang bebas pada bagian lurus



Keterangan :

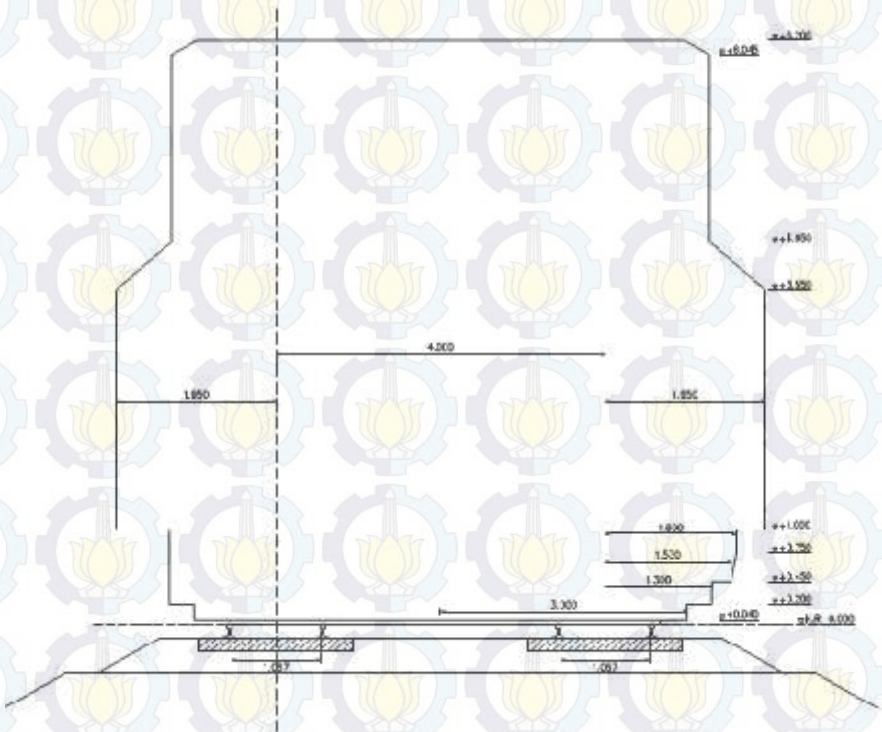
————— Batas ruang bebas pada lintas lurus dan pada bagian lengkung dengan jari – jari > 3000 m.

..... Batas ruang bebas pada lengkung dengan jari – jari 300 sampai dengan 3000 m.

..... Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari – jari < 300 m.

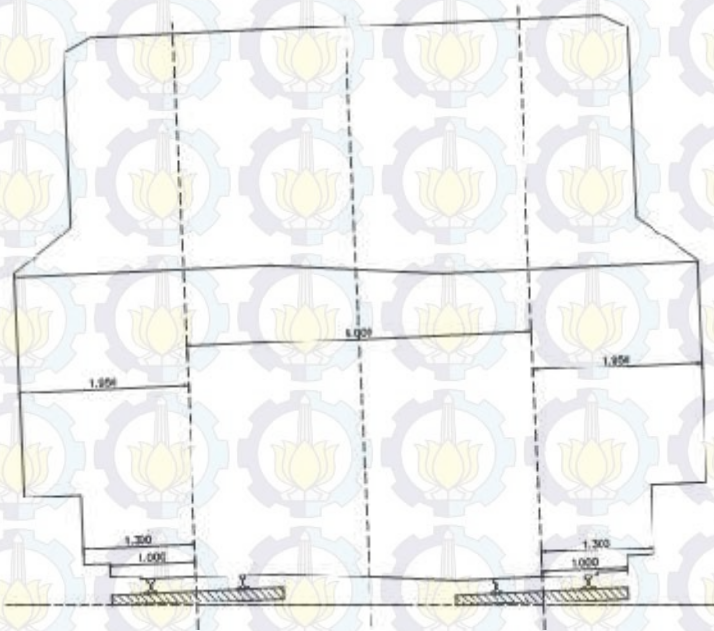
Gambar 2.2 Ruang bebas pada lengkung

Sumber : Peraturan Menteri No.60 - Perencanaan Konstruksi Jalan Rel



Gambar 2.3 Ruang bebas pada jalur lurus untuk jalan ganda

Sumber : Peraturan Menteri No.60 - Perencanaan
Konstruksi Jalan Rel



Gambar 2.4 Ruang bebas pada jalur lengkung untuk jalan ganda

Sumber : Peraturan Menteri No.60 - Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

2.2 Geometrik Jalan Rel

Geometri jalan rel direncanakan berdasar pada kecepatan rencana serta ukuran-ukuran kereta yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi dan kesertaan dengan lingkungan sekitarnya.

2.2.1 Lebar Sepur

Untuk seluruh kelas jalan rel , lebar sepur adalah 1067 mm yang merupakan jarak terkecil antara kedua sisi kepala rel, diukur pada daerah 0-14 mm di bawah permukaan teratas kepala rel.



Gambar 2.5 Lebar Sepur

2.2.2 Lengkung Horisontal

Lengkung horisontal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horizontal, alinemen horizontal terdiri dari garis lurus dan lengkungan.

A) Lengkung Lingkaran

Dua bagian lurus, yang perpanjangnya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkung-lengkung peralihan. Untuk berbagai kecepatan rencana, besar jari-jari minimum yang diijinkan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Persyaratan perencanaan lengkungan

Kecepatan rencana (km/jam).	Jari-jari minimum lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan (m).	Jari-jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung peralihan (m).
120	2370	780
110	1990	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350
70	810	270
60	600	200

Sumber : Peraturan Menteri No.60 - Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

B) **Lengkung Peralihan**

Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari-jari yang berubah beraturan. Lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang lurus dan bagian lingkaran dan sebagai peralihan antara dua jari-jari lingkaran yang berbeda. Lengkung peralihan dipergunakan pada jari-jari lengkung yang relatif kecil,

Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus berikut :

$$L_h = 0,01 hv \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana

L_h = panjang minimal lengkung peralihan.

h = pertinggian relative antara dua bagian yang dihubungkan (mm).

v = kecepatan rencana untuk lengkungan peralihan (km/jam).

C) Lengkung S

Lengkung S terjadi bila dua lengkung dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungnya terletak bersambungan. Antara kedua lengkung yang berbeda arah ini harus ada bagian lurus sepanjang paling sedikit 20 meter di luar lengkung peralihan.

D) Perlebaran Sepur

Perlebaran sepur dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan. Perlebaran sepur dicapai dengan menggeser rel dalam kearah dalam. Besar perlebaran sepur untuk berbagai jari-jari tikungan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Pelebaran sepur

Pelebaran sepur (mm)	Jari-jari tikungan (meter)
0	$R > 600$
5	$550 < R < 600$
10	$400 < R < 550$
15	$350 < R < 400$
20	$100 < R < 350$

Sumber : Peraturan Menteri No.60 - Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

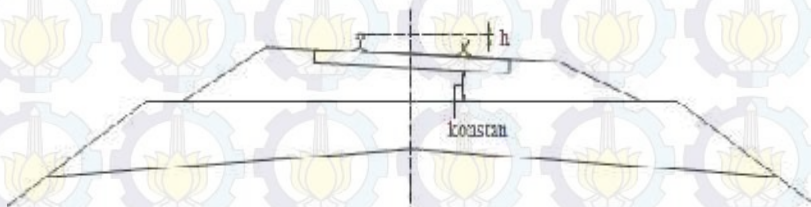
Perlebaran sepur maksimum yang diijinkan adalah 20 mm. Perlebaran sepur dicapai dan dihilangkan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan.

E) Peninggian Rel.

Pada lengkungan, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi dari pada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta. Peninggian rel dicapai dengan menepatkan rel dalam pada tinggi semestinya dan rel luar lebih tinggi. Besar peninggian dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$h_{normal} = 5,95 \frac{(V^2_{planned})}{radius}$$

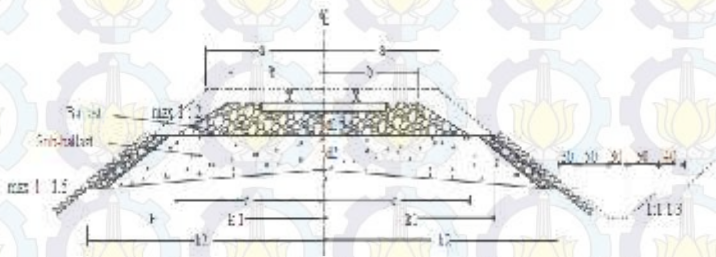
Peninggian rel dicapai dan dihilangkan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan. Besar peninggian maksimum untuk lebar jalan rel 1067 mm adalah 110 mm. Untuk tikungan tanpa lengkung peralihan peninggian rel dicapai secara berangsur tepat di luar lengkung lingkaran sepanjang suatu panjang peralihan, penampang peninggian jalan rel dapat dilihat gambar di bawah ini.



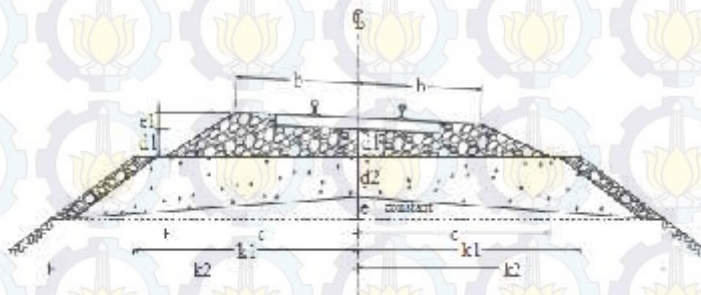
Gambar 2.6 Peninggian Elevasi Rel (h) pada lengkungan jalur tunggal



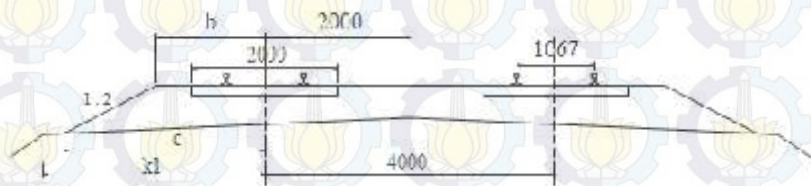
Gambar 2.7 Peninggian Elevasi Rel (h) pada lengkungan Jalur Ganda.



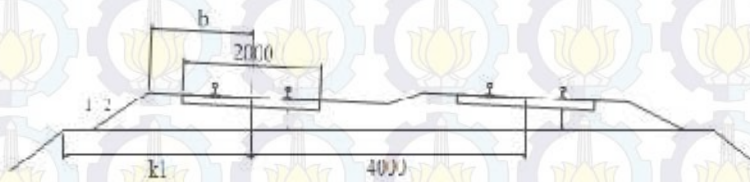
Gambar 2.8 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus



Gambar 2.9 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkung – Jalur Tunggal



Gambar 2.10 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus Jalur Ganda



Gambar 2.11 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkung Jalur Ganda.

Untuk menunjukkan keterangan dimensi / ukuran gambar diatas terdapat pada Tabel 2.5 di bawah ini.

Tabel 2.5 Penampang Melintang Jalan Rel

Kelas Jalan Rel	V _{max} (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	c (cm)	k1 (cm)	d2 (cm)	e (cm)	k2 (cm)	a (cm)
I	120	30	150	235	265	15 - 50	25	375	185 - 237
II	110	30	150	254	265	15 - 50	25	375	185 - 237
III	100	30	140	244	240	15 - 50	22	325	170 - 200
IV	90	25	140	234	240	15 - 35	20	300	170 - 190
V	80	25	135	210	240	15 - 35	20	300	170 - 190

Sumber : Peraturan Menteri No.60 - Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

2.2.3 Lengkung Vertikal

Alinyemen vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel tersebut. Alinyemen vertikal terdiri dari garis lurus, dengan atau tanpa kelandaian, dan lengkung vertikal yang berupa busur lingkaran. Besar jari-jari minimum dari lengkung vertikal bergantung pada besar kecepatan rencana dan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Jari – jari minimum lengkung vertikal

Kecepatan Rencana (Km/Jam)	Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal (Meter)
Lebih Besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

Letak lengkung vertikal diusahakan tidak berimpit atau bertumpangan dengan lengkung horizontal.

A) Kelandaian

Persyaratan kelandaian yang harus dipenuhi meliputi persyaratan landai penentu, persyaratan landai curam dan persyaratan landai emplasemen. Landai penentu adalah suatu kelandaian (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus. Persyaratan landai penentu harus memenuhi persyaratan seperti yang dinyatakan pada tabel 2.7

Tabel 2.7 Kelandaian maksimum

Kelas Jalan Rel	Landai Penentu Maksimum
1	10%
2	10%
3	20%
4	25%
5	25%

Sumber : Peraturan Menteri No.60 - Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

Kelandaian di emplasmen maksimum yang diijinkan adalah 1,5%, dalam keadaan yang memaksa kelandaian (pendakian) dari lintasan lurus dapat melebihi landai penentu. Apabila disuatu kelandaian terdapat lengkung atau terowongan, maka kelandaian di lengkung atau terowongan itu harus dikurangi sehingga jumlah tahananannya tetap.

2.3 Susunan Jalan Rel

2.3.1 Tipe dan Karakteristik Penampang Rel.

- Tipe rel untuk masing – masing kelas jalan tercantum pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Kelas jalan dan tipenya

KELAS JALAN	TIPE REL
I	R 60 / R 54
II	R 54 / R 50
III	R 54 / R 50 / R 42
IV	R 54 / R 50 / R 42
V	R 42

Sumber : Peraturan Menteri No.60 – Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

Maksud dari tipe- tipe tersebut adalah menjejaskan berat rata-rata rel dengan satuan kg/meter. Misalkan R25 artinya batang rel ini memiliki berat rata-rata 25 kg/meter. Makin besar “R”, makin tebal pula batang rel tersebut. Semakin besar “R”, maka makin besar axle load yang sanggup diterima oleh rel tersebut, dan KA yang melintas di atasnya dapat melaju pada kecepatan yang tinggi dengan stabil dan aman.

- Karakteristik penampang rel tercantum pada Tabel 2.10

Tabel 2.10 Karakteristik penampang rel

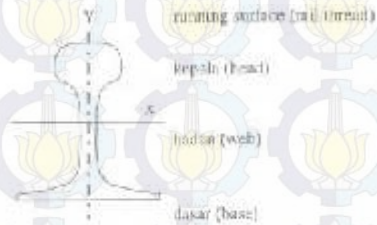
Besaran Geometri Rel	Type Rel			
	R.42	R.50	R.54	R.60
H (mm)	138,00	153,00	159,00	172,00
B (mm)	110,00	127,00	140,00	150,00
C (mm)	68,50	65,00	72,20	74,30
D (mm)	13,50	15,00	16,00	16,50
E (mm)	40,50	49,00	49,40	51,00
F (mm)	23,50	30,00	30,20	31,50
G (mm)	72,00	76,00	74,97	80,95
R (mm)	320,00	500,00	508,00	120,00
A (mm)	54,26	64,20	69,34	76,86
W (kg/m)	42,59	50,40	54,43	60,34
Yb (mm)	68,50	71,60	76,20	80,95
Ix (cm ⁴)	1,263	1,860	2,345	3,066

Sumber : Peraturan Menteri No.60 – Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

- A : Luas Penampang
 W : Berat rel per meter
 Yb : Momen inersia terhadap sumbu X.
 Ix : Jarak tepi bawah rel ke garis netral

- Batang rel terdiri dari 4 bagian :
 1. Permukaan Rel untuk pergerakan kereta api atau disebut sebagai *running surface (rail thread)*,

2. Kepala Rel (*head*),
3. Badan Rel (*web*),
4. Dasar Rel (*base*).



Gambar 2.12 Bagian – bagian batang rel

2.3.2 Wesel

A) Fungsi Wesel

Fungsi wesel adalah untuk mengalihkan kereta dari satu jalur rel ke jalur rel yang lain.

B) Jenis Wesel

Wesel yang banyak digunakan pada perkeretaapian di Indonesia ada 3 tipe yaitu :

1. Wesel biasa, yang terdiri dari 2 jenis :
 - Wesel biasa.
 - a. Wesel biasa kiri
 - b. Wesel biasa kanan
 - Wesel dalam lengkung.
 - a. Wesel searah lengkung
 - b. Wesel berlawanan arah lengkung
 - c. Wesel simetris
2. Wesel inggris
3. Wesel tiga jalan
 - Wesel biasa
 - a. Wesel searah
 - b. Wesel berlawanan arah

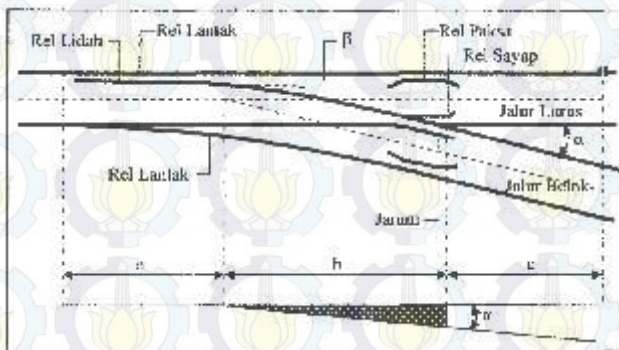
- Wesel dalam lengkung
 - a. Wesel searah tergeser
 - b. Wesel berlawanan arah tergeser

C) Komponen Wesel

Wesel terdiri atas komponen-komponen sebagai berikut:

- 1) Lidah
- 2) Jarum beserta sayap-sayapnya
- 3) Rel lantak
- 4) Rel paksa
- 5) Sistem penggerak

Gambar komponen wesel dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2.13 Bagian – bagian wesel

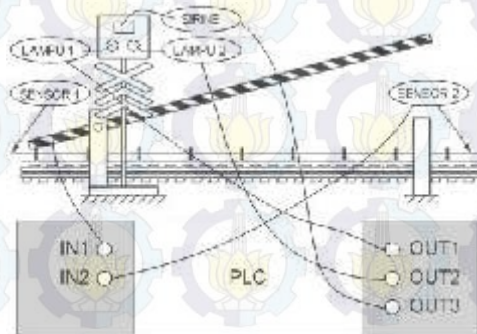
D) Pemilihan wesel

Pemilihan wesel didasarkan pada kebutuhan pelayanan dengan memperlihatkan ketidaksediaan lahan, kecepatan, biaya pembangunan serta pemeliharaan.

E) Wesel berbasis PLC

PLC atau Programmable Logic Controller adalah penggerak wesel secara otomatis menggunakan sensor, terdapat 2 motor utama, dimana motor pertama menggerakkan jalur dari arah masuk, sedangkan pada konveyor kedua motor untuk menggerakkan wesel dari arah keluar

Program kendali PLC terdiri atas tiga unsur yaitu: alamat, instruksi, dan operand. Sistem kerjanya yaitu mengatur posisi wesel pemindah jalur pada stasiun kereta api untuk memindahkan ke jalur yang tidak sedang disinggahi oleh kereta api. Apabila kereta api memasuki area stasiun pada jalur pertama, maka secara otomatis kereta api yang akan masuk dari arah selanjutnya akan di masukkan ke dalam jalur kedua atau yang lainnya.



Gambar 2.14 Sistem Kerja PLC

2.3.3 Penambat Rel

Penambat rel adalah suatu komponen yang menambatkan rel pada bantalan sedemikian rupa sehingga kedudukan rel adalah tetap, kokoh dan tidak bergeser.

A) Jenis Penambat

- Penambat kaku. Penambat kaku terdiri atas tirpon , mur dan baut
- Penambat elastik ganda terdiri dari pelat andas, pelat atau batang jepit elastik, alas rel, tarpon, mur dan baut

B) Penggunaan Penambat

Penambat kaku tidak boleh dipakai untuk semua kelas jalan rel. Penambat elastic tunggal hanya boleh dipergunakan pada jalan kelas 4 dan kelas 5. Penambat elastik ganda dapat dipergunakan pada semua kelas jalan rel, tetapi tidak dianjurkan untuk jalan rel kelas 5.

C) Model Penambat

Jenis penambat yang tergolong dalam jenis penambat elastic ganda mempunyai berbagai bentuk dengan hak paten tersendiri. Pemilihan model penambat harus disetujui oleh pemberi tugas.

D) Persyaratan Bahan

Persyaratan bahan untuk penambat harus memenuhi persyaratan pada. Peraturan Bahan Jalan Rel Indonesia atau peraturan Menteri No. 10 C.

2.3.4 Bantalan

Bantalan berfungsi meneruskan bahan dari rel ke balas, menahan lebar sepur dan stabilitas kearah luar jalan rel. Bantalan dapat terbuat dari kayu, baja ataupun beton. Pemilihan didasarkan pada kelas yang sesuai dengan klasifikasi jalan rel Indonesia.

A) Bantalan kayu

Bantalan kayu, harus memenuhi persyaratan kayu mutu A kelas 1 dengan modulus elastisitas (E)

minimum 125.000 kg/cm². Harus mampu menahan momen maksimum sebesar 800 kg-m, lentur absolute tidak boleh kurang dari 46 kg/cm². Berat jenis kayu minimum = 0.9, kadar air maksimum 15%, tanpa mata kayu, retak tidak boleh sepanjang 230 mm dari ujung kayu.

B) Bantalan Baja

Bantalan besi harus memiliki kandungan Carbon Manganese Steel Grade 900 A, pada bagian tengah bantalan maupun pada bagian bawah rei, mampu menahan momen maksimum sebesar 650 kg m, tegangan tarik 88 -103 kg m. Elongation A1 > 10%.

C) Bantalan Beton Pratekan

Pada jalur lurus, satu buah bantalan beton blok ganda mempunyai ukuran , sebagai berikut:

Panjang : 2.000 mm
Tinggi : 220 mm
Lebar : 260 mm

D) Jarak bantalan

Baik bantalan beton, baja maupun kayu, pada jalan lurus jumlah bantalan yang dipergunakan adalah 1.667 buah tiap kilometer panjang. Pada lengkungan, jarak bantalan diambil sebesar 60 cm diukur pada rel luar.

2.3.5 Konstruksi Jalan Rel Bagian Bawah

a. Konstruksi jalan rel bagian bawah terdiri atas :

1. Badan Jalan
2. Proteksi lereng
3. Drainase

b. Lebar formasi badan jalan

Lebar formasi badan jalan (tidak termasuk pam tepi) adalah jarak dari sumbu jalan rei ke tepi terluar formasi badan jalan. Jarak ini harus diambil lebih besar dari yang ditunjukkan pada tabel berikut:

1. Lebar badan jalan untuk pekerjaan tanah

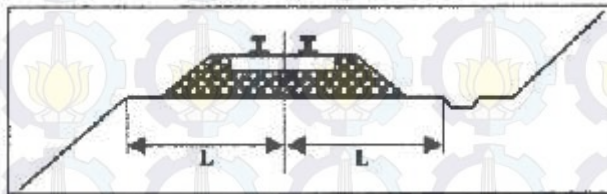
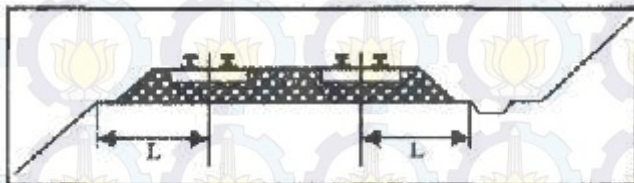
Tabel 2.11 Lebar Badan Jalan

Kecepatan Maksimum Desain	Lebar Badan Jalan (cm)
120 km/jam dan 110 km/jam jalur	315 (300)
100 km/jam jalur	295 (285)
90 km/jam jalur	285 (275)
80 km/jam jalur	250 (240)

Sumber : Peraturan Menteri No.60 – Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

Catatan : Tanda dalam kurung berarti jarak yang akan digunakan dalam kasus-kasus seperti kondisi topografi yang tidak dapat dielakkan.

- $L = 1/2$ lebar badan jalan rei, mengacu pada gambar berikut :

**Gambar 2.15** Penampang lebar rel tunggal**Gambar 2.16** Penampang lebar rel ganda

2. Tambahan Lebar karena Peninggian Rel
Besaran L yang telah dijelaskan di atas harus ditambah dengan nilai yang lebih besar dari y , sebagaimana dihitung dengan rumus berikut :

$$Y = 3,35 C$$

Dimana:

Y : Besarnya pelebaran (mm), satuan pelebaran adalah 50 mm

C : Peninggian rel yang tersedia (mm)

Namun apabila dilakukan proteksi balas, maka tambahan lebar karena peninggian rel dapat diabaikan.

c. Konstruksi Badan Jalan

1. Badan jalan harus mampu memikul beban kereta api dan stabil terhadap bahaya kelongsoran.
2. Stabilitas lereng badan jalan dinyatakan dengan faktor keamanan (FK) yang mengacu pada kekuatan geser tanah di lereng tersebut, sekurang-kurangnya sebesar 1,5 untuk beban statis dan sekurang-kurangnya 1,1 untuk beban gempa.
3. Daya dukung tanah dasar harus lebih besar dari seluruh beban yang berada diatasnya, termasuk beban kereta api, beban konstruksi jalan rei bagian atas dan beban tanah timbunan untuk badan jalan di daerah timbunan.

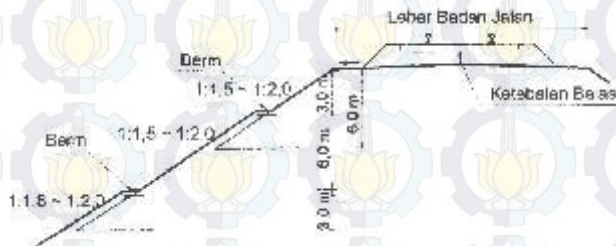
d. Konstruksi badan jalan pada timbunan

1. Material untuk timbunan haruslah mudah dipadatkan, stabil melawan beban dari kereta api, curah hujan dan gempa dan juga harus bebas dari penurunan yang berlebihan.
2. Kekuatan CBR material timbunan ditentukan menurut ASTM D 1883 (pengujian CBR laboratorium) atau SNI 03-1744-1989 (SNI terbaru) haruslah tidak kurang dari 6% pada

contoh tanah terendam (soaked samples) yang telah dipadatkan hingga 95% dari berat isi kering maksimum sebagaimana diperoleh dari pengujian ASTM 0698 atau SNI 03-1742-1989.

3. Bagian atas timbunan setebal minimum 1 m harus merupakan material yang lebih baik dari bagian bawah timbunan. Pada kaki lereng badan jalan harus ada berm lebar paling sedikit 1,50 m dan permukaannya memiliki kemiringan 5 %. Lokasi berm harus mengikuti hal-hal seperti tercantum pada gambar di bawah, menunjukkan penampang standar untuk konstruksi timbunan:

- Terletak pada batas antara timbunan atas dan timbunan bawah (pada kedalaman 3 m dari permukaan formasi).
- Pada setiap kedalaman 6 m dari batas antara timbunan atas dan timbunan bawah. Jika tinggi timbunan kurang dari 6 m, berm dapat diiadakan.



Gambar 2.17 Tebal timbunan jalan rel

4. Lapis dasar (subgrade) harus miring ke arah luar sebesar 5%
5. Jika penurunan sisa (residual settlement) tanah dasar akibat pembebanan timbunan dan beban di

atas timbunan lebih besar dari 20 em, maka tanah dasar tersebut harus diperbaiki.

6. Bagian bawah lapis dasar harus terletak minimum 0,75 m di atas elevasi muka air tanah tertinggi.
 7. Bila tinggi timbunan lebih besar dari 6.00 m, maka untuk setiap ketinggian 6.00 m harus dibuat "berm" selebar 1,50 m.
- e. Konstruksi badan jalan pada daerah galian
1. Bila badan jalan pada galian atau tanah asli, maka jenis tanah dasar tersebut tidak boleh termasuk klasifikasi tanah tidak stabil/kestabilan rendah.
 2. Tanah dasar harus terletak minimum 0,75 m di atas elevasi muka air tanah tertinggi.
 3. Bila kedalaman galian lebih besar dari 10 m, maka pada setiap
 4. Kedalaman 6 m harus dibuat "berm" selebar 1,50 m.
- f. Perbaikan tanah untuk konstruksi badan jalan
1. Apabila tanah tidak cukup kuat, atau penurunan yang diperkirakan akan terjadi melebihi persyaratan, atau lereng timbunan tidak cukup stabil, maka perlu diadakan perbaikan tanah.
 2. Penurunan sisa (residual settlement) yang diijinkan maksimum 10 cm.
- g. Proteksi lereng
1. Proteksi lereng harus dibuat untuk mencegah terjadinya erosi di permukaan lereng.
 2. Proteksi lereng pada timbunan dengan metode proteksi paling tidak dilakukan dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan (metode vegetasi).
 3. Metode lain dapat dipertimbangkan apabila penggunaan tumbuh-tumbuhan saja tidak memadai dipandang dari sudut material

timbunan, bentuk lereng, konsentrasi air hujan dan lain-lain.

4. Ketebalan top soil minimal 10 cm.

2.3.6 Badan Jalan

- a) Badan jalan dapat berupa :
 - Badan jalan di daerah timbunan
 - Badan jalan di daerah galian
- b) Badan jalan di daerah timbunan terdiri atas :
 1. tanah dasar
 2. tanah timbunan
 3. lapisan dasar (subgrade)
- c) Badan jalan di daerah galian terdiri atas :
 1. tanah dasar
 2. lapisan dasar (subgrade)
- d) Syarat untuk tanah dasar :
 1. Tanah dasar harus mampu memikul lapis dasar (subgrade) dan bebas dari masalah penurunan (settlement). Jika terdapat lapisan tanah lunak berbutir halus alluvial dengan nilai $N\text{-SPT} \leq 4$, maka harus tidak boleh termasuk dalam lapisan 3 m diukur dari permukaan formasi jalan pada kondisi apapun. Permukaan tanah dasar harus mempunyai kemiringan ke arah luar badan jalan sebesar 5%.
 2. Daya dukung tanah dasar yang ditentukan dengan metoda tertentu, seperti ASTM D 1196 (Uji beban plat dengan menggunakan plat dukung berdiameter 30 cm) harus tidak boleh kurang dari 70 MN/m² pada permukaan tanah pondasi daerah galian. Apabila nilai K₃₀ kurang dari 70 MN/m², maka tanah pondasi harus diperbaiki dengan metode yang sesuai.
- e) Tanah dasar yang dibentuk dari timbunan harus memenuhi persyaratan berikut:

- Tanah yang digunakan tidak boleh mengandung material bahan-bahan organik, gambut dan tanah mengembang
 - Kepadatan tanah timbunan harus tidak boleh kurang dari 95% kepadatan kering maksimum dan memberikan sekurangkurangnya nilai CBR 6% pada uji dalam kondisi terendam (soaked).
- f) Lapisan tanah dasar harus memenuhi persyaratan berikut :
1. Material lapis dasar tidak boleh mengandung material organik. gambut dan tanah mengembang
 2. Material lapis dasar (subgrade) harus tidak boleh kurang dari 95% kepadatan kering maksimum dan memberikan sekurang kurangnya nilai CBR 8% pada uji dalam kondisi terendam (soaked).
 3. Lapis dasar haruslah terdiri dari lapisan tanah yang seragam dan memiliki cukup daya dukung. Kekuatan CBR material lapis dasar yang ditentukan menurut ASTM D 1883 atau SNI 031744-1989 haruslah tidak kurang dari 8% pada contoh tanah yang telah dipadatkan hingga 95% dari berat isi kering maksimum sebagaimana diperoleh dari pengujian ASTM D 698 atau SNI 031742-1989
 4. Lapis dasar harus mampu menopang jalan rei dengan aman dan memberi keeukupan dalam elastisitas pada rei. Lapis dasar juga harus mampu menghindari tanah pondasi dari pengaruh akibat euaca. Bagian terbawah dari pondasi ini memiliki jarak minimum 0.75 m di atas muka air tanah tertinggi.
 5. Dalam hal lapis dasar ini terletak pada tanah asli atau tanah galian. maka diperlukan lapisan drainase yang harus diatur sebagaimana

diperlukan. Ketebalan standar untuk lapisan drainase sekurang-kurangnya 15 cm.

6. Ketebalan minimum lapis dasar haruslah 30 cm untuk mencegah terjadinya mud pumping akibat terjadinya perubahan pada tanah isian atau tanah pondasi. Lebar lapis dasar haruslah sama dengan lebar badan jalan. Dan lapis dasar juga harus memiliki kemiringan sebesar 5% ke arah bagian luar.

2.3.7 Sub Balas

Lapisan sub-balas berfungsi sebagai lapisan penyaring (filtet) antara tanah dasar dan lapisan balas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan balas bawah adalah 15 cm. Lapisan sub-balas terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar, sub-balas harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Material sub-balas dapat berupa campuran kerikil (gravel) atau kumpulan agregat pecah dan pasir;
2. Material sub-balas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5%;
3. Untuk material sub-balas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka harus mengandung sekurang-kurangnya 30% agregat pecah;
4. Lapisan sub-balas harus dipadatkan sampai mencapai 100% yd menurut percobaan ASTM D 698.

2.3.8 Balas

Lapisan balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel. Fungsi Utama balas adalah untuk:

1. Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar
2. Mengokohkan kedudukan bantalan
3. Meluruskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan rel.

Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1:2, bahan balas atas dihampar hingga mencapai sama dengan elevasi bantalan. Material untuk pembentuk balas harus memenuhi persyaratan berikut ini:

1. Balas harus terdiri dari batu pecah (25 - 60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan
2. Material balas harus bersudut banyak dan tajam
3. Porositas maksimum 3%
4. Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm²
5. Specific gravity minimum 2,6
6. Kandungan tanah, lumpur dan organik maksimum 0,5%
7. Kandungan minyak maksimum 0,2%
8. Keausan balas sesuai dengan test Los Angeles tidak boleh lebih dari 25%.

2.4 Stasiun/ Halte

Stasiun / Halte adalah tempat untuk menaikkan dan menurunkan penumpang yang menggunakan jasa transportasi kereta api, selain itu stasiun kereta api adalah sebagai tempat operasional segala macam yang dibutuhkan untuk perjalanan kereta api.

Halte di tempatkan di lokasi – lokasi yang berada di zona keramaian, jarak antar halte direncanakan antara 350 – 800 meter (Vuchic 1981)

2.4.1 Pelayanan Stasiun

Standart pelayanan yang harus dimiliki stasiun di Indonesia adalah

1. Pelayanan Informasi
 - Pelayanan Visual
 - Pelayanan Audio
 - Pelayanan Audio Visual
2. Pelayanan Ticketing
 - Penjualan tiket
 - Pemesanan tiket
 - Pembatalan dan penukaran tiket
 - Informasi harga tiket
 - Informasi ketersediaan tempat duduk
 - Layanan elektronik payment

3. Pelayanan Keselamatan

Pelayanan ini berupa peringatan melalui audio yang dilakukan petugas saat adanya sarana gerak atau kereta api yang melintas di stasiun dan berupa garis batas aman peron. Pelayanan gambar atau media visual jalur evakuasi saat terjadi bencana/kebakaran wajib ada di semua stasiun yang penempatannya di tempat yang mudah dibaca oleh penumpang yang disesuaikan dengan penempatan informasi penunjuk lokasi dan penunjuk arah.

4. Pelayanan Kesehatan

Pelayanan kesehatan adalah pelayanan yang diberikan oleh petugas kesehatan untuk penumpang dan pegawai operasional kereta api yang menyangkut masalah kesehatan yang sifatnya darurat. Pelayanan ini dapat dimanfaatkan selama 24 jam dengan ruangan khusus untuk pelayanan kesehatan di stasiun.

5. Pelayanan Umum

- Layanan Toilet dan Musholla
- Pelayanan Ruang Tunggu
- Pelayanan Parkir Kendaraan
- Pelayanan Restoran, Pertokoan, ATM, Money Changer, TITAM, Counter, Hotel & Travel
- Pelayanan Penitipan dan Pengantar Barang

6. Pelayanan Khusus

- Pelayanan untuk Penyandang Cacat dan Lansia
- Pelayanan untuk Ibu Menyusui
- Pelayanan Smoking Area

2.4.2 Perangkat Stasiun

Perangkat dan instalasi pendukung bangunan stasiun merupakan alat dan juga instalasi yang tersedia di stasiun sebagai sarana pendukung bangunan stasiun agar pelayanan kepada pengguna bisa optimal sesuai dengan fungsinya. Perangkat dan instalasi pendukung yang dimaksud meliputi :

- Perangkat Media Informasi
- Media Informasi Berdasarkan Tujuan Pelayanan
- Instalasi Mekanikal
- Instalasi Elektrikal e. Instalasi Air
- Furnitur
- Instalasi dan Perangkat Pemadam Kebakaran
- Perangkat Keamanan

2.5 Railbus

Pada tugas akhir ini railbus yang digunakan adalah railbus yang diproduksi oleh PT. INKA, data data dari railbus adalah sebagai berikut :



Gambar 2.18 Railbus PT. INKA



Tahun Pembuatan	: 2008
Konfigurasi Kereta	: TEMC+T+TMC
Kapasitas Penumpang	: Duduk 78 penumpang
	: Berdiri 82 penumpang
Kecepatan Maksimum	: 100 km/jam
Lebar Sepur	: 1.067 mm
Beban Gandar	: 14 ton
Panjang Total Rangkaian	: 41.912 mm
Lebar Kereta	: 2.880 mm
Tinggi seluruh kereta dari atas rel	: 3.810 mm
Tinggi rantai dari kepala rel	: 1.100 mm
Tinggi pusat alat perangkai dari atas rel	: 775 + 10/-0mm
Berat kosong	: TEMC 22 Ton
Bogie	: Motor single Axle
Alat perangka	: Automatic coupler,
Propulsi	: Diesel engine
Jari – jari lengkung terkecil	: 80 meter

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Umum

Tahapan pekerjaan merupakan langkah-langkah yang harus dilakukan guna mencapai tujuan yang direncanakan. Dalam perencanaan tugas akhir ini, tahapan-tahapan yang diambil meliputi :

1. Tahap persiapan
2. Tahap pencarian dan inventarisasi data
3. Tahap pengolahan data
4. Tahap perencanaan

3.2 Tahap Persiapan

Tahapan persiapan merupakan tahapan kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahannya. Tahap persiapan meliputi kegiatan - kegiatan sebagai berikut :

1. Survei pendahuluan ke lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi lapangan.
2. Menentukan kebutuhan data.
3. Mendata instansi yang dapat dijadikan narasumber.
4. Pengadaan persayaratan administrasi untuk pencarian data.
5. Studi pustaka tentang perkeretaapian untuk referensi.
6. Pembuatan proposal tugas akhir.

3.3 Tahap Metode Pengumpulan data

Untuk perencanaan jalur Railbus Kota Gresik diperlukan data primer dan data sekunder dengan tujuan agar dapat menarik kesimpulan dalam menentukan standar perencanaan yang tepat, oleh sebab itu dilakukan inventarisasi data melalui survei instansional, interview dengan pihak terkait yang kebijakannya mempunyai pengaruh dan hubungan terhadap kesempurnaan

perencanaan, serta melaksanakan pengamatan langsung lapangan terhadap kondisi jalan untuk menganalisa secara visual kondisi lingkungan rencana jalur. Di bawah ini diuraikan kebutuhan data serta sumbernya.

1. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait. Data sekunder berguna untuk menentukan perencanaan jalur railbus, tata letak jalan rel, dan penentuan halte / shelter. Data sekunder didapat dari :

- 1) Kantor PT. KAI dan Kantor Direktorat Jendral Perkeretaapian Indonesia, Departemen Perhubungan, data sekunder tersebut adalah:
 - Data kondisi lintas eksisting jalur kereta api di Kota Gresik.
 - Rencana pengembangan jalur rel di Kota Gresik
 - Peraturan Menteri No 60 dan Penjelasan PM No.60 (Peraturan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel)
- 2) Kantor Dinas Perhubungan Kabupaten Gresik, data sekunder tersebut adalah
 - Peta garis Kabupaten Gresik
- 3) Peta Bakosurtanal
- 4) PT. INKA, data sekunder yang dibutuhkan adalah data railbus yang diproduksi oleh perusahaan tersebut

2. Pengumpulan Data Primer

Data primer berguna untuk menentukan ketepatan perencanaan tata letak jalan rel serta bangunan penunjang lainnya. Caranya dengan membandingkan hasil perencanaan menurut data sekunder terhadap kenyataan di lapangan. Kenyataan di lapangan inilah yang akan menjadi acuan.

Cara pengumpulannya , adalah:

- Meninjau kondisi jalan kereta api di Kota Gresik, dari hasil koordinasi diperoleh data primer khusus yang terkait operasi kereta api.
- Meninjau situasi dan kondisi stasiun dan sarana prasarana kereta api di Kota Gresik
- Membuat foto kondisi eksisting jalur kereta api yang melintasi Kota Gresik.
- Mendapatkan informasi jalur eksisting melalui wawancara dengan pihak terkait setempat.

3.4 Teknik Analisa Data

Pada tahap ini dilakukan proses pengolahan data dalam arti perhitungan teknis secara lengkap sehingga menghasilkan input bagi proses perencanaan selanjutnya, yaitu desain detail. Analisa data meliputi :

1. Analisa Potensi Penumpang
Analisa ini bertujuan untuk mengetahui besarnya potensi penumpang masa mendatang yang akan dilayani oleh railbus.
2. Analisa Data Eksisting Jalur Kereta Api
Pada tahap ini data eksisting jalur tunggal diklasifikasi dan dikalkulasi, kemudian dievaluasi kelayakannya terhadap Peraturan Menteri No 60 Tahun 2012 yang dikeluarkan oleh PJKA.
3. Analisa Geometrik
Pada tahap ini jalur yang ada dan jalur rencana dianalisa alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal sesuai dengan peraturan desain geometrik yang sudah ada.

3.5 Perencanaan Jalur Railbus

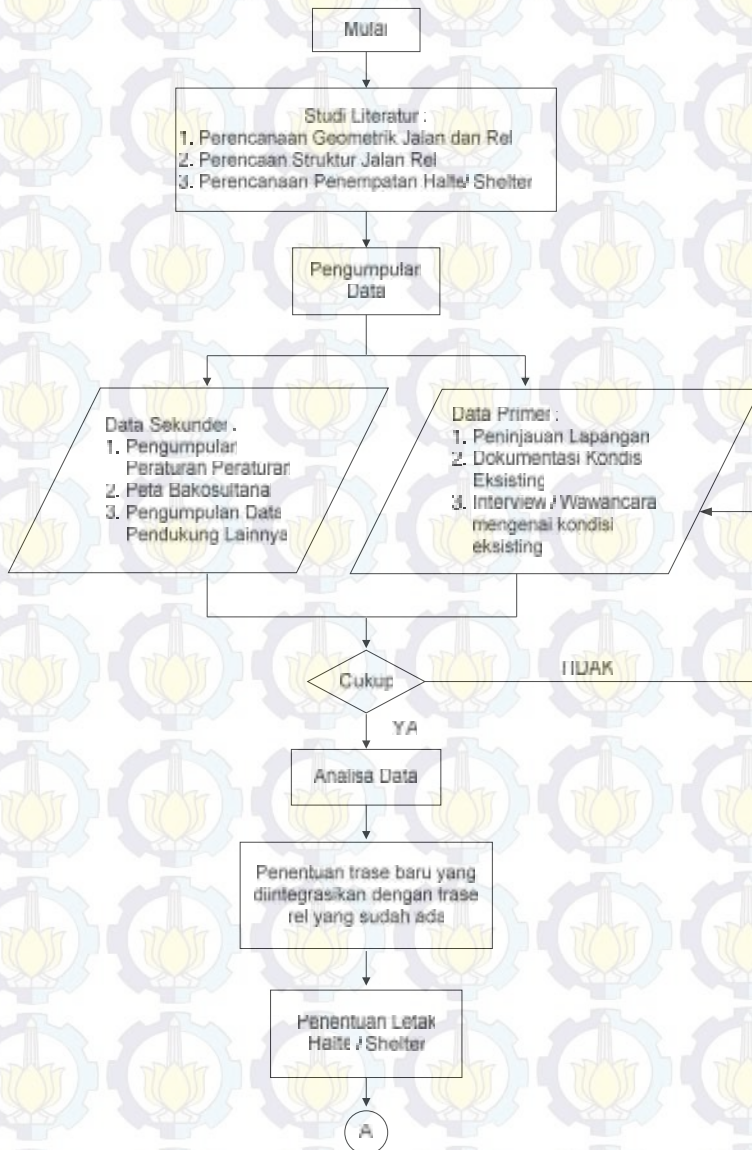
Pada tahapan ini dilakukan proses desain dengan mempertimbangkan jalur yang sudah ada, sedapat mungkin jalur railbus baru bisa diintegrasikan dengan jalur rel yang sudah ada,

selain itu juga harus bisa mengakomodir banyak penumpang dengan alternatif jalur rel yang melewati pusat kota dan zona keramaian. Perencanaan jalur railbus ini mengacu pada Peraturan yang sudah ada, yaitu Peraturan Menteri No 60 Tahun 2012 mengenai Perencanaan Konstruksi Jalan Rel.

Pemilihan susunan jalan rel sesuai dengan Peraturan Menteri No 60 Tahun 2012 mengenai Perencanaan Konstruksi Jalan Rel. Beberapa bagian rel antara lain :

- a) Bantalan Rel
- b) Penambat Rel
- c) Tipe Rel
- d) Sambungan Rel
- e) Perencanaan Wesel
- f) Perencanaan Balas

Hasil perhitungan perencanaan trase digambar memakai bantuan software autocad





Gambar 3.1 Skema Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir.

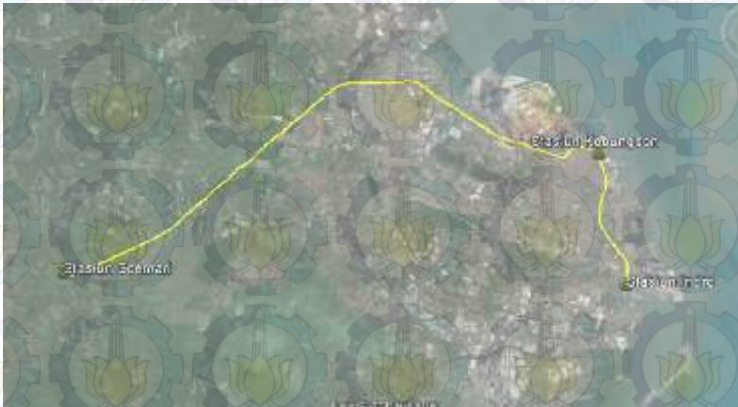
BAB 4

PENGUMPULAN DATA

Pada bab 4 akan dibahas mengenai kondisi trase jalan rel eksisting dan kondisi daerah yang akan direncanakan trase jalan rel baru. Kondisi trase jalan rel didapat dari hasil pengamatan langsung di lapangan dan berdasarkan data dari PT. KAI.

Pada tugas akhir ini trase jalan rel dibagi menjadi 3 jenis trase yaitu trase jalan rel eksisting, trase jalan rel PT. PETROKIMIA, dan trase jalan rel baru, semua trase dimulai pada STA 0+000 yang berada pada Stasiun Indro.

4.1. Trase Jalan Rel Eksisting



Gambar 4.1. Trase Jalan Rel Eksisting
Sumber Google Earth 2014

Kota Gresik memiliki trase jalan rel sepanjang 18 KM, yang menghubungkan jalur rel dari Lamongan ke Stasiun Indro, trase eksisting dapat dilihat pada gambar 4.1. menurut data PT. KAI jalur rel eksisting dibangun pada saat jaman

Belanda dan terakhir kali dioperasikan pada tahun 1986. Trase tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut:

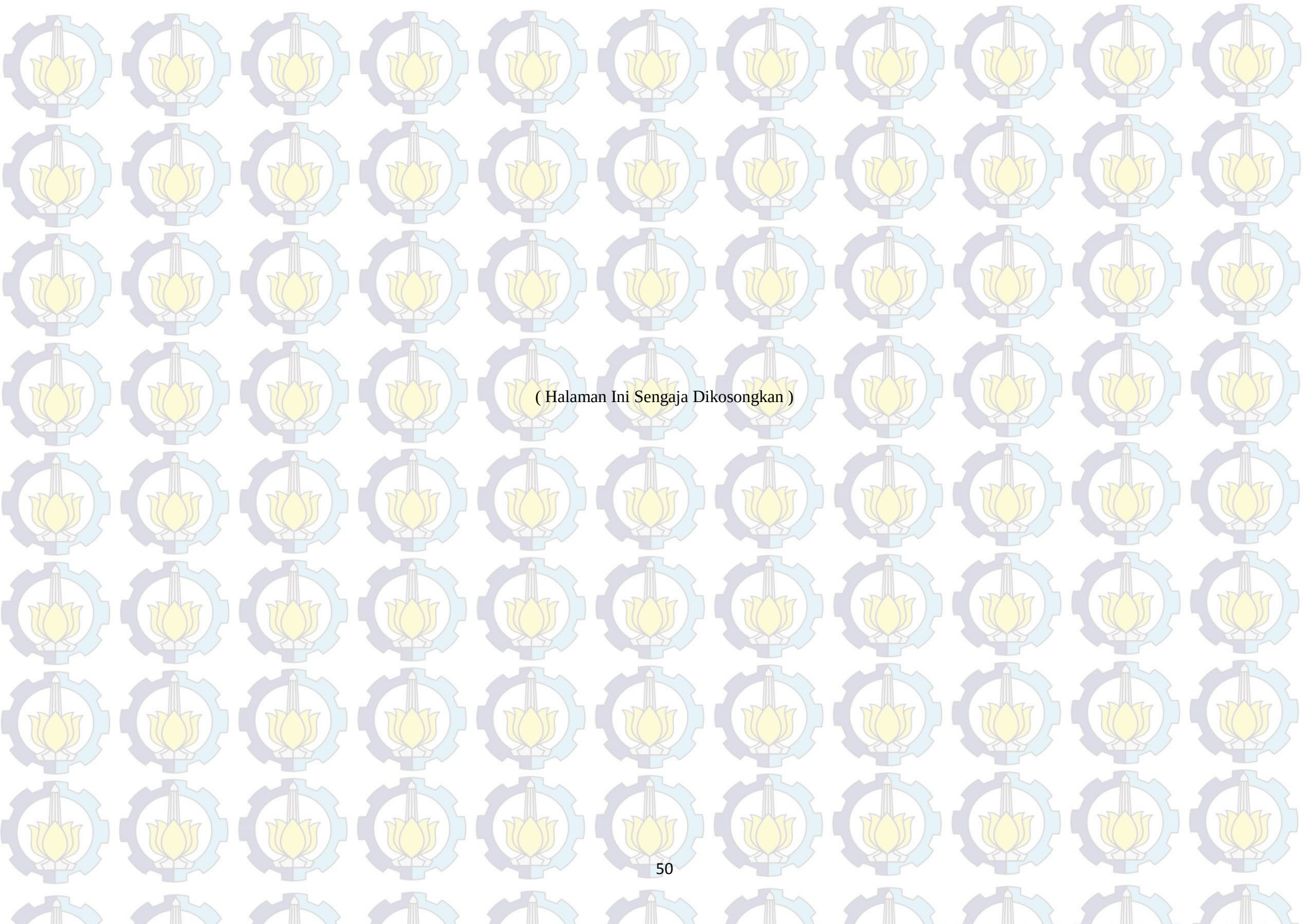
Trase	= Stasiun Indro – Stasiun Soemari
KM	= 00+000 s/d 18+000
Jenis rel	= R 42
Lebar sepur	= 1067 mm
Jenis bantalan	= Bantalan kayu

Kondisi trase jalan rel eksisting saat ini sudah tidak terlihat, lahan sudah dialihfungsikan menjadi jalur pipa gas PT. PETROKIMIA, jalan perkampungan dan pemukiman penduduk. Lahan eksisting masih dilindungi oleh PT. KAI karena di beberapa titik masih terdapat patok lahan milik PT. KAI, akan tetapi di beberapa titik lainnya patok lahan PT. KAI sudah hilang, dokumentasi kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.2.

. Trase ini masih belum diketahui desain geometri yang digunakan baik alinemen vertikal maupun alinemen horizontalnya, sehingga perlu adanya evaluasi lengkung dan perhitungan ulang mengenai desain geometri dan struktur jalan rel yang digunakan.



Gambar 4.2 Dokumentasi Kondisi Eksisting



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

4.2. Trase Jalan Rel PT. PETROKIMIA GRESIK



Gambar 4.3. Trase Jalan Rel PT. PETROKIMIA GRESIK

Sumber Google Earth 2014

Selain trase jalan rel eksisting, Kota Gresik juga memiliki trase jalan rel milik PT. Petrokimia Gresik dan PT. Semen Gresik, trase ini memiliki panjang 4,5 KM, yang menghubungkan pabrik PT. Petrokimia Gresik dan PT. Semen Gresik ke Stasiun Indro, trase eksisting dapat dilihat pada gambar 4.3, menurut data PT. KAI jalur rel PT. Petrokimia Gresik terakhir kali dioperasikan pada tahun 2004. Trase jalan rel ini digunakan untuk mengangkut pupuk dan semen. Trase tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Trase	= Stasiun Indro – Pabrik PT. Petrokimia Gresik – Pabrik PT. Semen Gresik
KM	= A 00+000 s/d A 04+500
Jenis rel	= R 42
Lebar sepur	= 1067 mm

Jenis bantalan = Bantalan kayu

Kondisi trase jalan rel PT. Petrokimia Gresik saat ini masih terlihat bagus dan tidak ada pengalihfungsian lahan, tiap tahunnya dilakukan perawatan oleh PT. Petrokimia Gresik pada trase jalan rel ini, dokumentasi kondisi jalan rel PT. PETROKIMIA GRESIK dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Trase ini masih belum diketahui desain geometri yang digunakan baik alinemen vertikal maupun alinemen horisontalnya, sehingga perlu adanya evaluasi lengkung dan perhitungan ulang mengenai desain geometri dan struktur jalan rel yang digunakan. Untuk membedakan dengan stasioning jalan rel eksisting, nama stasioning jalan rel PT. Petrokimia ditambah abjad A didepan nomor stasioning.

Pada STA A 4+300 - A 4+548 kondisi jalan rel masih terlihat, namun bantalan rel sudah rusak, lokasi jalan rel berada di dalam pabrik PT. Petrokimia Gresik



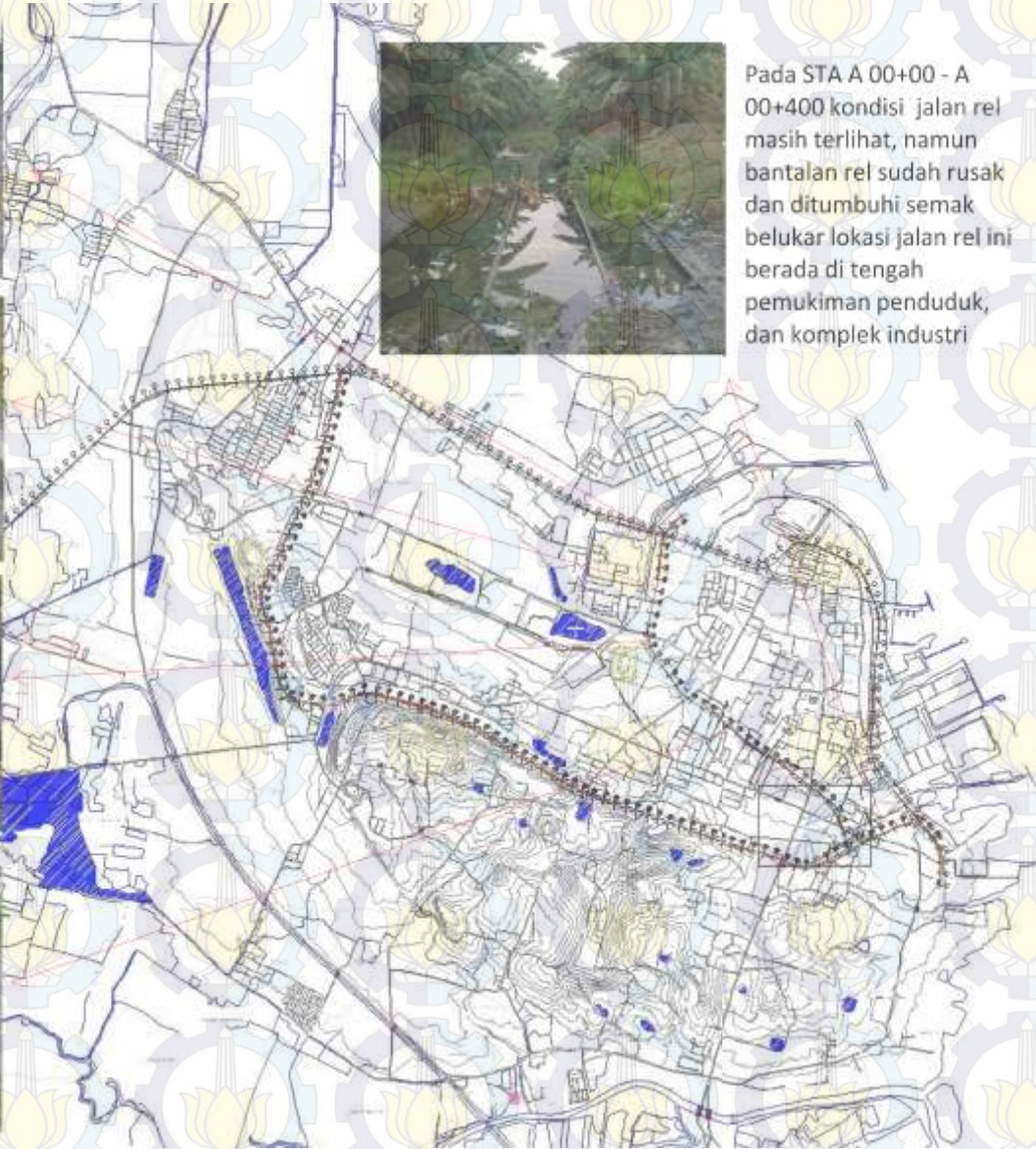
Pada STA A 4+000 - A 4+300 kondisi jalan rel masih terlihat, namun jalan-rel sudah ditumbuhi semak belukar dan bantalan rel sudah rusak, lokasi jalan rel berada di dalam pabrik PT. Petrokimia Gresik



Pada STA A 03+000 - A 4+300 kondisi jalan rel masih bagus, lokasi jalan rel ini berada di kompleks kantor dan perumahan PT. Petrokimia Gresik



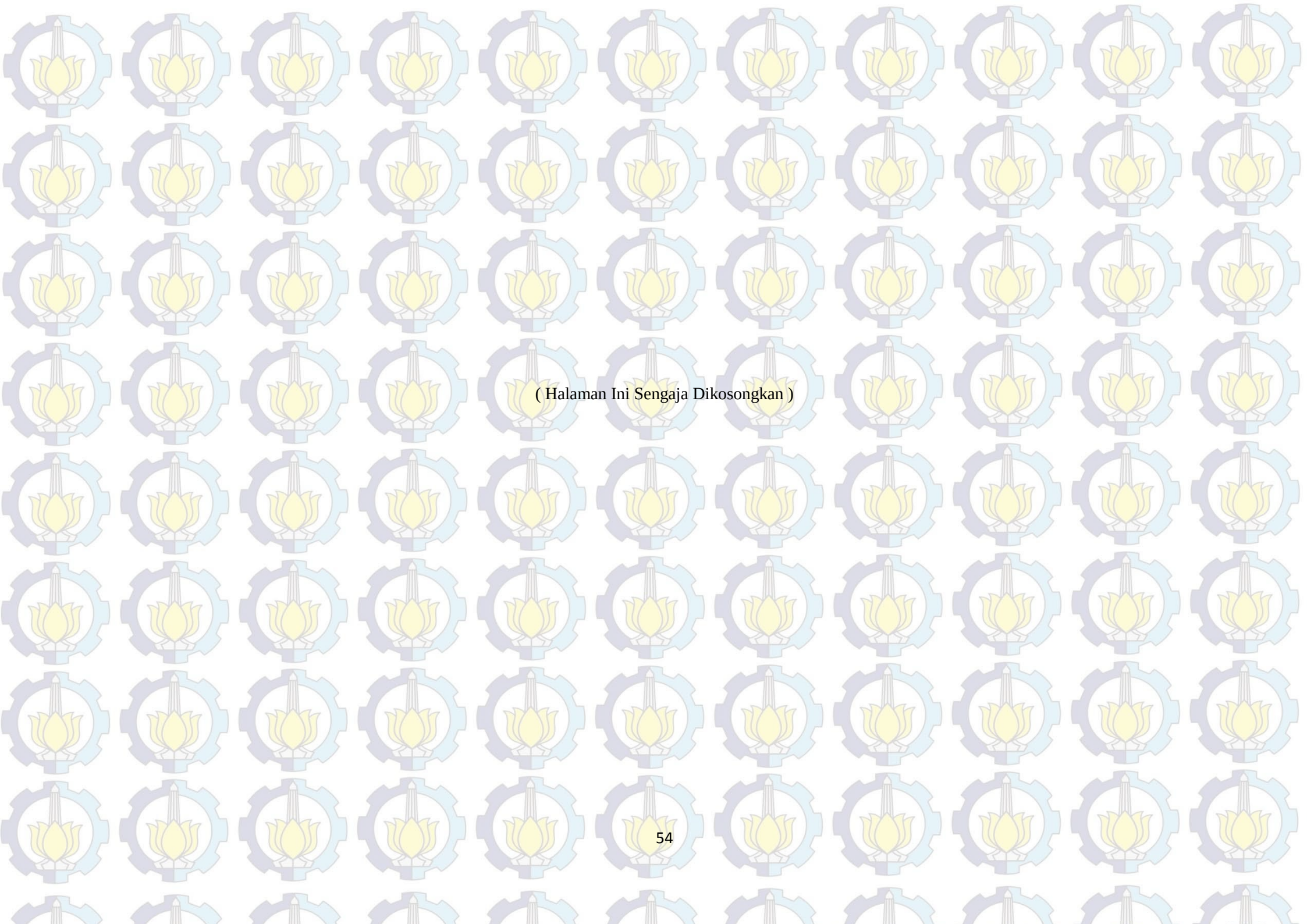
Pada STA A 00+400 - A 03+000 kondisi jalan rel masih bagus, lokasi jalan rel ini berada di tengah pemukiman penduduk, terdapat 4 perlintasan sebidang



Pada STA A 00+00 - A 00+400 kondisi jalan rel masih terlihat, namun bantalan rel sudah rusak dan ditumbuhi semak belukar lokasi jalan rel ini berada di tengah pemukiman penduduk, dan kompleks industri



Gambar 4.4 Dokumentasi Kondisi jalan rel PT. PETROKIMIA GRESIK



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

4.3. Trase Jalan Rel Baru



Gambar 4.5. Trase Jalan Rel Baru
Sumber Google Earth 2014

Perencanaan trase jalan rel baru bertujuan untuk mengakomodasi penumpang yang berada pusat pemukiman di kota Gresik, trase ini direncanakan memiliki panjang 8.26 KM, trase jalan rel baru ini direncanakan berada di bekas jalur truk pabrik PT. Semen Gresik yang saat ini sudah tidak dipakai, hal ini dilakukan agar menghemat biaya pembangunan dan tidak menggusur lahan pemukiman. trase jalan rel baru dapat dilihat pada gambar 4.5, Trase jalan rel baru direncanakan menggunakan spesifikasi sebagai berikut :

KM = B 00+000 s/d B 08+266
Jenis rel = R 42
Lebar sepur = 1067 mm
Jenis bantalan = Bantalan beton

dokumentasi kondisi jalan yang akan dilalui trase jalan rel baru dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Trase ini masih belum diketahui desain geometri yang digunakan baik alinemen vertikal maupun alinemen horisontalnya, sehingga perlu adanya perencanaan lengkung dan perhitungan ulang mengenai desain geometri dan struktur jalan rel yang digunakan. Untuk membedakan dengan stasioning jalan rel yang lain, nama stasioning jalan rel baru ditambah abjad B didepan nomor stasioning.



Pada STA B 06+300 - B 08+266 kondisi lahan jalan rel baru adalah jalan perumahan GKB, jalur rel direncanakan berada di median jalan perumahan



Pada STA B 06+300 - B 06+600 kondisi lahan jalan rel baru adalah berupa lahan kosong



Pada STA B 05+200 - B 06+300 lahan jalan rel baru adalah berupa jalur truk milik PT. Semen Gresik, kondisi tanah di jalan ini adalah batuan kapur yang diratakan

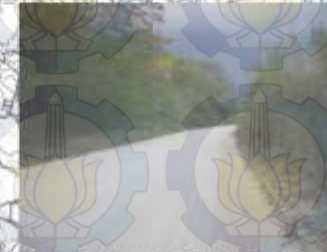


Pada STA B 04+800 - B 05+200 lahan jalan rel baru adalah berupa jalur truk milik PT. Semen Gresik, kondisi tanah di jalan ini adalah jalan beraspal

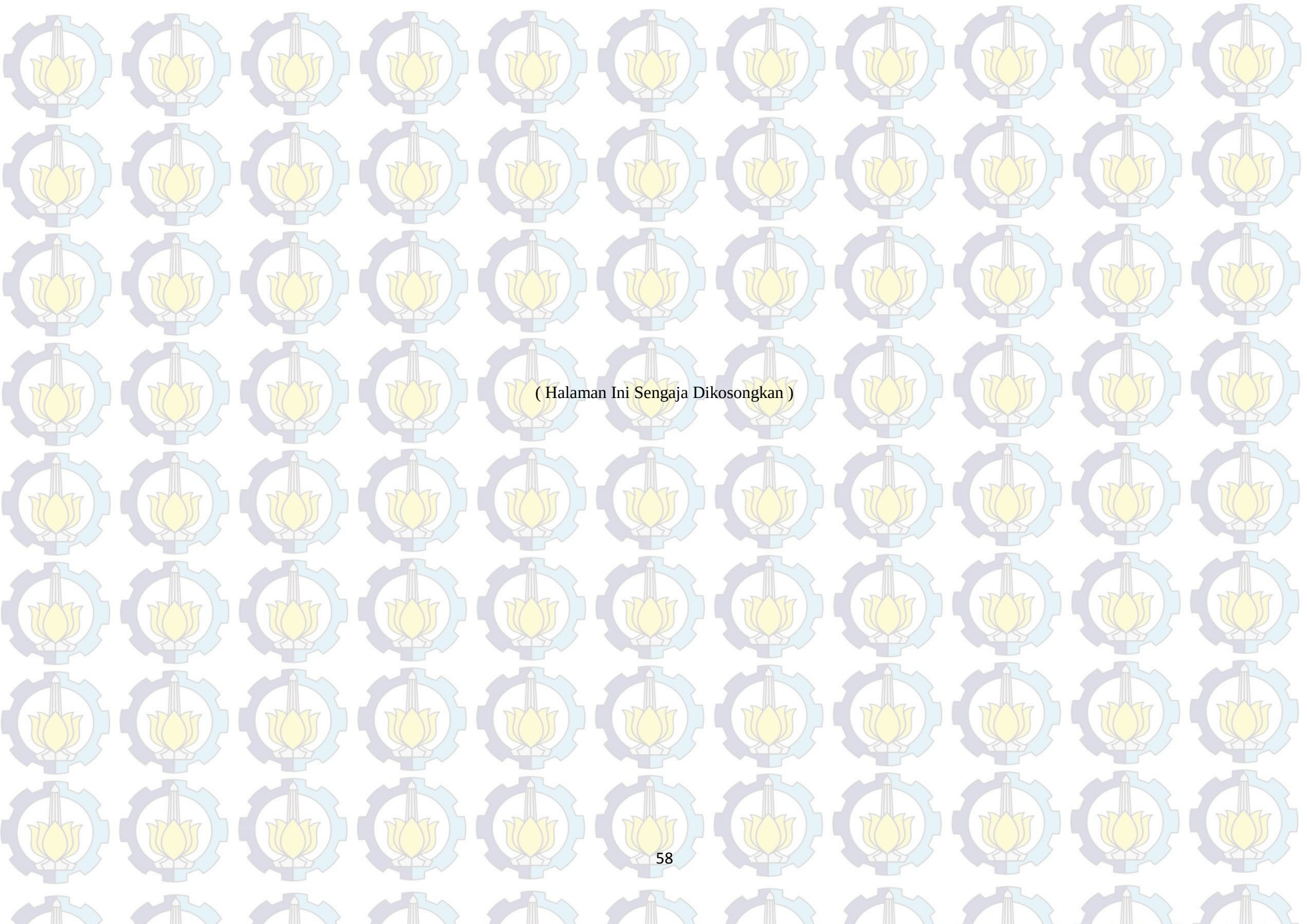
Pada STA B 00+000 - B 00+800 kondisi lahan jalan rel baru adalah berupa jalur rel milik PT. Semen Gresik



Pada STA B 00+800 - B 04+800 lahan jalan rel baru adalah berupa jalur truk milik PT. Semen Gresik, kondisi tanah di jalan ini adalah batuan kapur yang diratakan



Gambar 4.6 Dokumentasi Kondisi jalan rel baru



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB 5

PERENCANAAN GEOMETRIK DAN STRUKTUR JALAN REL

Pada Bab 5 ini akan membahas tentang perencanaan geometrik jalan rel dengan mengintegrasikan trase eksisting dengan trase rencana beserta perencanaan struktur jalan rel yang digunakan, dalam tugas akhir ini trase jalan rel dibagi menjadi 3 macam trase yaitu trase eksisting, trase PT. PETROKIMIA GRESIK, dan trase baru.

Pada trase ini direncanakan 2 macam jalur yaitu jalur tunggal dan jalur ganda (*double track*). Direncanakan menggunakan jalur ganda karena lahan di jalur tersebut masih lebar sehingga dimungkinkan dibangun menggunakan jalur ganda, sedangkan daerah yang lahannya terbatas direncanakan menggunakan jalur tunggal.

5.1 Perencanaan Geometrik Jalan Rel

Dalam perencanaan geometrik jalan rel pada perencanaan tugas akhir ini dibahas meliputi alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal.

5.1.1. Alinyemen Horisontal

Pada perencanaan alinyemen horisontal disini akan dibahas bagaimana desain lengkung yang digunakan dengan menggunakan parameter lengkung horisontal *full circle* dan lengkung *spiral-circle-spiral*. Adapun langkah-langkah dalam menghitung parameter lengkung akan dicontohkan pada PI 1 sebagaimana pada perhitungan di tabel 5.1. dan digambarkan pada **Gambar 5.1**. Trase pada titik awal, PI-01, PI-02.

Tabel 5.1. Koordinat X dan Y untuk perhitungan PI.

Nama PI	Koord. X	Koord. Y
Titik Awal	683794.6296	9206343.556
PI 1	683800.0392	9206686.99
PI 2	683175.3889	9207414.805

Sumber : Analisa data dan perhitungan

**Gambar 5.1.** Trase pada titik awal, PI 1, PI 2.

Titik awal – PI-01

$$\tan \alpha_1 = \frac{X_1 - X_0}{Y_1 - Y_0}$$

$$= \frac{683800.03 - 683794.62}{9206686.99 - 9206343.55}$$

$$\alpha_1 = 0.9^\circ$$

$$\bullet \quad PI-01 - PI-02$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1}$$

$$= \frac{683175.38 - 683800.03}{9207414.80 - 9206686.99}$$

$$\alpha_2 = 360^\circ - 40.63^\circ$$

$$= 319.36^\circ$$

$$\Delta_{PI-01} = 360^\circ - (\alpha_2 - \alpha_1)$$

$$= 360^\circ - (319.36^\circ - 0.9^\circ)$$

$$= 41.53^\circ$$

$$L_{\text{titik awal ke PI-1}} = \sqrt{(X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2}$$

$$= \sqrt{5.41^2 + 343.434^2}$$

$$= 343.48 \text{ m}$$

$$L_{\text{titik PI-1 ke PI-2}} = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

$$= \sqrt{(-624.650)^2 + (-727.815)^2}$$

$$= 959.12 \text{ m}$$

Untuk lebih lengkap mengenai hasil perhitungan sudut PI dapat dilihat sebagaimana pada Tabel 5.2

Tabel 5.2. Perhitungan sudut PI pada trase eksisting.

Nama PI	Koord. X	Koord. Y	ΔX	ΔY	L (m)	Sudut Jurusan	Δ (°)
Titik Awal	683791.0296	9206313.116					
PI 1	683800.0592	9206286.39	8.966	-26.726	343.45	6.30	41.5404
PI 2	683175.3809	9207111.835	-624.650	727.815	959.12	719.36	13.6211
PI 3	683714.4449	9206177.444	538.068	-738.391	959.12	2.38	4.6779
PI 4	683270.1138	9206051.255	-444.274	-726.807	959.12	6.86	27.8041
PI 5	683100.3876	9204985.736	-170.231	-136.109	470.41	338.77	44.5077
PI 6	682540.125	9205842.294	-561.278	-212.158	598.21	251.25	74.1805
PI 7	682276.7510	9205031.713	-261.373	-210.576	405.52	290.00	68.9925
PI 8	681041.6432	9204233.319	-1214.886	-201.562	1202.17	288.58	7.3468
PI 9	680685.8172	9205545.554	-343.171	1212.235	1202.17	288.58	14.7745
PI 10	679337.063	9210110.491	-1351.254	468.731	1549.74	301.47	4.9319
PI 11	678722.4493	9210141.164	-614.186	328.714	598.21	306.33	41.6817
PI 12	676850.0817	9210560.435	-1867.643	418.271	1901.45	304.70	17.5224
PI 13	672475.1793	9206445.031	-4412.562	-3500.402	6295.35	227.18	13.6844
PI 14	67025.5045	9205874.017	-2249.627	-1107.197	2501.87	213.85	58.9552
Titik Akhir	669727.5772	9207037.741	-1001.827	1950.728	2190.54	332.00	

Sumber : Analisa data dan perhitungan

Pada trase eksisting perlu adanya analisa perkiraan jari – Jari (R) dan kecepatan rencana, lengkung horisontal minimum yang digunakan adalah 100 m, pada PI 1 dapat dihitung parameter lengkung horisontalnya sebagai berikut :

1. Lengkung *spiral-circle-spiral*

Data Design pada PI 1 adalah sebagai berikut :

$$R_{\text{rencana}} = 200 \text{ m}$$

$$V = 60 \text{ km/jam}$$

Sehingga dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \bullet \quad h &= 5,95 \cdot \frac{v^2}{R} \\ &= 5,95 \cdot \frac{60^2}{200} \\ &= 107,100 \text{ mm} < h = 110 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad Lh &= 0,01 \cdot h \cdot v \\ Lh &= 0,01 \cdot 107,100 \cdot 60 = 64.260 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad q_s &= \frac{90 Lh}{p R} \\ q_s &= \frac{90 \cdot 64.26}{3,14 \cdot 200} = 9.209^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad L_c &= \frac{(\Delta - 2 q_s) \cdot p \cdot R}{180} \\ L_c &= \frac{(41.54 - 2 \cdot 9.209) \cdot p \cdot 200}{180} = 152.862 \text{ m} \end{aligned}$$

- $$p = \frac{Lh^2}{6R} - R(1 - \cos qs)$$

$$p = \frac{64.260^2}{6 * 200} - 200 * (1 - \cos 9.209) = 1.487 \text{ m}$$

- $$k = Lh - \frac{Lh^3}{40R^2} - R \sin qs$$

$$k = 64.260 - \frac{64.260^3}{40 * 200^2} - 200 * \sin 9.209 = 32.222$$

m

- $$Ts = (R + p) * tg\left(\frac{1}{2}\Delta\right) + k$$

$$Ts = (200 + 1.487) * tg\left(\frac{1}{2} * 41.540\right) + 32.222 = 10864 \text{ m}$$

- $$Xs = \frac{hV}{144}$$

$$Xs = \frac{107,10.80}{144} = 83.333 \text{ m}$$

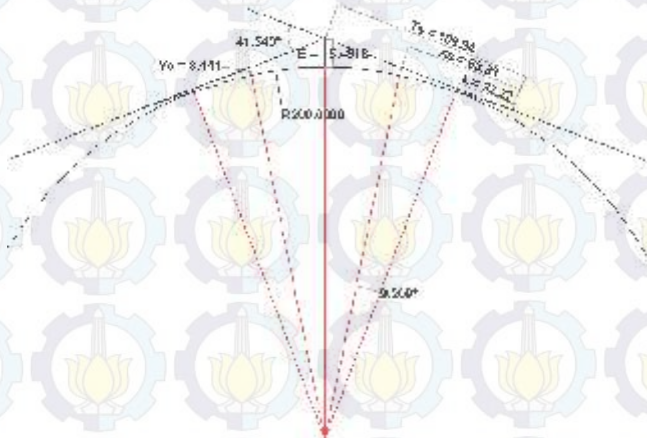
- $$E = \frac{(R + p)}{\cos\left(\frac{1}{2}\Delta\right)} - R$$

$$E = \frac{200 + 1.487}{\cos\left(\frac{1}{2} * 41.540\right)} - 200 = 15.491 \text{ m}$$

- $$Ys = \frac{Lh^2}{6 * R}$$

$$Y_s = \frac{64.260^2}{6 * 200} = 3.441 \text{ meter}$$

Setelah melakukan sebuah perhitungan dengan menggunakan formula di atas, alinyemen horisontal P1 di visualisasikan seperti pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2. Skema lengkung horizontal SCS P1

2. Lengkung *Full circle*

Data Design pada PI 12 adalah sebagai berikut :

$$R_{rencana} = 700 \text{ m}$$

$$V = 60 \text{ km/jam}$$

$$\Delta = 37.52^{\circ}$$

Sehingga dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

- $T_c = R * tg \left(\frac{1}{2} \Delta \right)$

$$T_s = 700 * tg \left(\frac{1}{2} * 37.52 \right) = 20380 \text{ m}$$

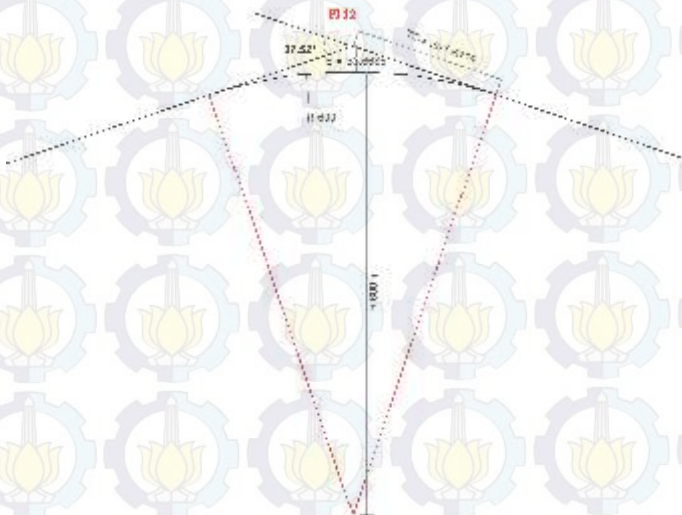
$$E = \frac{R}{\cos\left(\frac{1}{2}\Delta\right)} - R$$

$$E = \frac{600}{\cos\left(\frac{1}{2} * 37.52\right)} - 600 = 33,66 \text{ m}$$

$$L_c = \left(\frac{\Delta p}{180}\right) * R$$

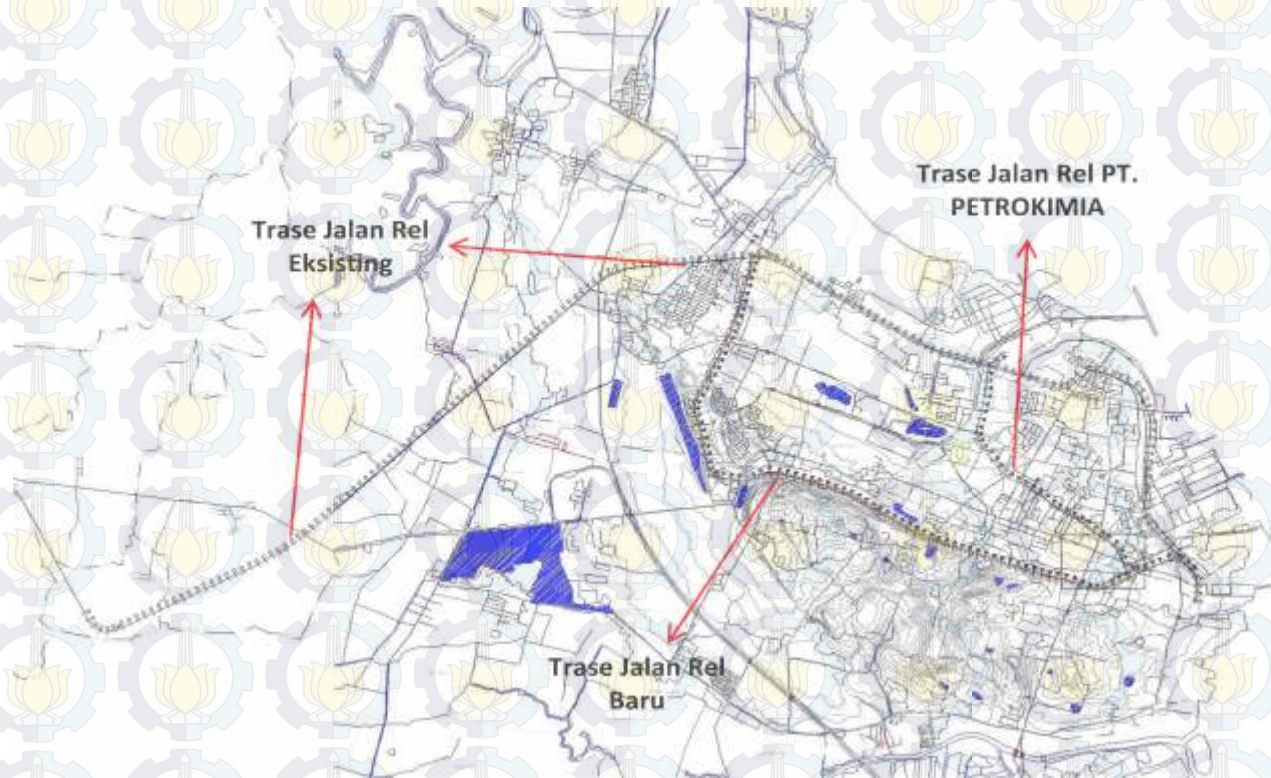
$$L_c = \left(\frac{37.5 p}{180}\right) * 600 = 392.73 \text{ meter m}$$

alinyemen horizontal P12 di visualisasikan seperti pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Skema lengkung horizontal Full Circle P12

Gambar keseluruhan trase dari hasil perhitungan dapat dilihat pada gambar 5.4



Gambar 5.4. Lengkung horizontal trase
Railbus Kota Gresik

Tabel 5.3. Perhitungan lengkung horizontal.

Nama JPI	A (°)	Rm (m)	Rk (m)	V (km/jam)	h	th	g _s	Lc (m)	Xs	Ys	k	p	Is	ts	ts1K	jenis Lengkung
TIRU AWOI																
P11	11.5108	100	200	50	107.1	61.260	0.205	153.052	31.1371	3.441	12.2226	1.097	100.5401	15.1918	57.0021	SCS
P12	11.5211	100	300	50	71.4	42.340	4.091	153.315	125.0000	1.020	21.4217	0.538	101.5625	21.6777	50.2998	SCS
P13	11.5728	100	1000	50	21.42	12.852		64.051					12.0575	0.5157	4.1880	Full Circle
P14	27.5841	100	300	50	71.4	42.340	4.091	153.340	125.0000	1.020	21.4217	0.538	90.0200	9.0297	17.5118	SCS
P15	14.5077	100	300	50	71.4	42.340	4.091	160.150	125.0000	1.020	21.4217	0.538	101.3501	21.6027	50.2804	SCS
P16	24.1005	100	150	50	107.1	61.260	16.102	153.358	62.5000	0.538	42.2580	0.975	101.4512	16.0025	120.1500	SCS
P17	68.9929	100	200	50	107.1	64.250	5.205	154.351	31.1371	3.441	12.2226	1.487	100.5513	44.4446	113.4071	SCS
P18	2.1582	100	1000	50	21.42	12.852		41.340					20.9308	0.2182	2.0130	Full Circle
P19	14.7215	100	1000	50	21.42	12.852		257.214					129.5510	0.1677	23.1543	Full Circle
P110	11.5015	100	1000	50	21.42	12.852		06.050					43.0050	0.0229	5.0521	Full Circle
P111	41.0867	100	600	50	31.7	21.420		436.320					228.4180	42.0115	33.7022	Full Circle
P112	37.1224	100	600	50	31.7	21.420		152.711					203.2534	13.6635	21.1910	Full Circle
P113	15.8006	100	1000	50	21.4	12.991		87.131					439.2100	12.0020	48.2655	Full Circle
P114	85.2552	100	200	50	107.1	64.250	5.205	406.325	31.1371	3.441	12.2226	1.497	100.5506	52.3025	171.1051	SCS
TIRU AKHIR																

Sumber : Analisa data dan perhitungan

Lengkung vertikal berupa busur lingkaran yang menghubungkan dua kelandaian lintas yang berbeda, ditentukan berdasarkan besarnya jari-jari lengkung vertikal dan perbedaan kelandaian. Besarnya jari-jari lengkung vertikal minimum bergantung pada kecepatan rencana.



R : jari-jari lengkung vertikal.
L : panjang lengkung vertikal
 Δi : titik pertemuan antara perpanjangan kedua landai / garis lurus
 Φ : perbedaan landai

$$L = 2 \times R_v \times \text{Tangen} \frac{1}{2} \times \Delta i$$

$$X_m = \frac{1}{2} \times L \quad Y_m = \frac{1}{2} \times \frac{\Delta i}{L} \times X^2$$

Besar jari-jari minimum dari lengkung vertikal tergantung pada besar kecepatan rencana seperti ada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Jari-jari minimum lengkung vertikal (Rv)

Kecepatan perancangan (km/jam)	Jari-jari minimum lengkung vertikal (m)
V < 90	6000
V > 90	8000

*Sumber: Peraturan Dinas Perkeretaapian
No. 10 (PD-10)*

Untuk lebih jelas mengenai langkah-langkah perhitungan perencanaan lengkung vertikal sebagaimana berikut :

- **Perhitungan elevasi trase eksisting**

Analisa diawali dengan membagi trase eksisting setiap 50 meter. Dari setiap potongan tersebut dicari elevasi trase dengan perhitungan perbandingan segitiga antar kontur dan trase. Untuk lebih jelas mengenai perhitungan dapat dilihat pada contoh perhitungan dibawah ini.

Contoh perhitungan elevasi trase :

Potongan pada titik STA 0+000.

Diketahui :

Elevasi kontur atas	= +10	m
Elevasi kontur bawah	= +5	m
Jarak antar kontur	= 283.780	m
Jarak titik ke kontur atas	= 198.000	m

Dari data diatas maka dapat dihitung dengan menggunakan metode interpolasi sebagaimana berikut :

$$\text{Titik STA} = kb + \frac{(ka - kb)}{\text{jarakkontur}} \times \text{jarak titik}$$

$$\text{Titik STA } 0+000 = 5 + \frac{(10-5)}{283.780} * (198.000) = 8.4886 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan elevasi trase yang bisa digunakan untuk merencanakan elevasi jalan rel . Untuk hasil perhitungan dapat dilihat sebagaimana pada Tabel 5.5.

• Perhitungan lengkung vertikal

Setelah perhitungan elevasi tanah, kemudian direncanakan elevasi dari jalan rel dan perhitungan lengkung vertikal. Untuk lebih jelas mengenai perhitungan dapat dilihat pada contoh perhitungan dibawah ini.

Contoh perhitungan lengkung vertikal :

Perencanaan lengkung vertikal pada STA 01+300



Gambar 5.6. Skema lengkung vertikal PV1(STA 1+300).

- $V_{\text{Rencana}} = 60 \text{ km/jam}$
 - $R_{\text{Lengkung}} = 6000 \text{ m}$
- $$L = 2 \times R_v \times \text{Tangen} \frac{1}{2} \times \Delta i$$

$$= 2 \times 6000 \times \text{Tangen} \frac{1}{2} \times (0,007)$$

$$= 42.85 \text{ m}$$

$$X_m = \frac{1}{2} \times L$$

$$= 0.5 \times 42.85 = 21.42 \text{ m}$$

$$Y_m = \frac{1}{2} \times \frac{\Delta i}{L} \times X^2$$

$$= 0.5 \times \frac{0.007}{42.85} \times 21.42^2$$

$$= 2.192$$

$$\text{Elevasi PLV} = \text{PPV} - (g_1 / 100) \times 0.5 \times L$$

$$= 8.00 - (0 / 100) \times 0.5 \times 42.857$$

$$= 8.00 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi PTV} = \text{PPV} - (g_2 / 100) \times 0.5 \times L$$

$$= 8.00 - (-0.714 / 100) \times 0.5 \times 42.857$$

$$= 7.847 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi PPV} = \text{PPV} - \frac{\Delta i \times L}{800}$$

$$= 8.00 - 0.038$$

$$= 7.962 \text{ m}$$

Hasil perhitungan keseluruhan lengkung vertikal dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Perhitungan elevasi trase

ST. 1	Manor Atas (m)	Manor Bawah (m)	Saluran (m)	Titik Titik Lokasi	Jarak Antar Manor	Saluran Trase (m)	Elevasi Titik Perantara	Elevasi Saluran (Elevasi Titik + Titik Saluran)	Elevasi Titik (Elevasi Saluran + Titik Saluran)	Elevasi Manor (Elevasi Titik + Titik Manor)	Elevasi Titik (Elevasi Titik + Titik Titik)	Indik. 1/1
0+ 0	10	5	5	100.000	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0+0
0+ 100	10	5	0	200.000	200.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0+100
0+ 200	10	5	5	300.000	300.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0+200
0+ 300	10	5	5	400.000	400.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0+300
0+ 400	10	5	5	500.000	500.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0+400
0+ 500	10	5	5	600.000	600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0+500
0+ 600	10	5	5	700.000	700.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0+600
0+ 700	10	5	5	800.000	800.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0+700
0+ 800	10	5	5	900.000	900.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0+800
0+ 900	10	5	5	1000.000	1000.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0+900
1+ 0	10	5	5	1100.000	1100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1+0
1+ 100	10	5	5	1200.000	1200.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1+100
1+ 200	10	5	5	1300.000	1300.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1+200
1+ 300	10	5	5	1400.000	1400.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1+300
1+ 400	10	5	5	1500.000	1500.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1+400
1+ 500	10	5	5	1600.000	1600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1+500
1+ 600	10	5	5	1700.000	1700.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1+600
1+ 700	10	5	5	1800.000	1800.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1+700
1+ 800	10	5	5	1900.000	1900.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1+800
1+ 900	10	5	5	2000.000	2000.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1+900
2+ 0	10	5	5	2100.000	2100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2+0
2+ 100	10	5	5	2200.000	2200.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2+100
2+ 200	10	5	5	2300.000	2300.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2+200
2+ 300	10	5	5	2400.000	2400.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2+300
2+ 400	10	5	5	2500.000	2500.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2+400
2+ 500	10	5	5	2600.000	2600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2+500
2+ 600	10	5	5	2700.000	2700.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2+600
2+ 700	10	5	5	2800.000	2800.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2+700
2+ 800	10	5	5	2900.000	2900.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2+800
2+ 900	10	5	5	3000.000	3000.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2+900
3+ 0	10	5	5	3100.000	3100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3+0
3+ 100	10	5	5	3200.000	3200.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3+100
3+ 200	10	5	5	3300.000	3300.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3+200
3+ 300	10	5	5	3400.000	3400.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3+300
3+ 400	10	5	5	3500.000	3500.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3+400
3+ 500	10	5	5	3600.000	3600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3+500
3+ 600	10	5	5	3700.000	3700.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3+600
3+ 700	10	5	5	3800.000	3800.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3+700
3+ 800	10	5	5	3900.000	3900.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3+800
3+ 900	10	5	5	4000.000	4000.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3+900

Sumber : Analisa data dan perhitungan

Tabel 5.5. Perhitungan elevasi trase (Lanjutan)

2-800	±	0	±	±	240.800	240.100	2.8750	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
2-700	±	0	±	±	230.800	230.100	2.8750	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
2-600	±	0	±	±	220.800	220.100	2.8754	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
2-500	±	0	±	±	210.800	209.100	2.8758	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-400	±	0	±	±	200.800	199.100	2.8762	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-300	±	0	±	±	190.800	189.100	2.8766	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-200	±	0	±	±	180.800	179.100	2.8770	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-100	±	0	±	±	170.800	169.100	2.8774	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-000	±	0	±	±	160.800	159.100	2.8778	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-900	±	0	±	±	150.800	149.100	2.8782	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-800	±	0	±	±	140.800	139.100	2.8786	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-700	±	0	±	±	130.800	129.100	2.8790	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-600	±	0	±	±	120.800	119.100	2.8794	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-500	±	0	±	±	110.800	109.100	2.8798	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-400	±	0	±	±	100.800	99.100	2.8802	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-300	±	0	±	±	90.800	89.100	2.8806	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-200	±	0	±	±	80.800	79.100	2.8810	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-100	±	0	±	±	70.800	69.100	2.8814	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
3-000	±	0	±	±	60.800	59.100	2.8818	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
4-900	±	0	±	±	50.800	49.100	2.8822	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
4-800	±	0	±	±	40.800	39.100	2.8826	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
4-700	±	0	±	±	30.800	29.100	2.8830	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
4-600	±	0	±	±	20.800	19.100	2.8834	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
4-500	±	0	±	±	10.800	9.100	2.8838	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI
4-400	±	0	±	±	0.800	-0.100	2.8842	2.0000	2.3000	2.4000	2.8000	2.9000	RAI

Sumber : Analisa data dan perhitungan

Tabel 5.5. Perhitungan elevasi trase (Lanjutan)

1	000	0	0	0	22945.531	22945.531	4.1138	4.1000	4.1000	4.2000	4.1100	0.0400	3.62
1	700	0	0	0	22935.531	22935.531	4.1138	4.1000	4.1000	4.2000	4.1100	0.0400	3.62
1	800	0	0	0	22925.531	22925.531	4.0408	4.1000	4.1000	4.2000	4.1100	0.0400	3.62
1	900	0	0	0	22915.531	22915.531	4.0223	4.1000	4.1000	4.2000	4.1100	0.0400	3.62
1	0	0	0	0	22914.231	22914.231	4.0201	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	100	0	0	0	22914.131	22914.131	4.0200	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	200	0	0	0	22914.031	22914.031	4.0199	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	300	0	0	0	22913.931	22913.931	4.0198	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	400	0	0	0	22913.831	22913.831	4.0197	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	500	0	0	0	22913.731	22913.731	4.0196	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	600	0	0	0	22913.631	22913.631	4.0195	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	700	0	0	0	22913.531	22913.531	4.0194	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	800	0	0	0	22913.431	22913.431	4.0193	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	900	0	0	0	22913.331	22913.331	4.0192	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	0	0	0	0	22913.231	22913.231	4.0191	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	100	0	0	0	22913.131	22913.131	4.0190	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	200	0	0	0	22913.031	22913.031	4.0189	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	300	0	0	0	22912.931	22912.931	4.0188	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	400	0	0	0	22912.831	22912.831	4.0187	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	500	0	0	0	22912.731	22912.731	4.0186	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	600	0	0	0	22912.631	22912.631	4.0185	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	700	0	0	0	22912.531	22912.531	4.0184	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	800	0	0	0	22912.431	22912.431	4.0183	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	900	0	0	0	22912.331	22912.331	4.0182	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62
1	0	0	0	0	22912.231	22912.231	4.0181	4.1000	4.1000	4.2000	4.1000	0.0400	3.62

Sumber : Analisa data dan perhitungan

Tabel 5.5. Perhitungan elevasi trase (Lanjutan)

[illegible]

Sumber : Analisa data dan perhitungan

Tabel 5.5. Perhitungan elevasi trase (Lanjutan)

15- 001	10	0	0	3110.001	4100.101	5110.101	6110.101	7110.101	8110.101	9110.101	0110.101	1110.101	2110.101
15- 002	10	0	0	3110.002	4100.102	5110.102	6110.102	7110.102	8110.102	9110.102	0110.102	1110.102	2110.102
15- 003	10	0	0	3110.003	4100.103	5110.103	6110.103	7110.103	8110.103	9110.103	0110.103	1110.103	2110.103
15- 004	10	0	0	3110.004	4100.104	5110.104	6110.104	7110.104	8110.104	9110.104	0110.104	1110.104	2110.104
15- 005	10	0	0	3110.005	4100.105	5110.105	6110.105	7110.105	8110.105	9110.105	0110.105	1110.105	2110.105
15- 006	10	0	0	3110.006	4100.106	5110.106	6110.106	7110.106	8110.106	9110.106	0110.106	1110.106	2110.106
15- 007	10	0	0	3110.007	4100.107	5110.107	6110.107	7110.107	8110.107	9110.107	0110.107	1110.107	2110.107
15- 008	10	0	0	3110.008	4100.108	5110.108	6110.108	7110.108	8110.108	9110.108	0110.108	1110.108	2110.108
15- 009	10	0	0	3110.009	4100.109	5110.109	6110.109	7110.109	8110.109	9110.109	0110.109	1110.109	2110.109
15- 010	10	0	0	3110.010	4100.110	5110.110	6110.110	7110.110	8110.110	9110.110	0110.110	1110.110	2110.110
15- 011	10	0	0	3110.011	4100.111	5110.111	6110.111	7110.111	8110.111	9110.111	0110.111	1110.111	2110.111
15- 012	10	0	0	3110.012	4100.112	5110.112	6110.112	7110.112	8110.112	9110.112	0110.112	1110.112	2110.112
15- 013	10	0	0	3110.013	4100.113	5110.113	6110.113	7110.113	8110.113	9110.113	0110.113	1110.113	2110.113
15- 014	10	0	0	3110.014	4100.114	5110.114	6110.114	7110.114	8110.114	9110.114	0110.114	1110.114	2110.114
15- 015	10	0	0	3110.015	4100.115	5110.115	6110.115	7110.115	8110.115	9110.115	0110.115	1110.115	2110.115
15- 016	10	0	0	3110.016	4100.116	5110.116	6110.116	7110.116	8110.116	9110.116	0110.116	1110.116	2110.116
15- 017	10	0	0	3110.017	4100.117	5110.117	6110.117	7110.117	8110.117	9110.117	0110.117	1110.117	2110.117
15- 018	10	0	0	3110.018	4100.118	5110.118	6110.118	7110.118	8110.118	9110.118	0110.118	1110.118	2110.118
15- 019	10	0	0	3110.019	4100.119	5110.119	6110.119	7110.119	8110.119	9110.119	0110.119	1110.119	2110.119
15- 020	10	0	0	3110.020	4100.120	5110.120	6110.120	7110.120	8110.120	9110.120	0110.120	1110.120	2110.120
15- 021	10	0	0	3110.021	4100.121	5110.121	6110.121	7110.121	8110.121	9110.121	0110.121	1110.121	2110.121
15- 022	10	0	0	3110.022	4100.122	5110.122	6110.122	7110.122	8110.122	9110.122	0110.122	1110.122	2110.122
15- 023	10	0	0	3110.023	4100.123	5110.123	6110.123	7110.123	8110.123	9110.123	0110.123	1110.123	2110.123
15- 024	10	0	0	3110.024	4100.124	5110.124	6110.124	7110.124	8110.124	9110.124	0110.124	1110.124	2110.124
15- 025	10	0	0	3110.025	4100.125	5110.125	6110.125	7110.125	8110.125	9110.125	0110.125	1110.125	2110.125
15- 026	10	0	0	3110.026	4100.126	5110.126	6110.126	7110.126	8110.126	9110.126	0110.126	1110.126	2110.126
15- 027	10	0	0	3110.027	4100.127	5110.127	6110.127	7110.127	8110.127	9110.127	0110.127	1110.127	2110.127
15- 028	10	0	0	3110.028	4100.128	5110.128	6110.128	7110.128	8110.128	9110.128	0110.128	1110.128	2110.128
15- 029	10	0	0	3110.029	4100.129	5110.129	6110.129	7110.129	8110.129	9110.129	0110.129	1110.129	2110.129
15- 030	10	0	0	3110.030	4100.130	5110.130	6110.130	7110.130	8110.130	9110.130	0110.130	1110.130	2110.130
15- 031	10	0	0	3110.031	4100.131	5110.131	6110.131	7110.131	8110.131	9110.131	0110.131	1110.131	2110.131
15- 032	10	0	0	3110.032	4100.132	5110.132	6110.132	7110.132	8110.132	9110.132	0110.132	1110.132	2110.132
15- 033	10	0	0	3110.033	4100.133	5110.133	6110.133	7110.133	8110.133	9110.133	0110.133	1110.133	2110.133
15- 034	10	0	0	3110.034	4100.134	5110.134	6110.134	7110.134	8110.134	9110.134	0110.134	1110.134	2110.134
15- 035	10	0	0	3110.035	4100.135	5110.135	6110.135	7110.135	8110.135	9110.135	0110.135	1110.135	2110.135
15- 036	10	0	0	3110.036	4100.136	5110.136	6110.136	7110.136	8110.136	9110.136	0110.136	1110.136	2110.136
15- 037	10	0	0	3110.037	4100.137	5110.137	6110.137	7110.137	8110.137	9110.137	0110.137	1110.137	2110.137
15- 038	10	0	0	3110.038	4100.138	5110.138	6110.138	7110.138	8110.138	9110.138	0110.138	1110.138	2110.138
15- 039	10	0	0	3110.039	4100.139	5110.139	6110.139	7110.139	8110.139	9110.139	0110.139	1110.139	2110.139
15- 040	10	0	0	3110.040	4100.140	5110.140	6110.140	7110.140	8110.140	9110.140	0110.140	1110.140	2110.140
15- 041	10	0	0	3110.041	4100.141	5110.141	6110.141	7110.141	8110.141	9110.141	0110.141	1110.141	2110.141
15- 042	10	0	0	3110.042	4100.142	5110.142	6110.142	7110.142	8110.142	9110.142	0110.142	1110.142	2110.142
15- 043	10	0	0	3110.043	4100.143	5110.143	6110.143	7110.143	8110.143	9110.143	0110.143	1110.143	2110.143
15- 044	10	0	0	3110.044	4100.144	5110.144	6110.144	7110.144	8110.144	9110.144	0110.144	1110.144	2110.144
15- 045	10	0	0	3110.045	4100.145	5110.145	6110.145	7110.145	8110.145	9110.145	0110.145	1110.145	2110.145
15- 046	10	0	0	3110.046	4100.146	5110.146	6110.146	7110.146	8110.146	9110.146	0110.146	1110.146	2110.146
15- 047	10	0	0	3110.047	4100.147	5110.147	6110.147	7110.147	8110.147	9110.147	0110.147	1110.147	2110.147
15- 048	10	0	0	3110.048	4100.148	5110.148	6110.148	7110.148	8110.148	9110.148	0110.148	1110.148	2110.148
15- 049	10	0	0	3110.049	4100.149	5110.149	6110.149	7110.149	8110.149	9110.149	0110.149	1110.149	2110.149
15- 050	10	0	0	3110.050	4100.150	5110.150	6110.150	7110.150	8110.150	9110.150	0110.150	1110.150	2110.150
15- 051	10	0	0	3110.051	4100.151	5110.151	6110.151	7110.151	8110.151	9110.151	0110.151	1110.151	2110.151
15- 052	10	0	0	3110.052	4100.152	5110.152	6110.152	7110.152	8110.152	9110.152	0110.152	1110.152	2110.152
15- 053	10	0	0	3110.053	4100.153	5110.153	6110.153	7110.153	8110.153	9110.153	0110.153	1110.153	2110.153
15- 054	10	0	0	3110.054	4100.154	5110.154	6110.154	7110.154	8110.154	9110.154	0110.154	1110.154	2110.154
15- 055	10	0	0	3110.055	4100.155	5110.155	6110.155	7110.155	8110.155	9110.155	0110.155	1110.155	2110.155
15- 056	10	0	0	3110.056	4100.156	5110.156	6110.156	7110.156	8110.156	9110.156	0110.156	1110.156	2110.156
15- 057	10	0	0	3110.057	4100.157	5110.157	6110.157	7110.157	8110.157	9110.157	0110.157	1110.157	2110.157
15- 058	10	0	0	3110.058	4100.158	5110.158	6110.158	7110.158	8110.158	9110.158	0110.158	1110.158	2110.158
15- 059	10	0	0	3110.059	4100.159	5110.159	6110.159	7110.159	8110.159	9110.159	0110.159	1110.159	2110.159
15- 060	10	0	0	3110.060	4100.160	5110.160	6110.160	7110.160	8110.160	9110.160	0110.160	1110.160	2110.160
15- 061	10	0	0	3110.061	4100.161	5110.161	6110.161	7110.161	8110.161	9110.161	0110.161	1110.161	2110.161
15- 062	10	0	0	3110.062	4100.162	5110.162	6110.162	7110.162	8110.162	9110.162	0110.162	1110.162	2110.162
15- 063	10	0	0	3110.063	4100.163	5110.163	6110.163	7110.163	8110.163	9110.163	0110.163	1110.163	2110.163
15- 064	10	0	0	3110.064	4100.164	5110.164	6110.164	7110.164	8110.164	9110.164	0110.164	1110.164	2110.164
15- 065	10	0	0	3110.065	4100.165	5110.165	6110.165	7110.165	8110.165	9110.165	0110.165	1110.165	2110.165
15- 066	10	0	0	3110.066	4100.166	5110.166	6110.166	7110.166	8110.166	9110.166	0110.166	1110.166	2110.166
15- 067	10	0	0	3110.067	4100.167	5110.167	6110.167	7110.167	8110.167	9110.167	0110.167	1110.167	2110.167
15- 068	10	0	0	3110.068	4100.168	5110.168	6110.168	7110.168	8110.168	9110.168	0110.168	1110.168	2110.168
15- 069	10	0	0	3110.069	4100.169	5110.169	6110.169	7110.169	8110.169	9110.169	0110.169	1110.169	2110.169
15- 070	10	0	0	3110.070	4100.170	5110.170	6110.170	7110.170	8110.170	9110.170	0110.170	1110.170	2110.170
15- 071	10	0	0	3110.071	4100.171	5110.171	6110.171	7110.171	8110.171	9110.171	0110.171	1110.171	2110.171
15- 072	10	0	0	3110.072	4100.172	5110.172	6110.172	7110.172	8110.172	9110.172	0110.172	1110.172	2110.172
15- 073	10	0	0	3110.073	4100.173	5110.173	6110.173	7110.173	8110.173	9110.173	0110.173	1110.173	2110.173
15- 074	10	0	0	3110.074	4100.174	5110.174	6110.174	7110.174	8110.174	9110.174	0110.174	1110.174	2110.174
15- 075	10	0	0	3110.075	4100.175	5110.175	6110.175	7110.175	8110.175	9110.175	0110.175	1110.175	2110.175
15-													

Sumber : Analisa data dan perhitungan

Tabel 5.6. Perhitungan Alinyemen Vertikal

Parameter	PPV1	PPV2	PPV3	PPV4	PPV5	PPV6	PPV7	PPV8	PPV9
STA	1+300	2+000	3+100	4+500	5+500	6+000	8-500	10-000	12-000
Elevasi PPV	8.000	3.000	3.000	5.600	5.600	4.000	4.000	12.000	8.000
g1 (%)	0.000	-0.714	0.000	0.257	0.000	-0.320	0.000	0.533	-0.200
g2 (%)	-0.714	0.000	0.257	0.000	-0.320	0.000	0.533	-0.200	0.073
Δi (%)	0.714	-0.714	-0.257	0.257	0.320	-0.320	-0.533	0.733	-0.273
Δi	0.409	-0.409	-0.147	0.147	0.183	-0.183	-0.306	0.420	-0.155
	0.007	-0.007	-0.003	0.003	0.003	-0.003	-0.005	0.007	-0.003
Jenis Lengkung	Cembung	Cekung	Cekung	Cembung	Cembung	Cekung	Cekung	Cembung	Cekung
Vd (km/jam)	60	60	60	60	60	60	60	60	60
R Vertikal (m)	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
L	42.857	-42.857	-15.429	15.429	19.200	-19.200	-32.000	43.999	-16.364
Lv (m)	0.038	0.038	0.005	0.005	0.008	0.008	0.021	0.040	0.006
Elevasi PLV	8.000	2.847	3.000	5.580	5.600	3.969	1.000	11.883	7.984
Elevasi PTV	7.847	3.000	2.980	5.600	5.569	4.000	3.915	11.956	7.994
Elevasi PPV	7.962	2.962	2.995	5.595	5.592	3.992	3.979	11.960	7.994

Sumber : Analisa data dan perhitungan

5.2 Perencanaan Struktur Rel

Dalam perencanaan struktur jalan rel ini akan dibahas mengenai bagaimana desain rel yang digunakan. Terlebih dahulu direncanakan beban rel dalam 1 tahun (Ton), dengan data – data perencanaan di bawah ini

Operasional Railbus	: 15 jam/hari
Headway	: 10 menit
Beban Gandar	: 14 ton
Jumlah Gandar	: 8

Dalam 1 tahun rel menerima beban sebesar :

$$\text{Operasional railbus} \times 6 \times \text{beban gandar} \times \text{jumlah gandar} \times 360 = 3,6.10^6 \text{ ton}$$

Jadi, menurut peraturan PM no. 60 tahun 2012 rel railbus Gresik termasuk kelas jalan IV

Spesifikasi tipe rel yang digunakan dalam perencanaan trase jalan rel Kota Gresik adalah:

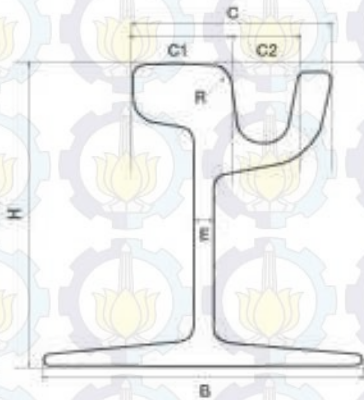
Tabel 5.7. Spesifikasi *groove rail*.

Type of rail	Standards	Dimensions (mm)							Weight
		H	B	C	C1	C2	E	R	Kg/m
60 R1	EN 14811	180	180	113	56	36	12	10	60.59
60 R2	EN 14812	180	180	113	55.8	36.3	12	13	59.74
55 R1	EN 14813	150	150	113	56	36	12	13	55.45
59 R1	EN 14814	180	180	113	56	42	12	10	58.97
59 R2	EN 14815	180	180	113	55.8	42.5	12	13	58.14
54 R2	EN 14816	152.5	151.5	115.6	56.2	41	13	13	54.25

Perencanaan jalan rel *railbus* dengan *groove rail* menggunakan tipe rel 54 R2, Spesifikasi sebagai berikut :

H	= 152.5	mm
B	= 151.5	mm
C	= 115.6	mm
C1	= 56.2	mm

$C2 = 41$ mm
 $E = 13$ mm
 $R = 13$ mm

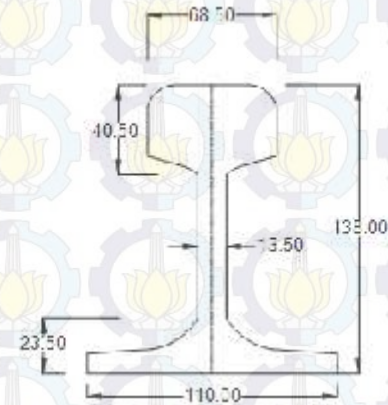


Gambar 5.7. Penampang groove rail.

Sumber: <http://www.arcelormittal.com>

Spesifikasi Rel R42

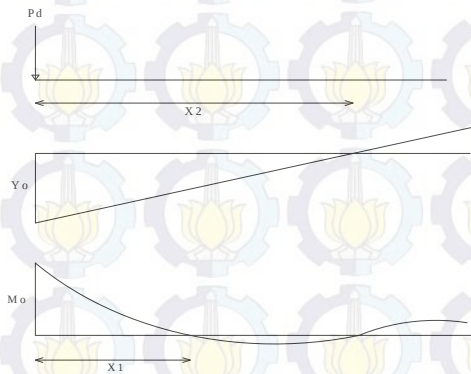
- Digunakan R 42 dengan,
 - Berat rel teoritis (W) : 42,59 kg/m
 - M inersia searah sumbu X (I_x) : 1,263 cm⁴
 - Luas penampang melintang (A) : 54,26 cm²
 - Tegangan ijin rel (σ) : 1325 kg/cm²
 - Modulus elastisitas : 2,1 x 10⁶ kg/cm²
- Passing ton tahunan : < 20 Juta Ton
- Beban gandar : 9 ton
- Lebar sepur : 1067 mm
- Jarak bantalan beton : 50 cm (max 60cm)
- Tebal balas dibawah bantalan : 25 cm (max 30cm)
- Lebar bahu balas : 50 cm
- Tipe penambat : Pandrol (EG)
- Sambungan : las ditempat



Gambar 5.8. Penampang rel R.42.

Sumber : Peraturan PD 10

Rel dianggap sebagai suatu balok tidak terhingga panjangnya, dengan beban terpusat dan ditumpu oleh struktur dengan modulus elastisitas jalan rel (k).



Gambar 5.9. Pemodelan pembebanan jalan rel.

Persamaan diambil dalam Winkler (1867)

$$Y = \frac{Pl}{2k} e^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \sin \lambda x)$$

$$M = \frac{P}{4l} e^{-\lambda x} (\cos \lambda x + \sin \lambda x)$$

dengan:

P_d : beban dinamis roda (ton)

k : modulus elastisitas jalan rel = 180 kg/cm²

λ : *damping factor* = $\sqrt[4]{k/(4EI)}$

I_x : momen inersia rel pada sumbu x-x.

E : modulus elastisitas rel = 2,1 x 10⁶ kg/cm²

$$M = 0 \text{ jika } \cos \lambda x_1 - \sin \lambda x_1 = 0$$

$$x_1 = \frac{p}{4h} = \frac{p}{4} \sqrt[4]{\frac{4EI}{k}}$$

M maksimum, jika $(\cos \lambda x_1 - \sin \lambda x_1) = 1$, maka

$$M_o = \frac{Pd}{4l}$$

Digunakan tipe rel R42 dengan kecepatan rencana 60 km/jam. Tekanan gandar 4 ton, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$V \text{ rencana} = 60 \text{ km/jam}$$

$$P_d = P + 0.01 \times P (V-5)$$

$$P_d = (4000 + 0.01 \times 4000 \times ((60/1.609) - 5)) \text{ kg} \\ = 5291.609 \text{ Kg}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4E.I_x}} = \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times 2.1 \times 10^6 \times 1263}} = 11.4129 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-4}$$

$$M_o = \frac{P_d}{4l} = \frac{5291.6 \text{ kg}}{4 \times 0.0114129 \text{ cm}^{-1}} = 115912.519 \text{ kg cm}$$

$$\sigma = \frac{Ml.y}{I_x}$$

Dimana:

- P : gaya statis roda (ton)
 V : kecepatan kereta api (mil/jam)
 σ : tegangan yang terjadi pada rel
 MI : $0,85 \times M_o$ (akibat super posisi beberapa gandar)
 Y : jarak tepi bawah rel ke garis netral
 I_x : momen inersia terhadap sumbu x-x

$$\sigma = \frac{Ml.y}{I_x} = \frac{0.85 * 115912.519 * 4.259}{1263}$$

$$\sigma = 332.24 \text{ kg/cm}^2 < \text{tegangan ijin rel } 1325 \text{ kg/cm}^2$$

...OK

5.2.1. Penambat Rel

Pada umumnya ada 2 macam sistem penambat elastis:

- penambat elastis tunggal.
- penambat elastis ganda,

Penambat elastik dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- Daya jepit yang dihasilkan sendiri. Termasuk jenis ini adalah Dorken, Pandrol dan DE Spring Clip
- Daya jepit dihasilkan oleh bantalan mur-baut atau tirpon.

pada tugas akhir ini penambat rel menggunakan jenis elastic tunggal yang berlaku untuk kelas jalan rel V, hal ini mengacu pada peraturan PM no. 60. Penambat yang ada di pasaran dalam negeri adalah E-clip rail fastening produksi PT. PINDAD, keunggulan pada penambat ini adalah :

- Komponen sedikit, sederhana, mudah pemasangannya serta bebas perawatan
- Gaya jepit tinggi/besar

- Dapat meredam getaran, mampu menahan beban longitudinal dan lateral serta beban gandar (axle load) serta memiliki anti vandal
- Dapat dipasang pada lengkung, perlintasan dan sambungan rail dan untuk berbagai type rail dan bantalan (beton, kayu & Baja)
- Dapat melindungi signal and tracking systems.

Desain penambat dapat dilihat pada gambar 5.10



Gambar 5.10. Penambat E clip PT. PINDAD

5.2.2. Pemasangan rel

Rel merupakan material yang dibuat dari logam yang dapat berubah panjangnya akibat perubahan suhu. Untuk menampung perubahan panjang rel ini maka pada sambungan rel perlu diberikan celah.

- a. Celah untuk rel standart dan rel pendek.

Untuk menghitung lebar celah pada rel pendek digunakan persamaan :

$$G = L \times \alpha \times (40-t) + 2$$

Keterangan :

L : panjang rel

α : koefisien muai rel

t : suhu pemasangan

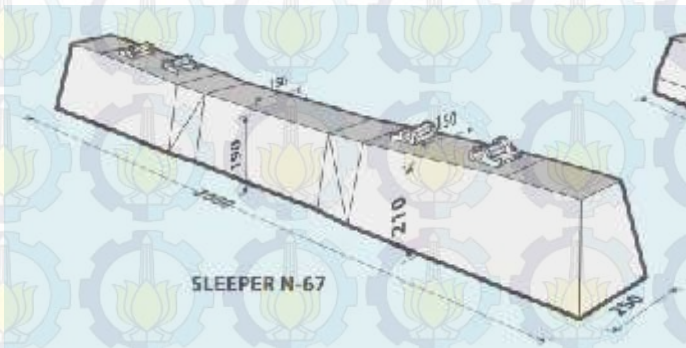
Untuk rel dengan panjang 25 m lebar celah pada pemasangan pada suhu 30°C dihitung sebagai berikut:

$$G = 13000 \times 1,2 \times 10^{-5} \times (40-22) + 2 \\ = 4.81 \text{ mm}$$

5.3 Perencanaan Bantalan

5.3.1. Data bantalan

Diambil data-data bantalan beton prategang spesifikasi WIKA dengan dimensi sebagaimana berikut:



Gambar 5.11. Dimensi bantalan beton.WIKA beton

Panjang bantalan = 2000 mm = 200 cm

Kekuatan material: f_c' = 600 kg/cm²

Kemampuan momen yang diijinkan:

- di bawah rel (positif) = 1500 kg m
- di bawah rel (negatif) = 750 kg m
- di tengah bantalan (positif) = 930 kg m
- di tengah bantalan (negatif) = 6600 kg m

5.3.2. Perhitungan bantalan

Perumusan diambil dalam Penjelasan Peraturan
Dinas no.10

Luas:

$$A_1 = 2 (1/2 \times 50 \times 210) + (150 \times 210) \\ = 42000 \text{ mm}^2 = 420 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 2 (1/2 \times 38 \times 190) + (150 \times 190) \\ = 35720 \text{ mm}^2 = 357,2 \text{ cm}^2$$

Inersia:

$$I_1 = 2 (1/12 \times 50 \times 210^3) + 1/12 \times 150 \times 210^3 \\ = 19293,75 \text{ cm}^4$$

$$I_2 = 2 (1/12 \times 38 \times 190^3) + 1/12 \times 150 \times 190^3 \\ = 12917,78 \text{ cm}^4$$

$$E = 6400 \sqrt{fc'} \\ = 6400 \sqrt{600} = 156767,343 \text{ kg/cm}^2$$

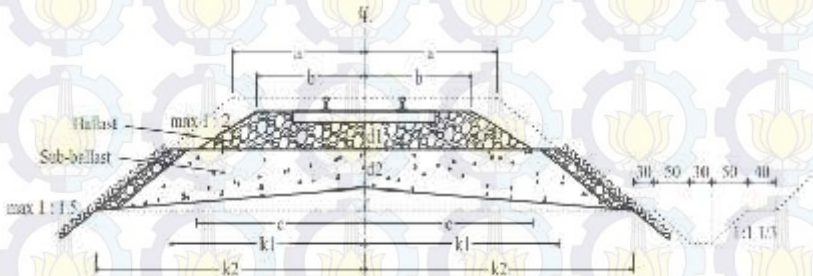
$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4 \cdot E \cdot I}} ; k = \text{modulus elastisitas rel} = 180 \text{ kg/cm}^2$$

Harga λ : - untuk daerah di bawah rel

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times 156767,34 \times 19239,75}} = 0,01104 \text{ cm}^{-1}$$

- untuk daerah di tengah bantalan

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times 156767,34 \times 12917,78}} = 0,0122 \text{ cm}^{-1}$$



Gambar 5.12. Analisis tegangan pada bantalan.

Momen pada daerah di bawah rel:

$$M_{c/d} = \frac{P_d}{4\lambda} 60\% \frac{1}{\sinh \lambda L + \sin \lambda L} [2 \cosh^2 \lambda a (\cos 2\lambda c + \cosh \lambda_L) - 2 \cos^2 \lambda a (\cosh 2\lambda c + \cos \lambda_L) - \sinh 2\lambda a (\sin 2\lambda c + \sinh \lambda_L) - \sin 2\lambda a (\sin 2\lambda c + \sin \lambda_L)]$$

$$= \frac{5291.6 \times 60\%}{4 \times 0.01104} \frac{1}{4.4976 + 0.803} [-2.232(1.833 + 4.607) - 1.641 (1.833 + 4.607) - 1.166 (0.937 + 4.497) - 0.838 (0.937 + 0.803)]$$

$$= 11201.4289 \text{ kg cm} < \text{Momen ijin} = 150000 \text{ kg cm}$$

...OK

Momen pada daerah tengah bantalan:

$$M_o = -\frac{P_d}{2\lambda} 60\% \frac{1}{\sinh \lambda L + \sin \lambda L} [\sinh \lambda c (\sin \lambda c + \sin \lambda (L-c)) + \sin \lambda c (\sinh \lambda c + \sinh \lambda (L-c)) + \cosh \lambda c \cos \lambda (L-c) - \cos \lambda c \cosh \lambda (L-c)]$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{-5291.6 \times 60\%}{2 \times 0.0122} \times \frac{1}{5.703 + 0.644} [0.723 (0.622 + 0.98) + 0.622 (0.723 + 2.851) + (1.234 \times -0.198) - (0.782 \times 3.021)] \\
 &= -183273.95 \text{ kg cm} < \text{Momen ijin} = 66000 \text{ kg cm} \\
 &\dots\text{OK}
 \end{aligned}$$

5.3.3. Penentuan jarak bantalan

Beban gandar untuk moda transportasi *railbus* yaitu sebesar 8 ton, jadi beban roda: 4 ton. Penentuan jarak antar bantalan berdasarkan peraturan PD 10 yaitu tiap 60 cm. Tipe balas yang digunakan adalah batu krakak.

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{M \max}{0.25P} \times \frac{4k + 10}{8k + 7} \\
 L \text{ direncanakan} &= 60 \text{ cm} = 2a, \text{ jadi } a = 30 \text{ cm} \\
 B &= \frac{6EI}{a^3} \\
 &= \frac{6 \times 2.1 \times 10^6 \times 1263 \text{ cm}^4}{(30 \text{ cm})^3} \\
 &= 589400 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 2 \times 60 \text{ cm} \times (0.5 \times 200 \text{ cm}) \\
 &= 12000 \text{ cm}^2 \\
 D &= 0.5 \times 0.95 \times 12000 \times 8 \\
 &= 45600 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Keterangan :

L = jarak antar bantalan

P = beban roda

σ = tegangan ijin rel = 1325 kg/cm^2

B = koefisien lentur rel

D = koefisien bantalan

D = $0,5 \times 0,90 \times A \times C$ (untuk gauge 1435 mm)

D = $0,5 \times 0,95 \times A \times C$ (untuk gauge 1067 mm)

D = $0,5 \times 1,00 \times A \times C$ (untuk gauge 600 mm)

C koef.balas $\rightarrow$ pasir = 3; kerikil = 5; kricak = 8

A = luas bidang pikul bantalan

= 2 perletakan x lebar bantalan x 0,5 panjang

bantalan

$$k = \frac{B}{D}$$

$$= \frac{589400}{45600}$$

$$= 12.925 \text{ kg/cm}^2$$

$$M = \frac{8k + 7}{4k + 10} * 0,25 * P * L$$

$$= \frac{(8 * 12.925 + 7)}{(4 * 12.925 + 10)} * 0,25 * 4000 * 60$$

$$= 107552.674 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{I_x}{y} = \frac{1263}{6.85} = 184.4 \text{ cm}^3$$

$$\sigma \text{ ijin} \geq \frac{M}{W}$$

$$\geq \frac{107552.674 \text{ kgcm}}{184.4 \text{ cm}^3}$$

$$\frac{M}{W} = 583.257 \text{ kg/cm}^2 \leq \sigma \text{ ijin} = 2000 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK}$$

Dengan demikian pemakaian rel R42 dengan jarak bantalan 60 cm dan bahan balas batu kricak dapat digunakan untuk revitalisasi jalan rel *railbus* Kota Gresik.

5.4 Perencanaan balas

Balas merupakan terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu-lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentuknya harus baik. Berdasarkan Penjelasan Peraturan Dinas no.10 lapisan balas dibagi menjadi:

Lapisan balas atas

Tebal balas atas terdiri dari batu pecah yang keras dengan bersudut tajam. Lapisan ini harus dapat meneruskan air dengan baik. Tebal balas atas dirumuskan sebagai berikut:

Menurut Wahyudi (2003) dirumuskan sebagai berikut:

$$D_b = \frac{S - w}{2}$$

D_b = tebal ballas minimum

S = jarak bantalan

w = lebar bantalan

Dari data perhitungan diperoleh jarak bantalan (S) adalah 60 cm dan lebar bantalan (w) adalah 20 cm maka tebal ballas adalah.

$$\begin{aligned} D_b &= \frac{S - w}{2} \\ &= \frac{60 - 20}{2} \end{aligned}$$

= 17.5 cm (Ballas minimum)

Menurut peraturan PM 60 tebal ballast diperoleh dari tabel 5.8

Tabel 5.8. Tebal Balas Menurut Kelas Jalan

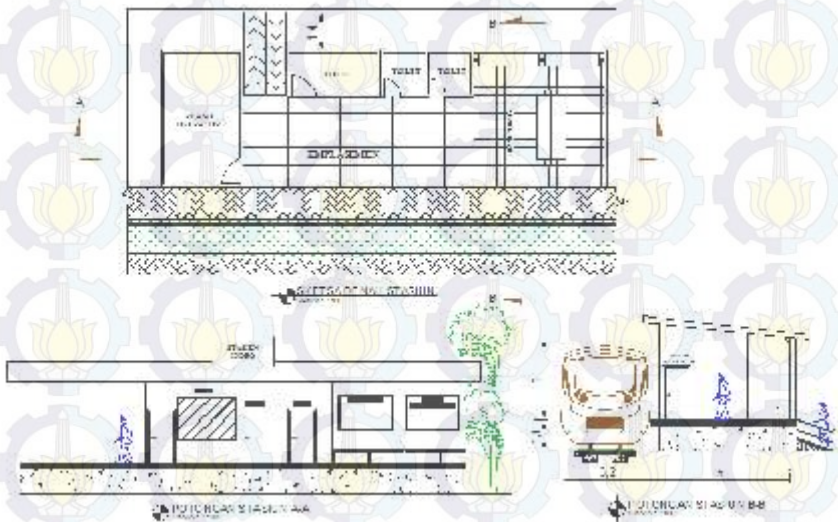
Kelas Jalan	Jaya Angkur Lantai (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rod	Jenis Bantalan Jarak antar sumbu bantalan (cm)	Jenis Penambal	Tebal Datas Atas (mm)	Lebar Datar Datas (mm)
I	$> 20.10^6$	120	10	R.60/R.54	Beton 50	Elastir Ganda	30	60
II	$10.10^6 - 20.10^6$	110	18	R.54/R.42	Ulatu/Kayu 50	Elastir Ganda	30	50
III	$5.10^6 - 10.10^6$	100	10	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 50	Elastir Ganda	30	40
IV	$2.5.10^6 - 5.10^6$	80	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 50	Elastir Ganda/Tu	30	40
V	$< 2.5.10^6$	80	18	R.42	Kayu/Baja 50	Elastir Tunggal	25	35

Dari data perhitungan sebelumnya direncanakan rencana V 60 km/jam, bantalan beton dengan panjang 2,00 m, axle load 9 ton, dengan tonase per tahun $< 3,6.10^6$ termasuk kelas jalan IV maka didapat tebal balas atas 25 cm

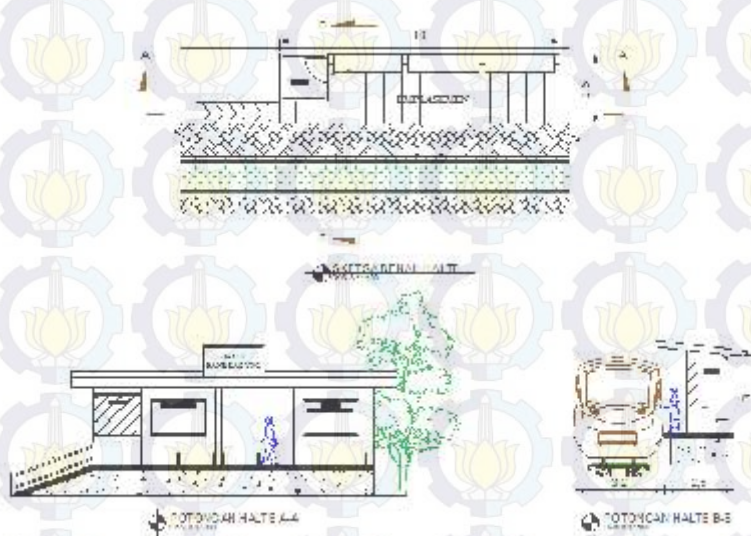
5.5 Penentuan Tempat Henti (*Shelter*)

Tempat henti (*shelter*) sangatlah dibutuhkan dalam sebuah perencanaan desain jalan rel, Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah dalam mendistribusikan penumpang / barang dari tempat asal ke tempat tujuan yang di inginkan. Dalam perencanaannya, *shelter* ini harus di desain dengan mempertimbangkan beberapa hal yang dimana penempatan harus diatur sesuai dengan kebutuhan. Pada trase jalan rel ini terdapat 2 macam shelter yaitu halte dan stasiun.

Desain Stasiun dan Halte mengacu pada peraturan PM no. 29 tahun 2011 tentang persyaratan teknis bangunan stasiun, desain halte dapat dilihat pada gambar 5.13, dan desain stasiun dapat dilihat pada gambar 5.14.



Gambar 5.13.Desain Stasiun
Sumber : Dokumentasi Penulis



Gambar 5.14. Desain Halte
Sumber : Dokumentasi Penulis

Dalam tugas akhir ini pemilihan letak *shelter* berdasarkan zona keramaian di Kota Gresik. Berikut adalah shelter yang dibagi pada trase jalan rel eksisting, trase jalan rel PT. PETROKIMIA, dan trase jalan rel baru.

1. Trase Jalan rel eksisting
 - Stasiun Indro
 - Stasiun Kebungson
 - Stasiun Soemari
 - Halte Sukomulyo
2. Trase Jalan rel PT. PETROKIMIA
 - Stasiun PT. PETROKIMIA
 - Halte Arif Rahman

3. Trase Jalan rel baru
 - Halte Randuagung
 - Halte GKB
 - Stasiun Romo

5.5.1. Stasiun dan Halte pada trase jalan rel eksisting

- Stasiun Indro



Gambar 5.15. Lokasi Stasiun Indro

Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 5.15 menjelaskan mengenai letak lokasi Stasiun Indro, lokasi stasiun ini berada di STA 0+000, kondisi stasiun saat ini masih bagus rel dan kelengkapan rel masih berfungsi dengan baik. Stasiun Indro direncanakan menjadi stasiun yang melayani penumpang yang akan ke kota Gresik dan yang akan menuju ke Surabaya.

- Stasiun Kebungson



Gambar 5.16. Lokasi Stasiun Kebungson

Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 5.16 menjelaskan mengenai letak Stasiun Kebungson yang berada di STA 3+900, lokasi stasiun ini dekat dengan sekolah dan Pasar Gresik yang menjadi pusat kota Gresik. Kondisi bangunan stasiun saat ini masih bagus tapi kondisi rel dan kelengkapan rel sudah rusak. Stasiun Kebungson direncanakan menjadi stasiun yang melayani penumpang yang akan ke kota Gresik dan yang akan menuju ke Surabaya.

- Halte Sukomulyo



Gambar 5.17. Lokasi Halte Sukomulyo
Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 5.17 menjelaskan mengenai rencana letak Halte Sukomulyo yang berada di STA 6+500, lokasi halte ini dekat dengan pemukiman penduduk dan kompleks pergudangan. Halte Sukomulyo direncanakan dibangun di bekas gudang dan menjadi halte yang melayani penumpang yang akan ke kota Gresik, ke Surabaya, dan ke Lamongan .

- Stasiun Soemari

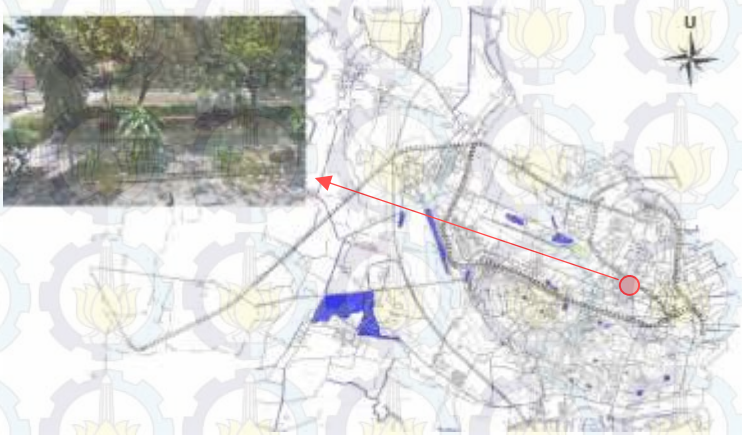


Gambar 5.18. Lokasi Stasiun Soemari
Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 5.18 menjelaskan mengenai letak Stasiun Sumari yang berada di STA 17+800, disekitar lokasi Stasiun ini berupa persawahan. Stasiun Sumari direncanakan menjadi Stasiun yang melayani penumpang dari lamongan ke Gresik dan sebaliknya, di stasiun ini trase jalan rel eksisting bertemu dengan jalan rel double track Bojonegoro – Kandangan.

5.5.2. Stasiun dan Halte pada trase jalan rel PT. PETROKIMIA

- Halte Arif Rahman



Gambar 5.19. Lokasi Halte Arif Rahman

Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 5.19 menjelaskan mengenai rencana letak Halte Arif Rahman yang berada di STA A 2+100, disekitar lokasi Stasiun ini terdapat kompleks sekolah, kantor dinas, hotel dan pemukiman penduduk. Halte Arif Rahman direncanakan dibangun di samping taman Jl. Arif Rahman dan menjadi halte yang melayani penumpang dari Kota Gresik ke pusat kota, Surabaya, dan Lamongan.

- Stasiun PT. PETROKIMIA



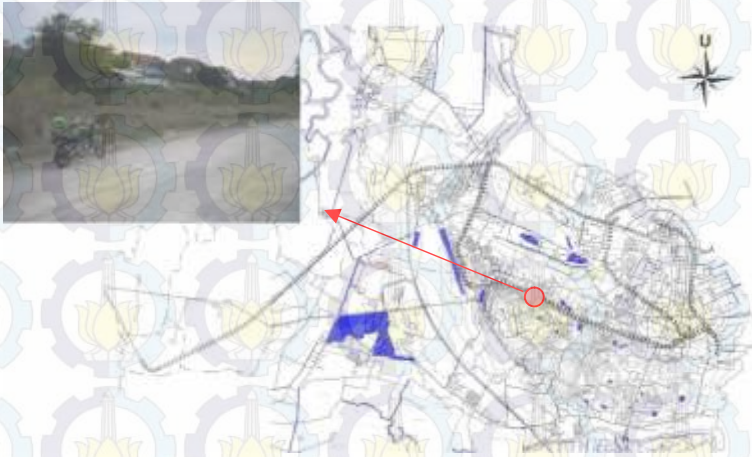
Gambar 5.20. Lokasi PT. PETROKIMIA

Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 5.20 menjelaskan mengenai rencana letak Stasiun PT. PETROKIMIA yang berada di STA A 4+300, lokasi Stasiun ini dekat dengan pemukiman penduduk dan kompleks pergudangan. Stasiun ini direncanakan dibangun di bekas gudang dan menjadi stasiun yang melayani penumpang yang akan ke kota Gresik, ke Surabaya, dan ke Lamongan

5.5.3. Stasiun dan Halte pada trase jalan rel baru

- Halte Randuagung

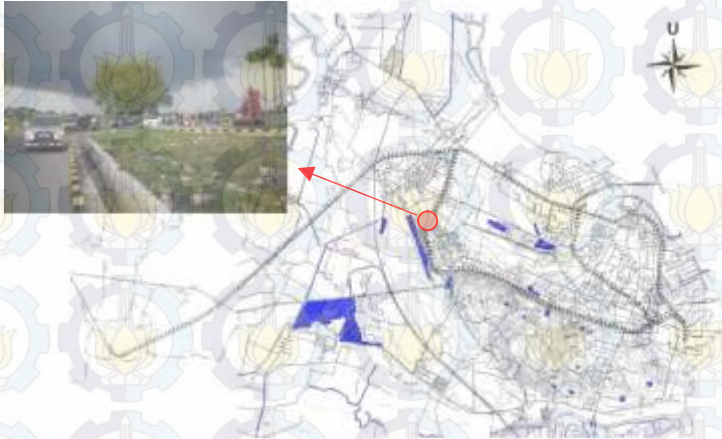


Gambar 5.21. Lokasi Halte Randuagung

Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 5.21 menjelaskan mengenai rencana letak Halte Randuagung yang berada di STA B 4+000, lokasi halte ini dekat dengan pemukiman penduduk, kantor dinas, dan berada di bekas jalur truk PT. SEMEN GRESIK. Halte ini direncanakan dibangun di lahan kosong dan akan menjadi halte yang melayani penumpang yang akan ke pusat kota Gresik, ke Surabaya, dan ke Lamongan.

- Halte GKB

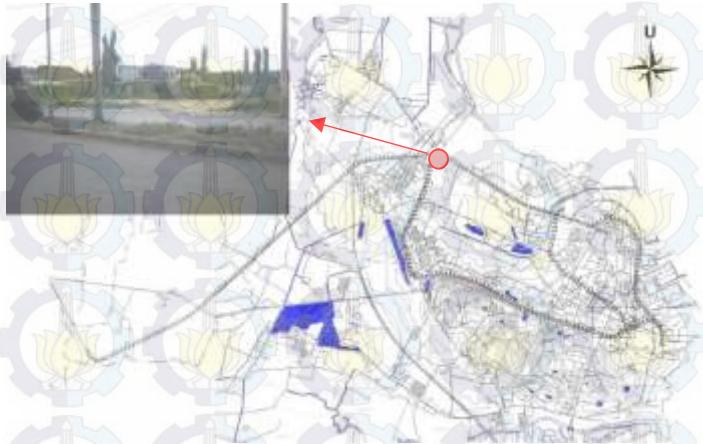


Gambar 5.22. Lokasi Halte GKB

Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 5.22 menjelaskan mengenai rencana letak Halte GKB yang berada di STA B 6+700, lokasi halte ini dekat dengan pemukiman penduduk, dan kompleks pertokoan besar. Halte ini direncanakan dibangun di lahan kosong Jl. Jawa GKB dan akan menjadi halte yang melayani penumpang yang akan ke pusat kota Gresik, ke Surabaya, dan ke Lamongan.

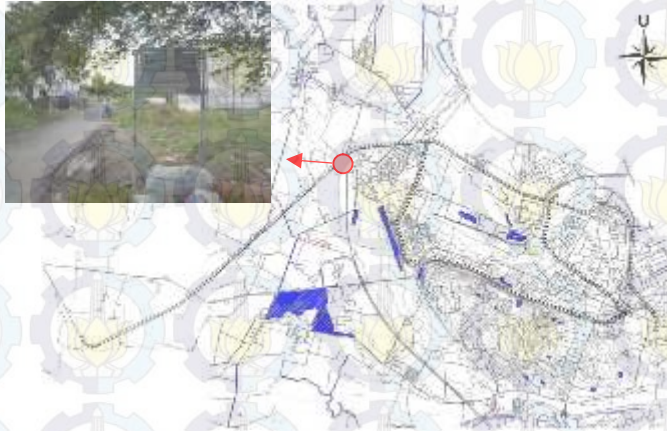
- Stasiun Romo



Gambar 5.23. Lokasi Stasiun Romo
Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 5.23 menjelaskan mengenai rencana letak Stasiun Romo yang berada di STA B 8+200, lokasi stasiun ini dekat dengan pemukiman penduduk, dan kompleks pertokoan besar. stasiun ini direncanakan dibangun di lahan kosong Jl. Kalimantan GKB.

- Halte Suci



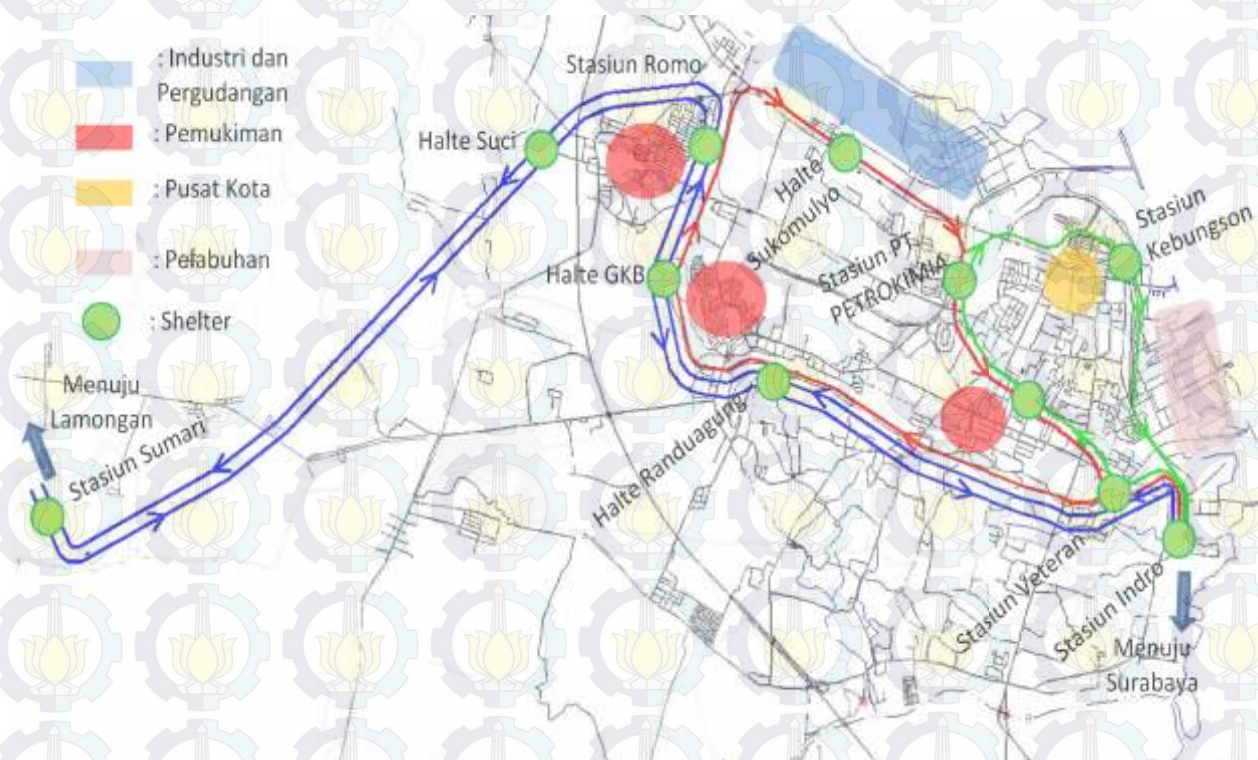
Gambar 5.24. Lokasi Halte Suci

Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 5.24 menjelaskan mengenai rencana letak Stasiun Romo yang berada di STA B 8+200, lokasi stasiun ini dekat dengan pemukiman penduduk, dan kompleks pertokoan besar. stasiun ini direncanakan dibangun di lahan kosong Jl. Kalimantan GKB.

5.6 Prakiraan Rute Pada Trase Jalan Rel Kota Gresik

Prakiraan rute pada tugas akhir ini didasarkan pada zona keramaian seperti pusat pemerintahan, tempat perbelanjaan, sekolah, dan pemukiman. Pada trase jalan rel Kota Gresik terdapat beberapa rute yang bisa disediakan, rute trase jalan rel dapat dilihat pada gambar 5.25



Gambar 5.25. Rute Pada Trase Railbus Gresik

Pada trase jalan rel Kota Gresik dapat dilalui 3 rute yang berbeda beda, rute yang direncanakan adalah rute double track Stasiun Indro – Stasiun Sumari, rute GKB, dan rute pusat kota

5.6.1 Rute Double Track Stasiun Indro – Stasiun Sumari

Rute ini melewati Stasiun Indro → Stasiun Veteran → Halte Randuagung → Halte GKB → Stasiun Romo → Stasiun Suci → Stasiun Sumari. Rute dapat dilihat pada gambar 5.26



Gambar 5.26. Rute Stasiun Indro – Stasiun Sumari

Rute ini akan melayani penumpang dari Kota Gresik menuju ke Lamongan, Bojonegoro, dan sekitarnya, atau sebaliknya. Kapasitas angkut railbus pada rute ini adalah sebagai berikut

Panjang railbus	: 34 m
Lebar Railbus	: 2.88 m
Luas	: 97.9 m
Jumlah tempat duduk	: 78 pnp
Jumlah penumpang berdiri	: 82 pnp

Total penumpang (Cv)	: 160 pnp
Panjang rute (LR)	: 18 km
	: 36 km (PP)
Kecepatan Operasi (V)	: 40 km/jam
Headway rencana (h)	: 10 menit
Frekuensi (f)	: 60 / h
	: 6 Kend/ jam
Jumlah Armada	: $\frac{LR}{V} \times \frac{60}{h}$
	: 5 Armada
Kapasitas Jalur (C)	: Cv x N x f
	: 160 x 1 x 6
	: 960 Penumpang/jam
Kapasitas Produksi	: C x V
	: 57600 pnp.Km/ jam

Dari perhitungan kapasitas yang telah dilakukan pada railbus rute Stasiun Indro – Stasiun Kebungson didapatkan hasil sebagai berikut

- Kapasitas Kendaraan : 160 Penumpang
- Kapasitas Lajur : 960 Penumpang / Jam
- Kapasitas Produksi : 57600 pnp.Km / Jam
- Jumlah Armada : 5 Railbus

5.6.2 Rute GKB

Rute ini melewati Stasiun Veteran → Halte Randuagung → Halte GKB → Stasiun Romo → Halte Sukomulyo → Stasiun PT. PETROKIMIA → Halte Arif Rahman . Rute dapat dilihat pada gambar 5.27



Gambar 5.27. Rute GKB

Rute ini akan melayani penumpang dari perumahan Randuagung, Perumahan GKB menuju ke pabrik, pusat kota, kompleks sekolah, dan ke Surabaya atau sebaliknya. Kapasitas angkut railbus pada rute ini adalah sebagai berikut

Panjang railbus	: 34 m
Lebar Railbus	: 2.88 m
Luas	: 97.9 m
Jumlah tempat duduk	: 78 pnp
Jumlah penumpang berdiri	: 82 pnp
Total penumpang (Cv)	: 160 pnp
Panjang rute (LR)	: 15.7 km
	: 31.4 km (PP)
Kecepatan Operasi (V)	: 40 km/jam
Headway rencana (h)	: 10 menit
Frequensi (f)	: 60 / h
	: 6 Kend/ jam

Jumlah Armada	$: \frac{LR}{V} \times \frac{60}{h}$
Kapasitas Jalur (C)	$: 5 \text{ Armada}$ $: C_v \times N \times f$ $: 160 \times 1 \times 6$ $: 960 \text{ Penumpang/jam}$
Kapasitas Produksi	$: C \times V$ $: 57600 \text{ pnp.Km/ jam}$

Dari perhitungan kapasitas yang telah dilakukan pada railbus rute GKB didapatkan hasil sebagai berikut

- Kapasitas Kendaraan : 160 Penumpang
- Kapasitas Lajur : 960 Penumpang / Jam
- Kapasitas Produksi : 57600 pnp.Km / Jam
- Jumlah Armada : 5 Railbus

5.6.3 Rute Pusat Kota

Rute ini melewati Stasiun Indro → Stasiun Veteran → Halte Arif Rahman → Stasiun PT. PETROKIMIA → Stasiun Kebungson. Rute dapat dilihat pada gambar 5.28.



Gambar 5.28. Rute Pusat Kota

Rute ini akan melayani penumpang dari pusat kota menuju pelabuhan, kompleks sekolah dan ke Surabaya atau sebaliknya. Kapasitas angkut railbus pada rute ini adalah sebagai berikut

Panjang railbus	: 34 m
Lebar Railbus	: 2.88 m
Luas	: 97.9 m
Jumlah tempat duduk	: 78 pnp
Jumlah penumpang berdiri	: 82 pnp
Total penumpang (Cv)	: 160 pnp
Panjang rute (LR)	: 9.2 km
	: 18.4 km (PP)
Kecepatan Operasi (V)	: 40 km/jam
Headway rencana (h)	: 10 menit
Frequensi (f)	: 60 / h
	: 6 Kend/ jam

Jumlah Armada	$: \frac{LR}{V} \times \frac{60}{h}$
Kapasitas Jalur (C)	$: 3 \text{ Armada}$ $: C_v \times N \times f$ $: 160 \times 1 \times 6$ $: 960 \text{ Penumpang/jam}$
Kapasitas Produksi	$: C \times V$ $: 57600 \text{ pnp.Km/ jam}$

Dari perhitungan kapasitas yang telah dilakukan pada railbus rute GKB didapatkan hasil sebagai berikut

- Kapasitas Kendaraan : 160 Penumpang
- Kapasitas Lajur : 960 Penumpang / Jam
- Kapasitas Produksi : 57600 pnp.Km / Jam
- Jumlah Armada : 3 Railbus

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi, panjang total trase ini didapatkan sepanjang 30.4 Km, dengan analisa dan perhitungan perencanaan trase *railbus* di kota Gresik didapatkan rincian sebagaimana berikut:

1. Melalui survei kondisi eksisting didapatkan kondisi lahan trase jalan rel, yaitu
 - a. Trase jalan rel eksisting
Kondisi bangunan stasiun Indro, dan Kebungson masih bagus, akan tetapi kondisi rel sudah tidak terlihat, jalur rel sudah beralih fungsi menjadi rumah dan jalur pipa gas
 - b. Trase jalan rel PT. PETROKIMIA
Kondisi rel masih bagus dan masih bisa digunakan
 - c. Trase jalan rel baru
Lokasi jalan rel sepanjang 6.5 KM adalah berupa bekas jalur truk PT. SEMEN GRESIK, dan lokasi jalan rel baru sepanjang 1.7 KM adalah jalan perumahan.
2. Desain geometri jalan *railbus* meliputi alinemen horizontal dan vertikal. Berikut adalah hasil dari analisa dan perhitungan lengkung horizontal dan vertikal :
 - Lengkung Horizontal
Didalam analisa dan perhitungan lengkung horizontal di dapatkan R minimum 150 m dan R maksimum 1500 m, dengan desain lengkung full circle dan lengkung SCS

- Lengkung Vertikal

Didalam analisa lengkung vertikal ada 14 lengkung yang mempunyai panjang bervariasi , dan didesain dengan jari – jari lengkung 6000 m.

3. Hasil analisa dan perhitungan struktur jalan *railbus* yang digunakan didapatkan rincian sebagai berikut :

- Tipe rel yang di gunakan R42 dan *groove rail*, semua jalan rel di tugas akhir ini menggunakan tipe rel R42, kecuali pada STA B 06+500 – STA B 08+266 karena pada lokasi ini jalan eksisting adalah jalan perumahan GKB

- Struktur jalan rel *railbus*

Passing ton tahunan	: < 20	Juta Ton
Beban gandar	: 8	ton
Lebar sepur	: 1067	mm
Panjang bantalan beton	: 200	cm
Tinggi bantalan beton	: 21	cm
Jarak antar bantalan beton	: 60	cm
Penambat	:E-clip rail fastening produksi PT. PINDAD	
Tebal balas atas	: 25	cm
Tebal balas bawah	: 20	cm

4. Pemilihan letak *shelter* berdasarkan zona keramaian di Kota Gresik. Berikut adalah shelter yang dibagi pada trase jalan rel eksisting, trase jalan rel PT. PETROKIMIA, dan trase jalan rel baru.

1. Trase Jalan rel eksisting

- Stasiun Indro
- Stasiun Kebungson
- Stasiun Soemari
- Halte Sukomulyo

- Halte Suci
- 2. Trase Jalan rel PT. PETROKIMIA
 - Stasiun PT. PETROKIMIA
 - Stasiun Veteran
 - Halte Arif Rahman
- 3. Trase Jalan rel baru
 - Halte Randuagung
 - Halte GKB
 - Stasiun Romo
- 5. Direncanakan 3 rute yang melewati trase ini yaitu:
 1. Rute double track stasiun Indro – Stasiun Sumari
 Rute ini melewati Stasiun Indro → Stasiun Veteran → Halte Randuagung → Halte GKB → Stasiun Romo → Stasiun Suci → Stasiun Sumari.
 Dengan kapasitas angkut sebagai berikut :
 - Kapasitas Kendaraan : 160 Penumpang
 - Kapasitas Lajur : 960 Penumpang / Jam
 - Kapasitas Produksi : 57600 pnp.Km / Jam
 - Jumlah Armada : 5 Railbus
 2. Rute GKB
 Rute ini melewati Stasiun Veteran → Halte Randuagung → Halte GKB → Stasiun Romo → Halte Sukomulyo → Stasiun PT. PETROKIMIA → Halte Arif Rahman.
 Dengan kapasitas angkut sebagai berikut :
 - Kapasitas Kendaraan : 160 Penumpang
 - Kapasitas Lajur : 960 Penumpang / Jam
 - Kapasitas Produksi : 57600 pnp.Km / Jam
 - Jumlah Armada : 5 Railbus
 3. Rute Pusat Kota
 Rute ini melewati Stasiun Indro → Stasiun Veteran → Halte Arif Rahman → Stasiun PT. PETROKIMIA → Stasiun Kebungson.
 Dengan kapasitas angkut sebagai berikut :

- Kapasitas Kendaraan : 160 Penumpang
- Kapasitas Lajur : 960 Penumpang / Jam
- Kapasitas Produksi : 57600 pnp.Km / Jam
- Jumlah Armada : 3 Railbus

6.2. Saran

Demi kesempurnaan dari penulisan laporan Tugas Akhir ini, Penulis mencoba memberikan saran-saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir kedepannya. Adapun saran-saran tersebut sebagaimana berikut:

1. Untuk membantu mengurangi masalah transportasi di kota Gresik perencanaan jalur transporasi massal *railbus* ini perlu menjadi pertimbangan untuk diterapkan.
2. Pada perencanaan geometri, alinemen horizontal dibuat seminim mungkin dan menggunakan jari – jari lengkung yang besar, hal ini dilakukan untuk memberikan rasa nyaman pada penumpang
3. Dalam pemilihan lokasi trase diharapkan tidak melalui lahan yang sudah dimanfaatkan penduduk, hal ini diharapkan agar menghemat biaya pembangunan dan menghindari masalah sosial
4. Pemilihan struktur jalan rel hendaknya mempertimbangkan kesediaan material yang terdapat di lokasi sekitar
5. Penentuan shelter sebaiknya berada di pusat keramaian ditambah adanya fasilitas parkir dan ketersediaan angkutan umum lainnya yang bisa diintegrasikan dengan moda transportasi railbus

DAFTAR PUSTAKA

PJKA 1986. *Peraturan Dinas No.10 Tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel*

PJKA 2012. *Peraturan Dinas No.60 Tahun 2012 Tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel*

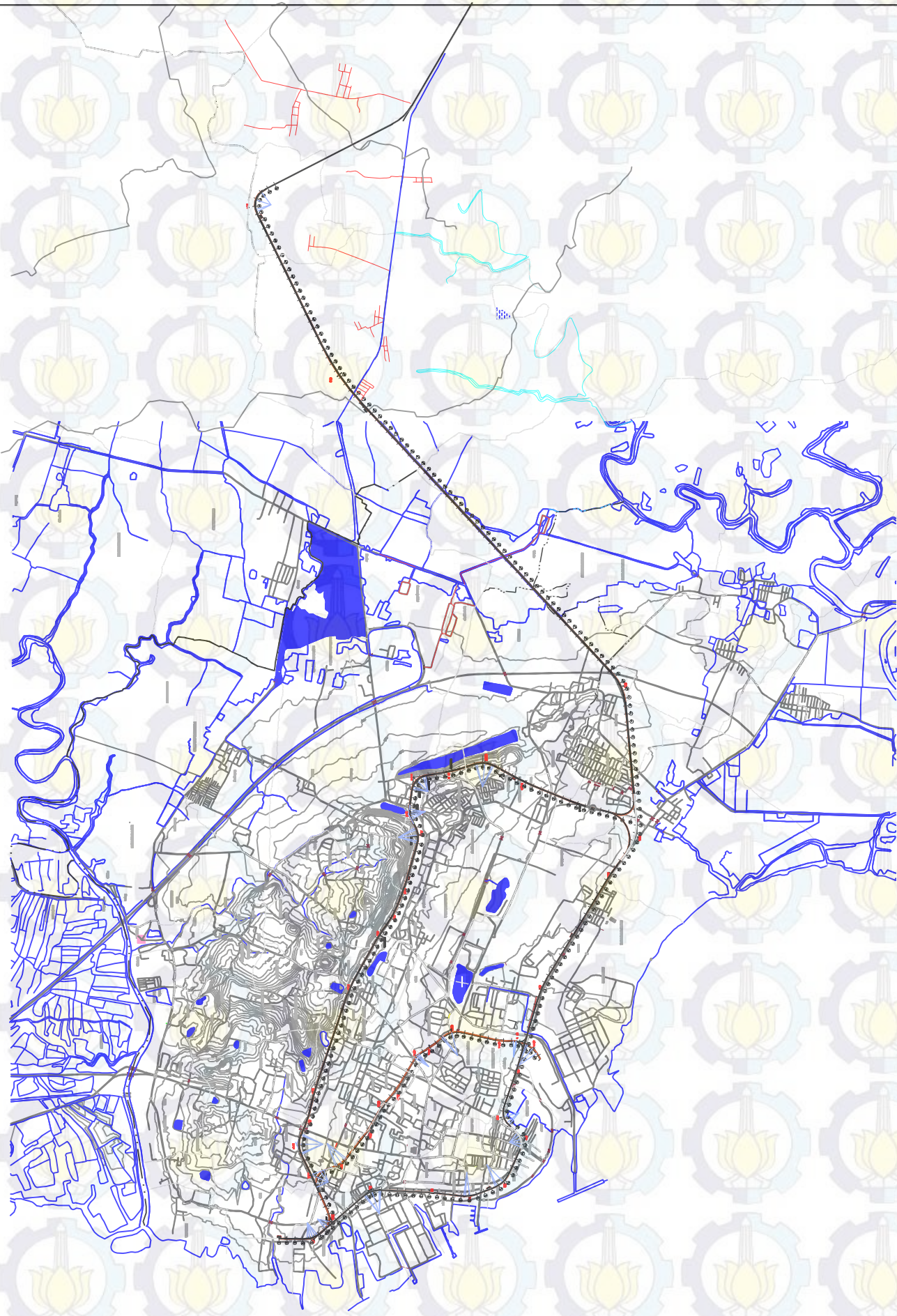
Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik Tahun 2013. *Gresik Dalam Angka 2013*

Prastyanto C.A. 2001. *Modul Mata Kuliah Rekayasa Jalan Raya*. Jurusan Teknik Sipil ITS. Surabaya

PT. Kereta Api Indonesia (Persero) Tahun 2012. *Pedoman Standarisasi Stasiun Kereta Api*

Vuchic, V.R., 1981. *Urban Public Transportation Systems and Technology* Prentice -Hall New Jersey

Wahyudi, H. 1985. *Jalan Kereta Api (Struktur dan Geometrik Jalan Rel)*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil-FTSP ITS



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

Dosen Pembimbing :

Ir. Wahyu Herjanto, MT.

Mahasiswa :

Zulfah Nur Rahmen
3112100035

Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN TRASE
RAILBUS DI KOTA
GRESIK

Keterangan :

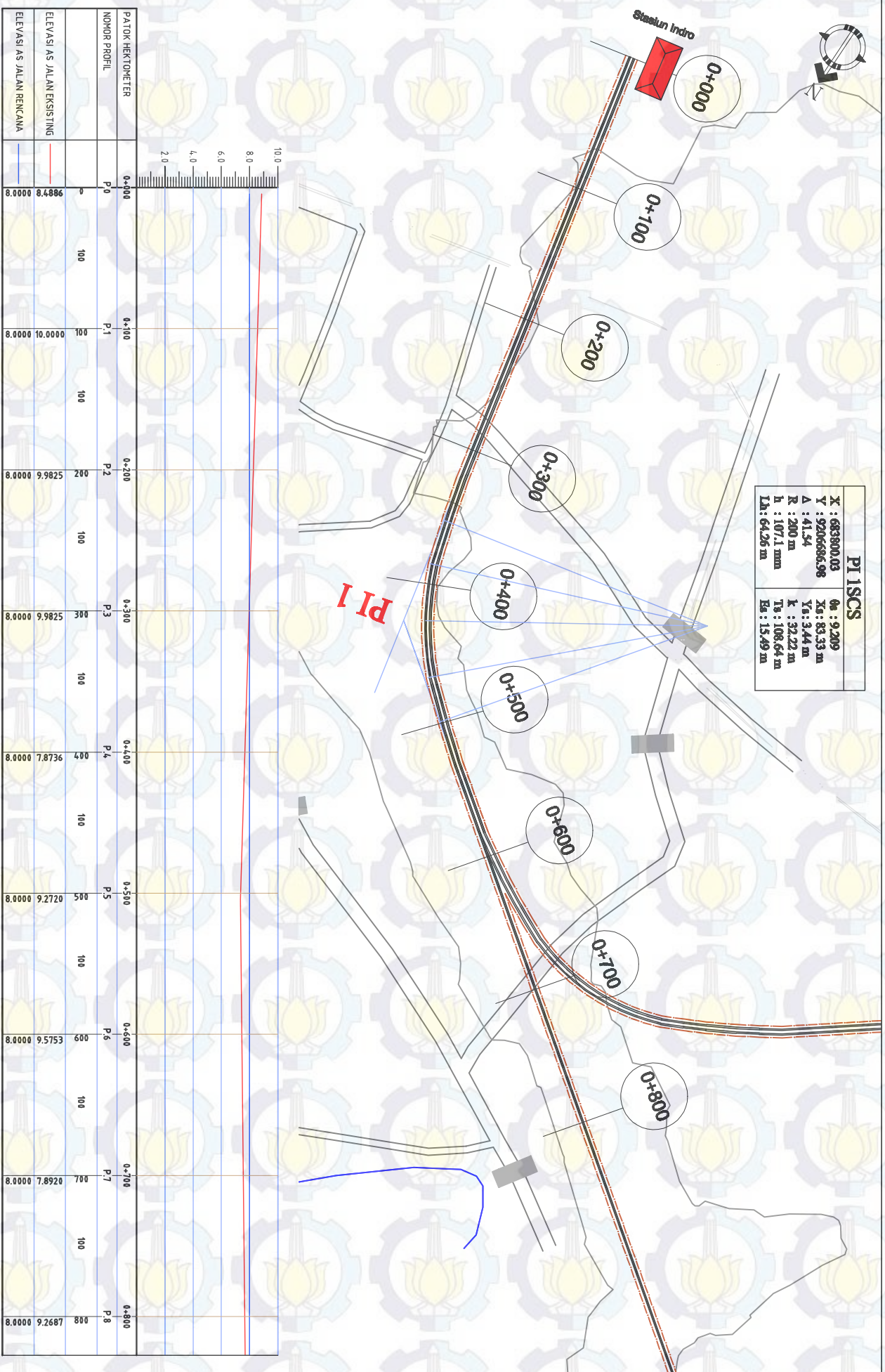
Judul Gambar :

LAYOUT TRASE
RAILBUS GRESIK

No. Gambar :

1

PI 1SCS			
X : 683900.03	06 : 9.209	Xs : 83.33 m	
Y : 920686.98		Ys : 344 m	
A : 41.54		k : 32.22 m	
R : 200 m		Ts : 108.64 m	
h : 107.1 mm		Ea : 15.49 m	
Lh : 64.26 m			



JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

DOSEN PEMBIMBING :

Ir. Wahyu Herjanto, MT.

MAYARISMA :

Zulhid Nur Rahman
3112100035

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN TRASE
RAILBUS DI KOTA
GRESIK

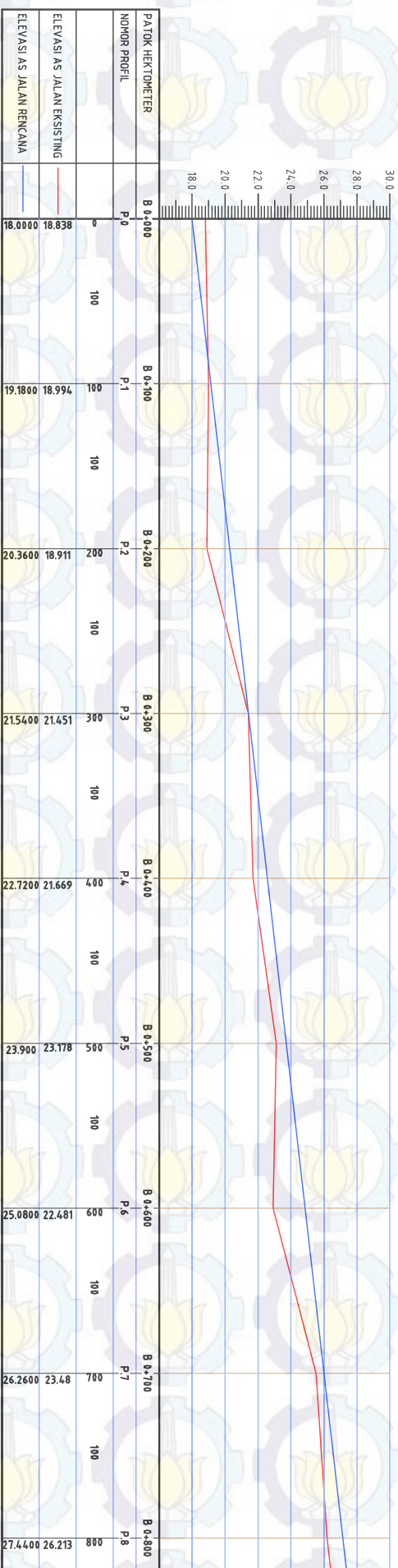
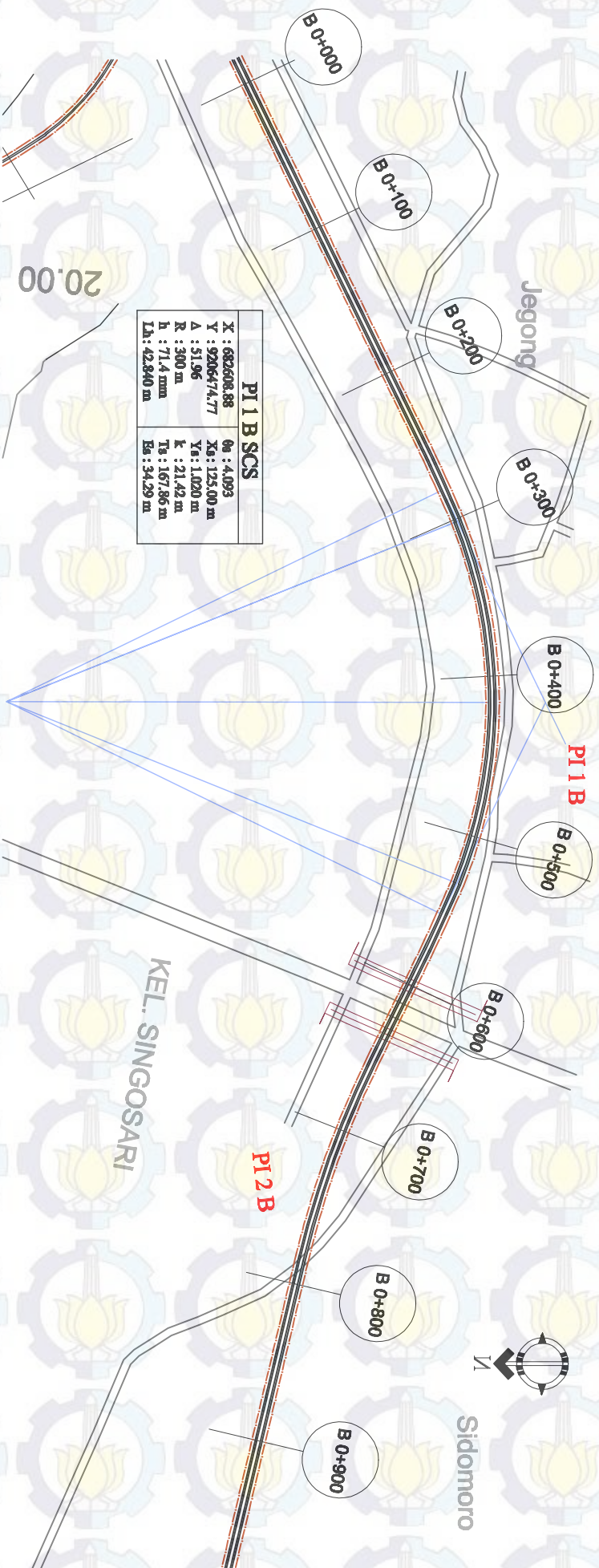
KETERANGAN :

JUDUL GAMBAR :

PLAN & PROFIL

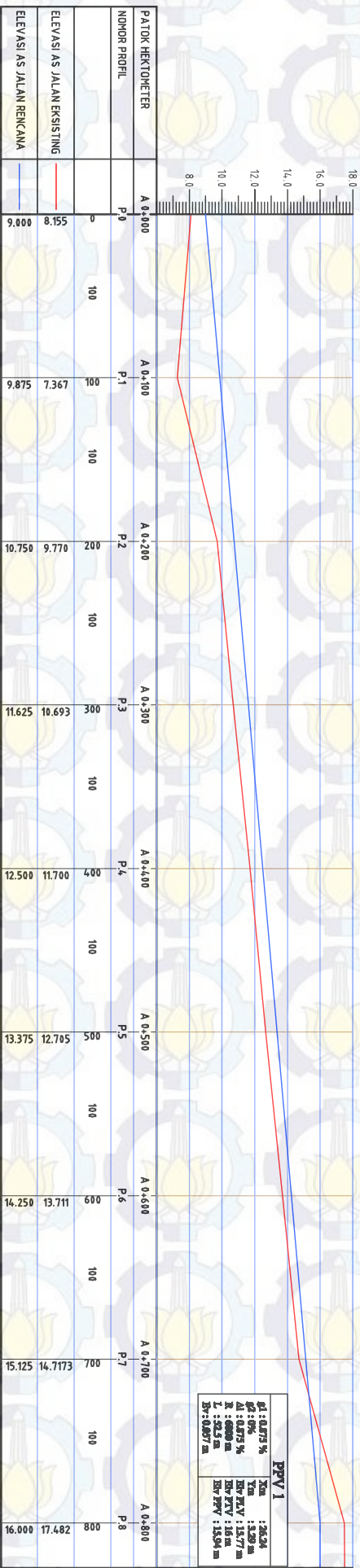
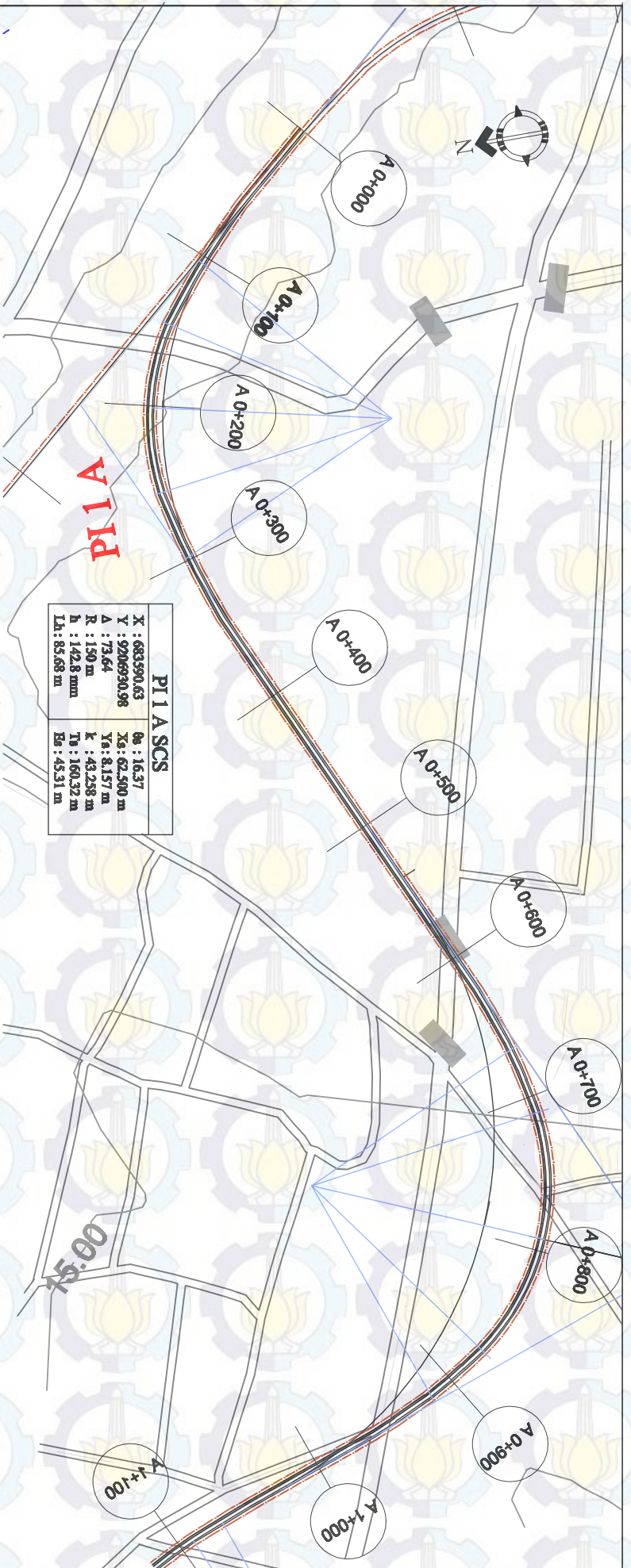
NO. GAMBAR :

2



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

DOKUMEN PERENCANAAN :	DESAIN PERENCANAAN :	REVISI :	REVISI :	REVISI :
Ir. Wahyu Herjanto, MT.	Zulfah Nur Rahmen 3112100035	PERENCANAAN TRASE RAILBUS DI KOTA GRESIK	KETERANGAN :	JUDUL GAMBAR :
				PLAN & PROFIL
				NO. GAMBAR :
				30



JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

DOSEN PEMBIMBING :
Ir. Wahyu Herjanto, MT.

MASUKAN :
Zulfikri Nur Rahman
3112100035

JUDUL TUGAS AKHIR :
PERENCANAAN TRASE
RAILBUS DI KOTA
GRESIK

KETERANGAN :

JUDUL GAMBAR :
PLAN & PROFIL

NO. GAMBAR :
24

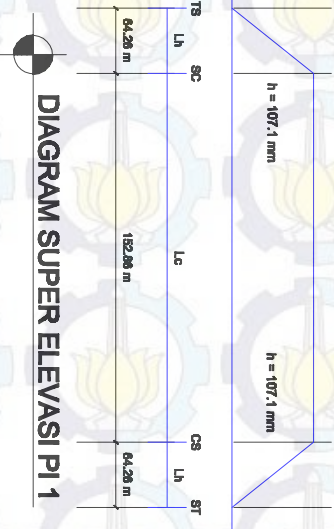
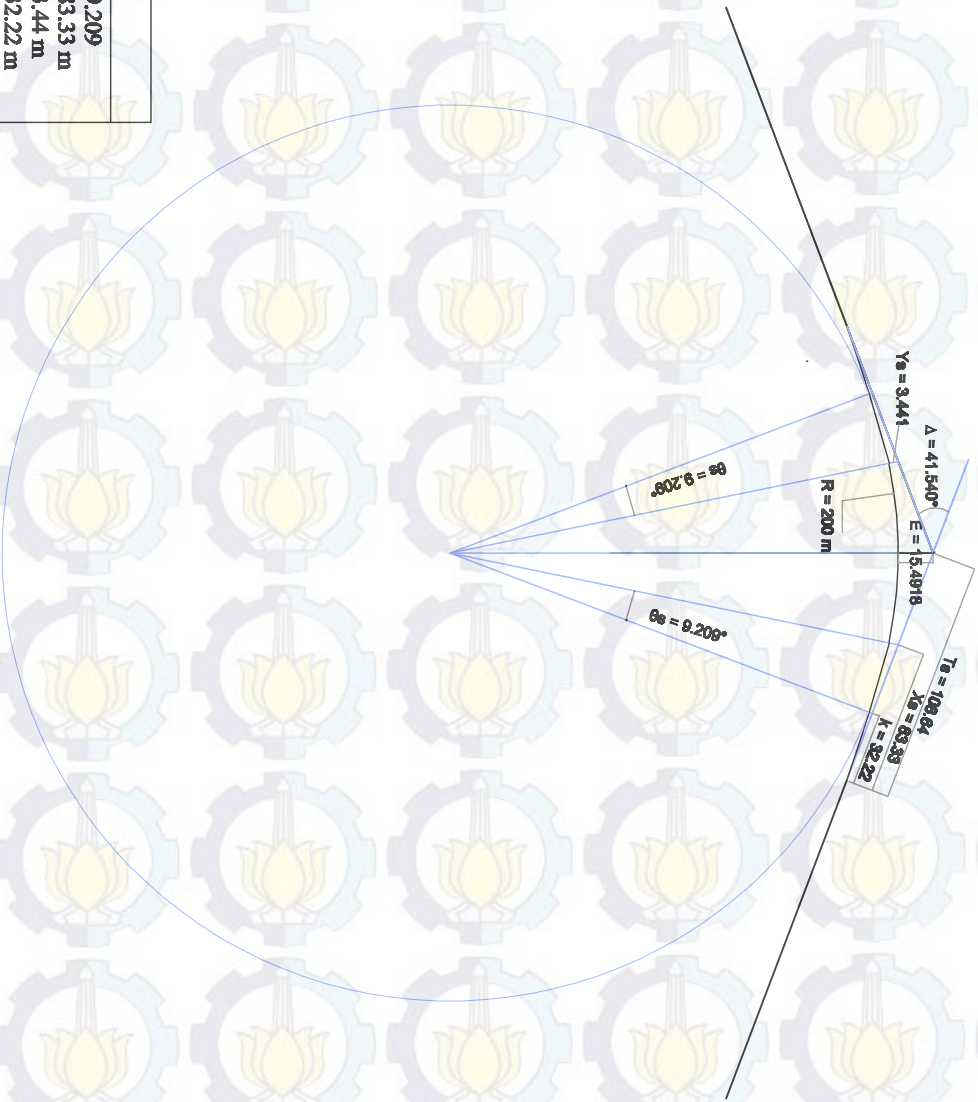


DIAGRAM SUPER ELEVASI PI 1

PI 1SCS	
X : 683800.03	θs : 9.209
Y : 9206686.98	Xs : 83.33 m
Δ : 41.54	Ys : 3.44 m
R : 200 m	k : 32.22 m
h : 107.1 mm	Ts : 108.64 m
Lh : 64.26 m	Es : 13.49 m



LENGKUNG SCS PI 1



JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

DOKUMEN PERENCANAAN :

Ir. Widyut Herjanto, MT.

MUHASABAH :

Zulfikri Nur Rahman
3112100035

JUDUL, TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN TRASE
RAILBUS DI KOTA
GRESIK

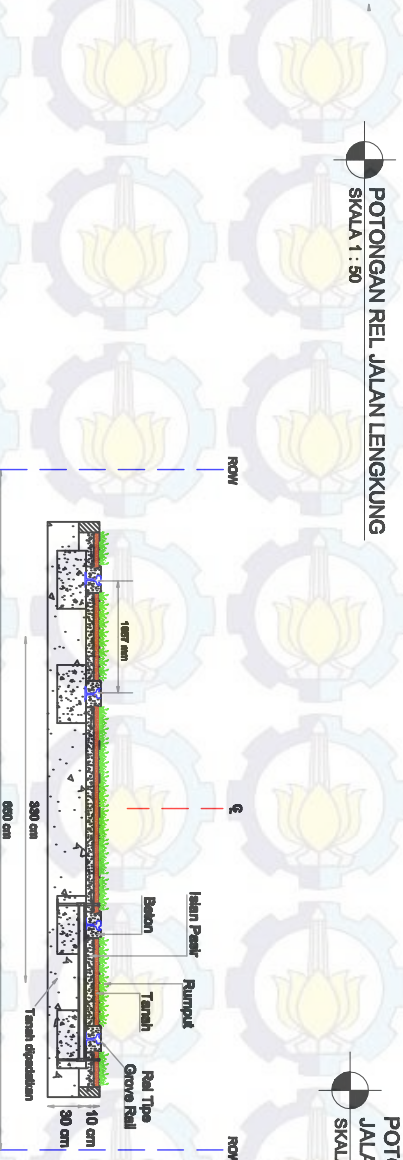
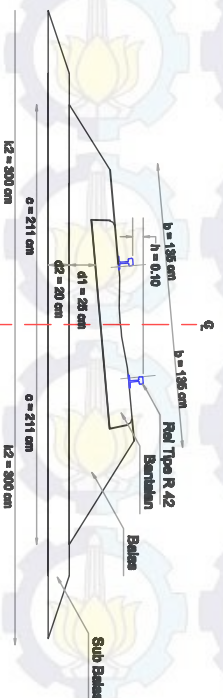
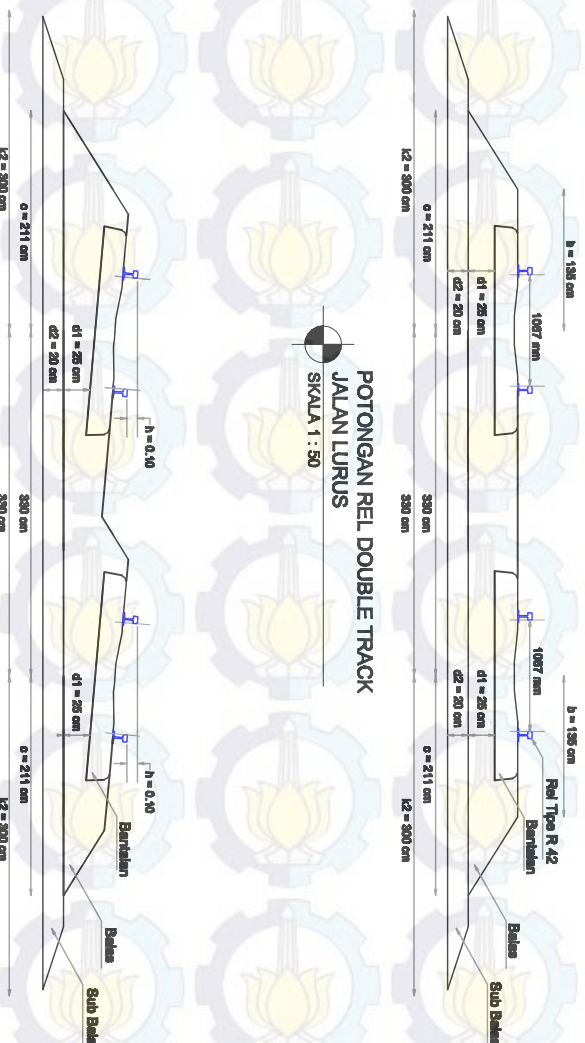
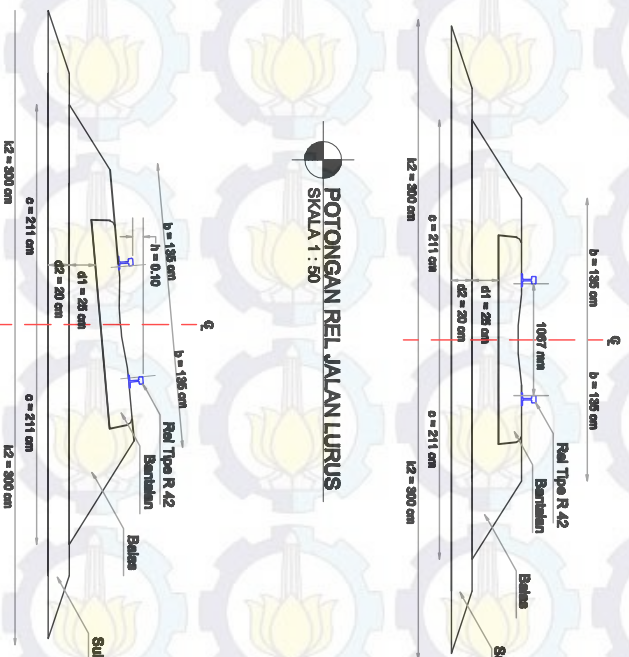
KETERANGAN :

JUDUL GAMBAR :

DETAIL LENGKUNG
SCS

NO. GAMBAR :

1



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

DOKEN PEMBAHASAN :
Ir. Wahyu Herjanto, MT.

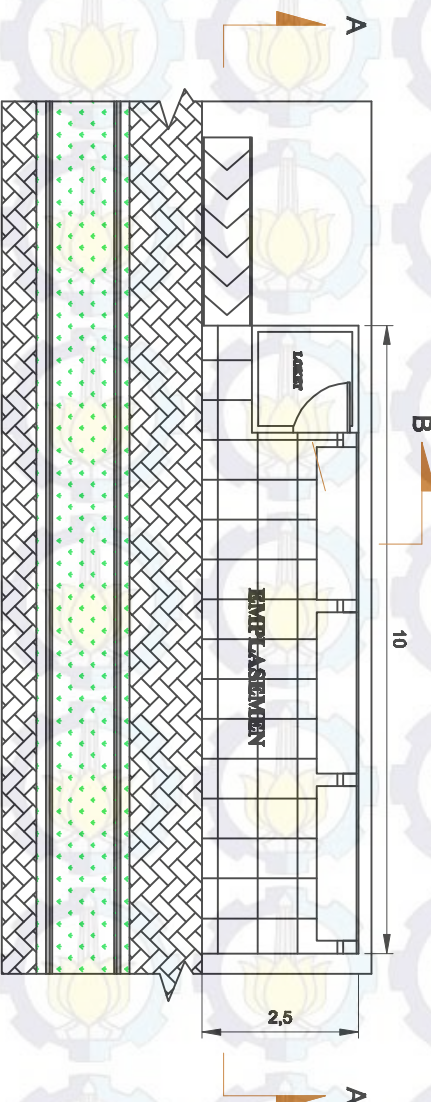
MAYASAMA :
Zulfikri Nur Rahman
3112106035

JUDUL TUGAS AKHIR :
PERENCANAAN TRASE
RAILBUS DI KOTA
GRESIK

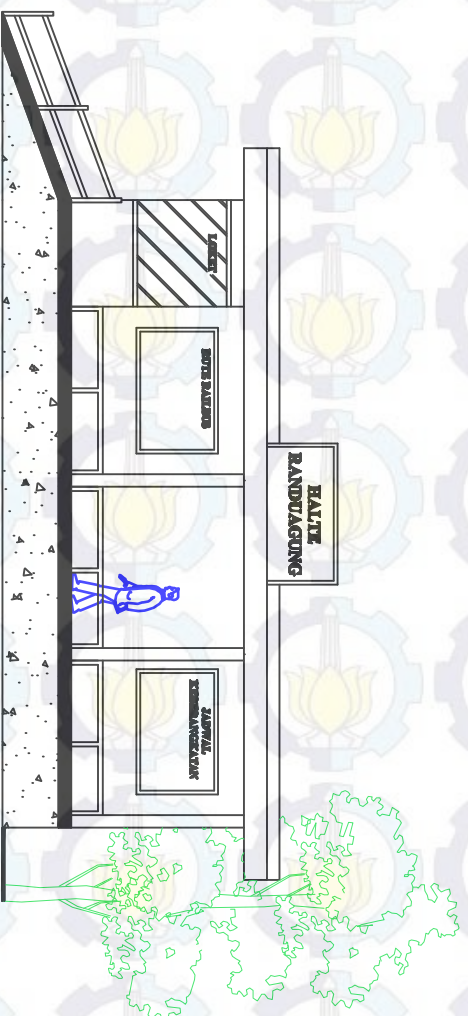
KETERANGAN :

JUDUL GAMBAR :
TIPICAL CROSS
SECTION

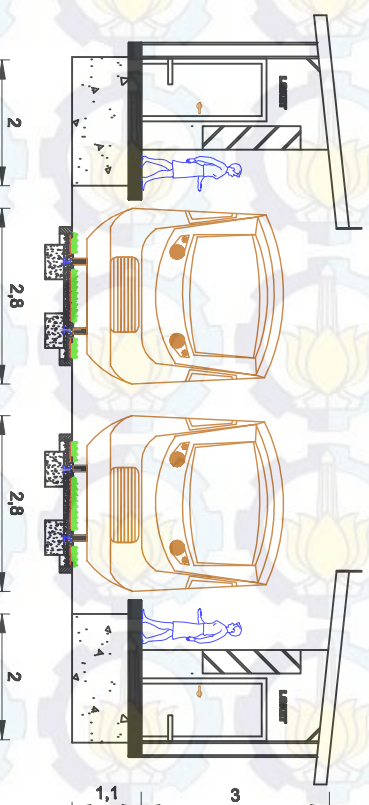
NO. GAMBAR :
3



**SKETSA DENAH HALTE
DOUBLE TRACK**
SKALA 1 : 100



POTONGAN HALTE A-A
SKALA 1 : 100



POTONGAN HALTE B-B
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

DOSEN PEMBIMBING :

Ir. Wahyu Herjanto, MT.

MALISARNUA :

Zulfitri Nur Rahman
3112106035

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN TRASE
RAILBUS DI KOTA
GRESIK

KETERANGAN :

JUDUL GAMBAR :

DESAIN SHIELDER

NO. GAMBAR :

6



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

DOKEN PERENCANAAN :

Ir. Wahyu Herjanto, MT.

MAYHASMA :

Zulfitri Nur Rahman
3112106035

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN TRASE
RAILBUS DI KOTA
GRESIK

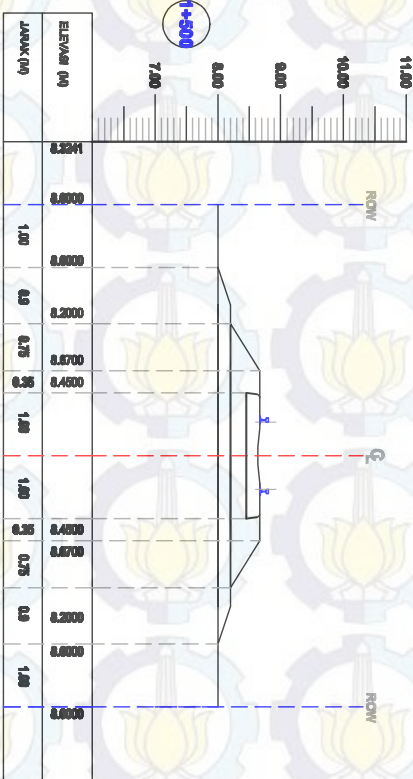
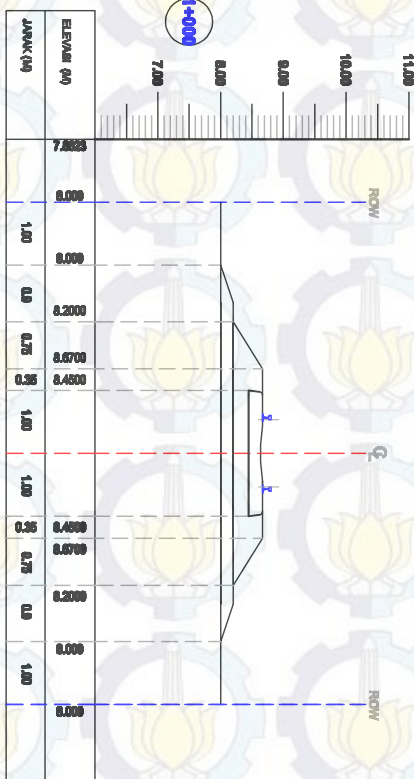
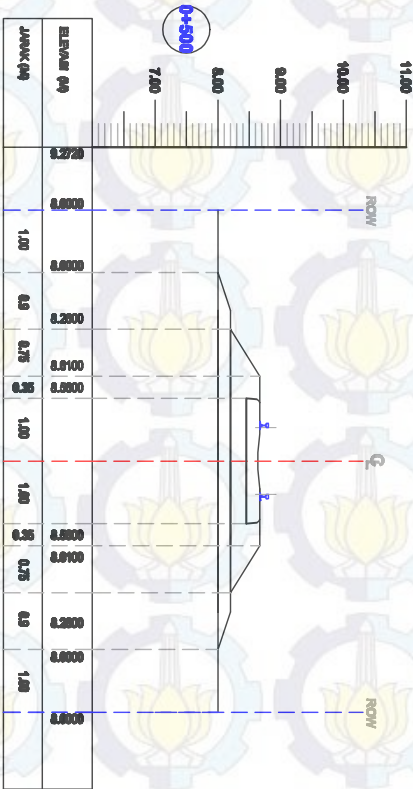
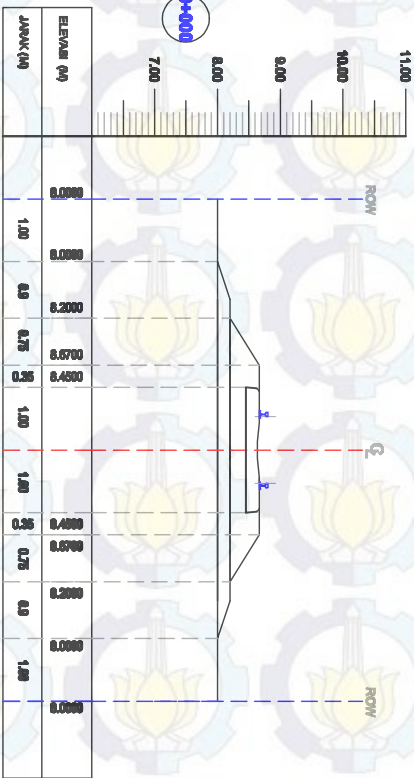
KETERANGAN :

JUDUL GAMBAR :

CROSS SECTION

NO. GAMBAR :

1





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

DOKEN PERENCANAAN :

Ir. Wahyu Herjanto, MT.

MAYHASARUA :

Zulfitri Nur Rahman
3112106035

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN TRASE
RAILBUS DI KOTA
GRESIK

KETERANGAN :

JUDUL GAMBAR :

CROSS SECTION

NO. GAMBAR :

17



BIOGRAFI PENULIS



Nama : Zulkifli Nur Rahman
Tempat,Tanggal Lahir : Gresik, 22 Agustus 1990
Alamat : Jl. Diamond no. 2, GBA, Gresik
Email : Satumilimeter@gmail.com
Telepon : 085645060201
Riwayat Pendidikan :

- SD Muhammadiyah 2 Gresik (1997-2003)
- SMP Negeri 1 Gresik (2003-2006)
- SMA Negeri 1 Gresik (2006-2009)
- D3 Teknik Sipil FTSP ITS (2009-2012)
- S1 Lintas Jalur Teknik Sipil FTSP ITS (2013-2015)