



**TUGAS AKHIR- RC09 1380**

# **STUDI ALTERNATIF PEMILIHAN TRASE TRANSPORTASI MASSAL SURABAYA TIMUR DENGAN SURABAYA BARAT**

**NIRWAN PRINANTO**  
**NRP 3108100107**

**Dosen Pembimbing:**  
**Ir. Wahyu Herijanto, MT.**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2012**



**FINAL PROJECT - RC09 1380**

# **ALTERNATIVE STUDY OF MASS TRANSPORTATION PATH CORRIDOR EAST SURABAYA TO WEST SURABAYA**

**NIRWAN PRINANTO**  
**NRP 3108100107**

**Supervisor:**  
**Ir. Wahyu Herijanto, MT.**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
**Faculty of Civil Engineering and Planning**  
**Sepuluh Nopember Institute of Technology**  
**Surabaya 2012**

**STUDI ALTERNATIF PEMILIHAN TRASE  
TRANSPORTASI MASSAL SURABAYA TIMUR  
DENGAN SURABAYA BARAT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada  
Bidang Studi Transportasi  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh :

**Nirwan Prinanto**  
Nrp. 3108 100 107

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

**Pembimbing**



**SURABAYA, Juli 2012**

## DAFTAR ISI

|  |     |
|--|-----|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....   | i   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....                                     | iii |
| <b>ABSTRAK</b> .....   | v   |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | vii |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....  | ix  |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....  | xi  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....   | xv  |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....  | xix |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>   |     |
| 1.1 Latar Belakang .....   | 1   |
| 1.2 Rumusan Permasalahan .....                                     | 4   |
| 1.3 Batasan Permasalahan .....                                     | 4   |
| 1.4 Tujuan .....   | 5   |
| 1.5 Lokasi Studi .....   | 5   |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                                     |     |
| 2.1 Moda Transportasi Rel .....                                    | 7   |
| 2.2 Karakteristik Umum .....                                       | 7   |
| 2.2.1 Kendali Luar .....   | 8   |
| 2.2.2 Teknologi Rel .....  | 8   |
| 2.2.3 Penggerak Elektrik .....                                     | 10  |
| 2.2.4 Pemisahan Hierarki .....                                     | 10  |
| 2.3 Definisi dan Karakteristik Dari Moda Transportasi<br>Rel ..... | 11  |
| 2.3.1 Streetcars .....   | 12  |
| 2.3.2 Light Rail Transit .....                                     | 13  |
| 2.3.3 Rail Rapid Transit .....                                     | 14  |
| 2.3.4 Regional Rail .....  | 15  |
| 2.4 Kapasitas Kendaraan .....                                      | 16  |
| 2.4.1 Kapasitas Jalur .....  | 17  |
| 2.4.2 Jumlah Armada .....  | 18  |
| 2.4.3 Headway .....  | 18  |

|  |    |
|--|----|
| 2.5 Kecepatan .....                                  | 20 |
| 2.6 Ruang Bebas dan Ruang Bangun.....                | 20 |
| 2.7 Geometrik Jalan Rel.....                         | 27 |
| 2.7.1 Lebar Sepur.....                               | 27 |
| 2.7.2 Lengkung Horizontal .....                      | 27 |
| 2.7.3 Kelandaian .....                               | 29 |
| 2.7.4 Landai Pada Lengkung atau Terowongan.....      | 30 |
| 2.7.5 Lengkung Vertikal .....                        | 30 |
| 2.7.6 Penampang Melintang.....                       | 31 |
| 2.8 Susunan Jalan Rel.....                           | 33 |
| 2.8.1 Tipe dan Karakteristik Penampang .....         | 33 |
| 2.8.2 Wesel.....                                     | 35 |
| 2.8.2.1 Jenis Wesel.....                             | 35 |
| 2.8.2.2 Komponen Wesel.....                          | 36 |
| 2.9 Penentuan Alternatif Trase Terpilih.....         | 36 |
| 2.10 Posisi Trase Terhadap Elevasi Muka Tanah .....  | 37 |
| 2.10.1 At Grade.....                                 | 37 |
| 2.10.2 Elevated .....                                | 38 |
| 2.11 Stasiun .....                                   | 39 |
| <br><b>BAB III METODOLOGI</b>                        |    |
| 3.1 Analisa Pola Jaringan.....                       | 42 |
| 3.2 Pola Jaringan Terpilih.....                      | 42 |
| 3.3 Alternatif Trase .....                           | 42 |
| 3.4 Analisis Posisi Track .....                      | 43 |
| 3.5 Trase Terpilih.....                              | 44 |
| 3.6 Trase yang Diprioritaskan.....                   | 44 |
| 3.7 Konsep Perpindahan Moda dan Feeder .....         | 44 |
| 3.8 Perencanaan Letak Halte .....                    | 44 |
| 3.9 Perencanaan Letak Park & Ride .....              | 44 |
| 3.10 Pembahasan Moda Sistem Transportasi Massal..... | 44 |
| <br><b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN</b>             |    |
| 4.1 Pola Jaringan Trase yang Digunakan .....         | 45 |
| 4.1.1 Radial .....                                   | 46 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.1.2 Grid .....   | 46  |
| 4.1.3 Mixed .....  | 47  |
| 4.1.4 Kondisi Surabaya .....                               | 47  |
| 4.1.5 Pola Jaringan Trase Terpilih .....                   | 49  |
| 4.2 Alternatif Trase .....                                 | 50  |
| 4.2.1 Analisa Alternatif Trase Surabaya Utara .....        | 51  |
| 4.2.2 Analisa Alternatif Trase Surabaya Tengah ....        | 64  |
| 4.2.3 Analisa Alternatif Trase Surabaya Selatan ....       | 79  |
| 4.3 Biaya Investasi Moda Transportasi Rel.....             | 95  |
| 4.3.1 Perkiraan Biaya untuk Alternatif Trase A .....       | 97  |
| 4.3.2 Perkiraan Biaya untuk Alternatif Trase B.....        | 97  |
| 4.3.3 Perkiraan Biaya untuk Alternatif Trase C.....        | 98  |
| 4.3.4 Perkiraan Biaya untuk Alternatif Trase D .....       | 99  |
| 4.3.5 Perkiraan Biaya untuk Alternatif Trase E.....        | 100 |
| 4.3.6 Perkiraan Biaya untuk Alternatif Trase F.....        | 101 |
| 4.4 Penentuan Alternatif Trase Terpilih .....              | 101 |
| 4.4.1 Trase Surabaya bagian Utara .....                    | 103 |
| 4.4.2 Trase Surabaya bagian Tengah .....                   | 105 |
| 4.4.3 Trase Surabaya bagian Selatan .....                  | 106 |
| 4.5 Prioritas Pembangunan.....                             | 108 |
| 4.6 Konsep Perpindahan Moda .....                          | 110 |
| 4.7 Potensi Feeder .....                                   | 112 |
| 4.8 Potensi Letak Stasiun dan <i>Park &amp; Ride</i> ..... | 115 |
| 4.9 Posisi Halte.....                                      | 119 |
| 4.9.1 Jarak Tempat Henti .....                             | 119 |
| 4.9.2 Kriteria Penentuan Lokasi Tempat Henti.....          | 119 |
| 4.9.3 Kriteria Fasilitas Tempat Henti.....                 | 120 |
| 4.10 Jenis Kereta yang digunakan.....                      | 123 |
| 4.10.1 Light Rail Transit (LRT) .....                      | 123 |
| 4.10.2 Rail Rapid Transit (RRT) .....                      | 123 |
| 4.10.3 Monorail .....                                      | 125 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 4.10.4 Jenis Kereta Terpilih ..... | 126 |
|------------------------------------|-----|

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 5.1 Kesimpulan ..... | 127 |
|----------------------|-----|

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 5.2 Saran ..... | 127 |
|-----------------|-----|

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> ..... | 129 |
|-----------------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| <b>LAMPIRAN</b> ..... | 131 |
|-----------------------|-----|

**BIODATA PENULIS**

## DAFTAR TABEL

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Tabel 1.1  | Jumlah Kendaraan Berdasarkan Jenis 2008-2010                               | 3   |
| Tabel 1.2  | Panjang Jalan (km) 2008-2010 .....   | 3   |
| Tabel 2.1  | Persyaratan Perencanaan Lengkungan.....                                    | 28  |
| Tabel 2.2  | Pengelompokan Lintas Berdasar Pada<br>Kelandaian .....                     | 29  |
| Tabel 2.3  | Landai Penentu Maksimum .....  | 29  |
| Tabel 2.4  | Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal.....                                   | 30  |
| Tabel 2.5  | Penampang Melintang Jalan Rel.....   | 31  |
| Tabel 2.6  | Kelas Jalan dan Tipe Relnya.....   | 33  |
| Tabel 2.7  | Karakteristik Penampang Rel .....  | 34  |
| Tabel 4.1  | Perkiraan Biaya Untuk Moda Transportasi Rel.                               | 96  |
| Tabel 4.2  | Biaya Alternatif Trase A.....  | 97  |
| Tabel 4.3  | Biaya Pembebasan Lahan Trase A .....                                       | 97  |
| Tabel 4.4  | Biaya Alternatif Trase B .....   | 98  |
| Tabel 4.5  | Biaya Pembebasan Lahan Trase B.....  | 98  |
| Tabel 4.6  | Biaya Alternatif Trase C .....   | 99  |
| Tabel 4.7  | Biaya Pembebasan Lahan Trase C.....  | 99  |
| Tabel 4.8  | Biaya Alternatif Trase D.....  | 99  |
| Tabel 4.9  | Biaya Pembebasan Lahan Trase D .....                                       | 100 |
| Tabel 4.10 | Biaya Alternatif Trase E .....   | 100 |
| Tabel 4.11 | Biaya Pembebasan Lahan Trase E.....  | 100 |
| Tabel 4.12 | Biaya Alternatif Trase F.....  | 101 |
| Tabel 4.13 | Biaya Pembebasan Lahan Trase F.....  | 101 |
| Tabel 4.14 | Nilai Kriteria Multi Criteria Analysis untuk<br>masing-masing Wilayah..... | 102 |
| Tabel 4.15 | Bobot Multi Criteria Analysis.....   | 103 |
| Tabel 4.16 | Multi Criteria Analysis Trase A.....                                       | 104 |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Tabel 4.17 | Multi Criteria Analysis Trase B.....   | 104 |
| Tabel 4.18 | Multi Criteria Analysis Trase C.....   | 105 |
| Tabel 4.19 | Multi Criteria Analysis Trase D.....   | 106 |
| Tabel 4.20 | Multi Criteria Analysis Trase E.....   | 107 |
| Tabel 4.21 | Multi Criteria Analysis Trase F.....   | 107 |
| Tabel 4.22 | Nilai Kriteria Multi Criteria Analysis untuk<br>Penentuan Prioritas Pembangunan..... | 108 |
| Tabel 4.23 | Multi Criteria Analysis Trase B.....   | 109 |
| Tabel 4.24 | Multi Criteria Analysis Trase C.....   | 109 |
| Tabel 4.25 | Multi Criteria Analysis Trase E.....   | 110 |

## DAFTAR GAMBAR

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 1.1  | Skema Pergerakan Arus Kendaraan .....                         | 2  |
| Gambar 1.2  | Peta Pusat Kegiatan Kota Surabaya.....                        | 6  |
| Gambar 2.1  | Ruang Bebas Pada Jalur Lurus .....                            | 22 |
| Gambar 2.2  | Ruang Bebas Pada Lengkungan .....                             | 24 |
| Gambar 2.3  | Ruang Bebas Pada Jalur Lurus Untuk Jalur<br>Ganda<br>.....    | 25 |
| Gambar 2.4  | Ruang Bebas Pada Lengkungan Untuk Jalur<br>Ganda.....         | 26 |
| Gambar 2.5  | Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian<br>Lurus.....       | 32 |
| Gambar 2.6  | Gambar Penampang Melintang Jalan Rel Pada<br>Lengkungan ..... | 32 |
| Gambar 2.7  | Penempatan Trase di Tengah Jalan.....                         | 37 |
| Gambar 2.8  | Penempatan Trase di Pinggir Jalan.....                        | 38 |
| Gambar 2.9  | Potongan Melintang Pada Trase At Grade .....                  | 38 |
| Gambar 2.10 | Tipe Stasiun Transportasi Berbasis Rel .....                  | 39 |
| Gambar 3.1a | Diagram Alir Metodologi .....                                 | 41 |
| Gambar 3.1b | Diagram Alir Metodologi .....                                 | 42 |
| Gambar 3.2  | Posisi Track At Grade.....                                    | 43 |
| Gambar 3.3  | Posisi Track Elevated .....                                   | 43 |
| Gambar 3.4  | Posisi Track Kombinasi.....                                   | 44 |
| Gambar 4.1  | Draft Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kota<br>Surabaya .....   | 50 |
| Gambar 4.2  | Alternatif Trase A.....                                       | 53 |
| Gambar 4.2a | Pendetailan Alternatif Trase A .....                          | 55 |

|             |                                      |    |
|-------------|--------------------------------------|----|
| Gambar 4.2b | Pendetailan Alternatif Trase A ..... | 55 |
| Gambar 4.2c | Pendetailan Alternatif Trase A ..... | 56 |
| Gambar 4.2d | Pendetailan Alternatif Trase A ..... | 56 |
| Gambar 4.2e | Pendetailan Alternatif Trase A ..... | 57 |
| Gambar 4.3  | Alternatif Trase B .....             | 59 |
| Gambar 4.3a | Pendetailan Alternatif B .....       | 61 |
| Gambar 4.3b | Pendetailan Alternatif B .....       | 61 |
| Gambar 4.3c | Pendetailan Alternatif B .....       | 62 |
| Gambar 4.3d | Pendetailan Alternatif B .....       | 62 |
| Gambar 4.3e | Pendetailan Alternatif B .....       | 63 |
| Gambar 4.3f | Pendetailan Alternatif B .....       | 63 |
| Gambar 4.3g | Pendetailan Alternatif B .....       | 64 |
| Gambar 4.4  | Alternatif Trase C .....             | 65 |
| Gambar 4.4a | Pendetailan Alternatif C .....       | 67 |
| Gambar 4.4b | Pendetailan Alternatif C .....       | 68 |
| Gambar 4.4c | Pendetailan Alternatif C .....       | 68 |
| Gambar 4.4d | Pendetailan Alternatif C .....       | 69 |
| Gambar 4.4e | Pendetailan Alternatif C .....       | 69 |
| Gambar 4.4f | Pendetailan Alternatif C .....       | 70 |
| Gambar 4.4g | Pendetailan Alternatif C .....       | 70 |
| Gambar 4.4h | Pendetailan Alternatif C .....       | 71 |
| Gambar 4.5  | Alternatif Trase D .....             | 73 |
| Gambar 4.5a | Pendetailan Alternatif D .....       | 75 |
| Gambar 4.5b | Pendetailan Alternatif D .....       | 76 |
| Gambar 4.5c | Pendetailan Alternatif D .....       | 76 |
| Gambar 4.5d | Pendetailan Alternatif D .....       | 77 |
| Gambar 4.5e | Pendetailan Alternatif D .....       | 77 |
| Gambar 4.5f | Pendetailan Alternatif D .....       | 78 |
| Gambar 4.5g | Pendetailan Alternatif D .....       | 78 |
| Gambar 4.5h | Pendetailan Alternatif D .....       | 79 |
| Gambar 4.6  | Alternatif Trase E .....             | 81 |

|             |                                      |     |
|-------------|--------------------------------------|-----|
| Gambar 4.6a | Pendetailan Alternatif E.....        | 83  |
| Gambar 4.6b | Pendetailan Alternatif E.....        | 83  |
| Gambar 4.6c | Pendetailan Alternatif E.....        | 84  |
| Gambar 4.6d | Pendetailan Alternatif E.....        | 84  |
| Gambar 4.6e | Pendetailan Alternatif E.....        | 85  |
| Gambar 4.6f | Pendetailan Alternatif E.....        | 85  |
| Gambar 4.6g | Pendetailan Alternatif E.....        | 86  |
| Gambar 4.6h | Pendetailan Alternatif E.....        | 86  |
| Gambar 4.7  | Alternatif Trase F.....              | 89  |
| Gambar 4.7a | Pendetailan Alternatif F.....        | 91  |
| Gambar 4.7b | Pendetailan Alternatif F.....        | 92  |
| Gambar 4.7c | Pendetailan Alternatif F.....        | 92  |
| Gambar 4.7d | Pendetailan Alternatif F.....        | 93  |
| Gambar 4.7e | Pendetailan Alternatif F.....        | 93  |
| Gambar 4.7f | Pendetailan Alternatif F.....        | 94  |
| Gambar 4.7g | Pendetailan Alternatif F.....        | 94  |
| Gambar 4.7h | Pendetailan Alternatif F.....        | 95  |
| Gambar 4.8  | Trunk and Feeder.....                | 111 |
| Gambar 4.9  | Trunk and Branching.....             | 111 |
| Gambar 4.10 | Peta Jaringan Pengumpan.....         | 113 |
| Gambar 4.11 | Letak Stasiun dan Park and Ride..... | 117 |
| Gambar 4.12 | Posisi Halte.....                    | 121 |



## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas segala anugerah dan nikmat Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas akhir ini berjudul **“Studi Alternatif Pemilihan Trase Transportasi Massal Surabaya Timur dengan Surabaya Barat”**

Penulis berusaha menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya, namun penulis juga menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik kami terima demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Pada akhir prakata kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Allah SWT yg selalu memberiku rahmat dan hidayah
2. Mama dan Papa yang selalu mendukung dan mendoakanku. Semoga kelulusanku ini menjadi kado yang bermakna untuk papa yang akan pensiun.
3. Bapak Ir. Wahyu Herijanto, MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Aman Soebakti M.Sc, selaku dosen wali.
5. Bapak Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS
6. Amanda Khoirunnisa yang selalu setia dan sabar untuk mengingatkan penulis menyelesaikan tugas akhir ini dan menjadi pelecut semangat untuk menggapai cita-cita bersama.
7. Ryan, Hendra, Bicorn, Moren, Agin, Cukong, Prad, Diggy, Gun, Rio, Muhlas dalam kebersamaannya menjalani masa-masa genting, yang mau lanjut S2 semangat, yang sedang mengejar cita-citanya semoga dimudahkan. Amin.
8. Putri, Oky, Sandy, Devina yang ikut galau bersama.

9. Karim yang di sms langsung membalas dengan sigap dan cepat.
10. Terima kasih untuk teman-teman yang ikut membentuk karakter saya menjadi seperti sekarang ini.
11. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi kepada rekan – rekan semua.

Surabaya, Juli 2012

**Penulis**

# **STUDI ALTERNATIF PEMILIHAN TRASE TRANSPORTASI MASSAL SURABAYA TIMUR DENGAN SURABAYA BARAT**

**Nama Mahasiswa** : Nirwan Prinanto  
**NRP** : 3108100107  
**Jurusan** : Teknik Sipil  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Wahyu Herijanto, MT.

## **Abstrak**

*Sistim transportasi darat berbasis rel adalah moda yang efektif dan efisien khususnya dalam menghadapi kebutuhan transportasi penumpang di saat jam puncak. Perkembangan ekonomi yang tinggi di Surabaya menyebabkan meningkatnya aktifitas manusia dan transportasi barang. Jika tidak diikuti oleh perkembangan jaringan transportasi dan jalan akan menyebabkan kepadatan jalan. Satu-satunya solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah menggunakan transportasi massal berbasis rel.*

*Tugas akhir ini menentukan rute yang paling baik dari beberapa rute alternatif dan menggunakan multi kriteria analisis dengan mempertimbangkan beberapa kriteria seperti kemudahan akses ke pusat aktifitas dan perpindahan moda. Selain itu tugas akhir ini juga menentukan moda yang paling baik untuk melayani rute terpilih.*

*Hasil dari tugas akhir ini menunjukkan bahwa prioritas pembangunan trase adalah trase yang berada di Surabaya bagian selatan yang berawal dari UPN Veteran dan berakhir di pakuwon trade center mall. Moda yang digunakan adalah Monorail.*

**Kata Kunci** : *Transportasi rel, Trase, Transportasi massal Surabaya.*



# ALTERNATIVE STUDY OF MASS TRANSPORTATION PATH CORRIDOR EAST SURABAYA TO WEST SURABAYA

**Student name** : Nirwan Prinanto  
**Register Number** : 3108100107  
**Department** : Civil Engineering FTSP-ITS  
**Supervisors** : Ir. Wahyu Herijanto, MT.

## Abstract

*Rail based mass transportation is an effective and efficient mode especially in handling peak hour passenger demand. The rapid growth of Surabaya economic development cause an increase in human activities and goods transport. Unsufficient development of transport system and network will cause congestion problem. Mass transport system is the only solution.*

*This thesis decide the best route of several routes alternative by using multi criteria analysis, with considers some variables such as good acces to activity centres and multi modal transfers. This thesis also decide the best of mode to serve the chosen route.*

*The result of this study show that the prepered alignment development is serve southern part of Surabaya from UPN Veteran to pakuwon trade center mall. The kind of transportation mode that is chosen is Monorail.*

*Keywords : Railway Transportation, Railpath, Public Transportation in Surabaya.*



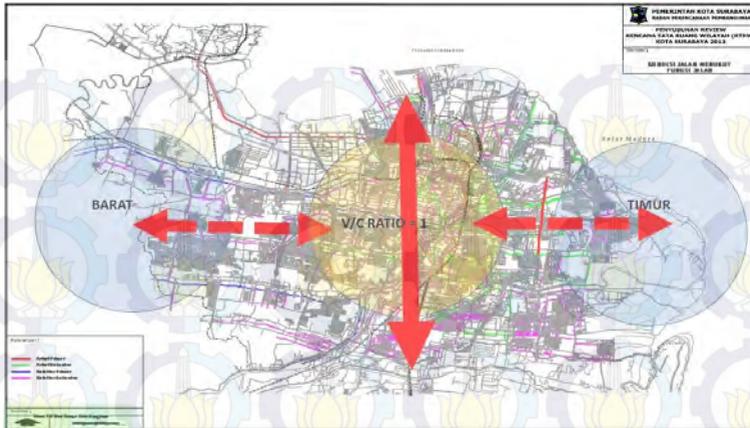
# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan perekonomian kota Surabaya akhir – akhir ini sangat pesat. Hal tersebut dapat dilihat dari pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kota Surabaya. Pada tahun 2009 pertumbuhan ekonomi kota Surabaya mencapai 5,53% (Badan Pusat Statistik Kota Surabaya). Selain itu semakin banyaknya gedung – gedung perkantoran bertingkat dibangun di kota Surabaya yang mengisyaratkan pertumbuhan ekonomi yang cukup pesat. Hal tersebut memicu tingginya pergerakan manusia dan barang di Kota Surabaya yang mengakibatkan kemacetan di jalan – jalan, khususnya pada jam padat. Untuk lebih memacu perkembangan kota Surabaya maka fasilitas transportasi harus ditingkatkan kinerjanya. Hal tersebut mendorong pemerintah untuk membangun jaringan jalan baru yang diharapkan mampu mengurangi kemacetan yang terjadi, khususnya daerah timur Surabaya dengan daerah barat Surabaya.

Selama ini kemacetan selalu terjadi di ruas-ruas jalan utama kota Surabaya yang membentang dari Waru, sebagai pintu masuk utama kota Surabaya wilayah selatan, pusat kota di daerah Basuki Rahmat, hingga ke utara di daerah Perak. Salah satu penyebab kemacetan ini terjadi adalah karena belum terdapat akses utama antara Surabaya timur dengan Surabaya barat. Hal ini menyebabkan arus kendaraan antara Surabaya timur dengan Surabaya barat harus memasuki jalur utama yang menghubungkan antara Surabaya selatan dengan Surabaya utara untuk mencapai tujuan. Arus kendaraan ini memiliki pengaruh kemacetan yang sangat besar di daerah pusat kota. Berikut adalah skema pergerakan arus kendaraan tersebut.



**Gambar 1.1 Skema Pergerakan Arus Kendaraan.**

Kemacetan yang terjadi disebabkan banyaknya kendaraan bermotor yang beraktivitas di jalan-jalan di kota Surabaya. Pertumbuhan kendaraan bermotor terjadi sangat cepat. Namun tidak disertai dengan pertumbuhan angkutan massal yang layak untuk mengakomodasi para pengguna jalan. Jumlah sepeda motor di kota Surabaya pada tahun 2008 adalah 2.091.571 kendaraan. Di tahun 2009 jumlah sepeda motor adalah 2.986.486 kendaraan. Sedangkan pada tahun 2010 adalah 3.285.135 kendaraan. Begitu juga halnya dengan kendaraan-kendaraan jenis lain mengalami pertumbuhan yang signifikan. Namun pertumbuhan angkutan massal tidak terlalu besar dan kelayakan angkutan massal di kota Surabaya sangat tidak layak dan tidak nyaman. Pertumbuhan kendaraan yang sangat besar tidak disertai dengan pertumbuhan jalan. Dengan panjang jalan yang relatif tetap, maka kemacetan tidak dapat dihindari. Data-data tersebut di atas ditampilkan dalam tabel berikut.

**Tabel 1.1 Jumlah Kendaraan Berdasarkan Jenis Tahun 2008-2010**

| JENIS KENDARAAN | TAHUN     |           |           |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|
|                 | 2008      | 2009      | 2010      |
| KEND.BERAT      | 154       | 361       | 397       |
| SEPEDA MOTOR    | 2.091.517 | 2.986.486 | 3.285.135 |
| TRUCK           | 135.308   | 205.885   | 226.474   |
| BUS             | 9.370     | 6.657     | 7.323     |
| MOBIL PENUMPANG | 365.117   | 524.497   | 576.947   |
| TOTAL           | 2.601.466 | 3.723.886 | 5.268.344 |

Sumber : Pemerintah Kota Surabaya

**Tabel 1.2 Panjang Jalan (km) Tahun 2008-2010**

| KRITERIA           | TAHUN |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|
|                    | 2008  | 2009  | 2010  |
| PANJANG JALAN (Km) | 1.393 | 1.421 | 1.426 |

Sumber : Pemerintah Kota Surabaya

Hal tersebut yang mengakibatkan jalan – jalan kota Surabaya mendapat beban yang berat, khususnya dari daerah timur kota Surabaya hingga ke daerah barat kota Surabaya. Dilihat dari wilayahnya, pada daerah timur kota Surabaya banyak terdapat perumahan yang padat penduduk dan terdapat beberapa pusat pendidikan. Selain itu di daerah timur dan barat kota Surabaya memiliki kawasan pabrik dan kawasan pergudangan yang memiliki banyak pekerja hingga mencapai ribuan orang. Selain itu perkembangan pada daerah barat kota Surabaya sangat pesat. Itu dapat dilihat dari perkembangan pemukiman yang dibangun. Selain itu banyak gedung – gedung bertingkat yang berfungsi sebagai tempat hunian ataupun gedung bertingkat yang berfungsi sebagai tempat bisnis. Daerah barat kota Surabaya memiliki pusat – pusat bisnis yang sangat tinggi pergerakan

barang maupun manusia. Hal ini mendorong pemerintah untuk mencari solusi atas problem ini. Salah satunya dengan pembangunan transportasi massal berbasis rel.

Transportasi massal berbasis rel menjadi salah satu pilihan untuk mengatasi permasalahan kemacetan antara daerah timur kota Surabaya dan daerah barat kota Surabaya. Transportasi massal berbasis rel cenderung bebas kemacetan, menghasilkan polusi yang tidak terlalu besar, dan dapat mengangkut penumpang dalam jumlah yang cukup besar. Selain itu dalam pengerjaannya hanya memerlukan sedikit pembebasan lahan dibanding dengan pembebasan lahan untuk pembangunan jalan baru. Oleh karena itu transportasi yang menggunakan jalur jalan rel menjadi alternatif pemecahan untuk mengatasi kemacetan yang terjadi diantara wilayah timur kota Surabaya dan wilayah barat kota Surabaya.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan studi alternatif pemilihan trase yang tepat dan efisien, dengan mempertimbangkan moda yang akan digunakan, posisi elevasi trase dan biaya konstruksinya.

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Hal – hal yang menjadi permasalahan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana perencanaan trase jalan kereta api yang paling baik dan efisien dengan mempertimbangkan posisi track dan biaya konstruksinya?
2. Bagaimana moda transportasi rel yang akan digunakan?

## **1.3 Batasan Permasalahan**

Adapun batasan masalah dari penyelesaian tugas akhir ini adalah:

1. Moda yang ditinjau hanya moda transportasi berbasis rel.
2. Gambar output perencanaan trase tidak digambar secara detail.
3. Analisa biaya tidak dianalisa secara detail.

4. Tidak mendesain tempat pemberhentian.
5. Tidak menganalisa kemungkinan adanya bangkitan dan tarikan dari wilayah-wilayah yang dilewati trase tersebut.
6. Tidak mendesain struktur pendukung dari trase.
7. Tidak mendesain peralihan moda secara detail.
8. Lokasi studi hanya di wilayah Kota Surabaya.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Mendapatkan perencanaan trase jalan kereta yang paling baik dan efisien dengan mempertimbangkan posisi track dan biaya konstruksinya.
2. Mendapatkan letak tempat-tempat pemberhentian yang diperlukan.
3. Mendapatkan moda transportasi yang akan digunakan.

#### **1.5 Lokasi Studi**

Lokasi perencanaan trase jalan kereta baru ini terletak di kota Surabaya, Jawa Timur. Berikut dijelaskan dalam gambar 1.2 terdapat beberapa pusat perbelanjaan (lingkaran ungu), terminal (lingkaran kuning), dan pusat pendidikan (lingkaran coklat).



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Moda Transportasi Rel**

Lintas kereta api direncanakan untuk melewati berbagai jumlah angkutan barang dan atau penumpang dalam suatu jangka waktu tertentu. Perencanaan konstruksi jalan rel harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis. Secara teknis diartikan konstruksi jalan rel tersebut harus dapat dilalui oleh kendaraan rel dengan aman dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya.

Secara ekonomis diharapkan pembangunan dan pemeliharaan konstruksi tersebut dapat diselenggarakan dengan biaya yang sekecil mungkin di mana masih memungkinkan terjaminnya keamanan dan tingkat kenyamanan.

Moda transportasi yang menggunakan teknologi rel menawarkan berbagai macam keunggulan dan mempunyai karakteristik biaya tersendiri. Moda transportasi yang menggunakan rel meliputi beberapa moda, dari satu gerbong yang beroperasi di daerah yang bercampur dengan lalu lintas, sampai rangkaian panjang berkecepatan tinggi, hingga sistim rel regional otomatis. (Vuchic, 1981)

#### **2.2 Karakteristik Umum**

Kebanyakan karakteristik yang membedakan moda transportasi rel dengan moda yang lain disebabkan oleh empat karakteristik yang sejenis yaitu : kendali arah dari luar moda itu sendiri, menggunakan rel, propulsi listrik, dan jalur yang tersendiri. Perbedaan dari berbagai moda transportasi rel dapat dibedakan dari fitur-fitur yang dimiliki oleh moda itu sendiri. *Rapid Transit* mempunyai keempat fitur diatas, sedangkan beberapa sistim rel regional tidak menggunakan propulsi listrik tetapi menggunakan propulsi diesel. (Vuchic, 1981)

### 2.2.1 Kendali Luar

Kendaraan yang bergerak diatas rel diarahkan secara fisik oleh jalurnya sendiri, pengendaranya hanya berfungsi untuk mengendalikan kecepatannya saja. Kendali luar memberikan moda transportasi rel karakteristik sebagai berikut :

- a) Mempunyai lebar jalur istimewa yang lebih kecil.
- b) Mempunyai kualitas kenyamanan yang lebih tinggi dibanding moda yang tidak dipandu jalurnya.
- c) Mempunyai identitas yang lebih kuat, yang mana penting untuk menarik penumpang untuk menggunakan moda tersebut.

Panduan fisik juga menyebabkan dapat digunakannya traksi elektrik, yang menawarkan karakteristik operasional dan dampak lingkungan yang jauh lebih baik dibandingkan dengan metoda traksi yang lain. Sistim pengendalian mutlak diperlukan tetapi belum cukup, untuk pengendalian kendaraan yang sepenuhnya otomatis diperlukan investasi yang lebih besar lagi tetapi mengurangi biaya operasi dengan sangat signifikan.

Sebagai konsekwensi dari sistim pengendalian luar maka moda transportasi rel mempunyai karakteristik performa yang tinggi dan mempunyai *level of service* yang tinggi, dan mempunyai biaya operasi per unit yang rendah untuk kapasitas yang begitu besar. Sistim pengendalian luar juga membutuhkan biaya investasi yang jauh lebih besar daripada yang dibutuhkan moda transportasi yang membutuhkan pengemudi untuk menentukan arah gerak dari moda tersebut, dan mempunyai batasan pelayanan sebatas jaringan relnya saja.

### 2.2.2 Teknologi Rel

Roda baja yang mempunyai flens yang bergerak diatas dua rel baja menyediakan penunjang dan panduan dari kendaraan rel yang unik tetapi sangat sederhana. Secara singkat panduan berupa rel mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- a) Mekanisme dasar yang sederhana : dari empat roda sampai delapan roda per kendaraan dan dua rel baja sederhana.
- b) Mekanisme pemindahan jalur yang paling cepat, paling sederhana, dibanding dengan semua teknologi sejenis.
- c) Karena kontak antara kendaraan dengan rel berupa baja dengan baja maka memiliki koefisien gesek yang sangat kecil sehingga membuat moda transportasi rel memiliki konsumsi energi yang paling kecil per ton beban.
- d) Rel adalah satu-satunya sistim pengendalian yang tidak hanya dapat bersimpangan sebidang, tetapi bisa berada di dalam badan jalan itu sendiri.
- e) Moda transportasi rel mempunyai kemampuan untuk beroperasi di keadaan cuaca yang tidak menguntungkan, yang mana moda transportasi lain mengalami hambatan dalam pengoperasiannya, membuat moda transportasi rel adalah moda transportasi yang paling dapat diandalkan di dalam cuaca dingin (salju).
- f) Kendaraan rel modern mempunyai tingkat kenyamanan yang sangat tinggi.
- g) Karena bidang kontak moda transportasi berbasis rel adalah pertemuan baja dengan baja maka menyebabkan ketidakmampuan moda ini untuk melewati tanjakan yang curam, dan harus dioperasikan dengan tingkat keamanan yang tinggi karena mempunyai jarak pengereman yang lebih panjang.
- h) Meskipun kendaraan berbasis rel modern tidak menimbulkan polusi suara yang berlebihan di jalur yang lurus dan tikungan yang tidak terlalu tajam, tetapi menimbulkan suara yang berlebih disaat

melalui tikungan yang tajam dibandingkan dengan moda transportasi yang menggunakan roda karet.

Dari karakteristik diatas menunjukkan bahwa teknologi rel mempunyai kelebihan dibandingkan dengan moda transportasi bersistem pengendalian luar lainnya di dalam kondisi normal.

### 2.2.3 Penggerak Elektrik

Dengan perkecualian beberapa sistim rel regional yang menggunakan penggerak diesel semua *rail transit systems* berpengerak listrik. Karakteristik dari penggerak elektrik dapat dijabarkan sebagai berikut :

- a) Performa dinamik yang sangat baik, terutama di dalam akselerasi yang cepat dan halus.
- b) Motor yang bersih, tahan lama, perawatan yang murah dan mempunyai efek negatif yang sangat minimal.
- c) Tingkat kebisingan yang sangat rendah dan tidak menimbulkan polusi udara.
- d) Membutuhkan investasi yang besar di dalam pengadaan fasilitas penunjang suplai listrik yang stabil.
- e) Tidak boleh ada kendaraan lain yang melintas di jalur rel yang telah di lengkapi dengan sistim kelistrikan.
- f) Kegagalan penyediaan suplai listrik yang stabil dapat menyebabkan lumpuhnya keseluruhan sistim, tidak seperti moda transportasi lain yang menggunakan sistim propulsi yang lain.

### 2.2.4 Pemisahan Hierarki

Beberapa karakteristik khusus yang dimiliki moda transportasi rel berkaitan erat dengan pemisahan hierarki yang dimiliki oleh moda ini. Beberapa penyebab dibedakannya hierarki moda rel ini adalah :

- a) Fleksibilitas pergerakan yang dimiliki oleh moda transportasi rel sangat terbatas sehingga tidak

- memungkinkan untuk bergerak bebas di dalam lalu lintas yang tercampur dengan moda transportasi lainnya.
- b) Lebih mudah untuk memisah jalur jalan rel dengan jalur jalan biasa dibanding dengan jalur jalan tol.
  - c) Rel adalah satu-satunya sistim teknologi pandu yang memungkinkan untuk berpotongan dengan jalan maupun berada di dalam badan jalan itu sendiri.
  - d) Teknologi pandu adalah teknologi yang lebih baik terkait dengan kecepatan operasi, keamanan, kapasitas dan sebagainya.
  - e) Pemisahan jalur ini adalah kondisi yang dibutuhkan untuk beroperasinya rangkaian kereta yang panjang (lebih dari 4 gerbong).

### **2.3 Definisi dan Karakteristik Dari Moda Transportasi Rel**

Semua moda transportasi berbasis rel mempunyai karakteristik khusus yang disebabkan oleh sistim pengendalian dan teknologi rel, dan kebanyakan dari moda tersebut menggunakan penggerak listrik. Untuk moda transportasi rel yang mempunyai pemisahan hierarki sebagian atau sepenuhnya (LRT, RRT dan RGR), dapat dikatakan bahwa moda tersebut dapat mewakili moda transportasi yang mempunyai kinerja paling tinggi dibanding dengan moda transportasi lainnya, tetapi terbatas hanya pada luasnya jaringan jalurnya saja, karena biaya investasi yang mahal. Konsekuensinya, walaupun moda transportasi rel tidak dapat dioperasikan secara efektif pada rute yang mempunyai permintaan penumpang yang sedikit, biasanya moda transportasi rel menjadi pilihan yang optimal untuk melayani rute yang mempunyai permintaan penumpang tinggi. Kinerja moda transportasi rel tidak selalu superior dibandingkan dengan moda transportasi lainnya, hal tersebut bergantung pada tidak hanya pada permintaan yang tinggi, tetapi bergantung juga dengan ketersediaan lahan untuk pemisahan hierarki jalur, kebutuhan performa dan pelayanan, karakteristik dari alternatif moda

transportasi, penyebab eksternal, dan beragamnya kondisi eksisting.

Tingginya kualitas pelayanan dan identitas yang kuat dari moda transportasi berbasis rel yang diakibatkan oleh pemisahan hierarki jalurnya menyebabkan dampak yang cukup besar terkait dengan jumlah perjalanan yang dilayani di dalam sebuah kota. Di dalam sebuah kota yang sistem transportasi massalnya menggunakan bis kota biasanya mempunyai peranan yang tidak begitu penting dalam pengembangan kota tersebut disbanding dengan kota yang mempunyai sistem transportasi berbasis rel yang modern. Perbedaan ini dapat disebabkan beberapa factor. Moda transportasi berbasis rel menawarkan pelayanan yang sederhana dengan jeda tingkat keberangkatan yang singkat disaat jam sibuk, terintegrasi dengan stasiun yang nyaman dan dengan jaringan yang tertata dan menawarkan tingkat pelayanan yang tinggi. Karena stasiun kereta api bersifat permanen maka keberadaan stasiun sangat mempengaruhi tingkat investasi dan tata guna lahan di sekitar stasiun tersebut. Bus biasanya melayani jaringan yang lebih rumit, dengan pelayanan yang tidak sebagus kereta api. Jarangnya moda ini mempunyai hierarki yang dibedakan menjadi salah satu titik kelemahannya dibanding dengan moda transportasi berbasis rel.

Di dalam moda transportasi berbasis rel dapat diklasifikasikan menjadi 4 moda, yaitu sebagai berikut :

- a) Streetcars (SCR)
- b) Light Rail Transit (LRT)
- c) Rail Rapid Transit (RRT)
- d) Regional Rail (RGR)

Di tiap-tiap moda menawarkan karakteristik fisik, kinerja, dan biaya operasional yang berbeda-beda. (Vuchic, 1981)

### **2.3.1 Streetcars (SCR)**

Sistem *Streetcar* (trem) terdiri dari satu, dua, dan terkadang tiga gerbong yang beroperasi kebanyakan di dalam badan jalan dan bercampur dengan lalu lintas itu sendiri, tetapi

terkadang jalurnya terpisah dengan lalu lintas. *Streetcars* (trem) memiliki karakteristik pergerakan yang dinamis dan pengendalian yang nyaman, tetapi kinerjanya dan kecepatan operasinya sangat bergantung kepada kondisi di sepanjang jalur yang dilaluinya. Jika jalur yang dilaluinya adalah jalan yang sempit dengan keadaan lalu lintas yang padat maka kinerjanya akan sangat jelek, tetapi jika yang dilalui adalah jalan yang lebar dengan sedikit gangguan dari lalu lintas yang ada maka kinerjanya akan sangat baik.

Sebuah *streetcars* (trem) biasa memiliki 4 sampai 6 gandar dan mempunyai dimensi panjang 14-21 meter, dengan tempat duduk dari 20-40 % dari total 100 sampai 180 penumpang yang bias ditampung. Karena tempat beroperasinya *streetcars* (trem) adalah di dalam badan jalan dan bercampur dengan moda transportasi yang lain maka biasanya kecepatan operasionalnya dibawah 20 km/jam.

*Streetcars* (trem) mempunyai kapasitas penumpang.kenyamanan yang lebih dibandingkan dengan moda transportasi jalan raya yang lain, bagaimanapun juga *streetcars* (trem) mempunyai biaya operasional yang lebih besar di rute yang sedikit permintaannya, selain itu *streetcars* (trem) mempunyai masalah serius di dalam operasionalnya yang bercampur dengan moda transportasi lainnya.

### **2.3.2 Light Rail Transit (LRT)**

Light Rail Transit menggunakan tenaga listrik sebagai penggeraknya, berkapasitas besar, suara yang ditimbulkan sangat minim dan dengan operasi kendaraan yang sangat nyaman di satu, dua atau tiga gerbong kereta yang didominasi dengan pemisahan jalur dengan moda lain yang terkadang berada di elevasi yang berbeda. LRT biasa mempunyai 6-8 gandar atau dengan beberapa gerbong dengan 4-6 gandar. Kendaraan-kendaraan Light Rail Transit mempunyai panjang dari 20 meter sampai 32 meter. Di tiap gerbongnya dapat memuat sampai dengan 250 orang dimana 20 sampai 50 % penumpangnya duduk. Kendaraan Light Rail

Transit mempunyai kemampuan akselerasi dan deselerasi yang tinggi, kecepatan maksimum yang dimiliki Light Rail Transit tergantung kepada model-model dari LRT itu sendiri tetapi berkisar antara 70 sampai 80 km/h. kecepatan operasinya berkisar antara 18 sampai 40 km/h.

LRT beroperasi di jalur yang dipisahkan dari jalur moda transportasi yang lain, yang terkadang terpisah secara elevasi. Pemisahan jalur ini dapat berkisar 40 % sampai dengan 90 % dari total panjang jaringan jalan relnya. Pemisahan jalur ini biasanya dilakukan di titik-titik kritis di tengah kota atau di jalanan yang kondisi lalu lintasnya padat, sehingga sumber-sumber hambatan samping dapat dieliminasi.

Jalur yang terpisah, terutama di daerah yang padat lalu lintasnya memungkinkan LRT untuk mempunyai kecepatan operasi 20 sampai 25 km/h. pelayanan penumpang sebanyak 18000 penumpang / jam pernah tercatat di operasional aktual. *Light rail rapid transit (LRRT)* adalah tipe varian tertinggi dari LRT. Perbedaan yang mencolok adalah adanya pemisahan hierarki jalur yang menyeluruh atau hanya beberapa persimpangan saja. Hal tersebut menyebabkan kecepatan operasi yang jauh lebih tinggi. Dengan kecepatan puncaknya bias mencapai 110 km/jam dan kecepatan operasi mencapai 57 km/jam. LRRT akan mempunyai peranan yang sangat penting di dalam pengembangan sebuah kota saat pengoperasian secara otomatis dilakukan.

### **2.3.3 Rail Rapid Transit (RRT)**

Rail Rapid Transit termasuk rubber-tired rapid transit (RTRT) adalah moda yang paling optimal untuk jaringan berkapasitas besar. Rail Rapid Transit mempunyai jalur yang sangat dikontrol dengan tanpa adanya hambatan samping sama sekali. Alat pandu yang sederhana, traksi elektrik dan jalur yang aman mengakibatkan kecepatan maksimum dapat tercapai selama perjalanan sepanjang jalurnya dan hanya dibatasi oleh kenyamanan penumpang, efisien, berketahanan tinggi dan sangat aman. Rail Rapid Transit (RRT) dapat dioperasikan sepanjang 10

gerbong dengan hanya satu orang masinis saja mengakibatkan kapasitas meningkat jauh lebih besar dibandingkan dengan moda transportasi berbasis rel lainnya kecuali Regional Rail (RGR). Dengan tersedianya 40 pintu *double canal* menyebabkan waktu hentinya 5 kali lebih cepat dibandingkan dengan LRT dan 10 samapi 20 kali lebih cepat dibandingkan dengan bus kota. Kemampuan Rail Rapid Transit untuk mulai beroperasi sangat tinggi jauh lebih tinggi daripada Light Rail Transit (LRT) dan 10 sampai 20 kali lebih tinggi daripada bis umum. Karena karakteristik fisik dan operasinya, RRT adalah moda yang paling kondusif untuk dioperasikan secara otomatis dibanding dengan moda yang lain.

Rapid transit membutuhkan investasi yang paling tinggi dibandingkan dengan moda yang lain, hal ini disebabkan karena jalur yang dibedakan sepanjang jalurnya dari moda yang lain dan stasiun yang besar, dan pengaplikasiannya di jalur yang paling padat.

Kendaraan RRT modern mempunyai panjang 16 sampai 23 meter dan mempunyai lebar dari 2,5 meter sampai 3,2 meter dan dapat beroperasi dari satu sampai sepuluh gerbong. Dan mempunyai ruang antara 120 sampai dengan 250 orang dengan tempat duduk berkisar antara 20 sampai 60 % dari kemampuan maksimal kendaraan RRT. Kecepatan operasinya anatar 25 sampai 60 km/h, dengan frekwensi antara 20 hingga 40 kereta per jam.

Rapid Transit biasanya terletak di terowongan bawah tanah di daerah tengah kota dan beberapa bagian yang berelevasi sejajar dengan permukaan tanah terletak di daerah pinggiran kota. Tetapi tidak menutup kemungkinan elevasi jalur RRT bisa berada di permukaan tanah dan bahkan elevated. Biasanya jarak perjalanan yang bisa dilayani RRT antara 5-9 km.

#### **2.3.4 Regional Rail (RGR)**

Regional Rail adalah moda transportasi rel jarak jauh, sehingga standar sistim RGR mempunyai teknologi operasi yang

paling tinggi. Sistem ini dioperasikan di jalur yang dipisah yang biasanya gradenya dipisah dengan moda yang lain, tetapi di jalur yang bersilangan gradenya diberikan sinyal. Traksinya kebanyakan menggunakan listrik. Jalur RGR mempunyai karakter melayani perjalanan jarak jauh sekitar 35 km, stasiun yang besar, dan kecepatan yang tinggi, dan ketahanan yang tinggi. Stasiun tengah kota biasanya dikombinasikan dengan stasiun antar kota tetapi jumlah stasionnya terbatas dan tidak mempunyai banyak wilayah layan di pinggiran kota. Biasanya jeda antara kereta yang satu dengan kereta selanjutnya dapat berkisar antara 20, 30, 60 menit. Sistem RGR modern memberikan wilayah layan di kota metropolitan dengan penduduk yang berasal dari berbagai kota menyebabkan tingginya frekwensi transportasi regional yang terintegrasi dengan stasiun local.

Sistem RGR mempunyai kapasitas kursi yang sangat besar, dapat mencapai 128 kursi di gerbong tunggal dan 175 kursi di gerbong tingkat. Kecepatan operasi berkisar antara 30 dan 75 km/h, dengan kecepatan maksimum 130 km/h.

#### 2.4 Kapasitas Kendaraan

Kapasitas total kendaraan adalah kapasitas yang dimiliki sebuah kendaraan yaitu jumlah kapasitas duduk dan kapasitas berdiri. (Vuchic, 1981)

$$C_v = m + m'$$

Dimana :

$C_v$  = Kapasitas total

$m$  = Kapasitas tempat duduk

$m'$  = Kapasitas tempat berdiri

$m$  tergantung pada dimensi  $A_g$  (luas kotor lantai kendaraan)

$A_n$  (luas bersih lantai kendaraan)

Standar kenyamanan duduk ( $\rho$ ) : 0,3-0,5  $m^2$ /space

$$m = \frac{A_d}{\rho}$$

dimana :

$m$  = jumlah space (duduk)

$A_d$  = luas tempat duduk total ( $m^2$ )

$\rho$  = standar kenyamanan duduk

Standar kenyamanan berdiri ( $\sigma$ ) :  $0,2 \text{ m}^2/\text{space}$

$$m' = \frac{A_b}{\sigma}$$

dimana :

$m'$  = jumlah space (berdiri)

$A_d$  = luas tempat duduk total ( $m^2$ )

$\sigma$  = standar kenyamanan berdiri

$$A_n = m \cdot \rho + m' \cdot \sigma$$

$$A_n = \xi A_g - A_l$$

Dimana :

$\xi$ : koefisien koreksi akibat bentuk ruang dan tebal dinding kendaraan

$A_l$ : lost area (tangga, kemudi, validasi tiket)

$$C_v = m + \frac{(A_n - m\rho)}{\sigma}$$

#### 2.4.1 Kapasitas Jalur

$$C = C_v \cdot f_{\max} \cdot N$$

Dimana :

$C$  : kapasitas jalur (space/jam)

$C_v$  : kapasitas kendaraan (space/kendaraan)

$f_{\max}$  : frekwensi maksimum kendaraan per jam

$h_{\min}$  : Headway minimum (detik)

headway : 60 menit/frekwensi (menit)

$N$ : jml gerbong, jika lebih dari satu

$f = 3600/\text{jam}$

$f_{\max} = 3600/\text{jam}$

### 2.4.2 Jumlah Armada

$$N = \frac{LR}{v} \times \frac{60}{h}$$

Dimana :

N : Jumlah Armada

LR : Panjang rute pp (km)

v : kecepatan tempuh rencana (km/jam)

h : Headway (menit)

### 2.4.3 Headway (Interval Waktu)

Headway minimum didapat dari nilai:

$$\text{Max} \{ \text{way headway } (h_w), \text{ station headway } (h_s) \}$$

$$C = C_v \cdot N \cdot 3600 / h_{s \min}$$

$$H_{s \min} = t_s + t_a + \Delta t + t_r + t_b$$

Dimana :

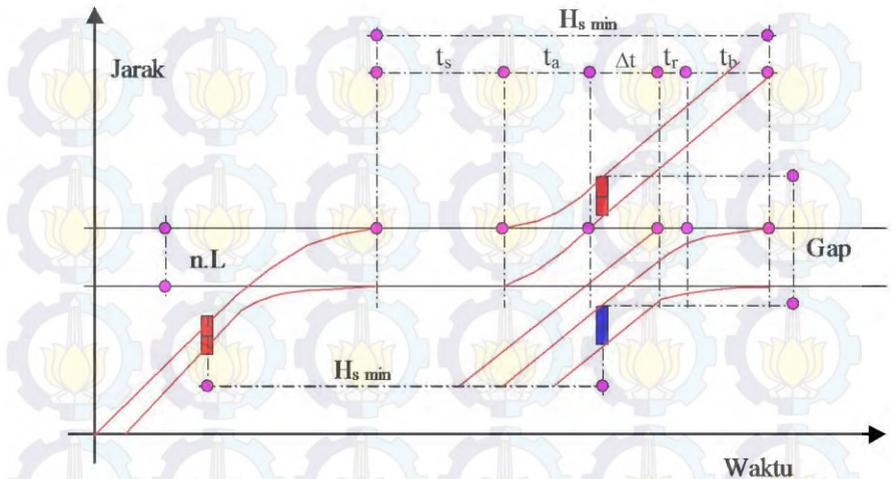
$t_s$  = waktu berhenti

$t_a$  = waktu akselerasi

$\Delta t$  = waktu tambahan utk safety

$t_r$  = waktu tambahan akibat perbedaan reaksi

$t_b$  = waktu pengereman



$t_s = t_0 + \max(\lambda p_b, \mu p_a)$ , bila pintu masuk & keluar beda.

$t_s = t_0 + \lambda p_b + \mu p_a$ , bila satu pintu digunakan bergantian.

$t_s = (t_0 + \lambda p_b + \mu p_a) / k$ , bila k pintu dipakai bergantian.

$t_s = t_0 + \max(\lambda p_b, \mu p_a)$ , bila pintu masuk & keluar beda.

$t_s = t_0 + \lambda p_b + \mu p_a$ , bila satu pintu digunakan bergantian.

$t_s = (t_0 + \lambda p_b + \mu p_a) / k$ , bila k pintu dipakai bergantian.

$t_0$ : fixed time lost utk buka tutup pintu

$p_b$ : jmlh png naik pada pemberhentian terkritik (org)

$p_a$ : jmlh png turun pada pemberhentian terkritik (org)

$\lambda$ : waktu naik per org (detik)

$\mu$ : waktu turun per org (detik)

## 2.5 Kecepatan

Di dalam transportasi kereta api dikenal adanya 4 (empat) kecepatan, yaitu sebagai berikut (PJKA, 1986) :

1 ) Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel.

2 ) Kecepatan Maksimum

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

3 ) Kecepatan Operasi

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

4 ) Kecepatan Komersial

Kecepatan komersial adalah kecepatan rata – rata kereta api sebagai hasil pembagian jarak tempuh dengan waktu tempuh.

## 2.6 Ruang Bebas dan Ruang Bangun

Ruang bebas adalah ruang di atas sepur yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang. Ruang ini disediakan untuk lalu lintas rangkaian kereta api. Ukuran ruang bebas untuk jalur tunggal dan jalur ganda, baik pada bagian lintas yang lurus maupun yang melengkung, untuk lintas elektrifikasi dan non elektrifikasi, adalah seperti yang tertera pada gambar 2.1, gambar 2.2, gambar 2.3. (PJKA, 1986)

Ukuran – ukuran tersebut telah memperhatikan dipergunakannya gerbong container / peti kemas ISO ( Iso Container Size ) tipe “Standart Height”.

Ruang bangun adalah ruang di sisi 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 :

a ) Pada Lintas Bebas :

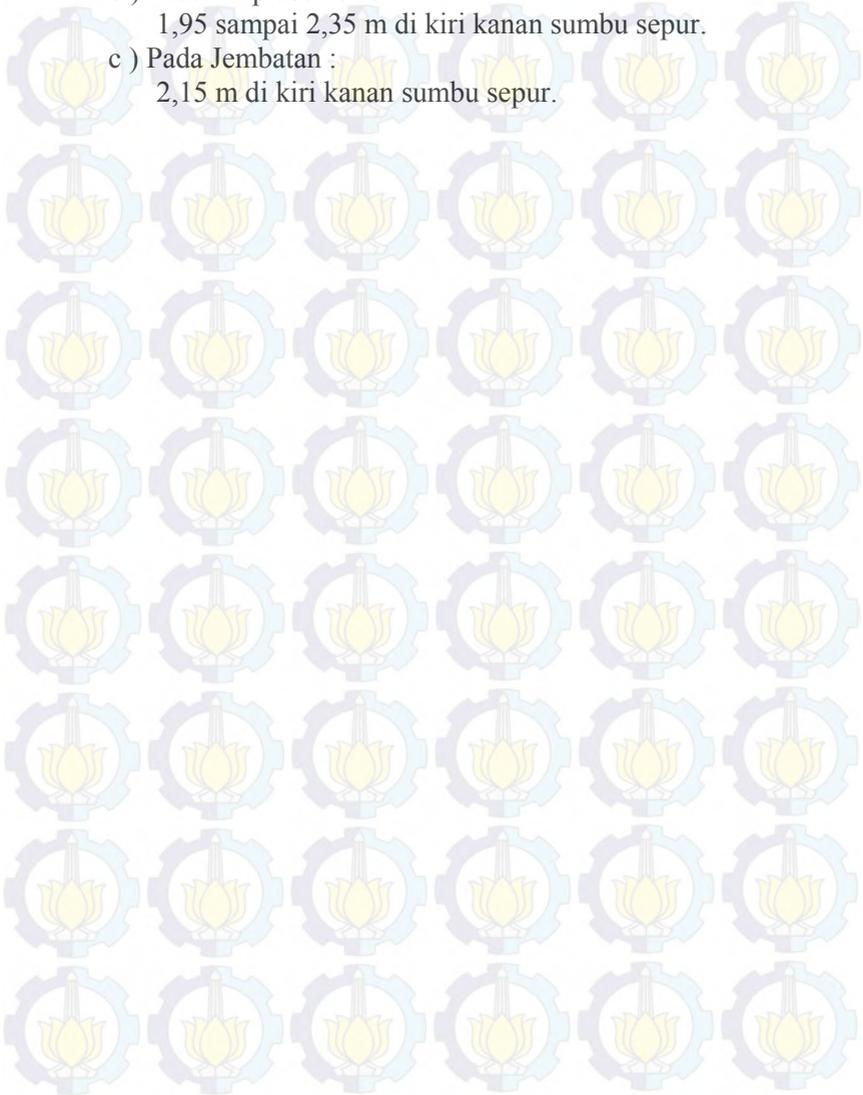
2,35 sampai 2,53 m di kiri kanan sumbu sepur.

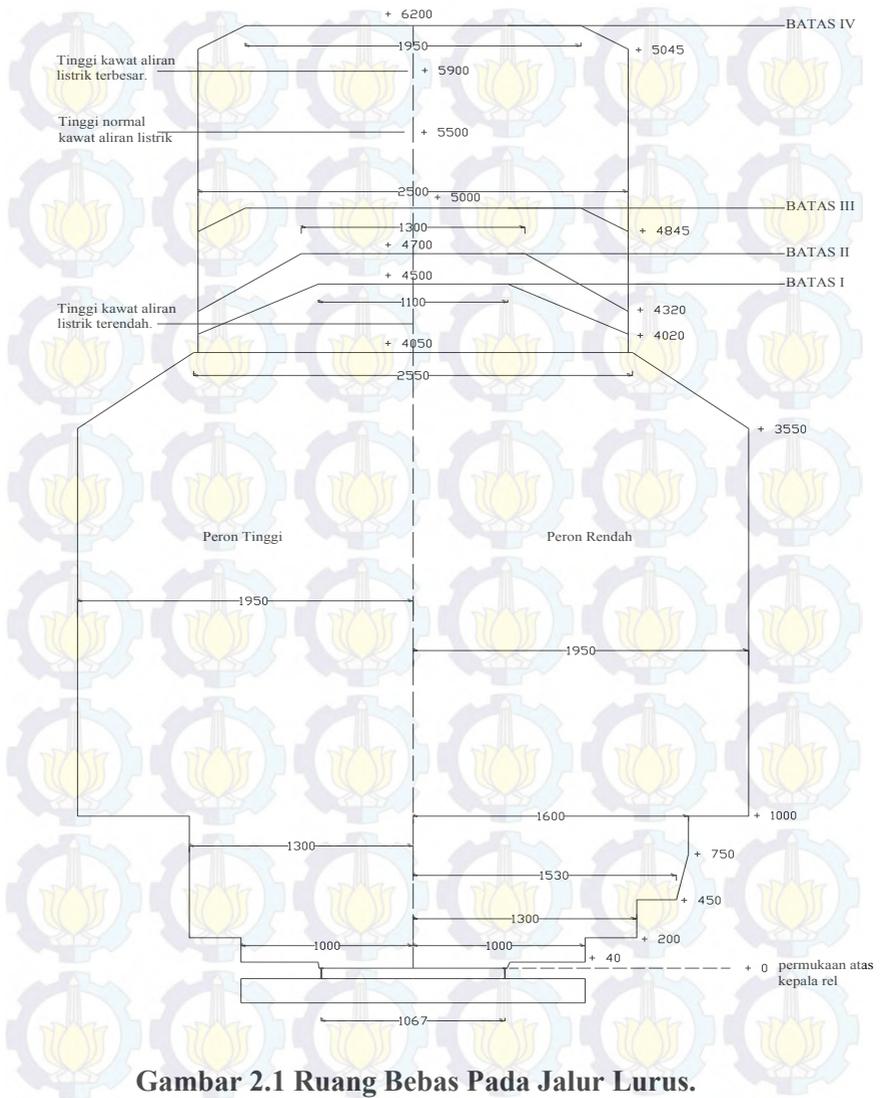
b) Pada Emplasemen :

1,95 sampai 2,35 m di kiri kanan sumbu sepur.

c) Pada Jembatan :

2,15 m di kiri kanan sumbu sepur.





**Gambar 2.1 Ruang Bebas Pada Jalur Lurus.**

**Keterangan :**

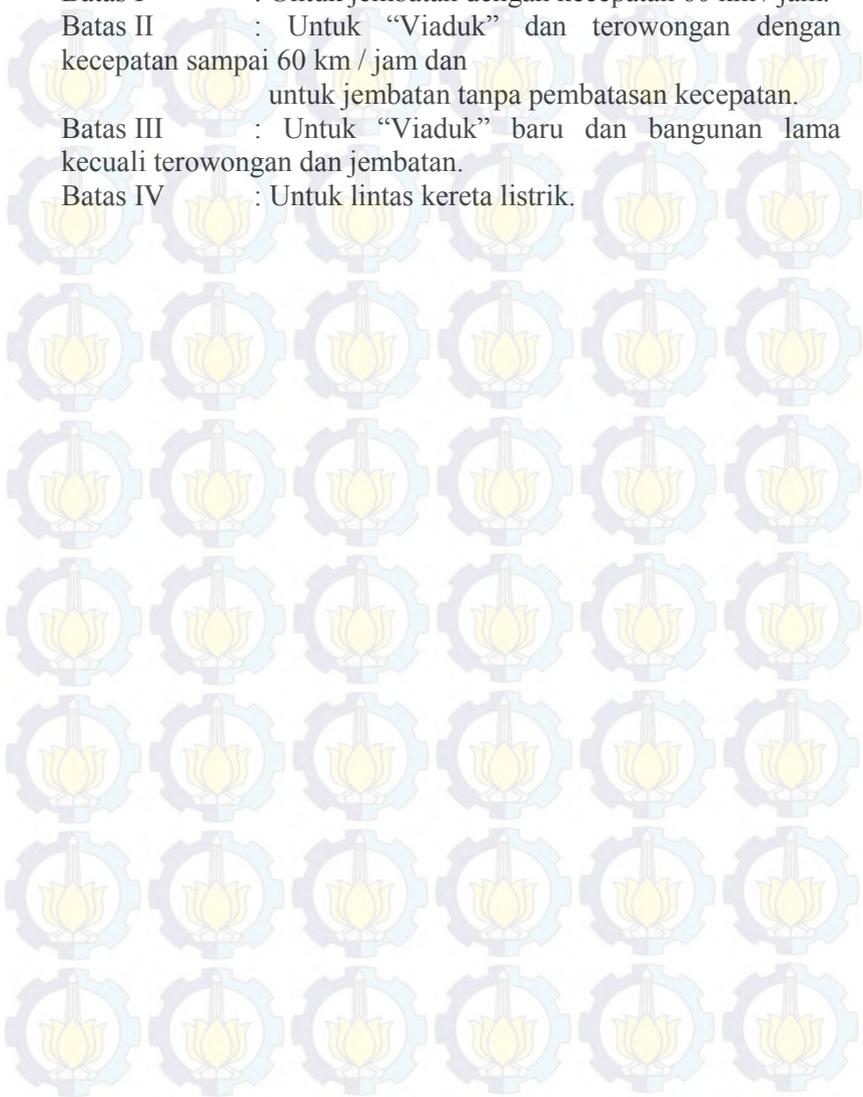
Batas I : Untuk jembatan dengan kecepatan 60 km / jam.

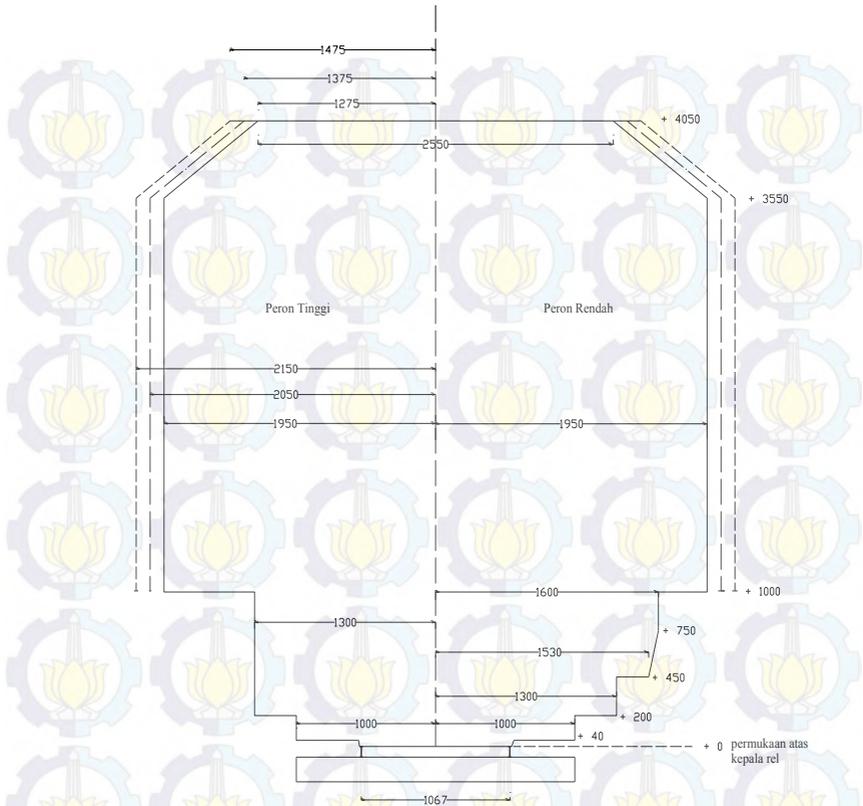
Batas II : Untuk “Viaduk” dan terowongan dengan kecepatan sampai 60 km / jam dan

untuk jembatan tanpa pembatasan kecepatan.

Batas III : Untuk “Viaduk” baru dan bangunan lama kecuali terowongan dan jembatan.

Batas IV : Untuk lintas kereta listrik.





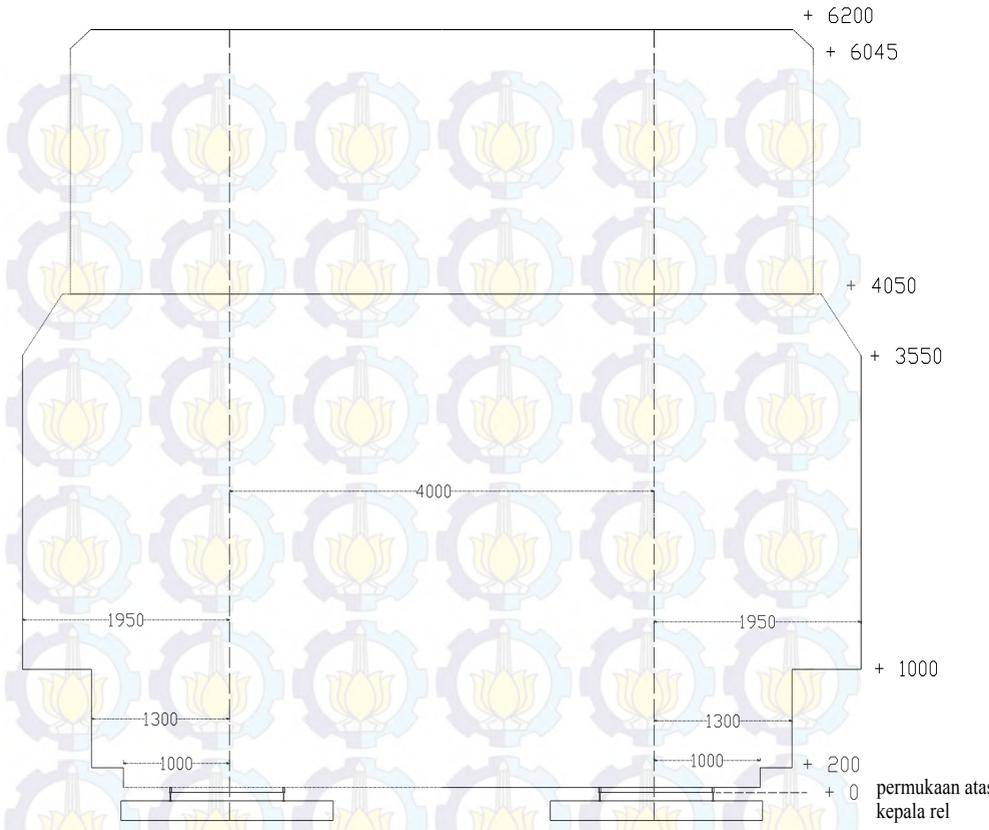
**Gambar 2.2 Ruang Bebas Pada Lengkungan**

**Keterangan :**

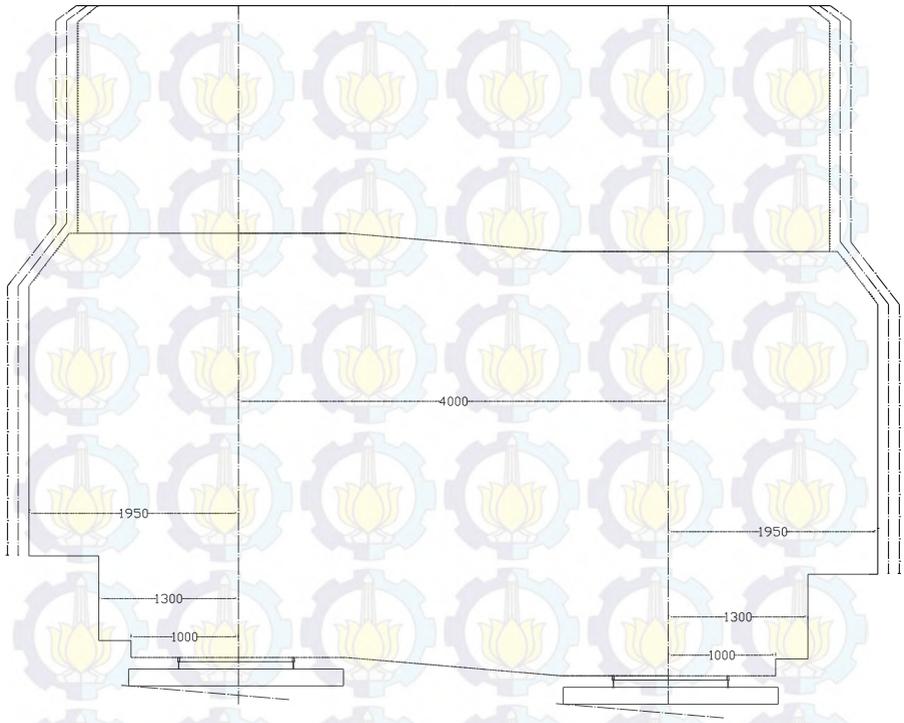
————— : Batas ruang bebas pada lintas lurus dan pada bagian lengkungan dengan jari – jari > 3000 meter.

- - - - - : Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari – jari 300 sampai dengan 3000 meter.

- · - · - : Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari – jari < 300 meter



**Gambar 2.3 Ruang Bebas pada Jalur lurus Untuk Jalur Ganda**



**Gambar 2.4 Ruang Bebas Pada Lengkungan Untuk Jalur Ganda**

## 2.7 Geometrik Jalan Rel

Geometrik jalan rel direncanakan berdasarkan pada kecepatan rencana serta ukuran – ukuran kereta yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi dan keserasian dengan lingkungan sekitarnya.

### 2.7.1 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.

### 2.7.2 Lengkung Horizontal

Alinemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horizontal; alinemen horizontal terdiri dari garis lurus dan lengkung.

#### a. Lengkung Lingkaran

Dua bagian lurus, yang perpanjangannya 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 tercantum pada tabel berikut :

**Tabel 2.1 Persyaratan Perencanaan Lengkungan**

| Kecepatan Rencana ( Km / Jam ) | Jari – jari Minimum Lengkung lingkaran tanpa lengkungan peralihan ( m ) | Jari – jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung peralihan |
|--------------------------------|---|---|
| 120                            | 2370  | 780   |
| 110                            | 1990  | 660   |
| 100                            | 1650  | 550   |
| 90                             | 1330  | 440   |
| 80                             | 1050  | 350   |
| 70                             | 810   | 270   |
| 60                             | 600   | 200   |

Sumber : Peraturan Dinas PJKA 1986

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 seperti tercantum pada tabel 2.2.

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.

### 2.7.3 Kelandaian

#### a. Pengelompokan lintas

Berdasarkan pada kelandaian dari sumbu dan rel dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) kelompok seperti yang tercantum pada tabel berikut:

**Tabel 2.2 Pengelompokan Lintas Berdasar Pada Kelandaian**

| Kelompok Lintas Jalan Rel | Kelandaian ( ‰ ) |
|---------------------------|------------------|
| Lintas Datar              | 0 – 10           |
| Lintas Pegunungan         | 10 – 40          |
| Lintas dengan rel gigi    | 40 – 80          |

Sumber : Peraturan Dinas PJKA, 1986

#### b. Landai Penentu

Landai penentu adalah suatu kelandaian (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus. Besar landai penentu terutama berpengaruh pada kombinasi daya tarik lok dan rangkaian yang dioperasikan. Untuk masing – masing kelas jalan rel, besar landai penentu adalah seperti yang tercantum pada tabel berikut :

**Tabel 2.3 Landai Penentu Maksimum**

| Kelas Jalan Rel | Landai Penentu Maksimum |
|-----------------|-------------------------|
| 1               | 10 ‰                    |
| 2               | 10 ‰                    |
| 3               | 20 ‰                    |
| 4               | 25 ‰                    |
| 5               | 25 ‰                    |

Sumber : Peraturan Dinas PJKA, 1986

#### c. Landai Curam

Dalam keadaan yang memaksa kelandaian (pendakian) dari lintas lurus dapat melebihi landai penentu. Kelandaian ini disebut landai curam; panjang

maksimum landai curam dapat ditentukan melalui rumus pendekatan sebagai berikut :

$$l = \frac{v_a^2 - v_b^2}{2g(Sk - S_m)}$$

Dimana :

l = panjang maksimum landai curam (meter)

$v_a$  = kecepatan minimum yang diijinkan di kaki landai curam (m/detik)

$v_b$  = kecepatan minimum di puncak landai curam

$v_b \geq \frac{1}{2} v_a$

g = percepatan gravitasi

Sk = besar landai curam (‰)

$S_m$  = besar landai penentu (‰)

#### 2.7.4 Landai Pada Lengkung Atau Terowongan

Apabila di suatu kelandaian terdapat lengkung atau terowongan, maka kelandaian di lengkung atau terowongan itu harus dikurangi sehingga jumlah tahananannya tetap.

#### 2.7.5 Lengkung Vertikal

Alinemen vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel tersebut; alinemen 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 kecepatan rencana dan adalah seperti yang tercantum di tabel berikut :

**Tabel 2.4 Jari – jari minimum lengkung vertikal**

| Kecepatan Rencana<br>(km / jam) | Jari – jari minimum<br>lengkung vertikal ( meter ) |
|---------------------------------|--|
| Lebih besar dari 100            | 8000   |
| Sampai 100                      | 6000   |

Sumber : Peraturan Dinas PJKA, 1986

Letak lengkung vertikal diusahakan agar tidak berhimpit atau bertumpangan dengan lengkung horizontal.

### 2.7.6 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan rel adalah potongan pada jalan rel, dengan arah tegak lurus sumbu jalan rel, di mana terlihat bagian – bagian dan ukuran – ukuran jalan rel dalam arah melintang.

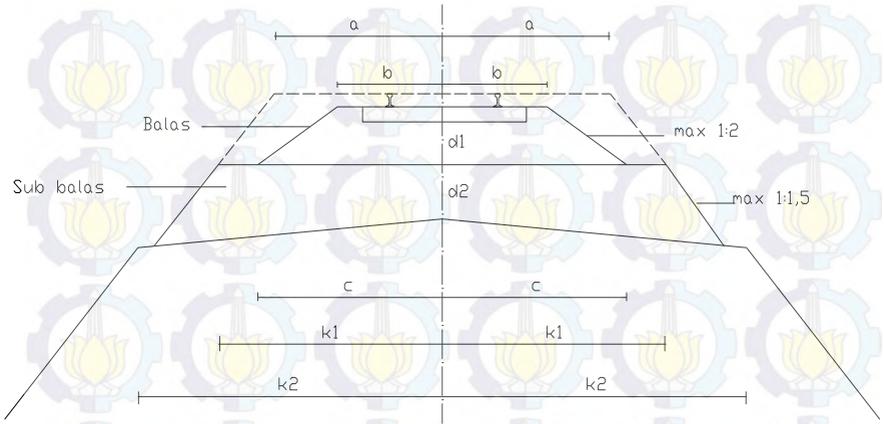
Ukuran – ukuran penampang melintang jalan rel berjalur tunggal dan berjalur ganda tercantum dalam tabel 2.5 untuk lintas lurus maupun di lintas lengkung dan dijelaskan dengan gambar 2.5 dan gambar 2.6

Pada tempat – tempat khusus, seperti di perlintasan, penampang melintang dapat disesuaikan dengan keadaan setempat.

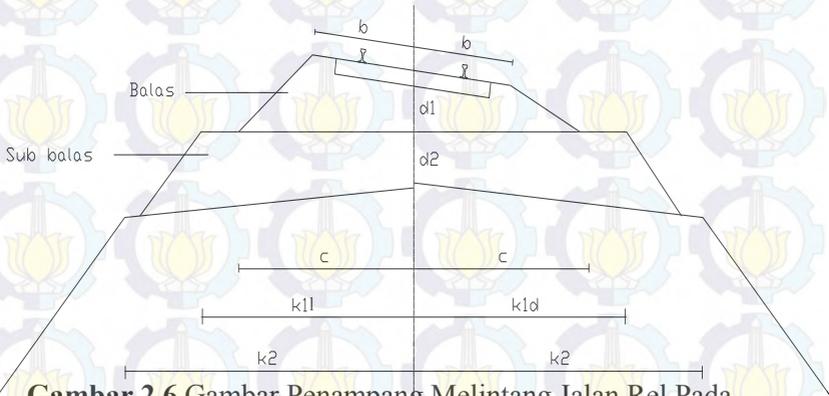
**Tabel 2.5** Penampang Melintang Jalan Rel

| KELAS JALAN | V maks (km/jam) | d <sub>1</sub> (cm) | b (cm) | c (cm) | k <sub>1</sub> (cm) | d <sub>2</sub> (cm) | e (cm) | k <sub>2</sub> (cm) | a (cm)  |
|-------------|-----------------|---------------------|--------|--------|---------------------|---------------------|--------|---------------------|---------|
| I           | 120             | 30                  | 150    | 235    | 265-315             | 15-50               | 25     | 375                 | 185-237 |
| II          | 110             | 30                  | 150    | 235    | 265-315             | 15-50               | 25     | 375                 | 185-237 |
| III         | 100             | 30                  | 140    | 225    | 240-270             | 15-50               | 22     | 325                 | 170-200 |
| IV          | 90              | 25                  | 140    | 215    | 240-250             | 15-35               | 20     | 300                 | 170-190 |
| V           | 80              | 25                  | 135    | 210    | 240-250             | 15-35               | 20     | 300                 | 170-190 |

Sumber : Peraturan Dinas PJKA, 1986



**Gambar 2.5** Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus



**Gambar 2.6** Gambar Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkungan

Sumber : Peraturan Dinas PJKA, 1986

## 2.8 Susunan Jalan Rel

### 2.8.1 Tipe dan Karakteristik Penampang

1. Tipe rel untuk masing – masing kelas jalan tercantum pada tabel berikut :

**Tabel 2.6** Kelas jalan dan tipe relnya.

| 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 Dinas PJKA, 1986

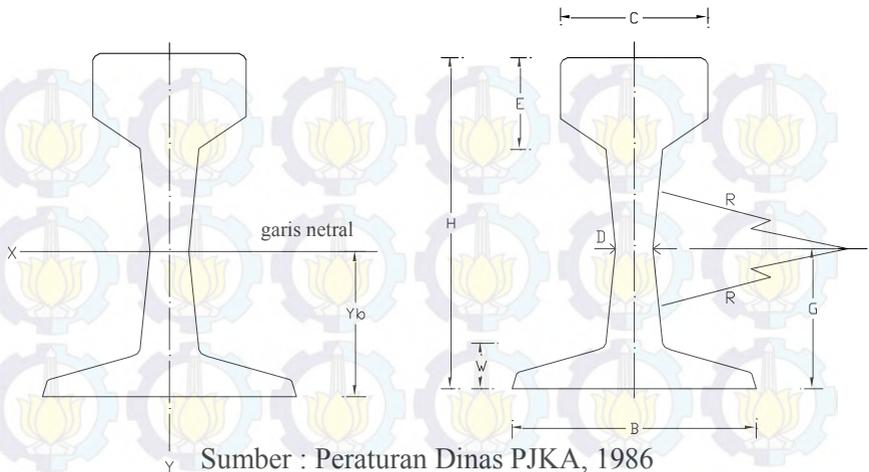
## 2. Karakteristik penampang rel tercantum dalam tabel 2.7

**Tabel 2.7** Karakteristik penampang rel.

| Besaran geometri rel              | Tipe 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  | 70,00  | 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 (cm <sup>2</sup> )              | 54,26    | 64,20  | 69,34  | 76,86  |
| W (kg/m)                          | 42,59    | 50,40  | 54,43  | 60,34  |
| I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> ) | 1.369    | 1.960  | 2.346  | 3.055  |
| Y <sub>b</sub> (mm)               | 68,50    | 71,60  | 76,20  | 80,95  |

A = luas penampang  
 W = berat rel per meter  
 I<sub>x</sub> = momen inersia terhadap sumbu x  
 Y<sub>b</sub> = jarak tepi bawah rel ke garis netral

Sumber : Peraturan Dinas PJKA, 1986



## 2.8.2 Wesel

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

### 2.8.2.1 Jenis Wesel

1. Wesel Biasa
  - a. Wesel biasa
  - b. Wesel dalam lengkung
2. Wesel tiga jalan
  - a. Wesel biasa
  - b. Wesel tergeser
3. Wesel inggris

Wesel inggris adalah wesel yang dilengkapi dengan gerakan – gerakan lidah serta sepur – sepur bengkok

### 2.8.2.2 Komponen Wesel

#### 1. Lidah

Lidah dapat berputar atau berpegas terhadap akarnya dan disebut wesel dengan lidah berputar atau wesel dengan lidah berpegas. Ujung lidah dapat digeser dengan suatu pembalik wesel. Penggeseran lidah itu untuk menghubungkan sepur lurus dengan sepur bengkok. Gerakan itu disebut membalik wesel.

#### 2. Jarum dan sayap – sayapnya

Jarum adalah bagian wesel yang memberi kemungkinan kepada flens roda melalui perpotongan bidang-bidang jalan yang terputus antara dua rel.

#### 3. Rel latak

Suatu rel yang diperkuat badannya yang berguna untuk bersandarnya lidah-lidah wesel.

#### 4. Rel paksa

Dibuat dari rel biasa yang kedua ujungnya dibengkok ke dalam. Rel paksa luar biasanya dibaut pada rel latak dengan menempatkan blok pemisah diantaranya. Jarak rel pasak dengan rel letak adalah 42 mm

#### 5. Sistim penggerak atau pembalik wesel

Pembalik wesel adalah mekanisme untuk menggerakkan ujung lidah.

### 2.9 Penentuan Alternatif Trase Terpilih

Dalam menentukan alternatif trase terpilih ini dilakukan dengan cara menggunakan multi kriteria analysis yaitu dengan menggunakan matriks sederhana dan dengan kriteria tertentu dengan sistim penilaian tertentu yang akhirnya akan memunculkan nilai dari masing-masing trase dan nilai terbesar diambil sebagai alternatif trase terpilih. Kriteria yang menjadi parameter di dalam multi criteria analysis yang digunakan di dalam tugas akhir ini adalah :

- Biaya konstruksi rencana.
- Apakah rencana trase tersebut melewati supermarket.

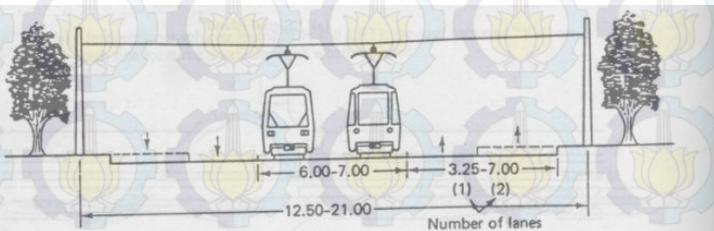
- Apakah rencana trase tersebut melewati rumah sakit.
- Apakah rencana trase tersebut melewati mal (pusat perbelanjaan).
- Apakah rencana trase tersebut melewati stasiun kereta api regional.
- Apakah rencana trase tersebut melewati terminal bus.
- Apakah rencana trase tersebut melewati perumahan.
- Apakah rencana trase tersebut melewati kampung.
- Apakah rencana trase tersebut melewati institusi pendidikan.

## 2.10 Posisi Trase Terhadap Elevasi Muka Tanah

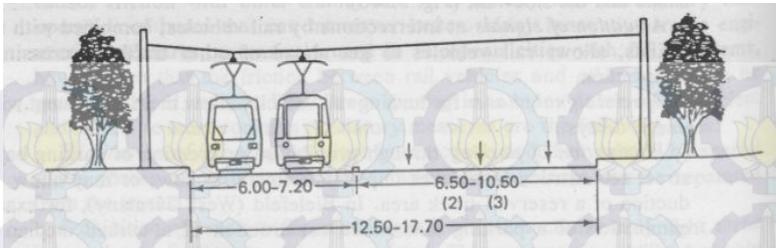
Dalam menentukan posisi trase bergantung pada lingkungan sekitar yang dapat dilihat di peta rupa bumi. Apakah diperlukan *At grade* atau *elevated*.

### 2.10.1 At Grade

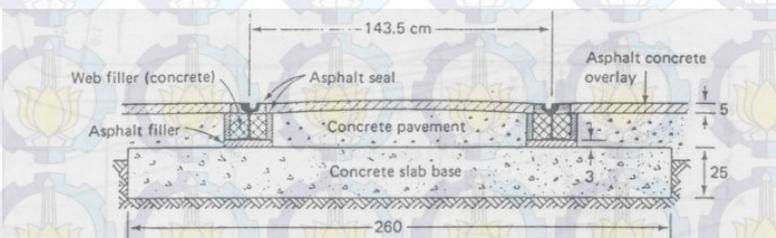
*At grade* adalah posisi trase yang sebidang dengan jalan raya. Dalam pengerjaannya relatif lebih mudah dengan biaya yang murah. Penempatan trase dapat direncanakan berada di tengah jalan atau di pinggir dan dapan di lihat pada gambar 2.7 dan gambar 2.8.



**Gambar 2.7** Penempatan trase di tengah jalan.



**Gambar 2.8** Penempatan trase di pinggir jalan.



**Gambar 2.9** Potongan melintang pada trase *At grade*.

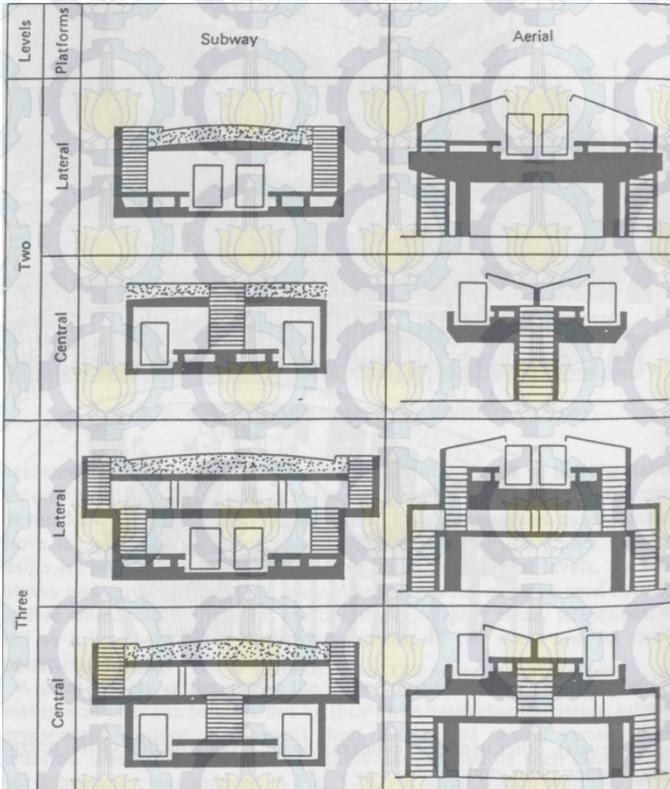
Sumber : Vukan R. Vuchic, 1981

### 2.10.2 Elevated

*Elevated* adalah posisi trase yang elevasinya lebih tinggi dibanding dengan jalan raya (layang). Dalam pengerjaannya membutuhkan biaya yang lebih besar namun memiliki efisiensi kapasitas moda yang lebih baik dibanding dengan *At grade*.

## 2.11 Stasiun

Stasiun adalah tempat berhentinya kereta untuk menaikn atau menurunkan penumpang. Ada beberapa tipe stasiun transportasi berbasis rel yang ditunjukkan pada gambar 2.10.



**Gambar 2.10** Tipe stasiun transportasi berbasis rel.

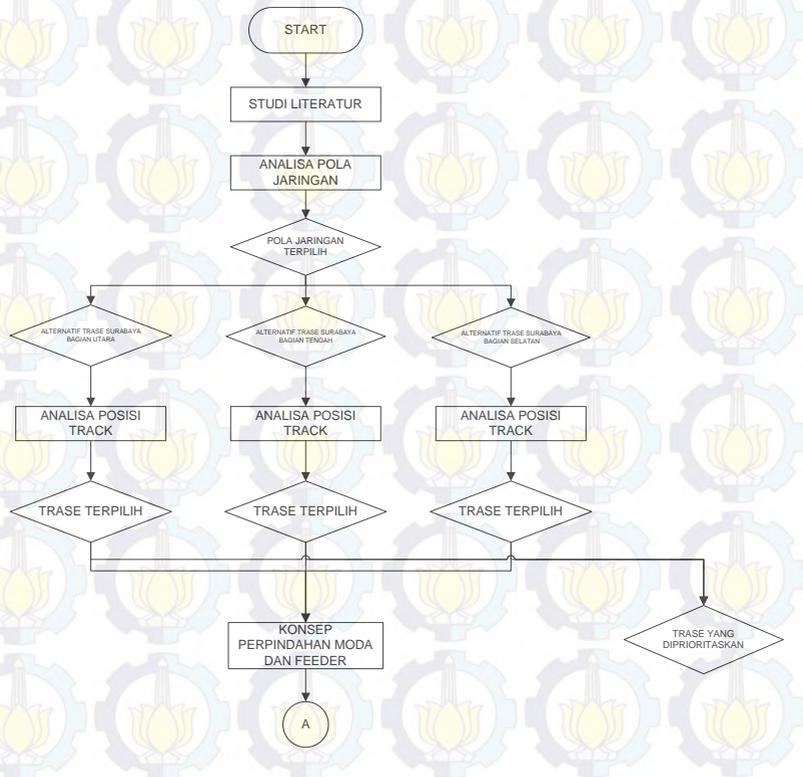


"Halaman ini sengaja dikosongkan"

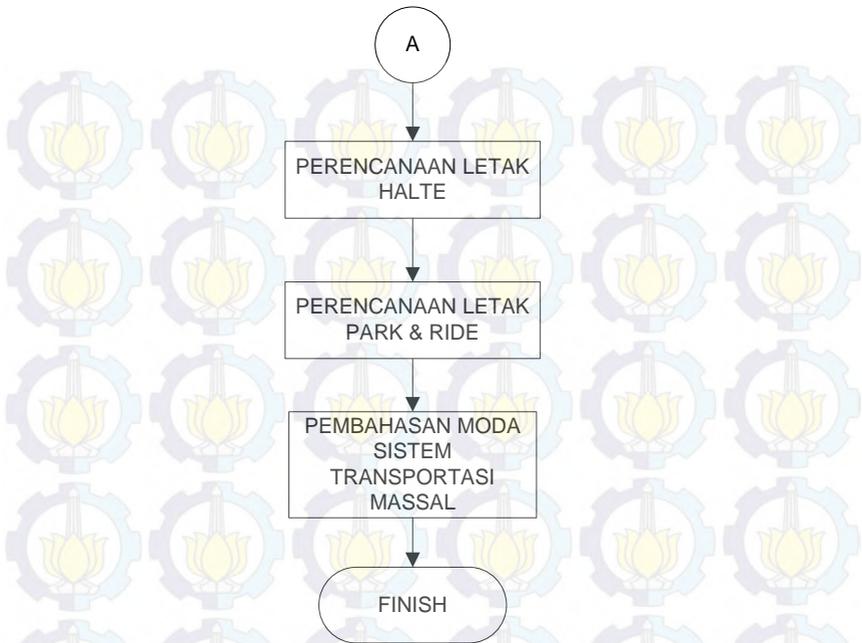
### BAB III METODOLOGI

Dasar Perencanaan yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini mengacu kepada buku Urban Public Transportation Systems and Technology yang ditulis oleh Vukan R. Vuchic.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan studi pemilihan trase transportasi massal dari daerah timur kota Surabaya ke daerah barat kota Surabaya.



Gambar 3.1a Diagram Alir Metodologi



**Gambar 3.1b Diagram Alir Metodologi**

Untuk memperjelas Metodologi yang digunakan untuk penyelesaian Tugas Akhir ini:

### **3.1. Analisa Pola Jaringan**

Mempelajari berbagai sumber informasi mengenai pola jaringan transportasi.

### **3.2. Pola Jaringan Terpilih**

Menganalisa pola jaringan yang ada dengan berbagai timbangan agar didapatkan pola jaringan yang cocok.

### **3.3. Alternatif Trase**

Wilayah Surabaya di bagi menjadi tiga bagian, yaitu Surabaya bagian utara, tengah dan selatan.

### 3.4. Analisis Posisi Track

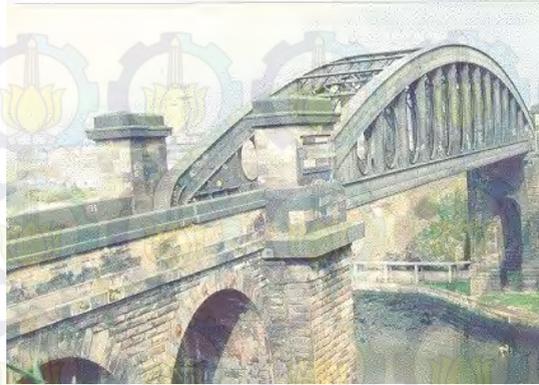
Menganalisa posisi track terhadap elevasi muka tanah apakah diperlukan At Grade (gambar 3.2), Elevated (gambar 3.3), atau kombinasi (gambar 3.4) tergantung dengan keadaan lingkungan sekitar yang dapat dilihat di peta rupa bumi.



**Gambar 3.2 Posisi Track At grade**



**Gambar 3.3 Posisi Track Elevated**



**Gambar 3.4 Posisi Track Kombinasi**

### **3.5. Trase Terpilih**

Di tiap bagian surabaya, terdapat masing-masing dua alternatif trase. Kemudian dipilih salah satu yang terbaik.

### **3.6. Trase yang Diprioritaskan**

Dari ketiga trase yang telah dipilih, ditentukan trase mana yang diprioritaskan pembangunannya. Karena tidak mungkin ketiga trase dapat dibangun secara bersamaan.

### **3.7. Konsep Perpindahan Moda dan Feeder**

Menganalisa konsep perpindahan moda yang cocok untuk diterapkan.

### **3.8. Perencanaan Letak Halte**

Menganalisa letak stasiun di semua trase terpilih.

### **3.9. Perencanaan Letak Park & Ride**

Menganalisa letak *park & ride* di semua trase terpilih.

### **3.10. Pembahasan Moda Sistem Transportasi Massal**

Mempelajari berbagai sumber informasi mengenai berbagai moda yang menggunakan rel yang dapat menunjang penyelesaian Tugas Akhir ini. Moda yang dimaksud meliputi Light Rail Transit (LRT), Rail Rapid Transit (RRT), Regional Rail (RGR). Dan kemudian menentukan moda yang cocok diterapkan di Surabaya.

## **BAB IV**

### **ANALISA ALTERNATIF TRASE DAN PEMILIHAN TRASE**

Pada bab ini akan menjelaskan tentang analisa pola jaringan trase yang cocok diterapkan di Kota Surabaya. Selain itu juga menyajikan analisa alternatif trase transportasi massal Surabaya timur dengan Surabaya barat. Karena Kota Surabaya cukup luas maka dalam analisa ini Kota Surabaya dibagi menjadi tiga bagian, yaitu Surabaya bagian utara, Surabaya bagian tengah, dan Surabaya bagian selatan.

Analisa perhitungan biaya dan *multi criteria analysis* dilakukan di tiap-tiap alternatif trase untuk kemudian dipilih alternatif trase yang paling baik. Perhitungan biaya yang dilakukan di dalam tugas akhir ini dilakukan secara garis besar, dan harga-harga yang diperoleh didapat dari buku Vukan R. Vuchic yang berjudul *Urban Public Transportation Systems and Technology*.

Kemudian dari trase terpilih dilakukan alternatif perpindahan moda. Transportasi massal berbasis rel akan sangat efektif ketika transportasi massal tersebut menjadi jalur utama pergerakan penumpang dan ditopang oleh moda penunjang atau *feeder*.

Selain alternatif perpindahan moda, dilakukan alternatif pemilihan moda untuk transportasi massal berbasis rel antara Surabaya barat dengan Surabaya timur.

#### **4.1 Pola Jaringan Trase yang Digunakan**

Secara garis besar, pola jaringan transportasi massal terbagi menjadi tiga pola, yaitu *grid*, *radial*, dan *mixed*. Penjelasan dari masing-masing pola akan disajikan pada subbab berikut.

#### **4.1.1 Radial**

Dalam pola ini kebanyakan rutenya menyebar dari kawasan pusat yaitu kawasan tengah kota. Tujuan utamanya yaitu melayani kawasan koridor utama dari pergerakan penumpang asal dan tujuan dari beberapa titik fokus. Dalam pola jaringan ini biasanya terdapat satu terminal utama di tengah kota dan lainnya berada di pinggiran kota, namun ini akan menimbulkan kepadatan di kawasan tengah kota dan kebutuhan biaya pembebasan lahan untuk terminal akan menjadi sangat mahal. Pilihan lainnya agar tidak menimbulkan biaya pembebasan lahan yang besar, maka tidak membangun terminal di kawasan tengah kota, sehingga rutenya berawal dari pinggiran kota, melalui kawasan tengah kota, dan berakhir di pinggiran kota. Akan tetapi, dalam kasus ini rutenya menjadi semakin panjang, dan operasi kendaraan menjadi lebih tidak stabil.

Keuntungan dari pola jaringan tipe radial adalah meminimalkan para penumpang untuk berpindah moda, selama mayoritas dari penumpang menuju titik utama, eksploitasi koridor dari kepadatan pergerakan dan penguatan fungsi dari titik utama dan titik lainnya yang berada di pinggiran kota.

Kerugian dari pola jaringan tipe radial adalah ikut memberikan kontribusi kepadatan di titik-titik utama, khususnya di terminal yang berada di kawasan tengah kota. Selain itu, kawasan tengah kota akan dilalui banyak rute sehingga kinerja pelayanan akan menjadi buruk. Kerugian lainnya yaitu ada beberapa kawasan di pinggiran kota yang tidak tercakup area pelayanan dari transportasi massal.

Pola jaringan tipe radial direkomendasikan diterapkan di kota kecil, yang memiliki kemungkinan kepadatan yang relatif kecil di kawasan tengah kota dan pergerakan penumpang antara pinggir kota ke pinggiran lain relatif kecil.

#### **4.1.2 Grid**

Ciri utama tipe jaringan grid adalah pola jaringannya terdiri dari garis-garis lurus hingga membentuk kotak-kotak.

Beberapa rute melalui kawasan tengah kota, tetapi banyak rute yang tidak melalui kawasan tengah kota. Tujuan utama dari pola jaringan tipe grid adalah cakupan area pelayanan dari transportasi massal menjadi seragam dan luas.

Keuntungan utama dari pola jaringan tipe grid adalah sistem jaringan rute yang berbentuk garis akan lebih mudah dipahami oleh masyarakat luas dan area pelayanan transportasi massal dapat mencakup area yang lebih luas karena terbagi rata.

Kekurangan utama dari pola jaringan tipe grid adalah ketika seseorang memerlukan pindah moda hingga mencapai tujuannya. Konsekuensinya adalah frekuensi keberangkatan transportasi massal harus lebih sering dan jumlah armada juga harus ditambah untuk mengkompensasikan waktu yang terbuang pada saat pindah moda.

Pola jaringan tipe grid direkomendasikan untuk kota yang cukup besar area perkotaannya dimana pergerakan penumpang tidak hanya menuju kawasan tengah kota. Selain itu jika pola jalan raya yang sudah ada berbentuk sama (grid) maka akan memudahkan pembangunan jaringan transportasi massal baru.

#### **4.1.3 Mixed**

Pola jaringan tipe ini adalah campuran dari tipe radial dan grid.

Pola jaringan tipe ini dapat diterapkan di kota yang lebih besar lagi dan sangat luas area cakupannya. Terutama ketika kota-kota tidak dapat menggunakan pola jaringan tipe radial maupun grid.

#### **4.1.4 Kondisi Kota Surabaya**

Surabaya merupakan salah satu kota besar di Indonesia, dan juga merupakan ibu kota provinsi Jawa Timur. Saat ini, selain menjadi pusat pemerintahan Surabaya juga merupakan pusat aktivitas ekonomi, pendidikan serta sosial budaya. Dalam rangka mengantisipasi era perdagangan bebas di abad mendatang yang menimbulkan tingkat persaingan semakin tinggi dan menuntut

adanya kebutuhan pelayanan yang cepat dan tepat waktu pada saat diperlukan, sehingga mengakibatkan peranan transportasi menjadi sangat penting. Hal ini disebabkan karena mengingat padatnya jumlah penduduk yang ada di Surabaya sekitar  $\pm$  3 juta jumlah penduduk sehingga akan meningkatkan jumlah volume lalu lintas yang ada di Surabaya, (*website* : [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)). Sebagai kota yang memiliki tingkat volume lalu lintas yang cukup tinggi, maka tentunya transportasi di Surabaya dituntut untuk dapat memberikan pelayanan yang terbaik bagi para pengguna jasanya.

Mengingat banyaknya penambahan jumlah penduduk di tiap tahunnya maka secara otomatis akan menambah jumlah pergerakan penumpang dalam kota setiap harinya, sehingga diharapkan transportasi yang ada dapat memberikan pelayanan yang maksimal bagi para pengguna jasanya. Dalam hal ini waktu benar – benar sangat berharga bagi semua orang, dimana para pengguna jasa mengharapkan dapat menikmati pelayanan angkutan yang nyaman, aman, cepat, murah serta pelayanan yang memuaskan. Oleh karena itu diharapkan dunia teknik sipil mampu memberikan satu inovasi baru di bidang transportasi.

Selama ini moda transportasi yang digunakan antara Surabaya timur dengan Surabaya barat hanyalah dengan menggunakan transportasi darat yaitu dengan menggunakan kendaraan pribadi, taxi, angkutan kota (bemo) atau sepeda motor. Hal ini mengakibatkan meningkatnya kepadatan dan derajat kejenuhan jaringan jalan raya yang menghubungkan Surabaya timur dengan Surabaya barat, sehingga perlu dibangun alternatif transportasi yang tidak membebani jaringan jalan raya di kota Surabaya, salah satu alternatifnya adalah dengan membangun trase jalan kereta api baru yang menghubungkan kawasan Surabaya timur dengan kawasan Surabaya barat, sehingga menambah kemampuan pergerakan manusia dengan tanpa menambah beban yang diterima jaringan jalan raya di kota Surabaya.

Kota Surabaya adalah ibukota provinsi Jawa Timur. Merupakan kota terbesar kedua di Indonesia setelah Jakarta. dengan jumlah penduduk hampir 3 juta jiwa, menjadikan Surabaya merupakan pusat bisnis, perdagangan, industri, dan pendidikan di kawasan timur Pulau Jawa dan sekitarnya.

Penduduk Surabaya tentunya didominasi oleh Warga Negara Indonesia asli yang menjadi komunitas utama meski dari berbagai macam suku (93%) dan juga para ekspatriat (7%). Sebagai pusat pendidikan, Surabaya juga menjadi tempat tinggal mahasiswa dari berbagai daerah dari seluruh Indonesia.

Angkutan dalam kota dilayani oleh taksi, bus kota (AC/Non AC), angkutan kota (Bemo), anggun, dan becak. Surabaya memiliki sejumlah terminal dalam kota. Untuk angkutan skala regional, terdapat Kereta Komuter yang menghubungkan Surabaya-Sidoarjo-Porong, Surabaya-Gresik-Lamongan, dan saat ini juga dikembangkan kereta komuter jurusan Surabaya-Mojokerto-Jombang.

Dalam draft Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kota Surabaya tahun 2009, pola jaringan jalan di Surabaya akan membentuk pola *grid*. Akan ada beberapa jalan lingkaran di timur dan barat yaitu Middle East Ring Road (MERR), Outer East Ring Road (OERR), Middle West Ring Road (MWRR), dan Outer West Ring Road (OWRR).

#### **4.1.5 Pola Jaringan Trase Terpilih**

Dari ketiga jenis pola jaringan transportasi massal yang telah dibahas di atas, masing-masing memiliki karakteristik, kelebihan, dan kekurangan tertentu yang belum tentu cocok untuk diterapkan di dalam trase koridor Surabaya timur dengan Surabaya barat.

Untuk memudahkan pada saat pelaksanaan pembangunan transportasi massal, akan lebih baik jika pola jaringan trase mengikuti pola jaringan jalan yang sudah ada. Keuntungan lainnya adalah dapat mengurangi biaya pembebasan lahan untuk menyediakan lahan pembangunan. Pola-pola jaringan jalan yang

ada di dalam kota Surabaya (eksisting) dan Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kota Surabaya 2009 hampir secara keseluruhan membentuk pola kotak-kotak (grid) seperti terlihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1 Draft Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kota Surabaya**

Sehingga pola jaringan trase yang paling cocok diterapkan di kota Surabaya adalah pola jaringan trase tipe grid.

#### **4.2 Alternatif Trase**

Dalam merencanakan alternatif trase transportasi massal koridor Surabaya timur dengan Surabaya barat, wilayah kota Surabaya dibagi menjadi tiga bagian kawasan, yaitu Surabaya bagian utara, Surabaya bagian tengah, dan Surabaya bagian selatan. Di dalam tugas akhir ini akan menyajikan dua alternatif trase di setiap kawasan tersebut.

Ketika merencanakan alternatif trase, terdapat beberapa pertimbangan yang harus dipikirkan. Pertimbangan itulah yang menyebabkan munculnya lebih dari satu ide mengenai alternatif trase. Dengan mempertimbangkan :

- Perkembangan kota Surabaya
- Biaya konstruksi
- Biaya Operasional

- Kondisi jalan
- Pusat aktifitas yang dilalui
- Hambatan dalam pembangunan

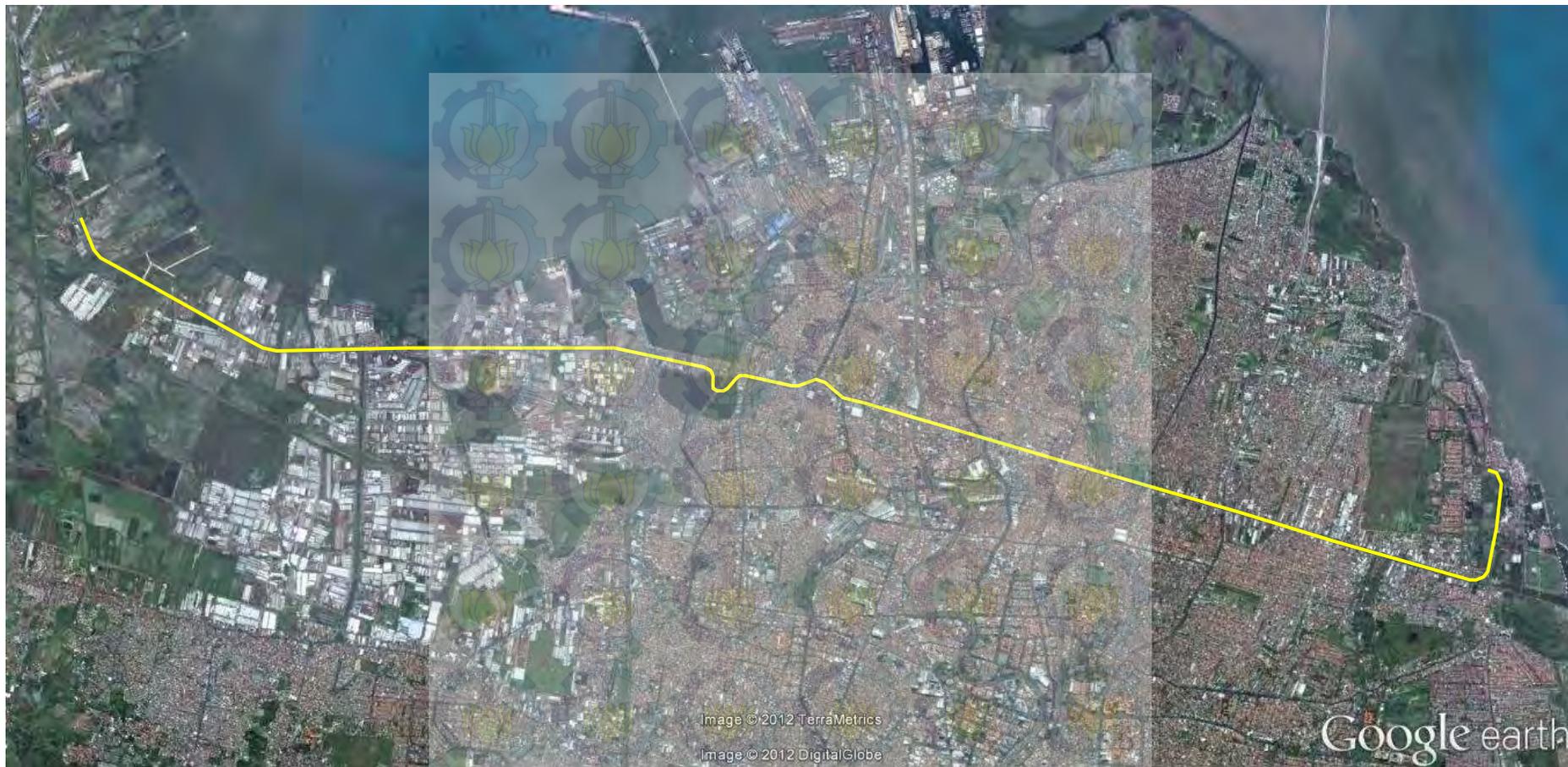
maka enam alternatif trase telah didapatkan. Alternatif-alternatif itu nantinya akan dipilih yang terbaik untuk perencanaan selanjutnya.

#### **4.2.1 Analisa Alternatif Trase Surabaya Bagian Utara**

Dalam analisa alternatif trase Surabaya bagian utara direncanakan dua alternatif trase untuk mendapatkan trase yang paling baik. Alternatif trase yang pertama berawal dari terminal kenjeran hingga ke daerah pergudangan di jalan Greges, selanjutnya alternatif trase ini disebut dengan alternatif trase A dan diperjelas seperti pada gambar 4.2



"Halaman ini sengaja dikosongkan"



**Gambar 4.2 Alternatif Trase A**





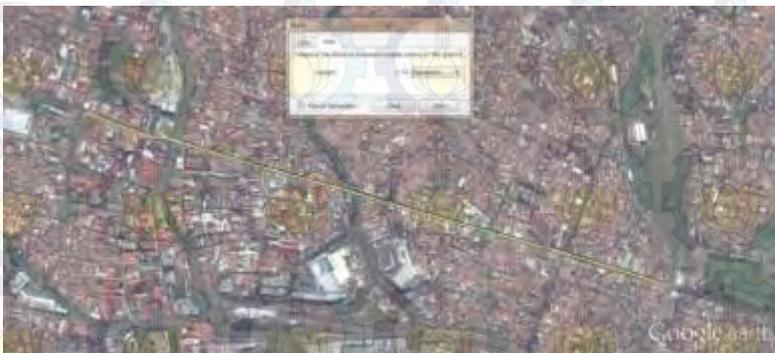
”Halaman ini sengaja dikosongkan”

Alternatif trase A berawal dari terminal kenjeran, mengikuti alur jalan kenjeran – kapasan – rajawali – hingga berakhir di jalan greges. Berikut ini disajikan gambar pendetailan panjang trase dan analisa posisi track alternatif trase A.



**Gambar 4.2a Pendetailan Alternatif Trase A**

Pada awal jalur di terminal kenjeran, posisi trase sama dengan jalan eksisting, lalu posisi track mulai naik sehingga melayang di jalan sukolilo, membelok ke kenjeran hingga ke daerah makam rangkah.



**Gambar 4.2b Pendetailan Alternatif Trase A**

Jalur tetap lurus dan melayang hingga di kembang jepun, lalu diperlukan jembatan untuk melintasi kali hingga ke jalan rajawali.



**Gambar 4.2c Pendetailan Alternatif Trase A**

Jalur tetap melayang hingga ke jalan gresik, kemudian jalur memutar ke boezem Morokrembangan untuk melewati jalan tol Surabaya – Gempol.



**Gambar 4.2d Pendetailan Alternatif Trase A**

Ketika akan menuju jalan kalianak, dibutuhkan jembatan untuk melewati kali, sehingga posisi track melayang.



**Gambar 4.2e Pendetailan Alternatif Trase A**

Jalur mengikuti pola jalan hingga terminal Tambak Osowilangon.

Alternatif trase yang kedua untuk Surabaya bagian utara memiliki titik awal dan akhir yang sama dengan alternatif trase A, namun jalurnya sedikit melebar ke bagian selatan. Selanjutnya alternatif trase yang kedua untuk Surabaya bagian utara disebut dengan alternatif trase B. Secara garis besar alternatif trase B dapat dilihat pada gambar 4.3.



"Halaman ini sengaja dikosongkan"





Alternatif trase B berawal dari terminal kenjeran, mengikuti alur jalan kenjeran – putro agung – kapas krampung – dupak raya – demak - hingga berakhir di jalan greges. Berikut ini disajikan gambar pendetailan panjang trase dan analisa posisi track alternatif trase B.



**Gambar 4.3a Pendetailan Alternatif Trase B**

Pada awal jalur di terminal kenjeran, posisi trase sama dengan jalan eksisting, lalu posisi track mulai naik sehingga melayang di jalan sukolilo, membelok ke kenjeran hingga ke simpang empat kedung cowek dan belok ke jalan putro agung.



**Gambar 4.3b Pendetailan Alternatif Trase B**

Dari jalan putro agung kemudian belok ke jalan kapas krampung melewati plasa kapas krampung.



**Gambar 4.3c Pendetailan Alternatif Trase B**

Dibutuhkan jembatan untuk melintasi kali antara jalan jagalan dan jalan pasar besar.



**Gambar 4.3d Pendetailan Alternatif Trase B**

Jalur melewati tugu pahlawan dan pasar turi, lurus hingga jalan dupak raya.



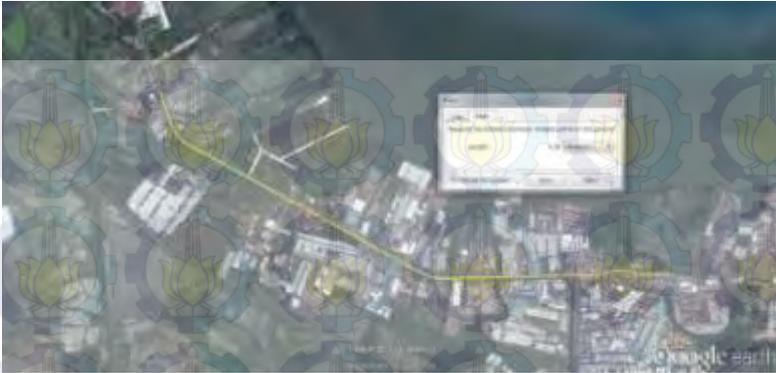
**Gambar 4.3e Pendetailan Alternatif Trase B**

Jalur kemudian belok ke jalan demak dan belok ke boezem Morokrembangan untuk melewati jalan tol Surabaya – Gempol, kemudian masuk ke jalan kalianak.



**Gambar 4.3f Pendetailan Alternatif Trase B**

Jalur mengikuti alur jalan hingga jalan greges, elevasi trase tetap melayang agar tidak mengurangi kapasitas jalan.



**Gambar 4.3g Pendetailan Alternatif Trase B**

Posisi elevasi trase tetap melayang hingga titik akhir di terminal Tambak Osowilangon.

#### **4.2.2 Analisa Alternatif Trase Surabaya Bagian Tengah**

Dalam analisa alternatif trase Surabaya bagian tengah direncanakan dua alternatif trase untuk mendapatkan trase yang paling baik. Alternatif trase yang pertama berawal dari terminal keputih hingga ke mall Pakuwon Trade Center, selanjutnya alternatif trase ini disebut dengan alternatif trase C dan diperjelas seperti pada gambar 4.4.



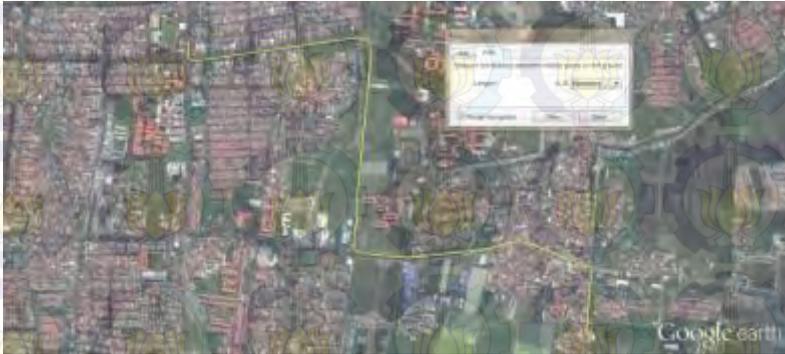
**Gambar 4.4 Alternatif Trase C**





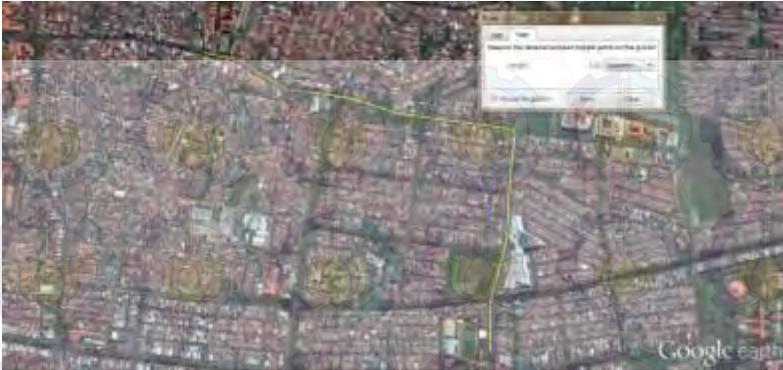
"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Alternatif trase C berawal dari terminal keputih, mengikuti alur jalan keputih dan melewati beberapa pusat pendidikan dan berakhir di depan mall Pakuwon Trade Center. Berikut ini disajikan gambar pendetailan panjang trase dan analisa posisi track alternatif trase C.



**Gambar 4.4a Pendetailan Alternatif Trase C**

Pada awal jalur, yaitu terminal keputih, posisi elevasi trase melayang, lalu membelok ke barat ke jalan keputih. Setelah melalui Universitas Hang Tuah, membelok ke utara melewati Institut Sepuluh Nopember Surabaya dan kembali belok ke barat ke jalan kertajaya indah.



**Gambar 4.4b Pendetailan Alternatif Trase C**

Pada trase berikutnya melewati Galaxy Mall, dan kemudian membelok ke barat di simpang empat Kampus C Universitas Airlangga, berlanjut hingga ke jalan Profesor Doktor Moestopo.



**Gambar 4.4c Pendetailan Alternatif Trase C**

Pada trase selanjutnya, posisi elevasi trase melayang, jalur lurus melalui Kampus A Unair dan rumah sakit Dr Soetomo. Kemudian trase melalui stasiun gubeng dan membelok ke jalan Pemuda, melalui Surabaya Plasa.



**Gambar 4.4d Pendetailan Alternatif Trase C**

Pada trase selanjutnya, jalur membelok ke selatan, melewati Monumen Bambu Runcing, lurus hingga ke jalan Urip Sumuharjo.



**Gambar 4.4e Pendetailan Alternatif Trase C**

Jalur lurus hingga ke jalan Raya Darmo, kemudian membelok ke barat pada jalan Dokter Sutomo.



**Gambar 4.4f Pendetailan Alternatif Trase C**

Pada trase selanjutnya, jalur melewati jalan Indragiri dan kemudian membelok ke barat memasuki jalan Mayor Jenderal Sungkono, melalui Ciputra World mall.



**Gambar 4.4g Pendetailan Alternatif Trase C**

Elevasi trase tetap melayang hingga bundaran Satelit. Di bundaran Satelit trase membelok mengikuti alur jalan masuk tol, memutar untuk melewati jalan tol, kemudian kembali hingga menuju jalan HR Muhammad.



#### **Gambar 4.4h Pendetailan Alternatif Trase C**

Pada trase selanjutnya, jalur tetap lurus, kemudian membelok ke jalan Bukit Darmo Boulevard dan berakhir di depan Pakuwon Trade Center mall.

Alternatif trase yang kedua untuk Surabaya bagian tengah memiliki titik awal yang berbeda, namun memiliki titik akhir yang sama dengan alternatif trase C. Selanjutnya alternatif trase yang kedua untuk Surabaya bagian tengah disebut dengan alternatif trase D. Secara garis besar alternatif trase D dapat dilihat pada gambar 4.5.





**Gambar 4.5 Pendetailan Alternatif Trase D**





Alternatif trase D berawal dari bundaran Mulyosari, mengikuti alur jalan Raya ITS dan melewati beberapa pusat pendidikan dan berakhir di depan mall Pakuwon Trade Center. Berikut ini disajikan gambar pendetailan panjang trase dan analisa posisi track alternatif trase D.



**Gambar 4.5a Pendetailan Alternatif Trase D**

Posisi track melayang dari titik awal, yaitu di bundaran Mulyosari. Kemudian mengikuti alur jalan raya ITS hingga ke bundaran ITS, lalu menyusuri kali dan membelok ke apartemen Puncak Kertajaya.



**Gambar 4.5b Pendetailan Alternatif Trase D**

Pada trase selanjutnya, jalur membelok ke barat memasuki jalan Arif Rahman Hakim, lurus hingga melalui Institut Adhi Tama. Kemudian lurus menyusuri kali hingga ke jalan Menur Pumpungan.



**Gambar 4.5c Pendetailan Alternatif Trase D**

Kemudian trase lurus melalui bundaran menur hingga ke jalan Kalibokor Selatan. Jalur membelok ke utara memasuki jalan raya Pucang Anom Timur. Di simpang empat kertajaya, jalur membelok ke barat memasuki jalan kertajaya. Jalur berangsur naik untuk melewati trase kereta api eksisting.



**Gambar 4.5d Pendetailan Alternatif Trase D**

Elevasi trase tetap melayang untuk melewati kali dan kemudian membelok masuk ke jalan raya Darmo. Kemudian trase membelok ke barat memasuki jalan Dokter Sutomo.



**Gambar 4.5e Pendetailan Alternatif Trase D**

Dari jalan Dokter Sutomo, jalur membelok ke utara memasuki jalan Diponegoro. Kemudian memasuki jalan Banyu Urip.



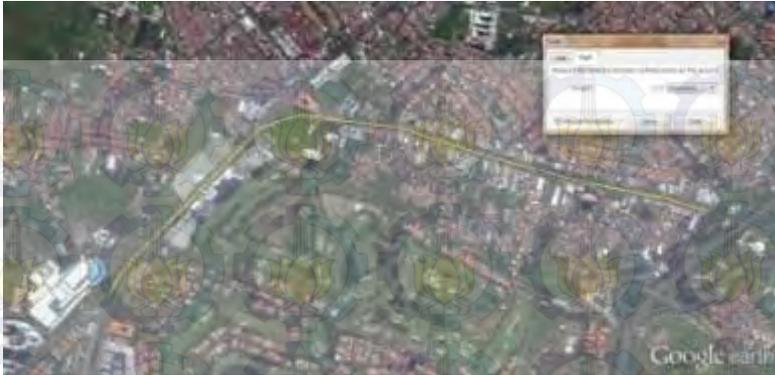
**Gambar 4.5f Pendetailan Alternatif Trase D**

Pada trase selanjutnya, jalur menyusuri jalan Banyu Urip, kemudian jalur membelok ke selatan bersebelahan dengan jalan tol sisi timur.



**Gambar 4.5g Pendetailan Alternatif Trase D**

Kemudian trase menyeberangi jalan tol dan berada di sebelah tol sisi barat hingga membelok ke jalan Mayor Jenderal HR Muhammad.



**Gambar 4.5h Pendetailan Alternatif Trase D**

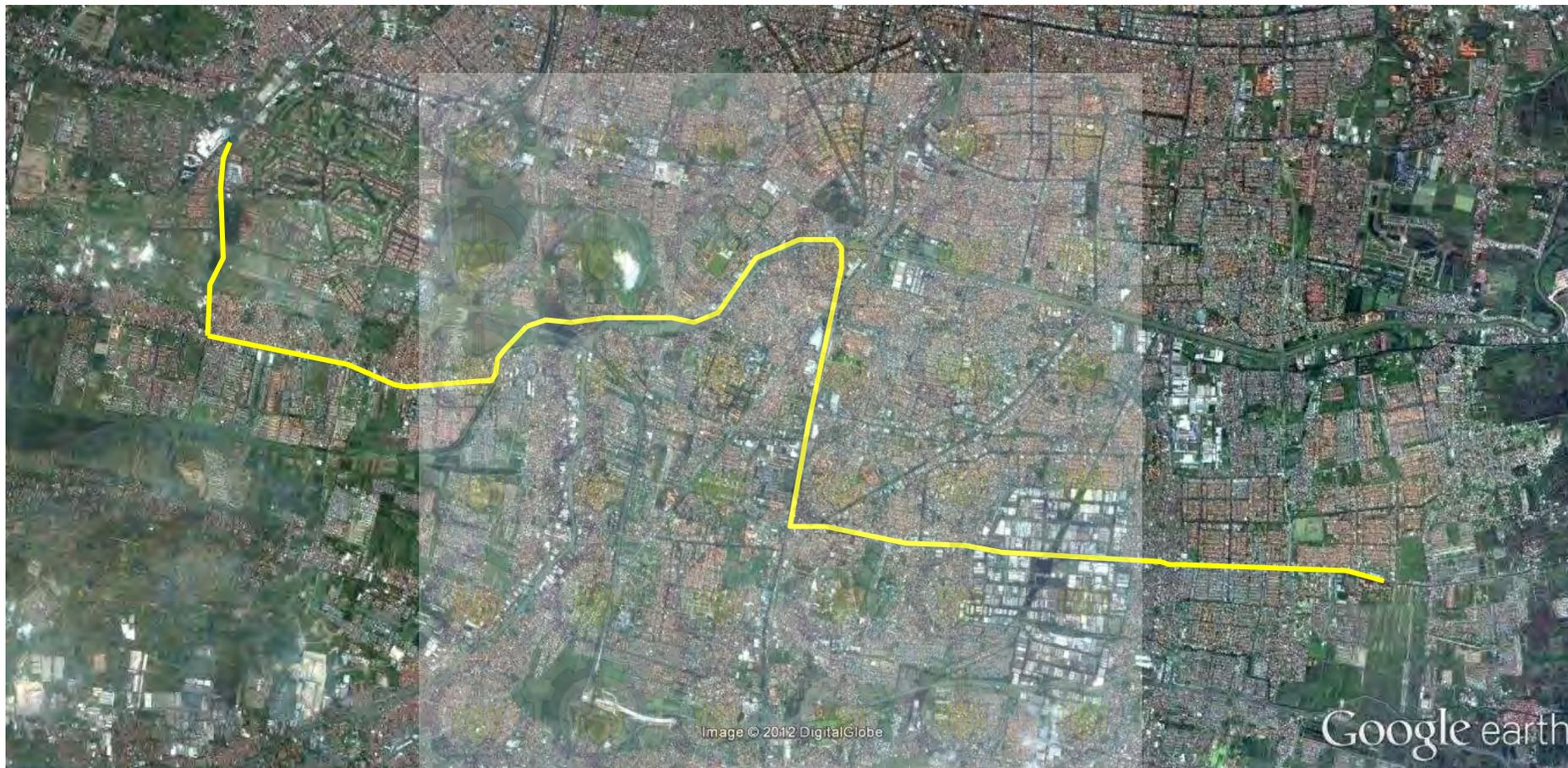
Pada trase selanjutnya, jalur tetap lurus, kemudian membelok ke jalan Bukit Darmo Boulevard dan berakhir di depan Pakuwon Trade Center mall.

#### **4.2.3 Analisa Alternatif Trase Surabaya Bagian Selatan**

Dalam analisa alternatif trase Surabaya bagian selatan direncanakan dua alternatif trase untuk mendapatkan trase yang paling baik. Alternatif trase yang pertama berawal dari depan kampus Universitas Pembangunan Nasional Veteran hingga ke mall Pakuwon Trade Center, selanjutnya alternatif trase ini disebut dengan alternatif trase E dan diperjelas seperti pada gambar 4.6.



"Halaman ini sengaja dikosongkan"



**Gambar 4.6 Pendetailan Alternatif Trase E**



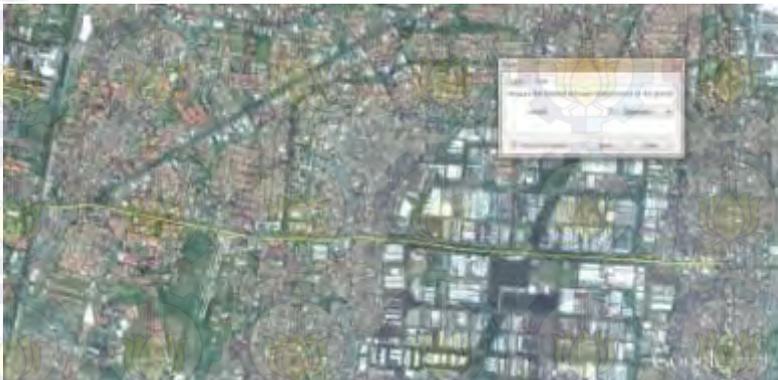


Alternatif trase E berawal dari depan UPN Veteran, mengikuti alur jalan Medokan Ayu dan melewati beberapa pusat industri dan berakhir di depan mall Pakuwon Trade Center. Berikut ini disajikan gambar pendetailan panjang trase dan analisa posisi track alternatif trase E.



**Gambar 4.6a Pendetailan Alternatif Trase E**

Pada awal jalur di depan UPN Veteran, elevasi track melayang, kemudian menyusuri kali ke arah barat.



**Gambar 4.6b Pendetailan Alternatif Trase E**

Pada trase selanjutnya, jalur menyusuri kali, melalui Rungkut Industri, hingga ke simpang tiga jalan Jemur Sari dan jalan Jenderal Ahmad Yani



**Gambar 4.6c Pendetailan Alternatif Trase E**

Jalur membelok ke utara menyusuri jalan Jenderal Ahmad Yani, melewati Royal Plasa mall. Kemudian jalur berada di sisi barat jalan layang Mayangkara, kemudian membelok ke barat sebelum terminal Joyoboyo, menyusuri kali.



**Gambar 4.6d Pendetailan Alternatif Trase E**

Pada trase selanjutnya, trase menyusuri kali hingga sebelum pintu air Rolak. Sebelum pintu air Rolak, trase bergeser ke utara, yaitu berada di atas saluran air.



**Gambar 4.6e Pendetailan Alternatif Trase E**

Pada trase selanjutnya, jalur lurus melewati lahan kosong kemudian belok ke selatan melewati jalan tol dan mengikuti alur kali hingga jalan Wiyung.



**Gambar 4.6f Pendetailan Alternatif Trase E**

Trase lurus mengikuti alur jalan dari jalan wiyung hingga ke jalan Raya Menganti.



**Gambar 4.6g Pendetailan Alternatif Trase E**

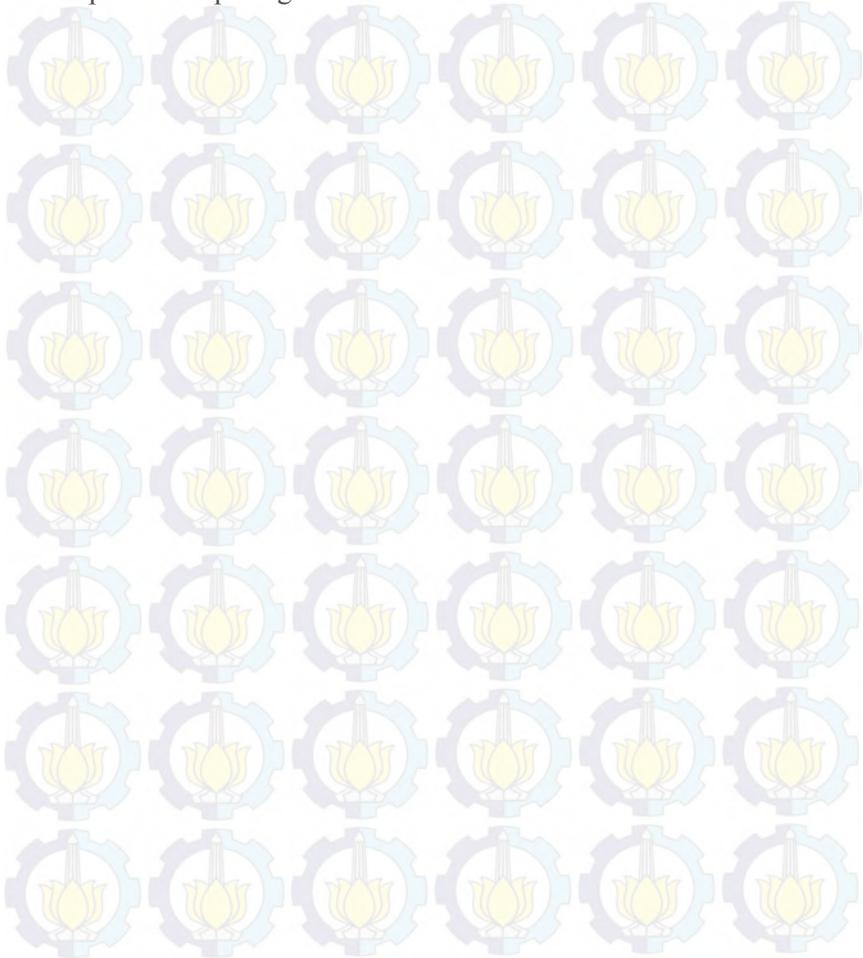
Pada simpang tiga jalan Raya Menganti – Lakarsantri Raya – Lingkar dalam barat (jalan Raya Unesa) trase membelok ke utara memasuki jalan Raya Unesa.



**Gambar 4.6h Pendetailan Alternatif Trase E**

Kemudian trase lurus hingga ke titik akhir jalur di depan Pakuwon Trade Center mall.

Alternatif trase yang kedua untuk Surabaya bagian selatan memiliki titik awal dan titik akhir yang sama dengan alternatif trase E, namun memiliki rute yang cukup berbeda. Selanjutnya alternatif trase yang kedua untuk Surabaya bagian tengah disebut dengan alternatif trase F. Secara garis besar alternatif trase F dapat dilihat pada gambar 4.7.

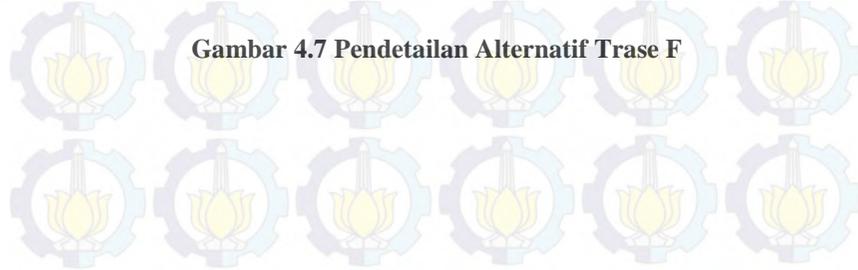




”Halaman ini sengaja dikosongkan”



**Gambar 4.7 Pendetailan Alternatif Trase F**





"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Alternatif trase F berawal dari depan UPN Veteran dan melewati beberapa pusat perbelanjaan dan berakhir di depan mall Pakuwon Trade Center. Berikut ini disajikan gambar pendetailan panjang trase dan analisa posisi track alternatif trase F.



**Gambar 4.7a Pendetailan Alternatif Trase F**

Pada awal jalur di depan UPN veteran, posisi trase melayang, kemudian menyusuri jalan Medokan Ayu dan membelok ke utara memasuki jalan lingkar dalam timur (MERR).



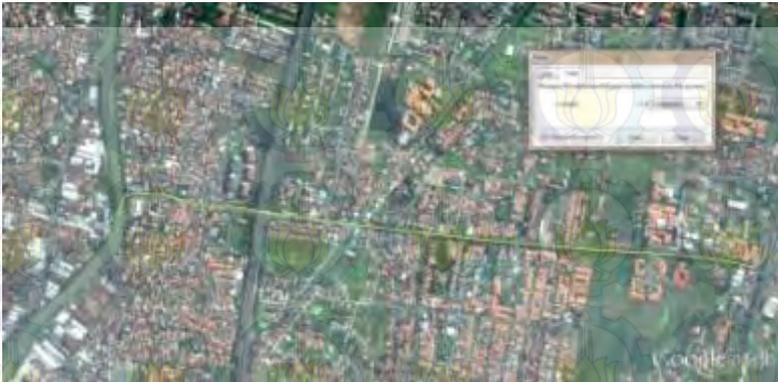
**Gambar 4.7b Pendetailan Alternatif Trase F**

Kemudian sebelum jembatan MERR, jalur membelok ke barat, mengikuti alur jalan Kedung Baruk hingga ke jalan Panjang Jiwo. Di simpang empat Nginden, berbelok ke selatan memasuki jalan Prapen Raya.



**Gambar 4.7c Pendetailan Alternatif Trase F**

Pada trase selanjutnya, jalur melalui kali di tengah jalan agar tidak memakan badan jalan. Jalur melalui jalan Prapen hingga ke Jemur Sari, kemudian membelok ke jalan jenderal Ahmad Yani ke arah selatan.



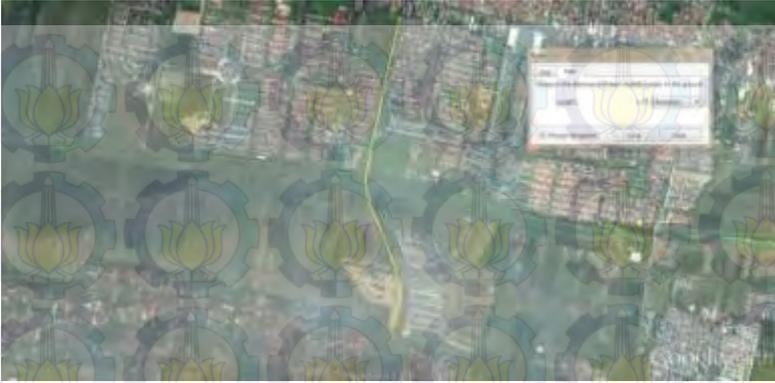
**Gambar 4.7d Pendetailan Alternatif Trase F**

Kemudian jalur membelok ke barat memasuki jalan Gayung Kebon Sari. Jalur lurus menuju barat hingga melewati jalan tol dan membelok ke arah selatan di atas kali.



**Gambar 4.7e Pendetailan Alternatif Trase F**

Pada trase selanjutnya, jalur menyusuri sungai, kemudian membelok ke lahan kosong dan memasuki jalan Mastrip Raya. Membelok ke barat melalui lahan kosong di daerah Kebraon hingga ke daerah Sumur Welut.



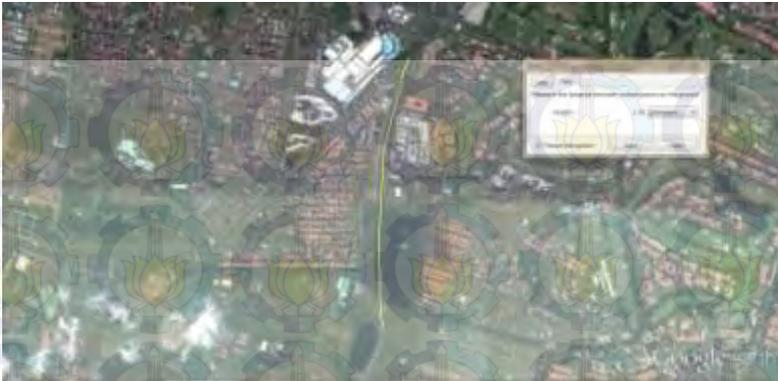
**Gambar 4.7f Pendetailan Alternatif Trase F**

Kemudian jalur membelok ke utara melewati jalan perumahan bakal lingkaran dalam barat.



**Gambar 4.7g Pendetailan Alternatif Trase F**

Pada trase selanjutnya, jalur mengikuti alur jalan raya unesa hingga ke danau Unesa.



**Gambar 4.7h Pendetailan Alternatif Trase F**

Kemudian trase lurus hingga ke titik akhir jalur di depan Pakuwon Trade Center mall.

### **4.3 Biaya Investasi Moda Transportasi Rel**

Jalur permanen yang membuat moda transportasi berbasis rel ini mempunyai performa yang tinggi dan tingkat layanan yang tinggi memerlukan biaya investasi yang tidak sedikit. Kemampuan moda transportasi ini untuk beroperasi dengan kapasitas yang besar yang mengakibatkan produktivitas yang tinggi dan biaya operasional yang rendah adalah titik balik dari sebuah investasi yang besar. Karakteristik ini membuat moda transportasi berbasis rel menjadi salah satu solusi dimana ketika diperlukannya kualitas pelayanan yang tinggi atau banyaknya *demand* yang potensial.

Sistem moda transportasi berbasis rel yang paling modern saat ini adalah *Light Rail Transit (LRT)* dan *Rail Rapid Transit (RRT)* maka yang ditampilkan disini mempunyai nilai yang paling relevan. Biaya tipikal yang ditunjukkan disini, karena nilai yang ditampilkan disini hanya bersifat garis besar. Karena kestabilan nilai investasi di setiap sistem sangat bervariasi.

**Tabel 4.1 Perkiraan Biaya Untuk Moda Transportasi Rel  
(Ribuan Dolar)**

| Item  | Range/Unit                       |
|---|----------------------------------|
| Permanent Way (\$/km of double track)       |                                  |
| At Grade, with crossings                    | 400-600                          |
| At Grade, no crossings                      | 1500-4200                        |
| Embankment                                  | 3500-6000                        |
| Aerial                                      | 5000-8000                        |
| Cut   | 2500-3500                        |
| Tunnel, cut and cover                       | 10000-22000                      |
| Tunnel, bored                               | 21000-25000                      |
| Stations (each)                             |                                  |
| On street                                   | 50-250                           |
| At grade, controlled                        | LRT 1000-2800<br>RRT 3500-4150   |
| Aerial                                      | 1300-4600                        |
| Subway                                      | LRT 5000-12000<br>RRT 7000-15000 |
| Track Superstructure (\$/km)                | 350-600                          |
| Power Suply (\$/km)                         |                                  |
| Third Rail                                  | 450-1100                         |
| Overhead                                    | 300-800                          |
| Controls and Communications (\$/km)         | LRT 125-400<br>RRT 400-1600      |
| Engginerig and administration Contingencies | 15%-25%                          |

Sumber : Urban Public Transportation, Vukan R. Vuchic

#### 4.3.1 Perkiraan Biaya Untuk Alternatif Trase A

Dalam perencanaan alternatif trase A yaitu koridor yang berada di bagian Surabaya Utara yang direncanakan dilengkapi dengan jaringan listrik sebagai sumber tenaga dari kereta listrik yang elevasinya layang sepanjang 18,22 km. Perhitungan biayanya adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.2 Biaya Alternatif Trase A**

| No    | Item                     | Panjang<br>(km) | Harga Satuan<br>(US\$) | Harga<br>(US\$) |
|-------|--------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| 1     | Trase                    |                 |                        |                 |
|       | At Grade                 | 0               | 600000                 | 0               |
|       | Elevated                 | 18.22           | 8000000                | 145760000       |
| 2     | Power Suply              |                 |                        |                 |
|       | Overhead                 | 18.22           | 800000                 | 14576000        |
| 3     | Control and Comunication | 18.22           | 400000                 | 7288000         |
| Total |                          |                 |                        | 167624000       |

**Tabel 4.3 Biaya Pembebasan Lahan Trase A**

| No.   | Pembebasan Lahan | Luas | Harga Satuan | Harga (Rp)     |
|-------|------------------|------|--------------|----------------|
| 1     | Kenjeran         | 2985 | 3,375,000    | 10,074,375,000 |
| 2     | Jalan Gresik     | 657  | 1,032,000    | 678,024,000    |
| Total |                  |      |              | 10,752,399,000 |

Biaya total untuk pembangunan alternatif trase A adalah Rp 1.586.417.999.000

#### 4.3.2 Perkiraan Biaya Untuk Alternatif Trase B

Dalam perencanaan alternatif trase A yaitu koridor yang berada di bagian Surabaya Utara yang direncanakan dilengkapi dengan jaringan listrik sebagai sumber tenaga dari kereta listrik yang elevasinya layang sepanjang 19,56 km. Perhitungan biayanya adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.4 Biaya Alternatif Trase B**

| No    | Item                     | Panjang<br>(km) | Harga Satuan<br>(US\$) | Harga<br>(US\$) |
|-------|--------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| 1     | Trase                    |                 |                        |                 |
|       | At Grade                 | 0               | 600000                 | 0               |
|       | Elevated                 | 19.56           | 8000000                | 156480000       |
| 2     | Power Suply              |                 |                        |                 |
|       | Overhead                 | 19.56           | 800000                 | 15648000        |
| 3     | Control and Comunication | 19.56           | 400000                 | 7824000         |
| Total |                          |                 |                        | 179952000       |

**Tabel 4.5 Biaya Pembebasan Lahan Trase B**

| No.   | Pembebasan Lahan | Luas | Harga Satuan | Harga (Rp)     |
|-------|------------------|------|--------------|----------------|
| 1     | Kenjeran         | 2985 | 3,375,000    | 10,074,375,000 |
| 2     | Jalan Gresik     | 852  | 1,032,000    | 879,264,000    |
| Total |                  |      |              | 10,953,639,000 |

Biaya total untuk pembangunan alternatif trase B adalah Rp 1.702.502.439.000

#### 4.3.3 Perkiraan Biaya Untuk Alternatif Trase C

Dalam perencanaan alternatif trase C yaitu koridor yang berada di bagian Surabaya Tengah yang direncanakan dilengkapi dengan jaringan listrik sebagai sumber tenaga dari kereta listrik yang elevasinya layang sepanjang 20,89 km. Perhitungan biayanya adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.6 Biaya Alternatif Trase C**

| No    | Item                     | Panjang<br>(km) | Harga Satuan<br>(US\$) | Harga<br>(US\$) |
|-------|--------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| 1     | Trase                    |                 |                        |                 |
|       | At Grade                 | 0               | 600000                 | 0               |
|       | Elevated                 | 20.89           | 8000000                | 167120000       |
| 2     | Power Suply              |                 |                        |                 |
|       | Overhead                 | 20.89           | 800000                 | 16712000        |
| 3     | Control and Comunication | 20.89           | 400000                 | 8356000         |
| Total |                          |                 |                        | 192188000       |

**Tabel 4.7 Biaya Pembebasan Lahan Trase C**

| No.   | Pembebasan Lahan | Luas | Harga Satuan | Harga (Rp)     |
|-------|------------------|------|--------------|----------------|
| 1     | Sukolilo         | 4896 | 2,176,000    | 10,653,696,000 |
| 2     | Hr Muhammad      | 1476 | 9,645,000    | 14,236,020,000 |
| Total |                  |      |              | 24,889,716,000 |

Biaya total untuk pembangunan alternatif trase C adalah Rp 1.831.456.916.000

#### 4.3.4 Perkiraan Biaya Untuk Alternatif Trase D

Dalam perencanaan alternatif trase D yaitu koridor yang berada di bagian Surabaya Tengah yang direncanakan dilengkapi dengan jaringan listrik sebagai sumber tenaga dari kereta listrik yang keseluruhan trasenya layang sepanjang 18,94 km. Perhitungan biayanya adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.8 Biaya Alternatif Trase D**

| No    | Item                     | Panjang<br>(km) | Harga Satuan<br>(US\$) | Harga<br>(US\$) |
|-------|--------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| 1     | Trase                    |                 |                        |                 |
|       | At Grade                 | 0               | 600000                 | 0               |
|       | Elevated                 | 18.94           | 8000000                | 151520000       |
| 2     | Power Suply              |                 |                        |                 |
|       | Overhead                 | 18.94           | 800000                 | 15152000        |
| 3     | Control and Comunication | 18.94           | 400000                 | 7576000         |
| Total |                          |                 |                        | 174248000       |

**Tabel 4.9 Biaya Pembebasan Lahan Trase D**

| No.   | Pembebasan Lahan | Luas | Harga Satuan | Harga (Rp)     |
|-------|------------------|------|--------------|----------------|
| 1     | Sukolilo         | 1467 | 2,176,000    | 3,192,192,000  |
| 2     | Sumatra          | 1365 | 7,455,000    | 10,176,075,000 |
| Total |                  |      |              | 13,368,267,000 |

Biaya total untuk pembangunan alternatif trase D adalah Rp 1.651.299.467.000

#### 4.3.5 Perkiraan Biaya Untuk Alternatif Trase E

Dalam perencanaan alternatif trase E yaitu koridor yang berada di bagian Surabaya Tengah yang direncanakan dilengkapi dengan jaringan listrik sebagai sumber tenaga dari kereta listrik yang keseluruhan trasenya layang sepanjang 19,66 km. Perhitungan biayanya adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.10 Biaya Alternatif Trase E**

| No    | Item                     | Panjang | Harga Satuan | Harga     |
|-------|--------------------------|---------|--------------|-----------|
|       |                          | (km)    | (US\$)       | (US\$)    |
| 1     | Trase                    |         |              |           |
|       | At Grade                 | 0       | 600000       | 0         |
|       | Elevated                 | 19.66   | 800000       | 15728000  |
| 2     | Power Suply              |         |              |           |
|       | Overhead                 | 19.66   | 800000       | 15728000  |
| 3     | Control and Comunication | 19.66   | 400000       | 7864000   |
| Total |                          |         |              | 180872000 |

**Tabel 4.11 Biaya Pembebasan Lahan Trase E**

| No.   | Pembebasan Lahan | Luas | Harga Satuan | Harga (Rp)    |
|-------|------------------|------|--------------|---------------|
| 1     | Gunungsari       | 2775 | 1,032,000    | 2,863,800,000 |
| Total |                  |      |              | 2,863,800,000 |

Biaya total untuk pembangunan alternatif trase E adalah 1.703.060.600

#### 4.3.6 Perkiraan Biaya Untuk Alternatif Trase F

Dalam perencanaan alternatif trase F yaitu koridor yang berada di bagian Surabaya Tengah yang direncanakan dilengkapi dengan jaringan listrik sebagai sumber tenaga dari kereta listrik yang keseluruhan trasenya layang sepanjang 20,67 km. Perhitungan biayanya adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.12 Biaya Alternatif Trase F**

| No    | Item                     | Panjang<br>(km) | Harga Satuan<br>(US\$) | Harga<br>(US\$) |
|-------|--------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| 1     | Trase                    |                 |                        |                 |
|       | At Grade                 | 0               | 600000                 | 0               |
|       | Elevated                 | 20.67           | 8000000                | 165360000       |
| 2     | Power Suply              |                 |                        |                 |
|       | Overhead                 | 20.67           | 800000                 | 16536000        |
| 3     | Control and Comunication | 20.67           | 400000                 | 8268000         |
| Total |                          |                 |                        | 190164000       |

**Tabel 4.13 Biaya Pembebasan Lahan Trase F**

| No.   | Pembebasan Lahan | Luas  | Harga Satuan | Harga (Rp)     |
|-------|------------------|-------|--------------|----------------|
| 1     | Kebraon          | 17064 | 702,000      | 11,978,928,000 |
| Total |                  |       |              | 11,978,928,000 |

Biaya total untuk pembangunan alternatif trase F adalah Rp 1.799.520.528.000

#### 4.4 Penentuan Alternatif Trase Terpilih

Dalam menentukan alternatif trase terpilih ini dilakukan dengan cara multi criteria analisis yaitu dengan menggunakan matriks sederhana dan dengan kriteria tertentu dengan sistim penilaian tertentu yang akhirnya akan memunculkan nilai dari masing-masing trase dan nilai terbesar diambil sebagai alternatif trase terpilih. Kriteria yang menjadi parameter di dalam multi criteria analysis yang digunakan di dalam tugas akhir ini adalah :

- Biaya konstruksi rencana.

- Apakah rencana trase tersebut melewati supermarket.
- Apakah rencana trase tersebut melewati rumah sakit.
- Apakah rencana trase tersebut melewati mal (pusat perbelanjaan).
- Apakah rencana trase tersebut melewati stasiun kereta api regional.
- Apakah rencana trase tersebut melewati terminal bus.
- Apakah rencana trase tersebut melewati perumahan.
- Apakah rencana trase tersebut melewati kampung.
- Apakah rencana trase tersebut melewati institusi pendidikan.

Sedangkan nilai dari masing-masing kriteria tersebut adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.14 Nilai Kriteria Multi Criteria Analysis untuk masing-masing Wilayah**

| Kriteria                             | Penilaian |      |
|--------------------------------------|-----------|------|
|                                      | Low       | High |
| Biaya Konstruksi                     | 2         | 1    |
| Melewati Supermarket                 | 1         | 2    |
| Melewati Rumah Sakit                 | 1         | 2    |
| Melewati Mal                         | 1         | 2    |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 1         | 2    |
| Melewati Terminal Bus                | 1         | 2    |
| Melewati Perumahan Elit              | 2         | 1    |
| Melewati Kampung                     | 1         | 2    |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 1         | 2    |

Pembobotan untuk masing-masing kriteria di dalam multi criteria analysis tersebut terdapat dalam tabel 4.15.

**Tabel 4.15 Bobot Multi Criteria Analysis**

| Kriteria                      | Bobot |
|-------------------------------|-------|
| Biaya Konstruksi              | 23.6  |
| Melewati Supermarket          | 4.9   |
| Melewati Rumah Sakit          | 7.4   |
| Melewati mall                 | 10.5  |
| Melewati Stasiun Kereta Api   | 13.1  |
| Melewati Terminal Bus         | 13.2  |
| Melewati Perumahan Elit       | 13.5  |
| Melewati Kampung              | 7.7   |
| Melewati Institusi Pendidikan | 6.2   |

Dalam studi alternatif trase transportasi massal Surabaya barat dengan Surabaya timur, wilayah Kota Surabaya dibagi menjadi tiga bagian, yaitu Surabaya bagian utara, Surabaya bagian tengah, dan Surabaya bagian selatan. Di masing-masing bagian terdapat dua alternatif trase yang memiliki kelebihan dan kekurangan. Pemilihan alternatif trase di tiap bagian akan dijelaskan pada subbab berikut.

#### **4.4.1 Trase Surabaya Bagian Utara**

Terdapat dua alternatif trase di Surabaya Bagian Utara. Trase yang pertama adalah trase A dan yang kedua adalah trase B. Perhitungan penilaian untuk trase A secara multi criteria analysis adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.16 Multi Criteria Analysis Trase A**

| Kriteria                             | Trase A | Bobot | $\Sigma$ |
|--------------------------------------|---------|-------|----------|
| Biaya Konstruksi                     | 2       | 23.6  | 47.2     |
| Melewati Supermarket                 | 1       | 4.9   | 4.9      |
| Melewati Rumah Sakit                 | 1       | 7.4   | 7.4      |
| Melewati Mal                         | 1       | 10.5  | 10.5     |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 1       | 13.1  | 13.1     |
| Melewati Terminal Bus                | 1       | 13.2  | 13.2     |
| Melewati Perumahan Elit              | 2       | 13.5  | 27.0     |
| Melewati Kampung                     | 2       | 7.7   | 15.4     |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 1       | 6.2   | 6.2      |
| Total                                |         |       | 144.8    |

Dari perhitungan multi criteria analysis pada alternatif trase A didapatkan nilai pada alternatif trase A sebesar 144,8 poin.

Untuk trase yang kedua, yaitu trase B, perhitungan penilaian secara multi criteria analysis disajikan pada tabel 4.17.

**Tabel 4.17 Multi Criteria Analysis Trase B**

| Kriteria                             | Trase B | Bobot | $\Sigma$ |
|--------------------------------------|---------|-------|----------|
| Biaya Konstruksi                     | 2       | 23.6  | 47.2     |
| Melewati Supermarket                 | 1       | 4.9   | 4.9      |
| Melewati Rumah Sakit                 | 1       | 7.4   | 7.4      |
| Melewati Mal                         | 2       | 10.5  | 20.9     |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 1       | 13.1  | 13.1     |
| Melewati Terminal Bus                | 1       | 13.2  | 13.2     |
| Melewati Perumahan Elit              | 2       | 13.5  | 27.0     |
| Melewati Kampung                     | 2       | 7.7   | 15.4     |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 1       | 6.2   | 6.2      |
| Total                                |         |       | 155.3    |

Dari perhitungan multi criteria analysis pada alternatif trase B didapatkan nilai pada alternatif trase B sebesar 155,3 poin.

Sehingga trase terpilih yang mewakili Surabaya bagian utara adalah trase B dengan nilai sebesar 155,3 poin.

#### 4.4.2 Trase Surabaya Bagian Tengah

Terdapat dua alternatif trase di Surabaya Bagian Tengah. Trase yang pertama adalah trase C dan yang kedua adalah trase D. Perhitungan penilaian untuk trase C secara multi criteria analysis adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.18 Multi Criteria Analysis Trase C**

| Kriteria                             | Trase C | Bobot | $\Sigma$ |
|--------------------------------------|---------|-------|----------|
| Biaya Konstruksi                     | 1       | 23.6  | 23.6     |
| Melewati Supermarket                 | 2       | 4.9   | 9.7      |
| Melewati Rumah Sakit                 | 2       | 7.4   | 14.9     |
| Melewati Mal                         | 2       | 10.5  | 20.9     |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 2       | 13.1  | 26.1     |
| Melewati Terminal Bus                | 1       | 13.2  | 13.2     |
| Melewati Perumahan Elit              | 1       | 13.5  | 13.5     |
| Melewati Kampung                     | 2       | 7.7   | 15.4     |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 2       | 6.2   | 12.4     |
|                                      | Total   |       | 149.7    |

Dari perhitungan multi criteria analysis pada alternatif trase C didapatkan nilai pada alternatif trase C sebesar 149,7 poin.

Untuk trase yang kedua, yaitu trase D, perhitungan penilaian secara multi criteria analysis disajikan pada tabel 4.19.

**Tabel 4.19 Multi Criteria Analysis Trase D**

| Kriteria                             | Trase D | Bobot | $\Sigma$ |
|--------------------------------------|---------|-------|----------|
| Biaya Konstruksi                     | 2       | 23.6  | 47.2     |
| Melewati Supermarket                 | 2       | 4.9   | 9.7      |
| Melewati Rumah Sakit                 | 1       | 7.4   | 7.4      |
| Melewati Mal                         | 1       | 10.5  | 10.5     |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 1       | 13.1  | 13.1     |
| Melewati Terminal Bus                | 1       | 13.2  | 13.2     |
| Melewati Perumahan Elit              | 1       | 13.5  | 13.5     |
| Melewati Kampung                     | 2       | 7.7   | 15.4     |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 2       | 6.2   | 12.4     |
|                                      | Total   |       | 142.3    |

Dari perhitungan multi criteria analysis pada alternatif trase D didapatkan nilai pada alternatif trase D sebesar 142,3 poin.

Sehingga trase terpilih yang mewakili Surabaya bagian tengah adalah trase C dengan nilai sebesar 149,7 poin.

#### **4.4.3 Trase Surabaya Bagian Selatan**

Terdapat dua alternatif trase di Surabaya Bagian Selatan. Trase yang pertama adalah trase E dan yang kedua adalah trase F. Perhitungan penilaian untuk trase E secara multi criteria analysis adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.20 Multi Criteria Analysis Trase E**

| Kriteria                             | Trase E | Bobot | $\Sigma$ |
|--------------------------------------|---------|-------|----------|
| Biaya Konstruksi                     | 2       | 23.6  | 47.2     |
| Melewati Supermarket                 | 2       | 4.9   | 9.7      |
| Melewati Rumah Sakit                 | 1       | 7.4   | 7.4      |
| Melewati Mal                         | 2       | 10.5  | 20.9     |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 2       | 13.1  | 26.1     |
| Melewati Terminal Bus                | 2       | 13.2  | 26.4     |
| Melewati Perumahan Elit              | 1       | 13.5  | 13.5     |
| Melewati Kampung                     | 2       | 7.7   | 15.4     |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 1       | 6.2   | 6.2      |
| Total                                |         |       | 172.8    |

Dari perhitungan multi criteria analysis pada alternatif trase E didapatkan nilai pada alternatif trase E sebesar 172,8 poin.

Untuk trase yang kedua, yaitu trase F, perhitungan penilaian secara multi criteria analysis disajikan pada tabel 4.21.

**Tabel 4.21 Multi Criteria Analysis Trase F**

| Kriteria                             | Trase F | Bobot | $\Sigma$ |
|--------------------------------------|---------|-------|----------|
| Biaya Konstruksi                     | 1       | 23.6  | 23.6     |
| Melewati Supermarket                 | 1       | 4.9   | 4.9      |
| Melewati Rumah Sakit                 | 1       | 7.4   | 7.4      |
| Melewati Mal                         | 1       | 10.5  | 10.5     |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 1       | 13.1  | 13.1     |
| Melewati Terminal Bus                | 1       | 13.2  | 13.2     |
| Melewati Perumahan Elit              | 1       | 13.5  | 13.5     |
| Melewati Kampung                     | 2       | 7.7   | 15.4     |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 1       | 6.2   | 6.2      |
| Total                                |         |       | 107.7    |

Dari perhitungan multi criteria analysis pada alternatif trase F didapatkan nilai pada alternatif trase F sebesar 107,7 poin.

Sehingga trase terpilih yang mewakili Surabaya bagian selatan adalah trase E dengan nilai sebesar 172,8 poin.

#### 4.5 Prioritas Pembangunan

Dalam tugas akhir ini, direncanakan tiap bagian trase di Surabaya utara, tengah, dan selatan dibangun seluruhnya. Namun tidak mungkin seluruh perencanaan tersebut dibangun dalam satu waktu yang sama, sehingga diperlukan prioritas pembangunan.

Penentuan prioritas pembangunan menggunakan multi criteria analysis, dengan cara membandingkan masing-masing satu rute terpilih di Surabaya utara, tengah, dan selatan. Untuk nilai dari masing-masing kriteria ditampilkan dalam tabel 4.22.

**Tabel 4.22 Nilai Kriteria Multi Criteria Analysis untuk Penentuan Prioritas Pembangunan**

| Kriteria                             | Penilaian |        |      |
|--------------------------------------|-----------|--------|------|
|                                      | Low       | Medium | High |
| Biaya Konstruksi                     | 3         | 2      | 1    |
| Melewati Supermarket                 | 1         | 2      | 3    |
| Melewati Rumah Sakit                 | 1         | 2      | 3    |
| Melewati Mal                         | 1         | 2      | 3    |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 1         | 3      | 3    |
| Melewati Terminal Bus                | 1         | 3      | 3    |
| Melewati Perumahan Elit              | 3         | 2      | 1    |
| Melewati Kampung                     | 1         | 2      | 3    |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 1         | 2      | 3    |

Terdapat tiga trase terpilih yaitu masing-masing satu trase di Surabaya bagian utara, tengah, dan selatan. Trase terpilih di Surabaya bagian utara yaitu trase B. Untuk Surabaya bagian tengah, trase yang terpilih yaitu trase C. Sedangkan trase terpilih untuk Surabaya bagian selatan yaitu trase E. Perhitungan penilaian untuk trase Surabaya bagian utara yaitu trase B secara multi criteria analysis adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.23 Multi Criteria Analysis Trase B**

| Kriteria                             | Trase B | Bobot | $\Sigma$ |
|--------------------------------------|---------|-------|----------|
| Biaya Konstruksi                     | 2       | 23.6  | 47.2     |
| Melewati Supermarket                 | 1       | 4.9   | 4.9      |
| Melewati Rumah Sakit                 | 1       | 7.4   | 7.4      |
| Melewati Mal                         | 3       | 10.5  | 31.4     |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 1       | 13.1  | 13.1     |
| Melewati Terminal Bus                | 1       | 13.2  | 13.2     |
| Melewati Perumahan Elit              | 1       | 13.5  | 13.5     |
| Melewati Kampung                     | 3       | 7.7   | 23.0     |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 1       | 6.2   | 6.2      |
| Total                                |         |       | 160      |

Dari perhitungan multi criteria analysis pada alternatif trase B didapatkan nilai pada alternatif trase B sebesar 160 poin.

Untuk trase terpilih di Surabaya bagian tengah, yaitu trase C, perhitungan penilaian secara multi criteria analysis disajikan pada tabel 4.24.

**Tabel 4.24 Multi Criteria Analysis Trase C**

| Kriteria                             | Trase C | Bobot | $\Sigma$ |
|--------------------------------------|---------|-------|----------|
| Biaya Konstruksi                     | 1       | 23.6  | 23.6     |
| Melewati Supermarket                 | 2       | 4.9   | 9.7      |
| Melewati Rumah Sakit                 | 2       | 7.4   | 14.9     |
| Melewati Mal                         | 3       | 10.5  | 31.4     |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 3       | 13.1  | 39.2     |
| Melewati Terminal Bus                | 1       | 13.2  | 13.2     |
| Melewati Perumahan Elit              | 1       | 13.5  | 13.5     |
| Melewati Kampung                     | 3       | 7.7   | 23.0     |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 3       | 6.2   | 18.6     |
| Total                                |         |       | 187.1    |

Dari perhitungan multi criteria analysis pada alternatif trase C didapatkan nilai pada alternatif trase C sebesar 187,1 poin.

Sedangkan untuk trase terpilih di Surabaya bagian selatan, yaitu trase E, perhitungan penilaian secara multi criteria analysis disajikan pada tabel 4.25.

**Tabel 4.25 Multi Criteria Analysis Trase E**

| Kriteria                             | Trase E | Bobot | $\Sigma$ |
|--------------------------------------|---------|-------|----------|
| Biaya Konstruksi                     | 2       | 23.6  | 47.2     |
| Melewati Supermarket                 | 2       | 4.9   | 9.7      |
| Melewati Rumah Sakit                 | 1       | 7.4   | 7.4      |
| Melewati Mal                         | 3       | 10.5  | 31.4     |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 3       | 13.1  | 39.2     |
| Melewati Terminal Bus                | 2       | 13.2  | 26.4     |
| Melewati Perumahan Elit              | 2       | 13.5  | 27.0     |
| Melewati Kampung                     | 3       | 7.7   | 23.0     |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 2       | 6.2   | 12.4     |
| Total                                |         |       | 223.8    |

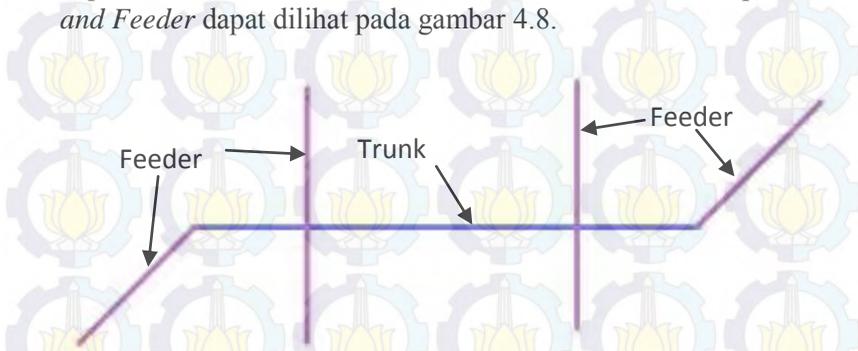
Dari perhitungan multi criteria analysis pada alternatif trase E didapatkan nilai pada alternatif trase E sebesar 223,8 poin.

Sehingga prioritas pembangunan trase transportasi massal Surabaya Timur dengan Surabaya Barat adalah Surabaya bagian Selatan dengan nilai sebesar 223,8 poin.

#### 4.6 Konsep Perpindahan Moda

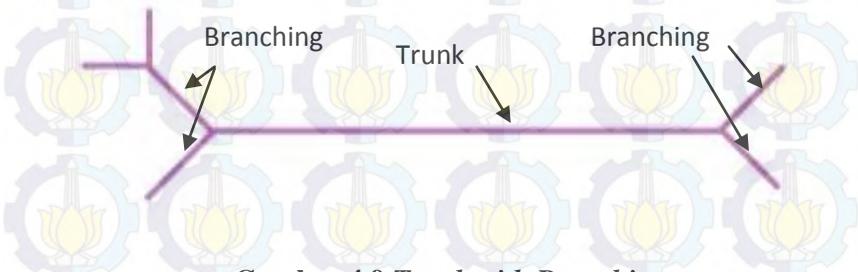
Terdapat dua konsep perpindahan moda, yaitu *Trunk and Feeder* dan yang kedua adalah *Trunk with Branching*. Pada dasarnya, konsep *Trunk and Feeder* adalah terdapat satu jalur utama yang memiliki armada kendaraan yang banyak dan frekuensi keberangkatan yang tinggi. Kemudian di ujung-ujung dan di beberapa titik jalur utama terdapat moda lain sebagai penunjang. Moda penunjang ini lebih fleksibel dalam

pergerakannya, sehingga dapat melayani rute-rute yang tidak dapat dilalui oleh moda berbasis rel. Sketsa dari konsep *Trunk and Feeder* dapat dilihat pada gambar 4.8.



**Gambar 4.8 *Trunk and Feeder***

Sedangkan untuk konsep *Trunk with Branching*, yaitu terdapat satu jalur utama yang bercabang menjadi beberapa jalur. Percabangan tersebut bisa menggunakan jenis moda yang sama. Namun tidak menutup kemungkinan dengan jenis moda yang berbeda. Sketsa dari konsep *Trunk with Branching* dapat dilihat pada gambar 4.9.



**Gambar 4.9 *Trunk with Branching***

Konsep perpindahan moda yang cocok diterapkan dalam trase transportasi massal Surabaya timur dengan Surabaya barat adalah konsep *Trunk and Feeder*, karena banyak angkutan massal di Surabaya yang bakal kehilangan penumpangnya jika

penambahan transportasi massal berbasis rel mencakup seluruh wilayah Kota Surabaya. Oleh karena masalah sosial tersebut, konsep ini yang paling cocok diterapkan. Angkutan umum seperti bemo, bus, dan taxi dapat dipindahkan rutennya menjadi *feeder* dari transportasi massal berbasis rel.

#### **4.7 Potensi Feeder**

Terdapat beberapa jenis angkutan umum di kota Surabaya, yaitu bemo, taxi, dan bus. Untuk bemo dan bus yang memiliki rute, dapat diarahkan menjadi penunjang transportasi berbasis rel. Bemo atau angkot lebih fleksibel karena ukuran kendaraan yang relatif lebih kecil sehingga dapat menjangkau jalan-jalan yang tidak terlalu lebar. Rute-rute yang memungkinkan untuk menjadi penunjang dapat dilihat pada gambar 4.10.



**Gambar 4.10 Peta Jaringan Pengumpan**



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Pada gambar 4.10 terlihat beberapa rute untuk bemo yang dapat menjangkau jalan-jalan kecil (garis putus-putus berwarna putih). Sedangkan garis yang berwarna kuning adalah trase transportasi massal berbasis rel antara Surabaya timur dengan Surabaya barat.

#### **4.8 Potensi Letak Stasiun dan *Park & Ride***

Letak stasiun berada di ujung-ujung trase transportasi massal yaitu di ujung timur dan di ujung barat (lingkaran merah). Untuk mengakomodir penumpang yang menggunakan kendaraan pribadi agar dapat menggunakan transportasi massal berbasis rel, maka diperlukan tempat parkir kendaraan pribadi yang berdekatan dengan halte dari transportasi massal. Selain itu tempat parkir pusat perbelanjaan dan mal juga dapat digunakan sebagai tempat parkir sementara. Jika lahan yang tersedia hanya sedikit, tempat parkir dapat dibangun secara vertikal ke atas. Untuk penempatan *park and ride* dapat dilihat pada tabel 4.26, 4.27, dan 4.28.

**Tabel 4.26 Letak *Park and Ride* pada Trase B**

| Trase B                     |
|-----------------------------|
| Terminal Kenjeran           |
| Kapas Krampung Plaza        |
| Pasar Turi                  |
| Terminal Tambak Osowilangun |

**Tabel 4.27 Letak *Park and Ride* pada Trase C**

| Trase C                     |
|-----------------------------|
| Terminal Keputih            |
| Galaxy Mall                 |
| Stasiun Gubeng              |
| Delta Plaza                 |
| Ciputra World Mall Surabaya |
| Pakuwon Trade Center Mall   |

**Tabel 4.28 Letak *Park and Ride* pada Trase E**

| Trase E                                  |
|--|
| Universitas Pembangunan Nasional Veteran |
| Jatim Expo                               |
| Giant Supermarket                        |
| Royal Plaza                              |
| Terminal Joyoboyo                        |
| Pakuwon Trade Center Mall                |

Atau lebih jelas dari penempatan *Park and Ride* dapat dilihat pada gambar 4.11. Lingkaran berwarna biru gelap adalah letak *park and ride*, sedangkan lingkaran berwarna merah adalah stasiun ujung.





"Halaman ini sengaja dikosongkan"

## **4.9 Posisi Halte**

Angkutan umum yang bersifat massal harus melalui tempat-tempat yang telah ditetapkan untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, maka tempat henti harus disediakan di sepanjang rute angkutan kota agar perpindahan penumpang lebih mudah.

### **4.9.1 Jarak Tempat Henti**

Jarak tempat henti yang direkomendasikan berdasarkan jarak berjalan penumpang, dimana untuk daerah CBD antara 200-400 meter, daerah pinggiran antara 300-500 meter. Selain ditentukan oleh jarak berjalan tersebut juga ditentukan oleh kapasitas tempat henti dan jumlah permintaan yang dipengaruhi oleh tata guna lahan dan tingkat kepadatannya.

Untuk rata-rata kecepatan manusia berjalan di Amerika Utara (Richard L. Knoblauch, 1996) adalah 4,5 km/jam, namun disesuaikan dengan kemampuan manusia di Indonesia sehingga didapatkan rata-rata kecepatan manusia berjalan adalah 3 km/jam. Sehingga jarak tempuh manusia berjalan tiap menitnya adalah 50 meter. Dan di dalam penentuan posisi halte pada tugas akhir ini maksimum waktu tempuh penumpang menuju ke halte adalah 10 menit, sehingga radius daerah layan dari tiap-tiap halte adalah 1 km.

### **4.9.2 Kriteria Penentuan Lokasi Tempat Henti**

Persyaratan penentuan lokasi tempat henti secara umum (Abubakar Iskandar, 1995) adalah sebagai berikut :

- Terletak pada jalur pejalan kaki.
- Dekat dengan pusat kegiatan yang membangkitkan pemakai angkutan umum.
- Aman terhadap gangguan kriminal, sehingga tempat henti harus tidak tersembunyi.
- Aman terhadap kecelakaan lalu lintas, sehingga harus ada pengatur pergerakan kendaraan, pemakai tempat henti dan pejalan kaki.

- Tidak mengganggu kelancaran arus lalu lintas, baik arus lalu lintas di ruas jalan maupun di pertemuan jalan.
- Tempat henti diletakkan dimuka pusat kegiatan yang banyak membangkitkan pemakai angkutan umum.

#### 4.9.3 Kriteria Fasilitas Tempat Henti

Fasilitas tempat henti terutama diperlukan untuk menjamin pergerakan angkutan umum dan penumpang dapat langsung dengan aman, efisien, dan efektif (Abubakar Iskandar, 1995). Fasilitas yang utama pada setiap tempat henti adalah :

- Tempat menunggu penumpang yang tidak mengganggu pejalan kaki dan aman dari lalu lintas.
- Tempat berteduh yang berupa lindungan buatan atau alam.
- Informasi tentang jadwal dan rute angkutan umum.
- Fasilitas penyeberangan bagi pejalan kaki, yang diletakkan sedemikian rupa sehingga pejalan kaki tidak tertutup oleh kendaraan yang lewat dan dapat menyeberang dengan aman.
- Pagar pengaman agar pejalan kaki tidak menyeberang di sembarang tempat.

Dari berbagai kriteria tersebut diatas, maka posisi halte dapat diletakkan di daerah pusat perbelanjaan atau mall, pusat pendidikan, dan pusat bisnis dan jasa.

Posisi halte tersebut (lingkaran kuning) dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Posisi Halte





#### 4.10 Jenis Kereta yang Digunakan

Pada tugas akhir ini tidak dilakukan penghitungan atau perencanaan kereta yang digunakan untuk jalur kereta koridor Surabaya timur dengan Surabaya barat nantinya. Mengenai data kereta api dapat dilihat pada brosur kereta api yang telah ada.

Data kereta api ini dibutuhkan untuk merencanakan letak stasiun dan untuk menentukan jenis moda angkutan rel yang digunakan. Dari tiga jenis moda transportasi berbasis rel yang digunakan, semua memiliki panjang kurang lebih antara 20 meter sampai dengan 83,1 meter dan lebar antara 2,3 meter sampai dengan 2,81 meter, data spesifikasi teknis dapat dilihat pada lampiran.

##### 4.10.1 Light Rail Transit (LRT)

*Light Rail Transit (LRT)* adalah moda transportasi berbasis rel yang berpengerak listrik, berkapasitas besar yang dapat dioperasikan antara satu sampai dengan empat gerbong yang biasanya dioperasikan di *Right Of Way (ROW)* tipe B, tetapi tetap dapat beroperasi di *Right Of Way (ROW)* tipe A dan tipe C di dalam satu jalur yang sama. Kapasitas jalurnya dapat mencapai 5000-24000 sps/jam. Moda ini sangat tenang dan tidak menyebabkan polusi sehingga dapat beroperasi di terowongan dan di daerah pejalan kaki.

Salah satu *Light Rail Transit (LRT)* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah yang diproduksi oleh Alstom yang menamakan *Light Rail Transit* ini dengan Citadis Dualis.

##### 4.10.2 Rail Rapid Transit (RRT)

*Rail Rapid Transit (RRT)* atau yang dikenal sebagai metro menggunakan kereta listrik berkapasitas tinggi dengan kemampuan berakselerasi dan deselerasi yang tinggi. *Rail Rapid Transit (RRT)* adalah moda transit yang mempunyai performa paling tinggi dengan biaya operasi per spasi per kilometer. Pengimplementasian moda ini membutuhkan investasi yang sangat besar dan cakupan pembangunan yang sangat luas,

termasuk menyediakan area yang bebas hambatan di sepanjang jalurnya. Kelebihan *Rail Rapid Transit (RRT)* dibandingkan dengan *Light Rail Transit (LRT)* adalah :

- Dengan pengoperasian khusus hanya di ROW tipe A dan kontrol sinyal otomatis *Rail Rapid Transit* mempunyai kecepatan, keandalan, dan keamanan yang lebih tinggi.
- Dengan konfigurasinya yang berupa rangkaian kereta panjang dan kemudahan naik turun penumpang di stasiun *Rail Rapid Transit* mempunyai kapasitas jalur yang lebih tinggi.
- Dengan kemampuannya dan karakter yang kuat *Rail Rapid Transit* mempunyai daya tarik penumpang yang lebih kuat.

Sedangkan kekurangan *Rail Rapid Transit* dibandingkan dengan *Light Rail Transit* adalah :

- RRT membutuhkan biaya investasi yang jauh lebih besar, menyebabkan banyaknya kemungkinan adanya gangguan saat pembangunan, dan memerlukan waktu yang lebih lama untuk mengimplementasikannya dibanding dengan LRT.
- RRT membutuhkan lebih banyak jalur kaku dibandingkan dengan LRT dan RRT tidak bisa menembus jalur-jalur pejalan kaki.
- Dalam masa pembangunannya LRT lebih mudah untuk membagi dalam tahapan-tahapan tertentu karena dapat dioperasikan dalam beberapa kategori ROW, sementara RRT terbatas hanya pada ROW A saja.
- RRT akan lebih efisien ketika jarak antar halte berjarak antara satu hingga dua kilometer, sedangkan untuk LRT halte dapat dibangun dengan jarak 800 meter hingga 1000 meter.

Perbandingan ini menunjukkan bahwa RRT mempunyai perbedaan yang signifikan di dalam PCP (*Performance-Cost Package*) dibandingkan dengan LRT. RRT sebenarnya adalah

moda transit yang mempunyai performa paling tinggi yang membutuhkan biaya investasi yang paling tinggi. (Vuchic, 1981)

Salah satu produsen kereta api jenis *Rail Rapid Transit (RRT)* adalah Hitachi yang dalam tugas akhir ini digunakan adalah Hitachi A-Train dengan konfigurasi A-Train Commuter.

#### 4.10.3 Monorail

Monorail adalah moda transportasi berbasis rel, berkapasitas besar, dan dioperasikan di jalur khusus yang terpisah sehingga biasanya dioperasikan di *Right of Way (ROW)* tipe A. Jenis moda ini sangat tenang dan bersih.

Keunggulan dari monorail adalah :

- Dalam masa pembangunannya, monorail akan lebih bersih dan cepat pengerjaannya, gangguan terhadap masyarakat juga minimum karena balok rel dapat dibangun di pabrik dan dirangkai di lapangan.
- Kemampuan monorail yang dapat menaiki atau menuruni kemiringan yang tinggi hingga enam persen dan kemampuan membelok yang cukup baik hingga radius minimum untuk belok adalah 70 meter.
- Keamanan yang baik karena monorail dibangun di jalur layang yang terpisah.
- Biaya konstruksi yang murah karena monorail berjalan di rel berbentuk balok yang cukup kecil dan kolom penopang rel yang relatif kecil juga. Balok rel dapat terbuat dari beton atau baja.
- Memiliki nilai estetika yang cukup baik karena tidak memerlukan banyak tempat sehingga dibawah jalur monorail akan tetap tersinari oleh matahari.

Sedangkan kekurangan dari monorail adalah :

- Tidak terlalu baik ketika melewati terowongan.
- Karakteristik dari monorail mengakibatkan monorail lebih baik digunakan di satu rute daripada di sebuah jaringan besar yang memiliki banyak percabangan.

- Monorail membutuhkan tempat dan energi yang cukup besar untuk menggerakkan wessel.  
([www.hitachi-rail.com](http://www.hitachi-rail.com))

Salah satu Monorail yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah yang diproduksi oleh Hitachi yang menamakan monorail ini dengan Hitachi Large type.

#### **4.10.4 Jenis Kereta Terpilih**

Dari tiga alternatif moda berbasis rel yang dibandingkan masing-masing mempunyai karakteristik tertentu yang mengakibatkan belum tentu cocok untuk diaplikasikan di dalam trase koridor Surabaya timur dengan Surabaya barat. Dari tiga alternatif moda berbasis rel tersebut yang mempunyai karakteristik paling sesuai untuk koridor Surabaya timur dengan Surabaya barat adalah moda Monorail.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

- Setelah membandingkan beberapa alternatif trase jalan kereta baru di setiap pembagian wilayah Kota Surabaya, diambil masing-masing satu alternatif terbaik di Surabaya bagian utara, tengah, dan selatan dengan mempertimbangkan adanya beberapa faktor dengan menggunakan *Multi Criteria Analysis* maka dipilihlah alternatif trase E yang mewakili Surabaya bagian selatan sebagai prioritas pembangunan dengan panjang 19,66 km.
- Setelah membandingkan beberapa jenis alternatif moda transportasi berbasis rel, diambil tiga jenis alternatif moda untuk dipertimbangkan. Dengan berbagai pertimbangan maka dipilihlah moda transportasi berbasis rel yaitu *Monorail*, yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah produksi dari Hitachi yaitu Hitachi Large type.

#### **5.2 Saran**

- Perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk mendapatkan bentuk geometrik trase.
- Perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk mendapatkan nilai investasi yang mendetail.



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

## LAMPIRAN

Hasil wawancara kepada para ahli transportasi.

Responden 1

| KRITERIA                             | Prioritas |
|--------------------------------------|-----------|
| Biaya Konstruksi                     | 9         |
| Melewati Supermarket                 | 6         |
| Melewati Rumah Sakit                 | 2         |
| Melewati Mal                         | 5         |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 1         |
| Melewati Terminal Bus                | 1         |
| Melewati Perumahan Elit              | 7         |
| Melewati Kampung                     | 3         |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 4         |

Responden 2

| KRITERIA                             | Prioritas |
|--------------------------------------|-----------|
| Biaya Konstruksi                     | 1         |
| Melewati Supermarket                 | 7         |
| Melewati Rumah Sakit                 | 8         |
| Melewati Mal                         | 4         |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 3         |
| Melewati Terminal Bus                | 2         |
| Melewati Perumahan Elit              | 6         |
| Melewati Kampung                     | 9         |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 5         |

Responden 3

| KRITERIA                             | Prioritas |
|--------------------------------------|-----------|
| Biaya Konstruksi                     | 1         |
| Melewati Supermarket                 | 6         |
| Melewati Rumah Sakit                 | 8         |
| Melewati Mal                         | 3         |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 5         |
| Melewati Terminal Bus                | 4         |
| Melewati Perumahan Elit              | 2         |
| Melewati Kampung                     | 9         |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 7         |

Responden 4

| KRITERIA                             | Prioritas |
|--------------------------------------|-----------|
| Biaya Konstruksi                     | 1         |
| Melewati Supermarket                 | 5         |
| Melewati Rumah Sakit                 | 8         |
| Melewati Mal                         | 4         |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 3         |
| Melewati Terminal Bus                | 6         |
| Melewati Perumahan Elit              | 9         |
| Melewati Kampung                     | 2         |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 7         |

Responden 5

| KRITERIA                             | Prioritas |
|--------------------------------------|-----------|
| Biaya Konstruksi                     | 8         |
| Melewati Supermarket                 | 9         |
| Melewati Rumah Sakit                 | 3         |
| Melewati Mal                         | 2         |
| Melewati Stasiun Kereta Api Regional | 5         |
| Melewati Terminal Bus                | 6         |
| Melewati Perumahan Elit              | 1         |
| Melewati Kampung                     | 7         |
| Melewati Institusi Pendidikan        | 4         |

### MCA untuk data responden 1

|              | BK  | S   | RS  | M   | SKAP | TB  | PE  | K   | IP  | Total        |
|--------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|--------------|
| BK           |     | 0.7 | 0.2 | 0.6 | 0.1  | 0.1 | 0.8 | 0.3 | 0.4 | 3.2          |
| S            | 1.5 |     | 0.3 | 0.8 | 0.2  | 0.2 | 1.2 | 0.5 | 0.7 | 5.3          |
| RS           | 4.5 | 3.0 |     | 2.5 | 0.5  | 0.5 | 3.5 | 1.5 | 2.0 | 18.0         |
| M            | 1.8 | 1.2 | 0.4 |     | 0.2  | 0.2 | 1.4 | 0.6 | 0.8 | 6.6          |
| SKAP         | 9.0 | 6.0 | 2.0 | 5.0 |      | 1.0 | 7.0 | 3.0 | 4.0 | 37.0         |
| TB           | 9.0 | 6.0 | 2.0 | 5.0 | 1.0  |     | 7.0 | 3.0 | 4.0 | 37.0         |
| PE           | 1.3 | 0.9 | 0.3 | 0.7 | 0.1  | 0.1 |     | 0.4 | 0.6 | 4.4          |
| K            | 3.0 | 2.0 | 0.7 | 1.7 | 0.3  | 0.3 | 2.3 |     | 1.3 | 11.7         |
| IP           | 2.3 | 1.5 | 0.5 | 1.3 | 0.3  | 0.3 | 1.8 | 0.8 |     | 8.5          |
| <b>Total</b> |     |     |     |     |      |     |     |     |     | <b>131.8</b> |

| Bobot    |
|----------|
| 0.0245   |
| 0.0405   |
| 0.1366   |
| 0.0501   |
| 0.2808   |
| 0.2808   |
| 0.0336   |
| 0.0886   |
| 0.0645   |
| <b>1</b> |

### MCA untuk data responden 2

|              | BK  | S   | RS  | M   | SKAP | TB  | PE  | K   | IP  | Total        |
|--------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|--------------|
| BK           |     | 7.0 | 8.0 | 4.0 | 3.0  | 2.0 | 6.0 | 9.0 | 5.0 | 44.0         |
| S            | 0.1 |     | 1.1 | 0.6 | 0.4  | 0.3 | 0.9 | 1.3 | 0.7 | 5.4          |
| RS           | 0.1 | 0.9 |     | 0.5 | 0.4  | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 0.6 | 4.6          |
| M            | 0.3 | 1.8 | 2.0 |     | 0.8  | 0.5 | 1.5 | 2.3 | 1.3 | 10.3         |
| SKAP         | 0.3 | 2.3 | 2.7 | 1.3 |      | 0.7 | 2.0 | 3.0 | 1.7 | 14.0         |
| TB           | 0.5 | 3.5 | 4.0 | 2.0 | 1.5  |     | 3.0 | 4.5 | 2.5 | 21.5         |
| PE           | 0.2 | 1.2 | 1.3 | 0.7 | 0.5  | 0.3 |     | 1.5 | 0.8 | 6.5          |
| K            | 0.1 | 0.8 | 0.9 | 0.4 | 0.3  | 0.2 | 0.7 |     | 0.6 | 4.0          |
| IP           | 0.2 | 1.4 | 1.6 | 0.8 | 0.6  | 0.4 | 1.2 | 1.8 |     | 8.0          |
| <b>Total</b> |     |     |     |     |      |     |     |     |     | <b>118.3</b> |

| Bobot    |
|----------|
| 0.3719   |
| 0.0459   |
| 0.0391   |
| 0.0866   |
| 0.1183   |
| 0.1817   |
| 0.0549   |
| 0.0338   |
| 0.0676   |
| <b>1</b> |

### MCA untuk data responden 3

|      | BK  | S   | RS  | M   | SKAP | TB  | PE  | K   | IP  | Total        |              |
|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|
| BK   |     | 6.0 | 8.0 | 3.0 | 5.0  | 4.0 | 2.0 | 9.0 | 7.0 | 44.0         |              |
| S    | 0.2 |     | 1.3 | 0.5 | 0.8  | 0.7 | 0.3 | 1.5 | 1.2 | 6.5          |              |
| RS   | 0.1 | 0.8 |     | 0.4 | 0.6  | 0.5 | 0.3 | 1.1 | 0.9 | 4.6          |              |
| M    | 0.3 | 2.0 | 2.7 |     | 1.7  | 1.3 | 0.7 | 3.0 | 2.3 | 14.0         |              |
| SKAP | 0.2 | 1.2 | 1.6 | 0.6 |      | 0.8 | 0.4 | 1.8 | 1.4 | 8.0          |              |
| TB   | 0.3 | 1.5 | 2.0 | 0.8 | 1.3  |     | 0.5 | 2.3 | 1.8 | 10.3         |              |
| PE   | 0.5 | 3.0 | 4.0 | 1.5 | 2.5  | 2.0 |     | 4.5 | 3.5 | 21.5         |              |
| K    | 0.1 | 0.7 | 0.9 | 0.3 | 0.6  | 0.4 | 0.2 |     | 0.8 | 4.0          |              |
| IP   | 0.1 | 0.9 | 1.1 | 0.4 | 0.7  | 0.6 | 0.3 | 1.3 |     | 5.4          |              |
|      |     |     |     |     |      |     |     |     |     | <b>Total</b> | <b>118.3</b> |

| Bobot    |
|----------|
| 0.3719   |
| 0.0549   |
| 0.0391   |
| 0.1183   |
| 0.0676   |
| 0.0866   |
| 0.1817   |
| 0.0338   |
| 0.0459   |
| <b>1</b> |

### MCA untuk data responden 4

|      | BK  | S   | RS  | M   | SKAP | TB  | PE  | K   | IP  | Total        |              |
|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|
| BK   |     | 5.0 | 8.0 | 4.0 | 3.0  | 6.0 | 9.0 | 2.0 | 7.0 | 44.0         |              |
| S    | 0.2 |     | 1.6 | 0.8 | 0.6  | 1.2 | 1.8 | 0.4 | 1.4 | 8.0          |              |
| RS   | 0.1 | 0.6 |     | 0.5 | 0.4  | 0.8 | 1.1 | 0.3 | 0.9 | 4.6          |              |
| M    | 0.3 | 1.3 | 2.0 |     | 0.8  | 1.5 | 2.3 | 0.5 | 1.8 | 10.3         |              |
| SKAP | 0.3 | 1.7 | 2.7 | 1.3 |      | 2.0 | 3.0 | 0.7 | 2.3 | 14.0         |              |
| TB   | 0.2 | 0.8 | 1.3 | 0.7 | 0.5  |     | 1.5 | 0.3 | 1.2 | 6.5          |              |
| PE   | 0.1 | 0.6 | 0.9 | 0.4 | 0.3  | 0.7 |     | 0.2 | 0.8 | 4.0          |              |
| K    | 0.5 | 2.5 | 4.0 | 2.0 | 1.5  | 3.0 | 4.5 |     | 3.5 | 21.5         |              |
| IP   | 0.1 | 0.7 | 1.1 | 0.6 | 0.4  | 0.9 | 1.3 | 0.3 |     | 5.4          |              |
|      |     |     |     |     |      |     |     |     |     | <b>Total</b> | <b>118.3</b> |

| Bobot    |
|----------|
| 0.3719   |
| 0.0676   |
| 0.0391   |
| 0.0866   |
| 0.1183   |
| 0.0549   |
| 0.0338   |
| 0.1817   |
| 0.0459   |
| <b>1</b> |

MCA untuk data responden 5

|      | BK  | S   | RS  | M   | SKAP | TB  | PE  | K   | IP           | Total        | Bobot    |
|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|--------------|--------------|----------|
| BK   |     | 1.1 | 0.4 | 0.3 | 0.6  | 0.8 | 0.1 | 0.9 | 0.5          | 4.6          | 0.0391   |
| S    | 0.9 |     | 0.3 | 0.2 | 0.6  | 0.7 | 0.1 | 0.8 | 0.4          | 4.0          | 0.0338   |
| RS   | 2.7 | 3.0 |     | 0.7 | 1.7  | 2.0 | 0.3 | 2.3 | 1.3          | 14.0         | 0.1183   |
| M    | 4.0 | 4.5 | 1.5 |     | 2.5  | 3.0 | 0.5 | 3.5 | 2.0          | 21.5         | 0.1817   |
| SKAP | 1.6 | 1.8 | 0.6 | 0.4 |      | 1.2 | 0.2 | 1.4 | 0.8          | 8.0          | 0.0676   |
| TB   | 1.3 | 1.5 | 0.5 | 0.3 | 0.8  |     | 0.2 | 1.2 | 0.7          | 6.5          | 0.0549   |
| PE   | 8.0 | 9.0 | 3.0 | 2.0 | 5.0  | 6.0 |     | 7.0 | 4.0          | 44.0         | 0.3719   |
| K    | 1.1 | 1.3 | 0.4 | 0.3 | 0.7  | 0.9 | 0.1 |     | 0.6          | 5.4          | 0.0459   |
| IP   | 2.0 | 2.3 | 0.8 | 0.5 | 1.3  | 1.5 | 0.3 | 1.8 |              | 10.3         | 0.0866   |
|      |     |     |     |     |      |     |     |     | <b>Total</b> | <b>118.3</b> | <b>1</b> |

## DAFTAR PUSTAKA

Abubakar Iskandar, Sutiono Edy, Yani Ahmad. 1995. **Menuju Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang Tertib.**

Institut Teknologi Sepuluh Nopember. **Aturan Penulisan Tugas Akhir.**

**Penjelasan Peraturan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Penjelasan Peraturan Dinas No. 10)**

**Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan dinas No. 10)**

Richard L. Knoblauch, Martin T. Pietrucha, Marsha Nitzburg. 1996. "Field Studies of Pedestrian Walking Speed and Start-Up Time." **Transportation Research Record No. 1538, Pedestrian and Bicycle Research.**

**Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian.**

Vukan R. Vuchic. 1981. **Urban Public Transportation, Systems, and Technology.**

Vukan R. Vuchic. 2005. **Urban Transit Operation, Planning, and Economics.**



”Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 15 Desember 1989, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Pertiwi Surabaya, SD Pucang Jajar I Surabaya, SMP Negeri 1 Surabaya, SMA Negeri 2 Surabaya. Lulus dari SMA tahun 2008.

Sesuai dengan impian ingin kuliah di perguruan tinggi negeri, hingga akhirnya penulis diterima di Institut Teknologi

Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis mengambil judul Tugas Akhir tentang Studi Alternatif Pemilihan Trase Transportasi Massal Surabaya Timur dengan Surabaya Barat, dimana ilmu kereta api ini kurang berkembang dan kurang diminati mahasiswa teknik sipil membuat penulis menjadi tertarik. Penulis sempat aktif sebagai Pengurus Himpunan Mahasiswa Sipil.

Setelah menempuh studi selama empat tahun akhirnya penulis berhasil menyelesaikan masa studinya. Alhamdulillah.

Bila ingin berkorespondensi atau berkonsultasi dengan penulis bisa melalui email : [nirwan\\_prinanto@ymail.com](mailto:nirwan_prinanto@ymail.com)