

PERENCANAAN JALUR REL LINGKAR LUAR API MADIUN MENGUNAKAN AUTOCAD CIVIL 3D

Oleh

Adya Aghastya, email: adya@api.ac.id
Wahyu Tamtomo Adi, email: Tamtomo@api.ac.id

ABSTRAK

Akademi Perkeretaapian Indonesia Madiun merupakan salah satu UPT pendidikan di bawah Kementerian Perhubungan yang menaungi bidang perkeretaapian. Sebagai penunjang pendidikan di API Madiun dan sesuai Master Plan API Madiun Revisi Tahun 2017 maka diperlukan adanya penambahan jalur yaitu jalur lingkaran luar API Madiun. Software Autocad Civil 3D sangat bermanfaat dalam memberikan suatu solusi yang inovatif, efektif dan efisien dalam proses perencanaan teknik sipil khususnya untuk pembuatan jalur kereta sehingga lebih mudah, cepat dan biaya rendah dengan metodologi pengerjaan menginput data survey tanah dan melakukan desain trase selanjutnya secara otomatis data potongan melintang, memanjang, volume galian dan urugan otomatis sudah didapat. Adapun data hasil perencanaan yaitu kecepatan rencana yang digunakan adalah 30 km/jam dengan lebar track yaitu 1.067m. panjang desain 1234,187m dengan kemiringan 0,0009 atau 0,09% dibawah standart maksimum 10 per% ,comulatif fill 15584.68 m³ dan comulatif cut 5719.08 m³.

Kata Kunci: Autocad Civil 3d, Alignment Horizontal, Alignment Vertical, Cut and Fill, Akademi Perkeretaapian Indonesia

ABSTRACT

Indonesian Railway Academy of Madiun is one of unit of education under the Ministry of Transportation in the field of railways. To support education in API Madiun and according to Master Plan of API Madiun Revision in Year 2017, it is necessary to add the path of the outer ring path API Madiun. Autocad Civil 3D software is very useful in providing an innovative, effective and efficient solution in planning process of civil engineering especially for making of train line more easier, faster and lower cost with methodology inputs topographic survey data and design the route. The design will automatically generate cross section, long section, earth work volume. The design result use speed in 30 km / h with track width 1.067m. Long section is design 1234,187m lenth with slope 0.09% below the maximum standard of 10 per %o, cumulative fill is 15584.68 m³ and comulative cut volume is 5719.08 m³.

Keywords: Autocad Civil 3d, Horizontal Alignment, Vertical Alignment, Cut and Fill, Indonesian Railway Academy

1. PENDAHULUAN

Akademi Perkeretaapian Indonesia Madiun atau API Madiun merupakan salah satu UPT pendidikan di bawah Kementerian Perhubungan yang menaungi bidang perkeretaapian dengan jenjang pendidikan selama 3 tahun. Api Madiun terletak di Jalan Tirtaraya Kota Madiun Jawa timur, sekitar 2 km dari pusat kota Madiun atau 150 km dari kota Surabaya. Salah satu fasilitas penunjang

dalam rangka pendidikan di API Madiun mutlak adanya adalah jalur rel kereta, dimana jalur tersebut nantinya dapat digunakan untuk sarana penunjang pendidikan baik untuk praktik taruna maupun sebagai penunjang diklat siswa.

Sampai saat ini, jalur kereta yang sudah terbangun adalah jalur lingkaran dalam yang berada di lingkungan kampus API Madiun,

panjang jalur lingkaran dalam tersebut kurang lebih 2 km dengan kecepatan rencana adalah 30 km/jam. Sebagai penunjang pendidikan di API Madiun dan sesuai Master Plan API Madiun Revisi Tahun 2017 maka diperlukan adanya penambahan jalur yaitu jalur lingkaran luar API Madiun. Jalur lingkaran luar API Madiun ini nantinya mengelilingi Kampus API Madiun yang seluas memiliki luas 18,3 Hektar.

Software *autocadcivil 3d* merupakan software yang dikembangkan untuk menunjang proses pembuatan gambar rencana dalam teknik sipil, yang dapat dimanfaatkan untuk desain trase dan desain geometrik, baik untuk jalan raya maupun jalur jalan rel. *Autocad Civil 3D* sangat bermanfaat dalam memberikan suatu solusi yang inovatif, efektif dan efisien dalam proses perancangan teknik sipil khususnya untuk pembuatan jalur keretasehingga lebih mudah, cepat dan biaya rendah. Dengan demikian, perencana dapat mengalokasikan waktu yang lebih banyak untuk mencari alternatif terbaik dan mempersingkat waktu perencanaan proyek secara keseluruhan. Software ini juga dilengkapi dengan perhitungan elevasi alinyemen, bentuk lengkung, jumlah galian maupun timbunan tanah, jumlah material yang dibutuhkan serta dapat membuat potongan memanjang maupun melintang secara cepat.

2. METODE PENELITIAN

Sebagai dasar dari penulis dalam menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Penentuan trase, geometrik serta struktur jalan rel berdasarkan PM No.60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api beserta penjelesannya.
- Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No. 10)

Berikut dijelaskan mengenai diagram alir mulai dari awal hingga akhir tahapan penyusunan penelitian.

Dalam Mempelajari berbagai sumber informasi mengenai kereta api dibutuhkan

beberapa literatur yang dapat menunjang penyelesaian tugas akhir ini. Beberapa sumber tersebut meliputi literatur teknik perencanaan jalan rel dan kumpulan peraturan-peraturan dari Kementerian Perhubungan, dinas PJKA dan SNI sebagai dasar perencanaan.

Tabel 1 Jenis dan Fungsi Data Penunjang.

| Jenis Data | Fungsi Data |
|---|--|
| Data Topografi | Sebagai dasar untuk merencanakan trase jalan rel agar sesuai dengan tata guna lahan. |
| Peta kontur atau data kontur hasil survey | Mengetahui tinggi elevasi permukaan tanah sebagai dasar perencanaan geometrik jalan rel. |

Dalam perencanaan trase jalan rel ini, desain trase dibuat baru karena trase belum ada sebelumnya. Perhitungan geometri yang digunakan dalam perencanaan jalan rel ini meliputi

1. Alinyemen horisontal
 - Lengkung lingkaran
 - Lengkung peralihan
 - Pelebaran sepur
 - Peninggian rel
2. Alinyemen vertikal
 - Perhitungan tinggi tiap STA
 - Lengkung kelaian positif dan negatif

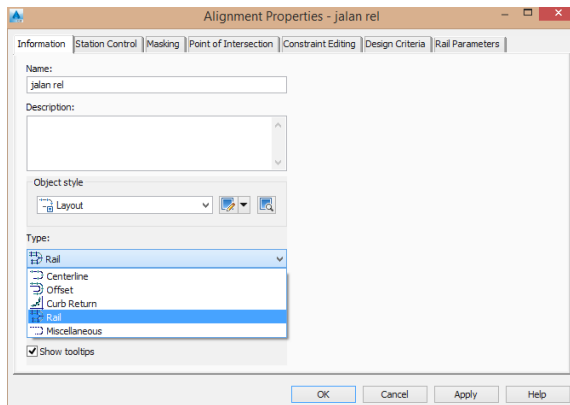
Setelah data alinemen vertical dan detail struktur didapat maka data tersebut digunakan untuk membuat gambar potongan melintang tiap STA yang selanjutnya digunakan untuk menghitung volume galian dan timbunan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses analisis yang meliputi kriteria desain, desain trase dan geometrik yang meliputi alinyemen horizontal maupun vertikal serta potongan memanjang maupun melintang dari

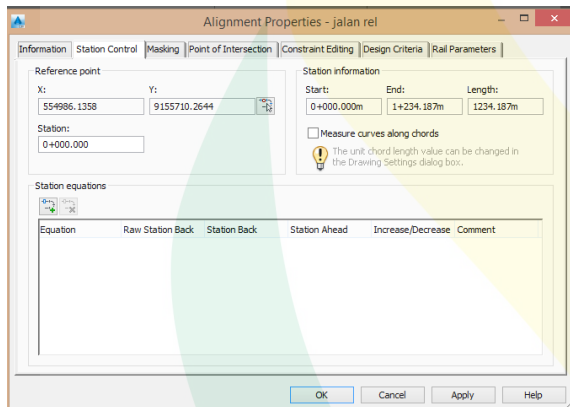
rel, volume galian dan timbunan dan mass haul diagram.

3.1 Kriteria Disain



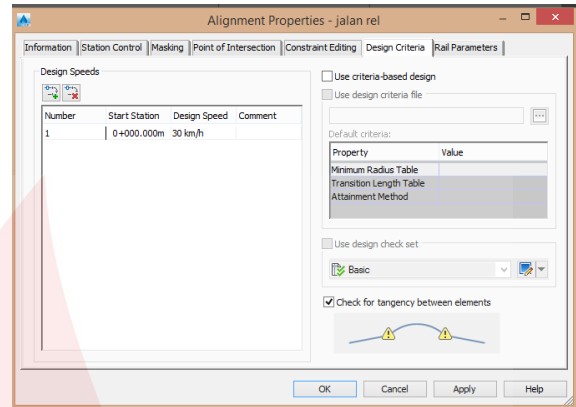
Gambar 1 Alignment Properties

Alignment properties menggunakan tipe rail, selain tipe rail pada software ini juga terdapat tipe lain meliputi centerline, offset, curb return dan miscellaneous tetapi peruntukannya digunakan untuk jalan karena menyesuaikan luasan yang ada di jalan.



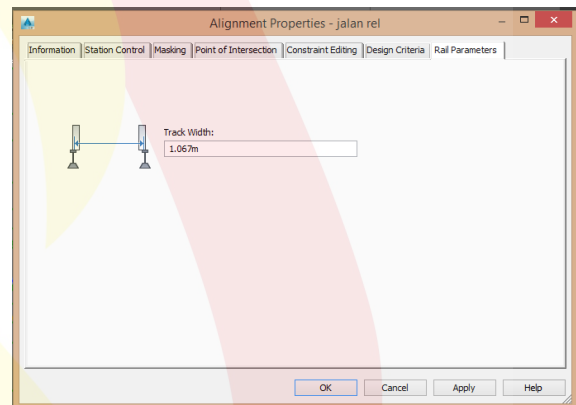
Gambar 2 Station Control

Pada Station Control terdapat reference point yang menunjukkan koordinat X dan Y dari awal stasiun (stasiun 0+000.000), dimana stasiun awal tersebut terletak pada koordinat X= 554986.1358 dan Y=9155710.2644. selain itu juga pada stasiun information menunjukkan informasi start 0.000 dan akhir 1+234.187m atau panjang desain rel yaitu 1234,187m.



Gambar 3 Design Criteria

Pada Design criteria terdapat design speeds dimana pada perencanaan ini kecepatan rencana 30 km/h dan check tangency between element untuk menentukan pada bagian curve dan spiral apakah ada permasalahan antara radius dan kecepatan.



Gambar 4 Rail Parameters

Pada Rail Parameters terdapat Track Width dimana pada perencanaan ini kecepatan lebar track yaitu 1.067 m.

| Value Name | Default Input Value |
|-----------------------|---------------------|
| Rail Slope | 0.00% |
| Gauge Width | 1.067m |
| Sleeper Width | 2.000m |
| Sleeper Height | 0.150m |
| Ballast Width | 3.000m |
| Ballast Depth | 0.300m |
| Ballast Side Slope | 2.00:1 |
| Subballast Width | 6.600m |
| Subballast Depth | 0.300m |
| Subballast Side Slope | 2.00:1 |

Gambar 5 Rail Parameters Details

Pada Gambar Rail Parameters details meliputi semua data perencanaan secara detail, meliputi data lebar track, lebar

bantalan, tinggi bantalan, lebar balas, kedalaman balas, lebar subbalas dll. Untuk angka detailnya bisa dilihat pada gambar 5.

| Value Name | Default Input Value |
|-----------------------|-----------------------|
| Side | Right |
| Daylight Link | Include Daylight link |
| Cut Slope | 2.00:1 |
| Fill Slope | 4.00:1 |
| Foreslope Slope | 4.00:1 |
| Foreslope Width | 1.200m |
| Bottom Width | 0.600m |
| Backslope Slope | 4.00:1 |
| Backslope Width | 1.200m |
| Rounding Option | None |
| Rounding By | Length |
| Rounding Parameter | 0.500m |
| Rounding Tessellation | 6 |
| Place Lined Material | None |
| Slope Limit 1 | 1.00:1 |
| Material 1 Thickness | 0.300m |

Gambar 6 Slope Sebelah Kanan

Kemiringan (*slope*) adalah keadaan dimana ada bidang atau permukaan yang tidak rata, disebabkan ada bagian yang tinggi dan ada bagian yang rendah. Pada slope bagian kanan pada gambar 6 meliputi perbandingan kemiringan galian, perbandingan kemiringan ketika terjadi urugan, perbandingan foreslope atau kemiringan tanah yang rapat, perbandingan backslope (kemiringan yang landai), lebar galian dll.

Kemiringan (*slope*) adalah keadaan dimana ada bidang atau permukaan yang tidak rata, disebabkan ada bagian yang tinggi dan ada bagian yang rendah. Pada slope bagian kiri pada gambar 7 meliputi perbandingan kemiringan galian, perbandingan kemiringan ketika terjadi urugan, perbandingan foreslope atau kemiringan tanah yang rapat, perbandingan backslope (kemiringan yang landai), lebar galian dll.

3.2 Alinement Horizontal

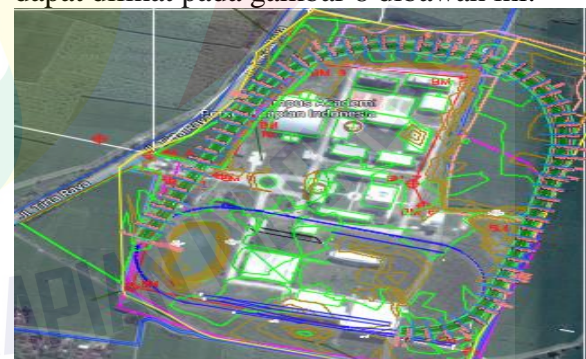
Pada perencanaan alinemen horizontal disini akan dibahas bagaimana desain lengkung yang digunakan dengan menggunakan parameter lengkung horisontal *spiral-circle-spiral*. Kenapa parameter lengkung yang digunakan hanyalah *spiral-circle-spiral* dan tidak menggunakan *spiral-spiral* maupun *full circle* hal tersebut dikarenakan keterbatasan lahan yang dimiliki oleh Akademi Perkeretaapian Indonesia Madiun.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan software Civil 3d sehingga semua proses perhitungan dilakukan oleh software. Adapun hasil alinement dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2 Hasil Alinement Horizontal

| No. | Tipe | L (m) | R (m) | Start STA | End STA |
|-----|-------|-------|-------|-----------|---------|
| 1 | Line | 290 | | 0+000 | 0+290 |
| 2 | Curve | 5 | 200 | 0+290 | 0+295 |
| 3 | Line | 2 | | 0+295 | 0+296 |
| 4 | Curve | 230 | 270 | 0+296 | 0+526 |
| 5 | Line | 25 | | 0+526 | 0+552 |
| 6 | Curve | 23 | 200 | 0+552 | 0+576 |
| 7 | Line | 5 | | 0+576 | 0+581 |
| 8 | Curve | 223 | 264 | 0+581 | 0+803 |
| 9 | Line | 18 | | 0+803 | 0+821 |
| 10 | Curve | 35 | 200 | 0+821 | 0+855 |
| 11 | Line | 190 | | 0+855 | 1+045 |
| 12 | Curve | 11 | 200 | 1+045 | 1+056 |
| 13 | Line | 51 | | 1+056 | 1+107 |
| 14 | Curve | 117 | 288 | 1+107 | 1+224 |
| 15 | Line | 10 | | 1+224 | 1+234 |

Setelah hasil data analisis alinement dilakukan maka akan didapat gambar geometrik lengkung dengan kecepatan 30 km/jam yang terdiri dari 7 lengkung. Awal dan akhir STA untuk setiap lengkung sebagaimana pada tabel di atas, lengkung 1 dengan panjang lengkung 200m dimulai pada sta 0+000m sampai sta 0+296m, dst. Detail hasil perencanaan alinyemen horizontal dapat dilihat pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 7 Alinement Horizontal

3.3 Alinement Vertikal

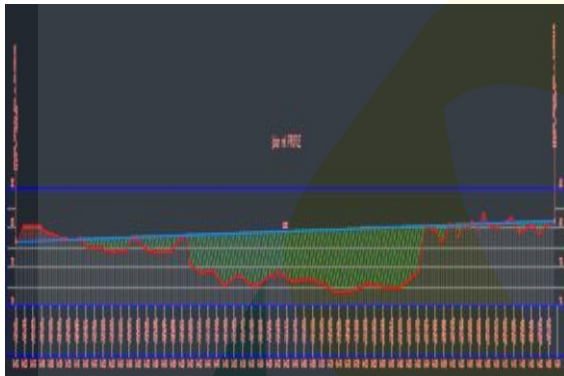
Pada perencanaan rel luar api alinement vertical di rencanakan pada elevasi awal

79,328m pada sta 0.000 dan 80,377m pada sta 1+234,187 dengan kemiringan 0,0009 atau 0,09% dibawah standart 10 per% sebagaimana pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 60 Tahun 2012.

Tabel 3 Perhitungan Alinemen Vertikal

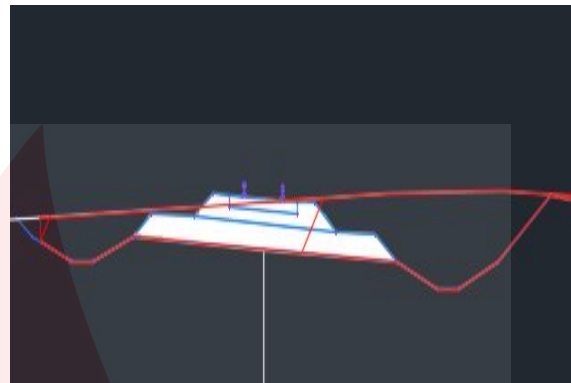
| NO | PVI STATION | PVI ELEVATION | GRADE IN | GRADE OUT |
|----|-------------|---------------|----------|-----------|
| 1 | 0+000 | 79.328 | | 0.09% |
| 2 | 1+234 | 80.377 | 0.09% | |

Dari hasil perencanaan alinemen vertikal tersebut tergambar hasil desain seperti gambar 9 di bawah ini.

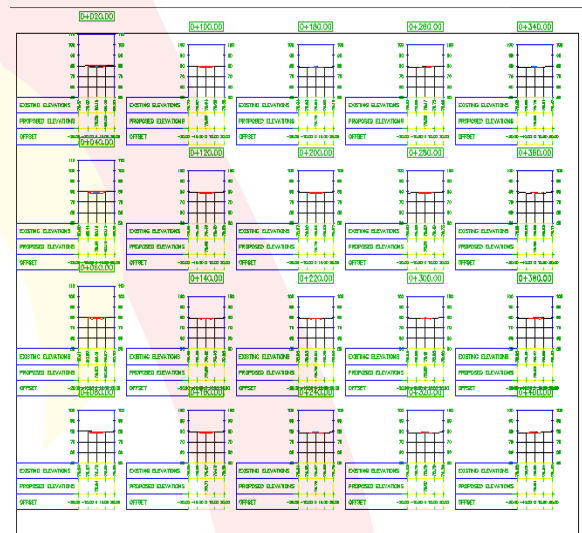


Gambar 8 Alinemen Vertikal STA 0+000m sampai sta 1+234,187m

1. lapisan tanah dasar



Gambar 9 Contoh Penampang Melintang STA 0+380.000m



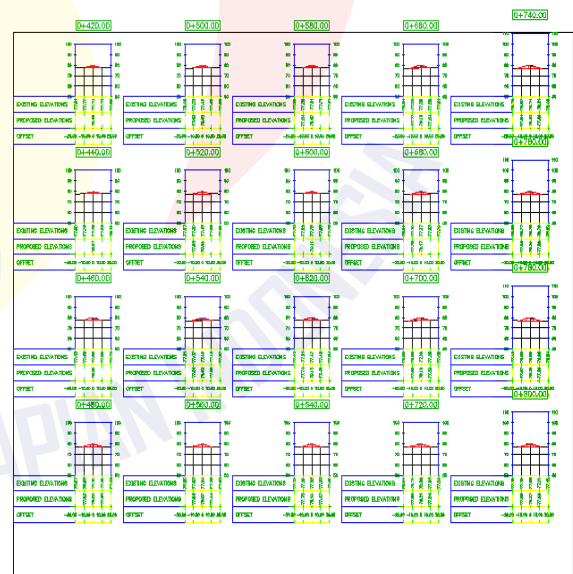
Gambar 10 Potongan Melintang Sta 0+20m sampai Sta 0+400m

3.4 Penampang Melintang

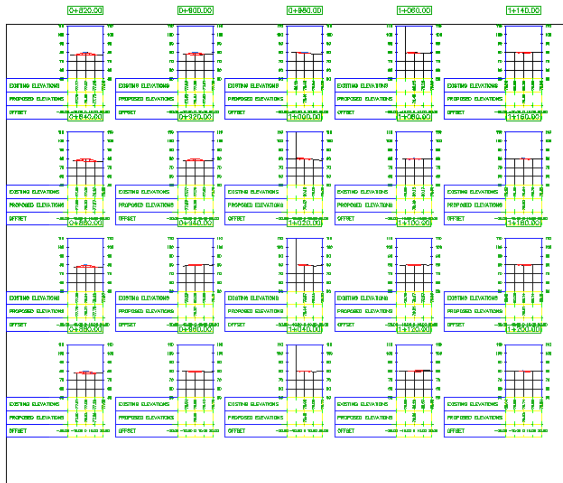
Penampang melintang jalan rel merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan rel atau as rel, Pada potongan melintang jalan rel dapat terlihat bagian-bagian jalan rel (Rosidi, 2015).

Bagian-bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Bagian yang langsung berguna untuk lalu lintas.
 - 1. Rel kereta
 - 2. Bantalan
 - 3. Balas
 - 4. Sub Balas
- b. Bagian yang berguna untuk drainase
 - 1. saluran samping
 - 2. kemiringan melintang rel
 - 3. kemiringan lereng
- c. Bagian konstruksi jalan



Gambar 11 Potongan Melintang STA 0+420m sampai STA 0+800m



Gambar 12 STA 0+820 sampai STA 1+234

Hasil penggambaran potongan melintang dari Gambar 10 s.d. 12 menjadi dasar perhitungan galian dan timbunan tanah yang dibutuhkan untuk pekerjaan pembangunan jalan rel yang akan dibangun.

3.4 Volume Galian dan Timbunan

Galian dan timbunan merupakan salah satu pekerjaan tanah yang harus dilakukan dalam pelaksanaan pembangunan jalan rel, galian dan timbunan dihitung sebagai volume. Volume sendiri mempunyai dimensi kubik, biasanya di Indonesia menggunakan satuan m³.

Pada pekerjaan konstruksi jalan rel, volume tidak berbentuk beraturan, maka diperlukan metode atau perhitungan secara matematis atau software yang bisa menghitung luas dari satu potongan melintang serta menghitung volume diantara dua penampang melintang yang berdekatan.

Volume tanah yang dimaksud pada perencanaan ini adalah galian dan timbunan dari proses perencanaan jalan rel dengan elevasi tertentu terhadap elevasi tanah asli. Permukaan tanah yang tidak rata merupakan suatu kesulitan tersendiri dalam melakukan perhitungan volume galian maupun timbunan. Hal yang tidak kalah pentingnya untuk menunjang keakuratan galian maupun timbunan maka jarak sta pada penampang horizontal haruslah seminim mungkin. Pada umumnya jarak antar sta pada perencanaan berkisar antara 50 meter sampai 100 meter

bahkan bisa lebih sampai 200 meter. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan jarak antar STA adalah 20m sehingga diharapkan mendapatkan volume tanah yang mendekati realita dilapangan. Dari keseluruhan penampang melintang yang telah digambar, diperoleh timbunan kumulatif sebesar 15584.68 m³ dan potongan kumulatif sebesar 5719.08 m³. Hal ini menunjukkan bahwa site memerlukan tanah yang didatangkan sebagai tanah timbunan.

3.5 Mass Haul Diagram

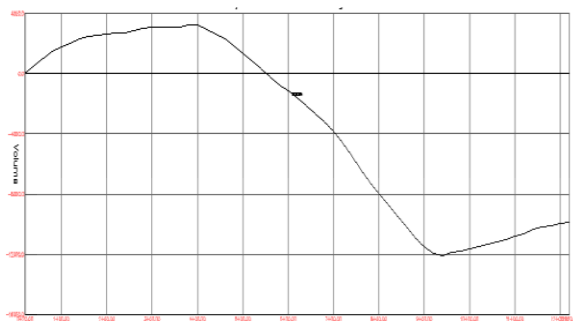
Diagram Mass-Haul (DMH) adalah suatu diagram yang digunakan di dalam pekerjaan tanah atau *Earthworks* untuk penentuan galian dan timbunan yang secara ekonomi paling efisien. DMH sering digunakan pada pekerjaan *earthwork* dalam pelaksanaan konstruksi proyek teknik sipil misalnya proyek jalan raya, jalan kereta api, dll.

Cara pembuatan DMH adalah dengan melakukan penggambaran DMH diplot pada bagian bawah gambar penampang memanjang (*Longitudinal Section*) pada center-line (sumbu proyek). Dari DMH akan diperoleh informasi sebagai berikut:

- Jarak antara tempat yang digali dan yang ditimbulk seimbang (balance)
- Jumlah material yang harus dipindahkan dan arah pemindahan
- Luas tanah yang akan diambil (*borrowed*) atau dibuang (*wasted*) dan jumlahnya
- Pilihan terbaik secara ekonomi yang akan diambil untuk pekerjaan tanah (galian dan timbunan).

Pada penelitian ini DMH tidak dapat diseimbangkan sebagaimana seharusnya pekerjaan konstruksi untuk meningkatkan efisiensi. Hal ini disebabkan karena tanah yang cenderung membutuhkan timbunan dan perencanaan jalan rel harus disesuaikan dengan elevasi jalan rel eksisting yang sudah terbangun.

Gambar diagram mass haul dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13 Mass Haul Diagram

Gambar di atas menunjukkan bahwa pekerjaan galian akan terjadi pada kurva yang naik, dan pekerjaan timbunan terjadi pada area kurva yang menurun. Galian dan timbunan mencapai balance pada STA 0+550m dari awal sambungan dengan rel eksisting.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari hasil perencanaan yang dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Alinyemen Horizontal terdiri dari tujuh lengkung yang memiliki jari-jari minimal 200 m untuk mengakomodir kecepatan kereta 30 km perjam. Kecepatan kereta tidak bisa dimaksimalkan dengan kondisi jarak jalur lurus yang pendek.
- Alinyemen vertikal didesain dengan satu lengkung vertical yang dimulai pada STA 0+000 dengan elevasi titik awal 79,328m dan memuncak pada sta 1+234 dengan elevasi 80,377m, kemiringan alinyemen vertical adalah 0,09% yang masih berada di bawah persyaratan maksimum 10 per%.
- Penampang melintang didesain dengan jarak penampang setiap 20 meter, yang menghasilkan perhitungan volume

galian 5719.08 m³ dan timbunan 15.584 m³.

- Hasil mass haul diagram menunjukkan bahwa dibutuhkan tanah timbunan didatangkan untuk STA 0+550 sampai dengan STA 1+234.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, ditemukan beberapa saran sebagai berikut:

- Pada Penelitian selanjutnya titik awal dan titik akhir sebaiknya sudah disesuaikan dengan masterplan. Dikarenakan saat penelitian berakhir titik awal dan akhir belum terdapat di masterplan pembangunan api.
- Penelitian selanjutnya perlu mendesain perlintasan sebidang, wesel, persinyalan dan telekomunikasi pada jaringan yang sudah didesain.
- Penelitian selanjutnya dapat dilanjutkan dengan perhitungan rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan konstruksi jalan rel.

5. REFERENSI

- Rosyidi, Sri Atmaja. 2015. Rekayasa Jalan Kereta Api: Yogyakarta. LP3M UMY.
- Menteri Perhubungan, 2012. Peraturan Menteri No . 60 Tahun 2012 (Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api).
- PJKA, 1986. Penjelasan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Penjelasan Peraturan Dinas no.10).
- Surakim. 2014. Konstruksi Jalan rel dan Keselamatan Perjalanan Kereta Api: Bandung. Nuasa Cendekia.