

## Evaluasi Perawatan Jalan Rel di *Light Rail Transit* Jakarta

### *Evaluation Of Railway Maintenance at Light Rail Transit Jakarta*

Kurniawan<sup>1\*</sup>, Heriyanto Wibowo<sup>2</sup>

<sup>123</sup>Program Studi Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Fakultas Teknik Transportasi dan Logistik, Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Jln. IPN No.2, Cipinang Besar Selatan, Jakarta Timur 13410, Indonesia

\*Email Korespondensi: kurniawan.gowesnusantara@gmail.com

#### **Abstract**

*The capital city of DKI Jakarta is a densely populated area and the main factor for traffic jams. The DKI Jakarta Provincial Government is developing Light Rail Transit (LRT)-based transportation to reduce congestion at certain points. Railways are a construction unit made of steel, concrete or other constructions that are located on the surface that directs the railroad. Economically, the construction and maintenance of road construction rails can be carried out efficiently and still guarantee safety and comfort. The rail system is divided into upper and lower structures, the superstructure must include: geometry, free space, axle load and frequency, the geometric requirements that must be met are: Curve, Gauge, Cantor. In order to support the safe operation of the train, it is necessary to maintain bends every 3 months (preventive) so that the condition of the railroad tracks when the train passes does not falter or fall. Improvement of the rail geometry at bends is carried out by measuring the 3 point versine method which aims to restore the condition of the rail according to the conditions or design, calculated through the transition curve, full curve, until the end of the curve.*

**Keywords :** *public transportation, maintenance of rail alignment curve, efficiency maintenance, LRT*

#### **Abstrak**

Ibukota DKI Jakarta merupakan daerah padat penduduk dan faktor utama kemacetan lalu lintas. Pemprov DKI Jakarta mengembangkan transportasi berbasis Light Rail Transit (LRT) untuk mengurangi kemacetan di titik-titik tertentu. Rel kereta api adalah suatu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton atau konstruksi lainnya yang terletak di permukaan yang mengarahkan jalan rel. Secara ekonomis pembangunan dan pemeliharaan rel konstruksi jalan dapat dilakukan secara efisien dan tetap menjamin keamanan dan kenyamanan. Sistem rel dibagi menjadi struktur atas dan bawah, bangunan atas harus meliputi: geometri, ruang bebas, beban gandar dan frekuensi, persyaratan geometrik yang harus dipenuhi adalah: lengkung, lebar, ketinggian. Demi mendukung keselamatan pengoperasian kereta api, perlu dilakukan pemeliharaan lengkung setiap 3 bulan (terjadwal) sekali agar kondisi rel kereta api saat dilalui kereta api tidak goyang atau anjlog. Perbaikan geometri rel pada lengkung dilakukan dengan pengukuran metode 3 titik anak panah yang bertujuan untuk mengembalikan kondisi rel sesuai kondisi atau desain, diukur melalui lengkung transisi, lengkung penuh, hingga akhir lengkung.

**Kata kunci :** transportasi publik, perawatan aligmen lengkung, perawatan efisensi, LRT

## A. Pendahuluan

Transportasi memiliki peran yang sangat penting dalam menunjang pertumbuhan ekonomi masyarakat dan merupakan urat nadi dalam pembangunan ekonomi suatu negara. Oleh karena itu keberhasilan pembangunan dibidang ekonomi harus ditunjang dengan pengembangan sistim transportasi yang baik, sesuai dengan kebutuhan dan perkembangan zaman. Manfaat transportasi secara ekonomi menjadikan orang lebih mudah dan cepat berpindah tempat dari satu tujuan ke tujuan lainnya. Transportasi menjadikan barang – barang dapat dikirim dari tempat produksi ke tempat – tempat lainnya yang membutuhkan barang – barang tersebut. Transportasi menjadikan suplai barang lebih mudah dan terjangkau sehingga harga barang akan tetap stabil. Transportasi memiliki jumlah produktivitas dan nilai jual suatu wilayah, misal hasil pabrik, hasil pertanian, tanah dan lain-lain. Transportasi juga meningkatkan perkembangan suatu daerah tertentu yang mencakup jangkauannya, kurangnya moda angkutan transportasi dapat menghambat perkembangan suatu daerah (Biro Komunikasi dan Informasi Publik, 2012).

Pengantaran atau transportasi adalah sebuah proses perpindahan barang dan manusia dari satu tempat ke tempat lainnya. Mekanisme pengangkutan merupakan pergerakan dari tempat awalan, dari mana kegiatan itu dilakukan, ke tempat haluan, ke mana kegiatan itu berakhir. Butir-butir pengantaran itu sendiri adalah adanya beban yang diangkut, adanya kendaraan sebagai alat angkutan, ada jalan yang dapat dilalui, ada terminal awal dan haluan, serta ada sumber daya manusia, organisasi atau manajemen yang menggerakkan kegiatan transportasi tersebut. Berdasarkan definisi-definisi di atas disimpulkan bahwa transportasi menunjang segala aspek aktivitas manusia. Hal ini dikarenakan, manusia membutuhkan suatu alat yang memudahkan mereka untuk berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain dengan mudah, hemat tenaga, dan efisien. Transportasi adalah pengangkutan orang dan atau barang oleh berbagai jenis kendaraan sesuai dengan kemajuan teknologi (Bambang, 2019).

Struktur jalan rel adalah suatu konstruksi yang direncanakan sebagai prasarana atau infrastruktur perjalanan kereta api. Konsep struktur jalan rel adalah rangkaian super dan sub-struktur yang menjadi suatu kesatuan komponen yang mampu mendukung pergerakan kereta api secara aman. Karena menopang pergerakan kereta api, maka struktur jalan rel merupakan sistem dinamik antar komponen penyusun yang dapat mendistribusikan beban rangkaian kereta api dan sekaligus menyediakan pergerakan yang stabil dan nyaman, secara konstruksi, jalan rel dibagi menjadi dalam 2 tipe bentuk konstruksi, yaitu: Jalan rel dalam konstruksi timbunan dan Jalan rel dalam konstruksi galian (Rosyidi, 2020).

Berdasarkan aturan dan pedoman tentang Perkeretaapian menyatakan bahwa kereta api sebagai salah satu moda transportasi yang dapat berfungsi dengan baik jika disertai dengan penanganan dan pemeliharaan yang maksimal. Dalam rangka mendukung terciptanya sarana dan prasarana yang laik operasi dalam segi kenyamanan, keselamatan, kehandalan, kesetaraan, kalandaian, dan keamanan perlu dilakukan pemeriksaan, perbaikan dan perawatan demi mengurangi kecelakaan kereta api saat sedang beroperasi. Penyelenggara perkeretaapian umum meliputi kegiatan sebagai a. pembangunan prasarana, b. pengoperasian prasarana, c. perawatan prasarana dan d. pengusahaan prasarana. Perawatan prasarana perkeretaapian umum sebagaimana dimaksud wajib memenuhi standar perawatan prasarana perkeretaapian dan dilakukan oleh tenaga yang memenuhi persyaratan dan kualifikasi di bidang prasarana perkeretaapian (Kementerian Perhubungan, 2007).

Jalan rel adalah kesatuan yang terbuat dari baja, beton atau konstruksi lain yang terletak di atas permukaan, dibawah, diatas tanah dan bergantung beserta perangkatnya yang fungsinya mengarahkan jalanya kereta api. Secara teknis diartikan bahwa konstruksi jalan rel tersebut harus dapat dilalui oleh kereta api dengan aman dan nyaman selama kondisi umur konstruksinya. Jalan rel juga mempunyai fungsi sebagai pijakan bergulirnya roda kereta api dan meneruskan beban dari roda kereta api kepada bantalan. Sedangkan jalur rel kereta api merupakan jalur yang terdiri atas rangkaian petak jalan rel yang meliputi manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api dan ruang pengawasan jalur kereta api termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukan bagi lalu lintas kereta api. Rel juga mempunyai fungsi sebagai pijakan mengelindingnya roda kereta api dan meneruskan beban dari roda kereta api kepada bantalan. Sedangkan jalur rel kereta api merupakan jalur yang terdiri atas rangkaian petak jalan rel yang meliputi manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api dan ruang pengawasan jalur kereta api termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukan bagi lalu lintas kereta api. (Kementerian Perhubungan, 2012).

Angkutan kereta api memiliki sifat dan karakteristik yang menjadi ciri khas kereta api yang dibandingkan dengan angkutan transportasi lainnya. Berdasarkan karakteristik yang menjadi keunggulan dan ketangguhan dari moda transportasi lainnya sebagai berikut. Moda pengantaran jalan rel adalah tipe moda pengantaran yang memungkinkan jangkauan pelayanan orang atau barang dalam jarak dekat, sedang dan jauh dengan kapasitas yang besar (angkutan masal). Kedudukan angkutan umum berbasis kereta mampu bersaing dengan moda transportasi lainnya, bahkan pada saat ini kereta api berperan penting pada angkutan perkotaan yang cukup terbilang padat diantaranya seperti (*commuter rail*) kereta komuter,

(*rail rapid transit*) kereta metro, seperti (*Light Rail Transit*) LRT, dan (*Mass Rapid Transit*) MRT (Berto, 2004).

Konstruksi jalan rel tidak selalu berada pada jalur lurus pada setiap kondisi tertentu atau untuk mengubah arah pada lintas tidak beraturan, dibuat belokan atau lengkung agar membuat pergerakan kereta api lancar saat kereta api melalui lengkungan, biasanya didahului dengan lengkung peralihan. Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari-jari berubah beraturan, lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang lurus dan bagian lingkaran dan sebagai peralihan antara dua jari-jari lingkaran yang berbeda, biasanya lengkung peralihan dipergunakan pada jari-jari lengkung yang relatif kecil. Guna menjaga kestabilan operasional kereta api saat melintas ([Kementerian Perhubungan 2012). PT. LRT Jakarta sebagai salah satu penyelenggara perkeretaapian harus mempertahankan, memulihkan, dan meningkatkan kualitas pelayanan struktur jalan rel agar tetap dapat beroperasi sesuai dengan aturan-aturan yang berlaku.

Geometri jalan rel dirancang berdasarkan sesuai kecepatan serta ukuran-ukuran kereta yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi dan keserasian dengan lingkungan sekitarnya. Geometri jalan rel merupakan juga sumbu proyeksi yang menitik beratkan lengkung horisantal dan lengkung vertikal agar suatu lengkungan terjaga kestabilannya saat kereta api melintas ([Kemenhub RI] Kementerian Perhubungan, 2012). Persyaratan geometrik yang wajib dipenuhi sebagai berikut:

1. Lebar Jalur Rel, terdiri dari 1067 mm dan 1435 mm. Lebar jalan rel Merupakan jarak minimum kedua sisi kepala rel yang diukur pada 0-14 mm di bawah permukaan teratas rel. Toleransi pelebaran jalan rel untuk lebar jalan rel 1435 mm adalah -3 dan +3 mm.
2. Kelandaian Persyaratan, kelandaian yang harus dipatuhi meliputi persyaratan landai penentu, persyaratan landai curam, dan persyaratan landai emplasemen. Berdasarkan pada kelaindaian dari sumbu jalan rel dapat dibedakan atas empat (4) kelompok, dijelaskan pada tabel 1 di bawah.
3. Landai Penentu, adalah suatu kelandaian pendakian yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus. Besar landai penentu terutama berpengaruh pada kombinasi gaya tarik lokomotif dan rangkaian yang dioperasikan, dijelaskan Tabel 2.

Tabel 1 Persyaratan Kelandaian

| Kelompok               | Kelandaian       |
|------------------------|------------------|
| Emplasemen             | 0 sampai 1,5 ‰   |
| Lintas Dasar           | 0 sampai 10 ‰    |
| Lintas Pegunungan      | 10 ‰ sampai 40 ‰ |
| Lintas dengan Rel Gigi | 40 ‰ sampai 80 ‰ |

Sumber: Kementerian Perhubungan (2012)

Tabel 2 Landai Penentu

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

Sumber: Kementerian Perhubungan, (2012)

4. Lengkung, trase jalan rel tidak selamanya selalu dalam lurus, pada kondisi lapangan tertentu atau untuk mengubah arah pada lintas bebas, dibuat lengkungan. Untuk membuat nyaman pada saat kereta api melalui lengkungan, biasanya didahului dengan lengkung peralihan. Lengkung dibagi menjadi 2 bagian, yaitu:

- a. Lengkung vertikal lengkung vertikal merupakan proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel. Besar jari-jari minimum lengkung vertikal bergantung pada kecepatan rencana, sebagaimana dijelaskan Tabel 3.
- b. Lengkung horizontal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horizontal, *Alignment* horizontal terdiri dari garis lurus dan lengkungan. Pada saat sarana kereta api melalui lengkung, akan terjadi gaya sentrifugal yang bekerja pada titik berat sarana, untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut harus ditinggikan terhadap rel dalam dan keadaan tersebut disebut peninggian (Kementerian Perhubungan, 2012).

Tabel 3 Jari-jari minimum lengkung vertikal

| Kecepatan Rencana (km/jam) | Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal (m) |
|----------------------------|-----------------------------------------|
| Lebih besar sampai 100     | 8000                                    |
| Sampai 100                 | 6000                                    |

Sumber: (Kemenhub, 2012)

Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus berikut:

$$L_h = \frac{V^4}{127 H} \quad (1)$$

Keterangan:  $L_h$  adalah panjang minimal lengkung peralihan, H adalah pertinggian relatif, V adalah kecepatan rencana untuk lengkung peralihan. 5. Skilu adalah empat roda dari suatu sumbu atau pasangan roda gerbong yang harus sebidang. Bila pada suatu rel terdapat penurunan oleh karena angkatan yang tidak baik, roda yang lewat pada tempat penurunan tidak akan menyentuh rel karena roda tersebut tetap sebidang dengan tiga roda lainnya. Kerusakan ini berbahaya karena dapat menyebabkan anjlog atau ditambah dengan kondisi buruk lainnya dari kekakuan *bogie* penggerak mengayun dan lainnya (Kementerian Perhubungan, 2012).

Penerapan pemeliharaan jalan rel PT. LRT Jakarta terbagi atas kategori, pemeliharaan terjadwal (*preventif*) merupakan pemeliharaan berkala atau terjadwal untuk mencegah terjadinya kerusakan pada sistem jalur, dan pemeliharaan (*corrective*) merupakan pemeliharaan tidak terjadwal atau yang belum dijadwalkan sebelumnya bertujuan untuk mengembalikan fungsi sistem jalur demi kelancaran operasi kereta api, dalam mengoptimalkan perjalanan kereta api melintas agar tidak mengalami anjlog, penyelenggara perkeretaapian wajib melakukan perawatan terhadap prasarana perkeretaapian sesuai dengan pedoman perawatan meliputi perawatan harian, bulanan, dan tahunan dengan menyesuaikan klasifikasi perawatan (Kementerian Perhubungan, 2011).

## B. Metode Penelitian

Penelitian merupakan *art and science* guna mencari jawaban terhadap suatu permasalahan. Karena seni dan ilmiah maka penelitian juga akan memberikan ruang-ruang yang akan mengakomodasi adanya perbedaan tentang apa yang dimaksud dengan penelitian. Dalam metode penelitian terdapat suatu prosedur atau langkah-langkah yang akan berkaitan satu dengan lainnya, langkah-langkah yang disusun dengan benar akan menentukan penyelesaian masalah nantinya (Sandu, 2015). Penelitian ini dilakukan di lengkung jalur satu IPC 01 LRT Jakarta yang berada selepas Stasiun Pegangsaan Dua dengan radius 40mm yang menuju ATW (*Automatic Train Wash*) atau pencucian LRV (*Light Rail Vehicle*) pada Gambar 1. Lengkung ini menjadi trase belokan yang sering dilewati ketika LRV akan dijadwalkan pencucian harian atau rutin. Berdasarkan judul yang dikemukakan, penelitian ini ingin mengevaluasi perawatan preventif khusus lengkung yang dilakukan sudah benar dan sesuai dengan SOP (*Standar Operating Procedure*) pada tata cara perawatan lengkung di LRT Jakarta (PT. LRT Jakarta, 2019c). Perawatan preventif yang dilakukan pada jalur sebagai berikut:



Sumber: Google Maps, (2023)

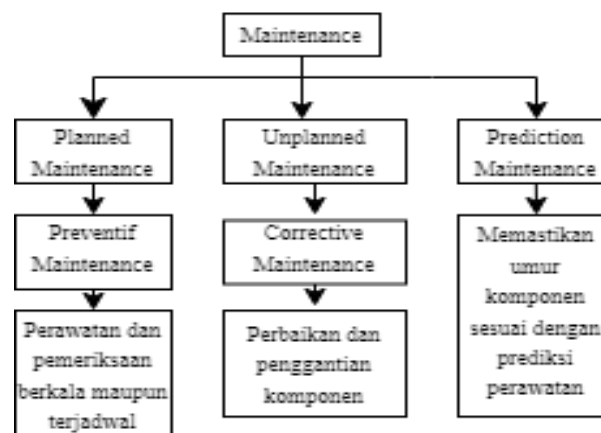
Gambar 1 Lokasi Penelitian

1. Perawatan harian, yaitu pengecekan secara visual (sekedar melihat dengan indera mata) terkait jalur dan memastikan komponen jalur tidak ada yang rusak, kendur, dan

hilang/kurang dengan menggunakan bantuan seperti alat senter, dan headlamp (lampu kepala).

2. Perawatan bulanan, yaitu pengecekan dan perawatan lengkung dengan mengukur alignment rel pada lengkung serta memperbaiki geometri jalan rel khusus lengkung dengan mengukur lebar sepur, pertinggian, dan metode anak panah serta didukung dengan alat keselamatan kerja.

Perawatan Terjadwal (*Planned Maintenance*), Perawatan yang direncanakan dengan tujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan atau kegagalan pada sistem jalan lintas yang dijelaskan Gambar 2. Perawatan Tidak Terjadwal (*Unplanned Maintenance*), Perawatan yang belum direncanakan kegiatannya, dan dilakukan untuk menangani kegiatan yang tidak terprogram dan harus ditangani agar tidak mengganggu operasional kereta api. Perawatan Prediksi (*Prediction Maintenance*), Merupakan perawatan setelah dilakukannya perbaikan terhadap kerusakan komponen dan memperkirakan umur dari komponen yang sudah dilakukan perbaikan. Klasifikasi perawatan pada LRT Jakarta meliputi, perawatan terjadwal (*planned maintenance*), dan perawatan tidak terjadwal (*unplanned maintenance*), prediksi perawatan (*prediction maintenance*) (PT. LRT Jakarta, 2019).



Sumber: PT. LRT Jakarta, (2019)

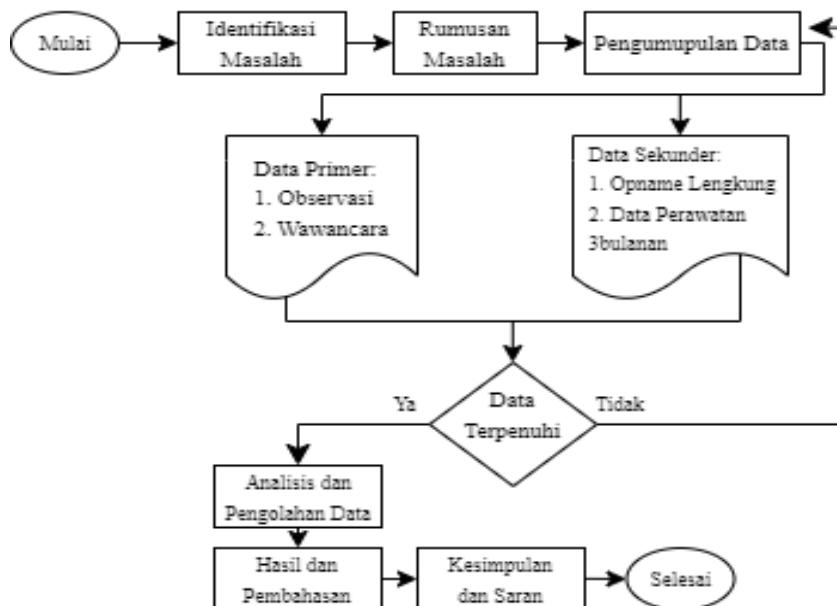
Gambar 2 Alur Perawatan Sistim Jalur

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, metode penelitian kuantitatif dan kualitatif dengan fokus kepada objek atau lingkup lengkung jalur satu stasiun pegangsaan dua LRT Jakarta. Variabel penelitian pada penelitian ini menggunakan variabel terikat dengan menghubungkan pengukuran anak panah (*versine*), dan perawatan lengkung jalur 1 stasiun pegangsaan dua LRT Jakarta yang menghasilkan kualitas jalan rel.

Variabel terikat merupakan suatu kondisi atau nilai yang muncul sebagai adanya variabel bebas. Baik variabel bebas maupun variabel terikat sebenarnya dapat dikaji (ditentukan) dari judul penelitian. Namun di dalam susunan judul penelitian, letak variabel

terikat tidak berarti selalu berada setelah variabel bebas. Peneliti dapat menentukannya variabel terikat secara rasional, yakni dengan menentukan mana variabel yang munculnya sebagai akibat dari variabel lain (Danny, 2019). Dengan menjelaskan secara deskriptif. Pada tahap observasi yang dimaksud ialah, informasi atau data yang telah diperoleh peneliti berdasarkan pengamatan kondisi lapangan, melihat dan mengamati berbagai fenomena yang terjadi. Guna untuk mendapatkan informasi yang sesuai dan akurat dengan menyesuaikan data perawatan lengkung, yaitu: Data pengukuran lebar, data pengukuran pertinggian, dan pengukuran anak panah (*versine*). Untuk data sekunder yang diperoleh merupakan dari studi literatur, buku, serta jurnal yang terkait dengan penelitian ini.

Wawancara merupakan salah satu teknik pengumpulan data yang diperoleh peneliti dari informan secara langsung, dalam proses penelitian berlangsung di lapangan. Dalam proses mengidentifikasi risiko memerlukan waktu yang lebih lama apabila proses tersebut melibatkan para pemangku kepentingan yang berkaitan (*relevan*) dalam waktu yang sama. Untuk melakukan proses identifikasi risiko dalam kondisi yang dilakukan dibutuhkan metode tanya jawab atau wawancara (*interview*) (Antonius, 2021). Tahap ini peneliti menggunakan skema wawancara semi-terstruktur, yang mengaju kepada pertanyaan terbuka memungkinkan pertanyaan baru muncul karena selama sesi berlangsung penggalian informasi dapat lebih mendalam. Subjek untuk wawancara adalah meliputi supervisor engineer yang bekerja di PT. LRT Jakarta, yang memiliki pengalaman di bidang jalan rel (*track*). Prosedur pengumpulan data dan analisis pengumpulan data pada penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar 3.

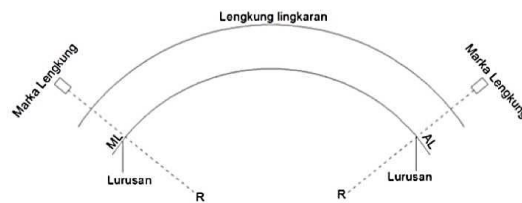


Sumber: Hasil Analisis Penelitian, (2023).

Gambar 3 Prosedur Penelitian

### C. Hasil dan Pembahasan

Sesuai hasil analisis data dengan menggunakan mencocokkan data dokumen dan wawancara dari ahli informan yang memiliki pengalaman di bidang jalan rel (*track*), di dapatkan pada lengkung IPC 01 jalur satu stasiun pegangsaan dua, dengan menentukan jenis lengkung yang digunakan dan menentukan untuk perawatan geometri dengan menghitung melalui lengkung transisi (PLA) di tandai dengan angka 0 sebagai mulainya peralihan, mengukur panjang lengkung, serta menentukan lengkung penuh dan lengkung alih. Jenis lengkung yang digunakan PT. LRT Jakarta, *full circle* dijelaskan Gambar 4.



Sumber: (PT. Kereta Api Indonesia, 2016).

Gambar 4 Lengkung Tanpa Peralihan

Tahap pemeriksaan lengkung tanpa peralihan PT. LRT Jakarta menggunakan metode pengukuran yang dihasilkan dengan menggunakan alat bantu matisa (*track gauge digital*) yang menghasilkan nilai pelebaran sepur, pertinggian sebelum opname lengkung dan sesudah perbaikan lengkung, dijelaskan Gambar 5,6 dan 7. Guna mendapatkan nilai lebar sepur yang inginkan dilakukan perawatan atau perbaikan, langkah yang dilakukan dengan mengkalibrasi alat matisa, membentangkan alat matisa di jalan rel yang ingin di perbaikan, untuk lebar rel ditekan tombol 5, melihat nilai yang dihasilkan pada layar, jika lebar sudah sesuai dengan nilai toleransi (+3/-1) maka sudah dipastikan lebar sepur sudah sesuai dan aman sesuai Gambar 5.

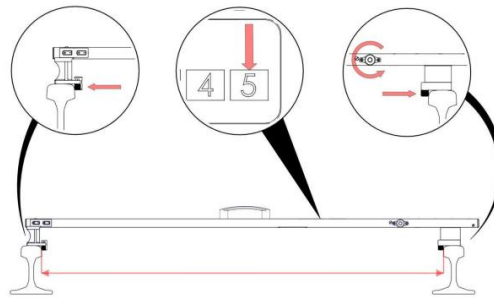


Sumber: (PT. LRT Jakarta, 2019).

Gambar 5 Pengukuran Lebar Rel dengan Matisa (*Track Gauge Digital*).

Ketika sudah mendapatkan hasil lebar jalan rel, pastikan garis pada nivo berada pada posisi tengah untuk hasil data ukur pertinggian dengan menekan tombol 1 yang sudah dibentangkan pada lengkung transisi dan lengkung penuh. Jika hasil pengukuran (+2/-2)

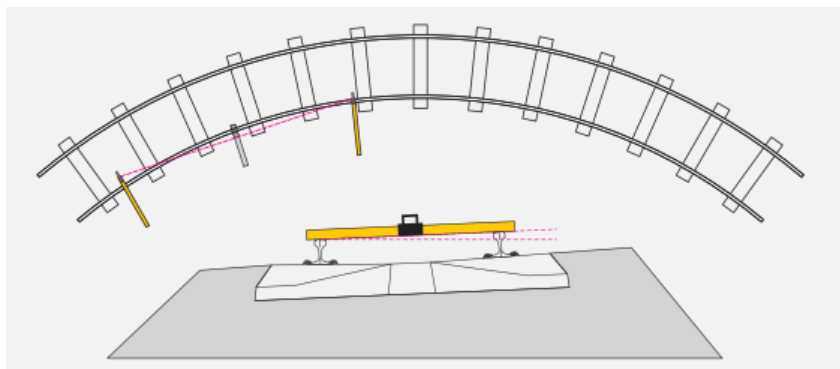
sudah sesuai maka dilanjutkan untuk pencatatan data, jika melebihi nilai toleransi yang dimiliki dilakukan perbaikan dengan penambahan besi plat simming.



Sumber: (PT. LRT Jakarta, 2019).

Gambar 6 Pengukuran Pertinggian dengan Matisa (*Track Gauge Digital*).

Jika nilai lebar dan pertinggian sudah didapatkan, maka untuk mengurangi goyangan pada saat kereta melintas, diperlukan perbaikan anak panah (*versine*) untuk mengembalikan kondisi lengkung agar sesuai dengan kriteria awal atau desain, dengan tarikan benang nilon per 5meter dengan colokan 2,5meter. Serta menggunakan rumus anak panah (*versine*) dan nilai ideal desain untuk di lengkung penuh sebagai berikut.



Sumber: (PT. LRT Jakarta, 2019).

Gambar 7 Pengukuran Anak Panah.

Perhitungan (*versine*) anak panah pada lebar sepur PT. LRT Jakarta (1435 mm)

$$F = \frac{c^2}{2 \times R} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan: F adalah anak panah,  $c^2$  adalah nilai tarikan benang titik tengah 5m, R adalah radius, dan penambahan 20 mm yang berasal dari nilai alat *stringchord*.

$$F = \frac{c^2}{8 \times R} \times 1000 \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan: F adalah anak panah,  $c^2$  adalah nilai tarikan benang titik tengah 5m, R adalah radius lengkung, 1000 adalah jari-jari.

$$F = \frac{5^2}{8 \times 40} \times 1000 \dots \dots \dots (4)$$

$$= 78,125 + 20 \text{ mm} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan: 78,125 adalah nilai ideal atau nilai desain untuk lengkung penuh

$$= 98,13 \text{ mm} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan: Hasil 98,13 adalah penambahan 20mm dari nilai alat stringchord yang dibentangkan dari kepala rel dengan panjang tarikan benang sepanjang 5m.

Pada tahap pekerjaan perawatan 3 bulanan lengkung IPC 01 PT. LRT Jakarta, titik pengukuran dari jalur lurus ke PLA (Panjang Lengkung Alih) sampai lengkung akhir pada bulan november 2022 dan Maret 2023, didapatkan nilai anak panah yang melebihi toleransi, dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 4 Hasil Pemeriksaan Lengkung Bulan Maret 2023

| Chainage/<br>Position | Gauge<br>(mm) | Cant (mm) |        | Versine (mm) |         | Tolerance |             |        |
|-----------------------|---------------|-----------|--------|--------------|---------|-----------|-------------|--------|
|                       | +3/-1         | +2/-2     | (0)    | +3/-3        | (98,12) |           |             |        |
|                       | 1435          | Actual    | Design | Actual       | Design  | Lebar     | Pertinggian | AP     |
| 70000                 | 1436          | 5,0       | 0      | 61           | 90      |           | -5          | +17,59 |
| 72500                 | 1436          | 4,0       | 0      | 39           | 59,06   |           | -4          | +20,06 |
| 75000                 | 1435,5        | 4,0       | 0      | 27           | 39,53   |           | -4          | +12,53 |

Sumber: (PT. LRT Jakarta, 2019).

Tabel 5 Hasil Pemeriksaan Lengkung Bulan November 2022

| Chainage/<br>Position | Gauge<br>(mm) | Cant (mm) |        | Versine (mm) |         | Tolerance |             |        |
|-----------------------|---------------|-----------|--------|--------------|---------|-----------|-------------|--------|
|                       | +3/-1         | +2/-2     | (0)    | +3/-3        | (98,12) |           |             |        |
|                       | 1435          | Actual    | Design | Actual       | Design  | Lebar     | Pertinggian | AP     |
| 75000                 | 1436          | 2,0       | 0      | 48           | 39,53   |           | -2          | -8,47  |
| 77500                 | 1436          | 2,0       | 0      | 35,5         | 20,00   |           | -2          | +15,50 |
| 80000                 | 1435,5        | 2,0       | 0      | 30           | 20,00   |           | -2          | -10,00 |
| 82500                 | 1435,5        | 2,0       | 0      | 30           | 20,00   |           | -2          | -10,00 |

Sumber: (PT. LRT Jakarta, 2019).

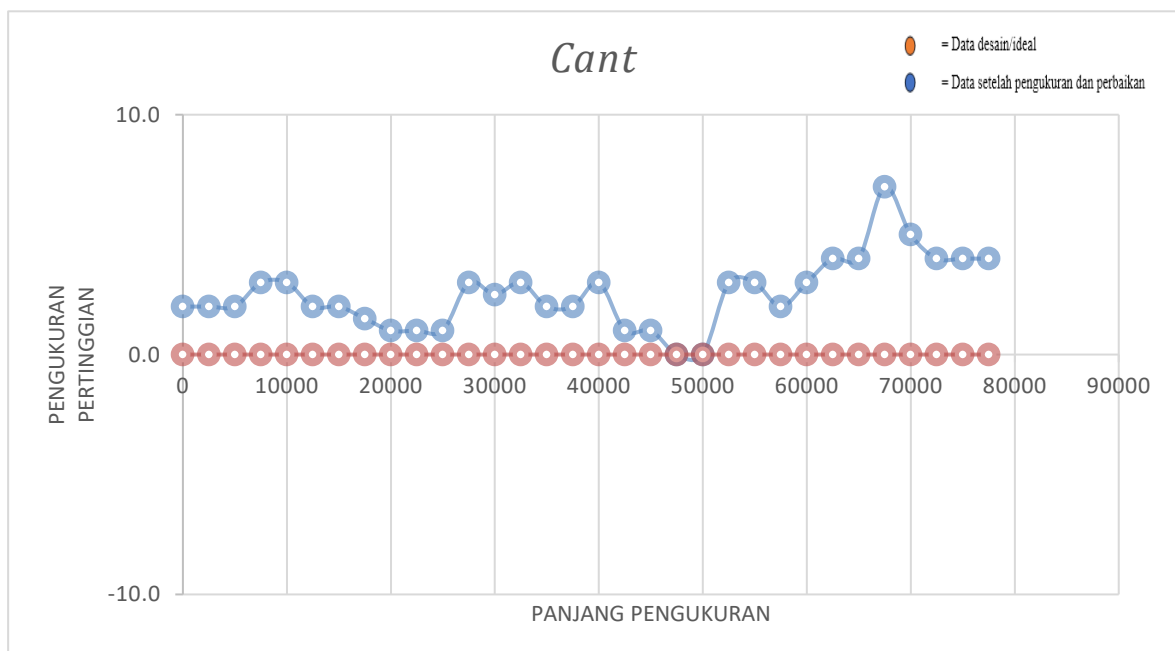
Tahap peneliti ini yang sekaligus mengamati fenomena saat perawatan lengkung IPC 01 jalur 1 Stasiun Pegangsaan Dua LRT Jakarta, menemukan kerusakan pada komponen penambat, yaitu pecahnya *angle guide* (penyanggah e-clip, mur ke bantalan beton) pada kedua sisi komponen tersebut. Penambat yang digunakan pada jalur 1 lengkung Stasiun Pegangsaan Dua LRT Jakarta, ialah penambat elastis jenis E-Clip. Penambat dipasang 4 (empat) buah setiap bantalan dan bantalan dipasang dengan jarak 66cm sepanjang jalur kereta api, untuk panjang bantalan pada lengkung 60cm.

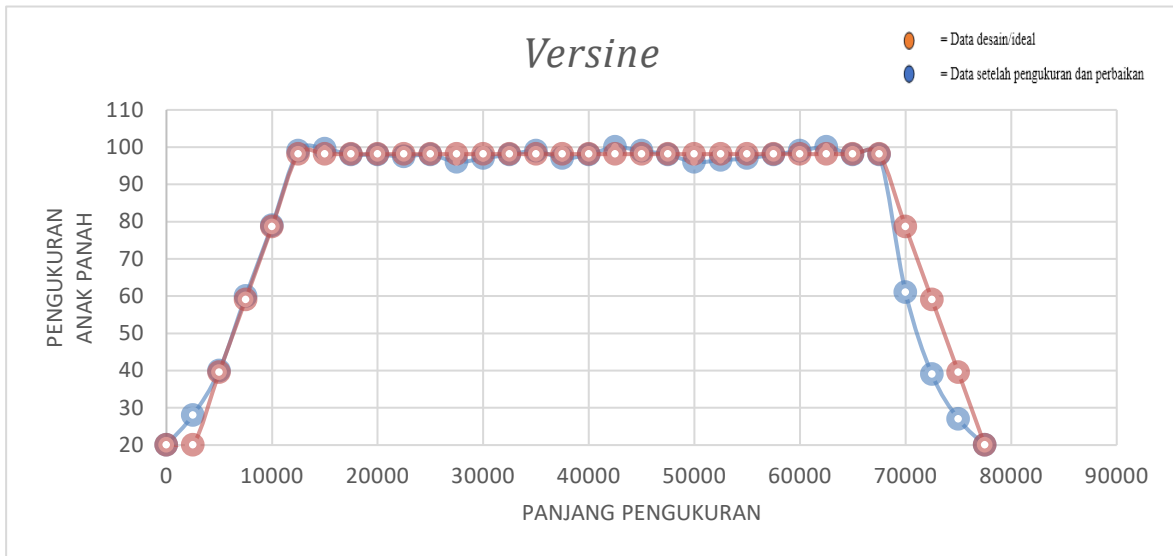
Dalam tahap pekerjaan perawatan lengkung dalam waktu yang sudah terjadwal dibagi menjadi per-section atau bertahap yang dilakukan selama 5jam per hari sesuai dengan

karakteristik kerusakan pada kondisi lapangan disesuaikan oleh 6orang tenaga kerja, 1 supervisor ahli yang telah tersertifikasi dan 2orang tenaga ahli yang telah tersertifikasi dari pihak LRT Jakarta dan 1orang pihak *Healthy Safety and Environment* (HSE). Sesuai dengan penjelasan pengukuran menggunakan alat ukur digital matisa (*track gauge*) yang telah dikemukakan, setiap temuan atau kerusakan komponen jalan rel yang berpotensi menyebabkan tidak laik dan mengganggu kelancaran operasional kereta api akan dilakukan penambahan besi *plat simming* dengan ukuran 2mm pada tiap *angle guide* sisi kanan dan kiri bantalan beton guna menghemat biaya opsional dan untuk mengembalikan lebar sepur sesuai dengan desain yang ditetapkan.

Berdasarkan hasil data pemeriksaan diatas, pemeriksaan yang dilakukan oleh PT. LRT Jakarta menunjukan data *actual* adalah data perbaikan dan data *design* adalah data yang seharusnya perawatan lengkung mencapai pada nilai yang telah ditentukan agar hasil sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan mendekati nilai desain demi kelancaran operasi kereta api saat melintas, sebagaimana grafik perbaikan dijelaskan sebagai berikut:

Berdasarkan hasil sebelum dilakukannya perawatan atau pemeriksaan didapatkan dengan grafik berwarna (*orange*) oren yang menandakan adalah nilai desain yang telah ditetapkan oleh PT. LRT Jakarta, dan untuk warna biru menandakan hasil setelah dilakukannya pemeriksaan atau perbaikan terhadap lengkung IPC 01 menggunakan *track gauge digital* (matisa). Menurut grafik Gambar 8 pada perawatan bulanan (maret) menunjukan bahwa pengukuran versine (anak panah) lengkung akhir SC-CS memiliki pergeseran nilai anak panah diluar toleransi atau tidak sesuai dengan desain dan untuk *cant* (pertinggian) pada lengkung akhir SC-CS mengalami pergeseran nilai yang diluar toleransi.

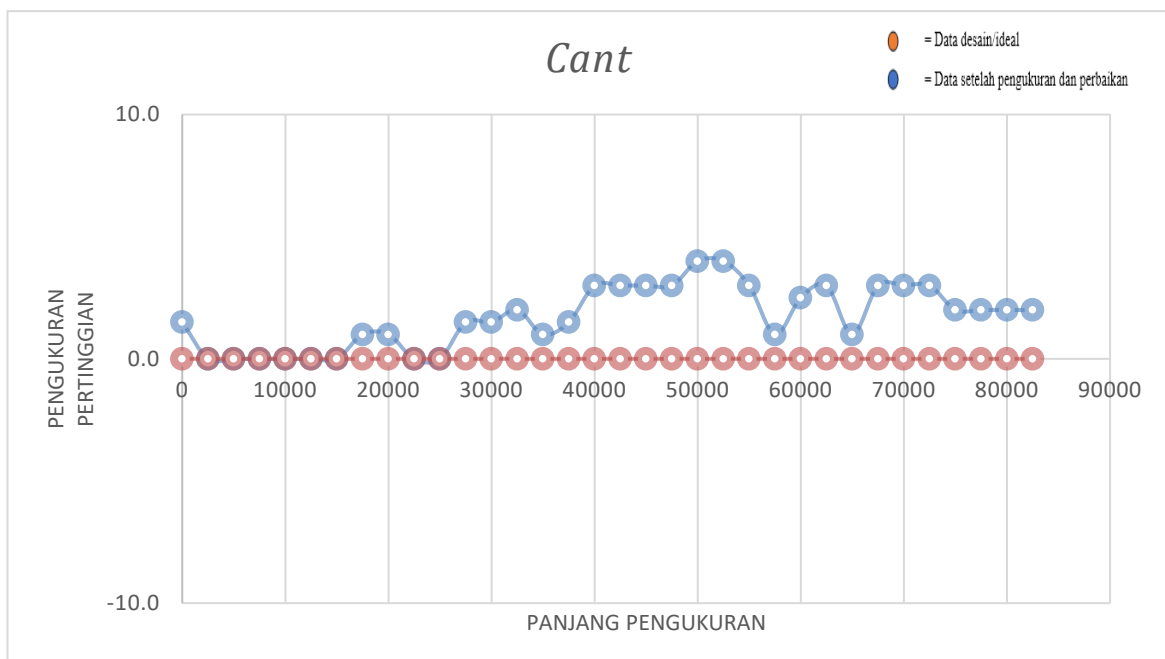


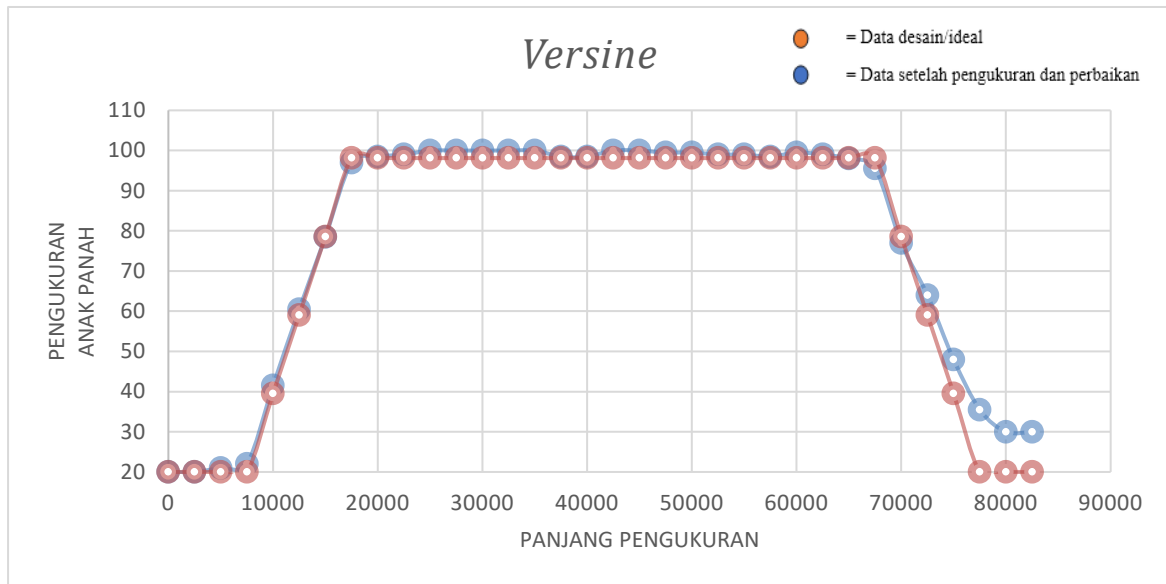


Sumber: (PT. LRT Jakarta, 2023).

Gambar 8 Grafik perbaikan bulan Maret 2023

Berdasarkan hasil sebelum dilakukannya perawatan atau pemeriksaan didapatkan dengan grafik berwarna (orange) oren yang menandakan adalah nilai desain yang telah ditetapkan oleh PT. LRT Jakarta, dan untuk warna biru menandakan hasil setelah dilakukannya pemeriksaan atau perbaikan terhadap lengkung IPC 01 menggunakan *track gauge digital* (matisa). Menurut grafik Gambar 8 pada perawatan bulanan (november) menunjukkan bahwa pengukuran versine (anak panah) lengkung akhir SC-CS memiliki pergeseran nilai anak panah diluar toleransi atau tidak sesuai dengan desain yang menyebabkan kerusakan pada komponen penambat yaitu *Angle Guide* dan untuk *cant* (pertinggian) pada lengkung akhir SC-CS mengalami pergeseran nilai yang diluar toleransi.





Sumber: (PT. LRT Jakarta, 2022).

Gambar 9 Grafik perbaikan bulan November 2022

Dari data grafik diatas, didapat nilai *can't* (pertinggian) dan *versine* (anak panah) pada perawatan yang sudah dilakukan di lengkung IPC 01 Jalur 1 Stasiun Pegangsaan Dua LRT Jakarta berdasarkan kondisi fenomena saat penelitian dan hasil pengukuran yang dilakukan bersifat sementara. Untuk gauge (lebar sepur) didapat bahwa kondisi rel sudah aus dan harus diganti dengan rel baru yang akan menyebabkan tidak laiknya jalan rel untuk operasional kereta api. Hal ini dikarenakan menurunnya kekauan rel yang menyebabkan rel akan semakin cepat aus.

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Perawatan geometri lengkung pada IPC 01 LRT Jakarta dengan 12 titik pengukuran, pada lengkung SC – TS didapatkan nilai anak panah yang memiliki nilai di luar toleransi. Guna mengoptimalkan perawatan prasarana sebaiknya dilakukan perawatan bulanan terhadap lengkung IPC 01 karena melihat radius yang relatif kecil.
- b. Setelah dilakukannya perawatan kondisi lengkung IPC 01 LRT Jakarta masih mengalami perubahan atau bergeser dan tidak sesuai dengan kondisi seharusnya, dikarenakan faktor sebagai berikut:
  1. Tidak adanya pertinggian.
  2. Tidak adanya perlebaran.

## E. Daftar Pustaka

- Antonius. (2021). *Teknik Penilaian Risiko Berbasis Wawancara Terstruktur atau Semi-Struktur*.
- Biro Komunikasi dan Informasi Publik. (2012, August 14). *Kereta Api Moda Transportasi Andalan Masyarakat*.
- Bambang. (2019). *Transportasi Jalan di Indonesia dan Perkembangannya*.
- Berto. (2004). *Permasalahan dan Strategi Pengembangan Perkeretaapian Indonesia*.
- Danny. (2019). *Ragam dan Prosedur Penelitian Tindakan Judul*.
- [Kemenhub RI] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. Keputusan Menteri Perhubungan Indonesia Nomor 31 tahun 2011. (2011). *Standar dan Tata Cara Pemeriksaan Prasarana Perkeretaapian*. Jakarta: Kemenhub RI.
- [Kemenhub RI] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 32 tahun 2011 tentang. (2011). *Standar dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian*. Jakarta: Kemenhub RI.
- [Kemenhub RI] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 60 tahun 2012 tentang. (2012). *Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Jakarta: Kemenhub RI.
- [Kemenhub RI] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 23 tahun 2007 tentang Perkeretaapian. Jakarta: Kemenhub RI.
- PT. Kereta Api Indonesia, P. (2016). *Peraturan Dinas 10A Perawatan Jalan Rel Dengan Lebar 1067mm*.
- PT. LRT Jakarta. (2019a). *Pengukuran Aligment Rel Dengan Menggunakan Track Gauge Digital*.
- PT. LRT Jakarta. (2019b). *Perawatan Aligment Rel*.
- PT. LRT Jakarta. (2019c). *Perawatan Berkala Jalan Rel*.
- PT. LRT Jakarta. (2022). *Perawatan Bulanan Aligmen Depo*.
- PT. LRT Jakarta. (2023). *Perawatan Bulanan Aligmen Depo*.
- Rosyidi. (2020). *Rekayasa Jalan Kereta Api. Tinjauan Struktur Jalan Rel*.
- Siyoto Sandu. (2015). *Dasar Metodologi Penelitian*. Kediri: Literasi Media Publishing.