

**PENENTUAN PRIORITAS PERAWATAN BERDASARKAN HASIL *TRACK QUALITY INDEX* (TQI)
JALUR KERETA API ANTARA STASIUN SEMARANG PONCOL – STASIUN ALASTUA**

***DETERMINING MAINTENANCE PRIORITY BASED ON THE RESULTS OF THE TRACK QUALITY
INDEX (TQI) OF RAILWAYS BETWEEN SEMARANG PONCOL STATION – ALASTUA STATION***

Rusman Prihatanto^{*1}, Bima Aji Bani Nurfaizin², Armyta Puspitasari³, Wawan Riyanta⁴

^{1,3,4}Dosen/Prodi Teknologi Bangunan dan Jalur Perkeretaapian/ Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

²Mahasiswa/Prodi Teknologi Bangunan dan Jalur Perkeretaapian/ Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

Korespondensi: rusman@ppi.ac.id

ABSTRAK

PT. Kereta Api Indonesia (Persero) memiliki kereta ukur yang digunakan untuk mengetahui kondisi jalur kereta api. Output dari kereta ukur tersebut adalah nilai kualitas jalan rel yang disebut dengan TQI (Track Quality Index). Nilai TQI dapat di gunakan untuk menentukan prioritas perawatan jalan rel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kategori TQI jalur kereta api antara Semarang Poncol – Alastua, kemudian menentukan prioritas perbaikan serta program tindak lanjutnya. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan hasil jalur kereta api antara Semarang Poncol – Alastua memiliki rata-rata kategori II untuk $20 < TQI \leq 35$. Untuk prioritas perawatan berdasarkan hasil TQI petak jalan SMT-ATA jalur hulu KM 0+156/188 Type Device LK (lengkung) dengan nilai TQI 48,1 kategori III dengan kondisi waspada, program tindakan perbaikan segera dan untuk jenis perbaikannya adalah angkatan dan listringan. Pada jalur hilir pada petak jalan ATA-SMT KM 1+993/975 nilai TQI 48,1 kategori III dengan kondisi waspada, program tindakan perbaikan segera dan untuk jenis perbaikannya adalah angkatan dan listringan.

Kata Kunci: KA Ukur, Perawatan, Prioritas, Track Quality Index, Type Device.

ABSTRACT

PT. Kereta Api Indonesia (Persero) has a measuring train that is used to determine the condition of the railroad tracks. The output of measuring train is a railroad quality value called the TQI (Track Quality Index). The TQI value can used to determine priority rail road maintenance. This study aims to determine the TQI category of the railroad between Semarang Poncol - Alastua, then determine improvement priorities and maintenance programs. The results of the analysis of the Semarang Poncol-Alastua cross-section railway data have an average category II for $20 < TQI \leq 35$. For priority treatment based on the results of the first point TQI on the SMT-ATA upstream track KM 0+156/188 Type Device LK (arch) with a TQI value of 48.1 categories III with an alert condition, an immediate corrective action program and track laying. Downstream track ATA-SMT KM 1+993/975 with a TQI value of 48.1 categories III with an alert condition, an immediate corrective action program and for the type of repair is track laying.

Keywords: Maintenance, Recording Cars, Track Quality Index, Type Device

PENDAHULUAN

Perawatan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mempertahankan keandalan prasarana atau sarana perkeretaapian agar tetap laik operasi (PP 56 Tahun 2009). Perawatan prasarana perkeretaapian dilakukan oleh penyelenggaran prasarana perkeretaapian. Perawatan jalur kereta api terdiri dari perawatan berkala dan perbaikan untuk mengembalikan fungsi Pm 32 Tahun 2011). Pemeliharaan untuk mengembalikan fungsi (korektif) dilakukan apabila komponen pada lintas jalan rel dianggap tidak lagi memenuhi atau dapat mengganggu operasional kereta api sehingga diperlukan perbaikan hingga penggantian ataupun penambahan komponen guna penyesuaian kebutuhan lintas operasi (Menteri Perhubungan Republik Indonesia PM No 32 Tahun 2011, 2011).

Perawatan jalan rel dilakukan untuk menjaga kondisi jalan rel sesuai dengan standar pengoperasian jalan rel untuk melayani sarana perkeretaapian sesuai nilai Indeks Kualitas Jalan Rel (*Track Quality Index*) yang telah ditetapkan. Nilai TQI dapat digunakan sebagai bahan untuk menentukan urgensi terhadap kegiatan perawatan jalan rel pada suatu lintasan. TQI juga dapat mewakili kondisi bantalan dan balas karena kedua komponen ini mempengaruhi tingkat nilai TQI (Sadeghi & Askarinejad, 2009). Nilai TQI juga dijadikan acuan dalam penetapan target dan konsistensi keandalan hasil perawatan jalur kereta api, sehingga efek yang diharapkan dari penentuan keandalan jalur kereta api adalah meningkatkan keselamatan perkeretaapian dengan berkurangnya backlog komponen jalan rel dan mencegah terjadinya kegagalan dari komponen jalan rel (Komite Nasional Keselamatan Transportasi, 2016).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui indeks kualitas jalan rel/*Track Quality Index* (TQI) berdasarkan Type Device dan menentukan program perbaikan jalan rel antara Semarang Poncil – Alastua di Daop 4 Semarang.

TINJAUAN PUSTAKA

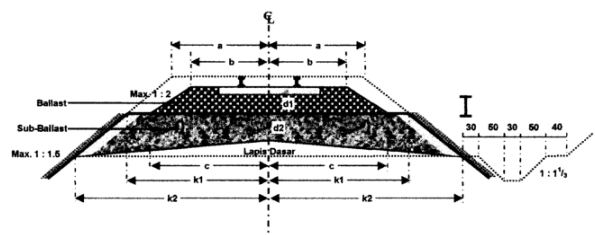
Komponen Struktur Jalan Rel

Struktur jalan rel dibagi ke dalam dua bagian yaitu (Setiawan, 2021):

1. Struktur bagian atas, atau dikenal sebagai *superstructure* yang terdiri dari komponen-

komponen seperti rel (*rail*), penambat (*fastening*) dan bantalan (*sleeper*).

2. Struktur bagian bawah, atau dikenali sebagai *substructure*, yang terdiri dari komponen balas (*ballast*), subbalas (*subballast*), tanah dasar (*improve subgrade*) dan tanah asli (*natural ground*). Tanah dasar merupakan lapisan tanah dibawah subbalas yang berasal dari tanah asli tempatan atau tanah yang didatangkan (jika kondisi tanah asli tidak baik), dan telah mendapatkan perlakuan pemadatan (*compaction*) atau diberikan perlakuan khusus (*treatment*). Pada kondisi tertentu, balas juga dapat disusun dalam dua lapisan, yaitu : balas atas (*top ballast*) dan balas bawah (*bottom ballast*).



Gambar 1. Penampang Jalan Rel

Sumber : Permenhub Nomor 60 Tahun 2012

Track Quality Index

Track Quality Index (TQI) merupakan nilai atau output berupa angka dari hasil pengukuran kereta ukur. Dalam hal ini, kereta ukur digunakan untuk memberikan informasi kondisi kualitas jalan rel yang dilewati pada wilayah Daerah Operasional (DAOP) yang dilakukan inspeksi. PT. KAI memiliki dua tipe kereta ukur geometri yang digunakan, yaitu kereta ukur tipe EM-120 dan kereta ukur tipe HKPW (U-76501). Kereta ukur EM-120 beroperasi untuk mengevaluasi *track* di lintas Jawa, yang digunakan untuk mengukur kondisi geometri rel secara keseluruhan seperti: lebar sepur (jarak antar kepala rel terluar), pertinggian, angkatan dan listringan dengan hasil pembacaan dalam satuan panjang yaitu millimeter (Kurniawan, 2015).

Perhitungan Nilai TQI lintasan jalan rel (*track*) didefinisikan sebagai nilai numerik yang mewakili kondisi relatif dari geometri permukaan lintasan. Dalam hal ini, indikator penilaian kualitas lintasan berdasarkan standar deviasi. Standar deviasi (SD) memberikan gambaran umum tentang seluruh kualitas lintasan yang dihitung. Indeks Kualitas Lintas dihitung menggunakan standar deviasi dari nilai masing-masing segmen standar

deviasi yaitu:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum xi^2 - \frac{(\sum xi)^2}{n}}{n-1}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana,

- s = Nilai standar deviasi
- Σxi = Jumlah nilai x dikuadratkan
- n = Jumlah data

Metode pengukuran TQI terdiri dari 4 parameter pengukuran angkatan, listringan, lebar sepur, dan pertinggian. Selain parameter tersebut, selama pengukuran juga dicatat kecepatan operasional pengukuran. Pengambilan data ukur dilakukan secara kontinyu sepanjang segmen (200 m). Untuk angkatan, listringan dan pertinggian satu segment mewakili panjang 40 meter sedangkan lebar sepur satu segment mewakili panjang 20 meter. Tiap segmen dihitung nilai standar deviasinya.

$$TQI = (SD \text{ ang} + SD \text{ lis} + SD \text{ per} + SD \text{ lbr. Sepur}) \times TQI \text{ Multiplier} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- SD ang = standar deviasi angkatan
- SD lis = standar deviasi listringan
- SD per = standar deviasi pertinggian
- SD lbr. sepur = standar deviasi lebar sepur

Tabel 1. Standar nilai TQI

No	Total TQI	Kecepatan (km/jam)	Kategori
1	< 20	100-120	Baik sekali
2	20-35	80-100	Baik
3	35-50	60-80	Sedang
4	> 50	< 60	Jelek

Sumber: PT. Kereta api Indonesia, 2012

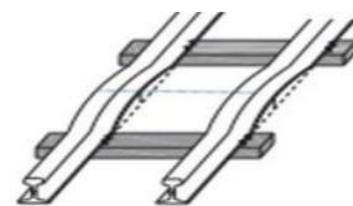
Parameter Pengukuran

Alamsyah (2003) mencatat empat parameter yang digunakan dalam menghitung TQI yaitu :

1. Listringan (*Alinyemen Horizontal*)

Pengukuran listringan dilakukan dengan roda ukur bagian tengah, roda yang terpasang pada gandar teleskopis (bagian kiri dan kanan tidak saling mengikat) ini diberi tekanan ke arah luar sehingga selalu menempel pada rel, bila terjadi pelebaran atau penyempitan maka

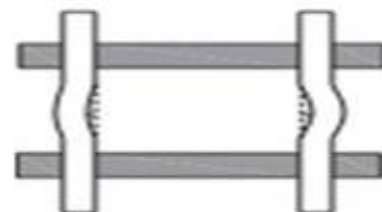
roda akan selalu menyesuaikan. Perubahan ini diukur dengan *transducer* dan dibandingkan dengan perubahan pada roda ukur bagian depan dan belakang sehingga membentuk anak panah. Jika jaraknya = 0 maka rel dalam keadaan lurus. Panjang benang listringan adalah 10 m. Nilai listringan rel kanan dan kiri dihitung standar deviasinya untuk setiap jarak 40 meter. Nilai TQI listringan dihitung berdasar rata-rata setiap interval 200 meter dengan memperhitungkan deviasi pengukuran yang terjadi.



Gambar 2. Kerusakan Listringan
Sumber: Alamsyah, 2003

2. Lebar Sepur

Nilai Lebar sepur yang ditampilkan dalam grafik adalah nilai langsung yang diperoleh oleh *transducer* lebar sepur, dalam perhitungan TQI dihitung berdasarkan nilai standar deviasi lebar sepur yang diperoleh oleh troli depan, tengah dan belakang belakang dalam jarak 20 meter. Nilai akhir TQI lebar sepur dihitung berdasarkan rata-rata 200 meter dengan memperhitungkan deviasi pengukuran yang terjadi.

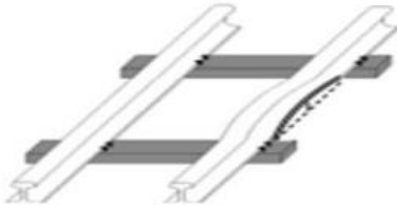


Gambar 3. Kerusakan Lebar Sepur
Sumber: Alamsyah, 2003

3. Angkatan (*Alinyemen Vertikal*)

Diukur pada jarak 10 m dengan menggunakan *bogie* tengah yang bebas (tidak terikat pada rangka sehingga bebas naik turun). Bila terjadi kerusakan pada angkatan, *bogie* tengah akan turun/naik sehingga terjadi jarak antara as *bogie* tengah dengan garis hubung as *bogie* depan dan belakang sebesar

kerusakan yang terjadi. Angkatan yang dimaksud adalah angkatan rata-rata memanjang. Nilai angkatan rel kanan dan kiri dihitung standard deviasi nya untuk setiap jarak 40 meter. Nilai TQI angkatan angkatan dihitung dihitung berdasar rata-rata rel-kanan dan rel-kiri untuk setiap interval 200 meter dengan memperhitungkan deviasi pengukuran yang terjadi.

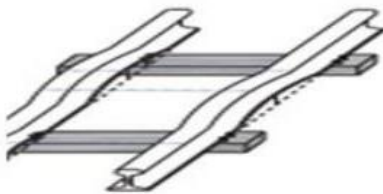


Gambar 4. Kerusakan Angkatan
Sumber: Alamsyah,2003

4. Pertinggian

Pengukuran pertinggian dilakukan dengan memakai alat yang disebut *rate gyro* dan *inclinometer* (pengukur kemiringan) yang dipasang badan rangka bawah diatas *bogie* tengah. Alat ini mengukur perbedaan tinggi antara rel kiri dan rel kanan. Pada jalan lurus yang bekerja hanya inclinometer, sedang pada lengkung, gaya sentrifugal yang mempengaruhi inclinometer akan dikompensasi oleh *rate gyro*, sehingga inclinometer akan menghasilkan data kemiringan relatif.

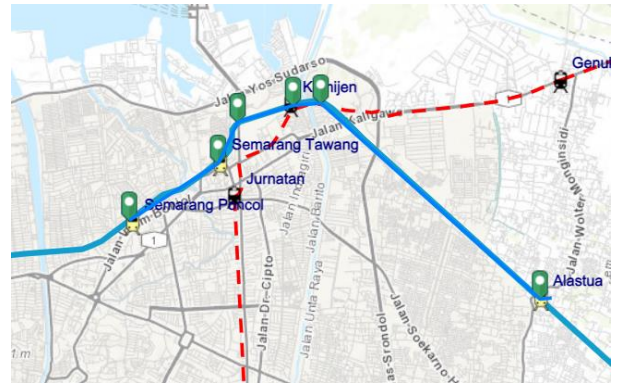
Berikut gambar kerusakan pertinggian :



Gambar 5. Kerusakan Pertinggian
Sumber: Alamsyah, 2003

METODE

Penelitian dilakukan pada lintas Semarang Poncol KM 0+000 - Alastua KM 8+005 yang berada pada DAOP 4 Semarang yang mencakup 3 stasiun yaitu stasiun Stasiun Semarang Poncol, Stasiun Semarang Tawang, dan Stasiun Alastua dengan panjang total sebesar kurang lebih 19,6 km.



Gambar 6. Peta petak Semarang Poncol-Alastua
Sumber : <https://www.arcgis.com>

Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung. Data primer pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Survei lintas untuk mengetahui keadaan lintas Semarang Poncol-Alastua dengan menggunakan kereta lori untuk disesuaikan dengan hasil KA ukur nantinya.
2. Data DMJR untuk mengetahui kondisi lintas.

Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang sudah ada dan diperoleh dari sumber terkait. Adapun data sekunder penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data stamformasi kereta dan gerbong didapatkan dari kantor Daop 4 Semarang seksi operasional.
2. Grafik Perjalanan Kereta Api (GAPEKA) tahun 2021 untuk mengetahui nomor kereta yang melintasi jalur lintas Semarang Poncol-Alastua.
3. Data sarana kereta api yang melintasi DAOP IV untuk mengetahui nama sarana kereta api yang melintas pada lintas Semarang Poncol-Alastua.
4. Data hasil kereta ukur lintas Semarang Poncol-Alastua tahun 2022

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Teknis KA Ukur EM-120

Desain kecepatan maksimum	:120 km/jam
Kecepatan maksimum operasional	:100 km/jam
Lebar sepur	: 1.067 mm
Panjang carbody kereta	: 20.000 mm

Lebar carbody kereta : 2.990 mm
 Tinggi kereta dari atas rel : 3.530 mm
 Berat kosong maks. : 46.000 kg
 Propulsi : Mesin Diesel dan Transmisi Hidromekanik

Dari hasil Opname DMJR (Data Material Jalan Rel)

Data Material Jalan Rel (DMJR) pada lintas Semarang – Alatastua seperti pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Aset Komponen Jalan Rel

No	Aset Jalan Rel	Jumlah
1	Rel R.54	100 Msp
2	Titik Las	6 Titik
3	Sambungan	2 Buah
4	Plat Sambung	4 Buah
5	Tirpon	16 Buah
6	E – Clip Pandrol	640 Buah
7	Baut Sambung	12 Buah
8	Plat Landas	4 Buah
9	Insulator	640 Buah
10	Railpad	316 Buah
11	Bantalan Kayu	2 Buah
12	Bantalan Beton	158 Buah
13	Ballas	157,445 M ³

Analisis Track Quality Index (TQI)

a. Hasil TQI Petak SMC-SMT (Jalur Hulu)

Pada lintas SMC-SMT hulu terdapat sebanyak 43 (empat puluh tiga) pengukuran TQI dengan KA ukur EM-120 dengan dari hasil tersebut menunjukkan nilai TQI terbesar dan terkecil, Pada lintas SMC-SMT Hulu nilai TQI terbesar pada Titik 42 dengan total nilai TQI sebesar 38,3 terletak pada antara KM 1+634 – 1+642 Lokasi yang di ukur adalah Lengkung, dan nilai TQI terkecil pada titik 17 dengan total nilai TQI sebesar 6,5 terletak pada KM 0+800 – 0+802 Lokasi yang di ukur Lengkung.

Tabel 3. Nilai TQI Tertinggi Lintas SMC-SMT (Jalur Hulu)

No	KM		Type Device	TQI
	dari	ke		
1	0+000	0+025	LRS	32,1
2	0+380	0+400	WSL	32,7
3	0+400	0+416	WSL	34,8
4	1+200	1+207	LK	29,6
5	1+207	1+245	WSL	29,0
6	1+497	1+529	WSL	27,3
7	1+575	1+600	WSL	30,9

No	KM		Type Device	TQI
	dari	ke		
8	1+600	1+609	WSL	30,3
9	1+609	1+634	LK	30,2
10	1+634	1+642	LK	38,3
11	1+642	1+740	LRS	29,6

Hasil dari Tabel 3 nilai TQI (*Track Quality Index*) tertinggi untuk lintas SMC-SMT hulu pada KM 1+634/740 Type Device LK (lengkung) dengan nilai TQI 38,3.

b. Hasil TQI Petak SMT-SMC (Jalur Hilir)

Pada lintas SMC-SMT jalur hilir terdapat sebanyak 44 (empat puluh empat) pengukuran TQI dengan KA ukur EM-120 dengan dari hasil tersebut menunjukkan nilai TQI terbesar dan terkecil, Pada lintas SMT-SMC Hilir nilai TQI terbesar pada Titik 23 dengan total nilai TQI sebesar 40,5 terletak pada antara KM 1+009 – 1+000 Lokasi yang di ukur adalah Perlintasan JPL dan nilai TQI terkecil pada titik 35 dengan total nilai TQI sebesar 10,3 terletak pada KM 0+596 – 0+591 Lokasi yang di ukur Lengkung

Tabel 4. Nilai TQI Tertinggi Lintas SMT-SMC (Jalur Hilir)

No	KM		Type Device	TQI
	dari	ke		
1	1+009	1+000	JPL	40,5
2	1+075	1+044	BH	33,5
3	0+546	0+510	WSL	32,0
4	1+484	1+443	WSL	31,9
5	1+123	1+114	JPL	30,2
6	1+282	1+239	WSL	29,3
7	1+200	1+164	LK	29,2
8	0+555	0+510	LK	28,1

Hasil dari tabel diatas nilai TQI tertinggi untuk lintas SMT-SMC hilir pada KM 1+009/000 Type Device JPL (perlintasan) dengan nilai TQI 40,5.

c. Hasil TQI Petak SMT-ATA (Jalur Hulu)

Pada lintas SMT-ATA hulu terdapat sebanyak 117 (serratus tujuh belas) pengukuran TQI dengan KA ukur EM-120 dengan dari hasil tersebut menunjukkan nilai TQI terbesar dan terkecil, Pada lintas SMT-ATA Hulu nilai TQI terbesar pada Titik 6 dengan total nilai TQI sebesar 48,1 terletak pada antara KM 0+156 – 0+188 Lokasi yang di ukur adalah LK (Lengkung) dan nilai TQI terkecil pada titik 1 dengan total nilai TQI sebesar 0,1 terletak pada KM 0+0 – 0+017 Lokasi yang di

Standar Kualitas dan Prosedur Pengujian Jalan Rel yang menyebutkan kondisi dan tindakan yang perlu dilakukan per kategorinya. Dari hasil penetapan prioritas pada jalur KA antara Semarang Poncol – Alastua untuk titik yang memerlukan perbaikan terlebih dahulu yaitu pada lintas SMT-ATA KM 0+156/188 *Type Device* LK (lengkung) dengan nilai TQI 48,1 mm parameter kerusakannya pada Pertinggian, Angkatan, dan Listringan. Panjang kerusakannya 32 M’sp dengan identifikasi masalah kurang angkatan dan listringan. Dalam kondisi wasapada dan tindakan

perbaikan segera.

Pada jalur KA antara Alastua – Semarang Tawang untuk titik yang memerlukan perbaikan terlebih dahulu yaitu pada lintas ATA-SMT *Type Device* LK (lengkung) dengan nilai TQI 48,1 mm parameter kerusakannya pada Angkatan Panjang kerusakannya 18 M’sp dengan identifikasi masalah kurang Angkatan dan listringan. Dalam kondisi wasapada dan tindakan perbaikan segera. Program tindak lanjut dan jenis perbaikan berdasarkan nilai TQI seperti tabel 8.

Tabel 8. Program tindak lanjut dan jenis perbaikan berdasarkan nilai TQI

No.	Lintas	KM		Type Device	TQI	Parameter SD TQI (mm)				Identifikasi Masalah	Tindakan	Jenis Perbaikan
		dari	ke			Pertinggian	Angkatan	Listringan	Lebar sepur			
Jalur Hulu												
1	SMT-ATA	0+156	0+188	LK	48.1	8.9	13.9	24	1.3	Kurang Angkatan, listringan	Perbaikan segera	Angkatan Listringan
2	SMT-ATA	0+188	0+200	WSL	35.9	6.8	19.4	8.6	1.2	Kurang Angkatan, listringan	Perbaikan segera	Angkatan Listringan
3	SMT-ATA	0+999	1+037	WSL	35.9	10.5	7.8	16.7	1	Kurang Angkatan, listringan	Perbaikan segera	Angkatan Listringan
4	SMT-ATA	0+415	0+451	WSL	35.6	7.6	12	14.9	1.1	Kurang Angkatan, listringan	Perbaikan segera	Angkatan Listringan
5	SMC-SMT	1+634	1+642	LK	38,3	3,6	17	17,4	0,3	Kurang Angkatan, listringan	Perbaikan segera	Angkatan Listringan
Jalur Hilir												
1	ATA-SMT	1+993	1+975	LK	48.1	6.9	34.2	7	0	Kurang Angkatan, listringan	Perbaikan segera	Angkatan Listringan
2	ATA-SMT	7+508	7+465	WSL	43.9	11.5	15.5	16.7	0.3	Kurang Angkatan, listringan	Perbaikan segera	Angkatan Listringan
3	SMT-SMC	1+009	1+000	JPL	40,5	7,9	20,8	11,8	0	Kurang Angkatan, listringan	Perbaikan segera	Angkatan Listringan
4	ATA-SMT	1+028	1+000	WSL	40.3	10.4	18.4	10.9	0.6	Kurang Angkatan, listringan	Perbaikan segera	Angkatan Listringan

KESIMPULAN

Dari hasil analisis didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis data KA Ukur kategori jalan rel/Track Quality Index (TQI) jalur KA antara Semarang Poncol – Alastua untuk jalur hulu memiliki rata-rata sebesar 23,876 sedangkan untuk jalur hilir memiliki rata-rata sebesar 22,95 sehingga termasuk dalam kategori II dengan nilai $20 < TQI \leq 35$.
2. Nilai rata-rata TQI tertinggi berdasarkan Type Device pada jalur hulu sebesar 53,45 pada Type Device LK (Lengkung) dan pada jalur hilir sebesar 30,87 pada Type Device WSL (Wesel).
3. Nilai TQI tertinggi pada jalur hulu dengan nilai TQI 48,1 yaitu Type Device WSL (Wesel) pada petak jalan SMT – ATA dan untuk jalur hilir nilai tertinggi sebesar 48,1 yaitu Type Device LK (Lengkung) pada petak jalan ATA – SMT. Sehingga pada petak SMT – ATA hulu dan ATA – SMT hilir termasuk pada prioritas pertama untuk dilakukan perawatan.
4. Berdasarkan hasil penetapan prioritas dan telah di tentukan titik yang memiliki nilai TQI terbesar untuk kondisi, program tindak lanjut dan jenis perbaikan ditentukan sesuai kategori TQI-nya pada Perjana 8A tentang standar kualitas dan prosedur pengujian jalan rel. Prioritas pertama pada petak jalan SMT – ATA jalur hulu KM 0+156/188 Type Device LK (lengkung) dengan nilai TQI 48,1 kategori III dengan kondisi waspada, program tindakan perbaikan segera dan untuk jenis perbaikannya adalah angkatan lestringan. pada jalur hilir pada

petak jalan ATA-SMT KM 1+993/975 dengan nilai TQI 48,1 kategori III dengan kondisi waspada, program tindakan perbaikan segera dan untuk jenis perbaikannya adalah angkatan lestringan

DAFTAR PUSTAKA

- Kurniawan, W. (2015). Jurnal Rekayasa Sipil ASTONJADRO 1 Track Quality Index (TQI) (Studi kasus: Lintas Manggarai-Bogor). 4(2).
- Muhtarom, Z., & Yulita Ratih, S., (2017). Analisis Kondisi Jalan Rel Kereta Api Pada Lintas Sragen-Solo Berdasarkan Nilai Track Quality Indeks (TQI)
- Danielli, R.A, & Muthohar, I (2021) Analisa Track Quality Index Pada Periode Sebelum dan Sesudah Pembangunan Jalur Ganda (Studi Kasus : Lintas Kroya – Kutoarjo)
- PM No. 32 Tahun 2011 Tentang Standar dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian. (2011).
- PT. KAI. (2012). Perjana 8A Standar dan Prosedur Penguji Jalan Rel.
- Rayhana Aulia, A., & Parikesit, D. (2017). Perencanaan Pemeliharaan Jalan Reldaop VI Yogyakarta.
- Setiawan, H. (2021). Penilaian Track Quality Index (TQI) Pada Lintas Kroya-Kutoarjo Berdasarkan Standar Perkeretaapian Indonesia
- Utomo, N., & Solin, D. P. (2019). Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. Analisa Anjlok Kereta Api Bima Rute Surabaya-Malang Pada KM 8+625 Petak Wonokromo-Waru.