

Penilaian *Track Quality Index* (TQI) berdasarkan Standar Perkeretaapian Indonesia (Studi Kasus : Cirebon-Cikampek)

Dyni Indar Karunianingrum¹, Hera Widyastuti^{2*}

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Koresponden*, Email: hera.widyastuti@yahoo.co.uk

Info Artikel	Abstract
<p>Diajukan 6 Agustus 2019 Diperbaiki 7 Agustus 2019 Disetujui 9 Agustus 2019</p>	<p><i>To overcome the movement of railroad traffic growth in Indonesia, especially in the Cirebon-Cikampek Line where the line is one of the busiest routes on Java where it can affect the geometry of the track. In fact, there are a number of geometry parameters that affect the decline in the quality of the railroad tracks, namely profile, alignment, gauge, and cant. The quality of a railroad track is defined as a numerical value representing the relative conditions of the surface geometry of the track. In this case, the track quality assessment indicator is based on the sum of the standard deviations of the four parameters so that the overall segment quality results are called the Track Quality Index (TQI). The use of TQI provides the possibility to assess indicators of railroad performance. This research was conducted to analyze the Track Quality Index based on the Indonesian Railroad Standards. In addition, an analysis using multiple linear regression was performed to find out how much these four parameters affect the TQI value. The TQI results obtained based on the Indonesian Railway Standard of 38,69% are included in the good category while the results of multiple linear regression indicate that all four parameters have a significant effect on the TQI assessment index.</i></p>

Keywords: Track Quality Index (TQI), geometry parameters, profile, alignment, gauge, cant

Abstrak
Untuk mengatasi pergerakan pertumbuhan lalu lintas jaringan kereta api di Indonesia, khususnya di Jalur Cirebon-Cikampek dimana jalur tersebut merupakan salah satu rute tersibuk di Pulau Jawa dimana hal itu dapat mempengaruhi kondisi geometri lintasan. Faktanya, ada beberapa parameter geometri yang mempengaruhi turunnya penurunan kualitas jalan rel diantaranya yaitu angkatan, listringan, pertinggian, dan lebar spur. Kualitas lintasan jalan rel (*track*) didefinisikan sebagai nilai numerik yang mewakili kondisi relatif dari geometri permukaan lintasan. Dalam hal ini, indikator penilaian kualitas lintasan berdasarkan penjumlahan standar deviasi dari keempat parameter sehingga hasil kualitas segmen secara keseluruhan disebut Indeks Kualitas Lintasan atau *Track Quality Index* (TQI) Penggunaan TQI memberikan kemungkinan untuk menilai indikator kinerja jalur kereta api. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis Indeks Kualitas Lintasan berdasarkan Standar Perkeretaapian Indonesia. Selain itu dilakukan analisis dengan menggunakan regresi linier berganda untuk mengetahui seberapa besar keempat parameter berpengaruh terhadap nilai TQI. Hasil TQI yang didapatkan berdasar Standar Perkeretaapian Indonesia sebesar 38,9% masuk dalam kategori baik, sedangkan hasil dari regresi linier berganda menunjukkan bahwa keempat parameter memiliki pengaruh yang signifikan terhadap indeks penilaian TQI.

Kata kunci: Indeks Kualitas Track (TQI), parameter geometri, angkatan, listringan, lebar spur, pertinggian

1. Pendahuluan

Kereta api merupakan alat transportasi massal yang umumnya terdiri dari lokomotif (kendaraan dengan tenaga gerak yang berjalan sendiri) dan rangkaian kereta atau gerbong yang bergerak di atas rel. Sebagai alat transportasi massal kereta api adalah angkutan yang efisien untuk jumlah penumpang yang tinggi sehingga sangat cocok diterapkan pada koridor suatu wilayah yang padat. Pulau Jawa merupakan salah satu Pulau dengan jaringan konektivitas perkeretaapian terbesar di Indonesia dalam fungsi operasionalnya salah satunya yaitu jalur kereta api Cirebon-Cikampek. Jalur ini termasuk dalam Daerah Operasi 3

Cirebon.

Peranan jalur kereta api adalah untuk memandu pergerakan atau perjalanan lokomotif, mendistribusikan beban roda ke jalan, menjaga biaya operasi, keamanan perjalanan dan kenyamanan penumpang dalam kisaran yang diterima dan bantalan dalam kondisi baik[1]. Lalu lintas kereta api akan terus meningkat sesuai dengan perkembangan industri dimana hal tersebut dapat mempengaruhi kondisi geometri lintasan yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas lintasan. Faktanya, ada beberapa parameter geometri yang mempengaruhi turunnya penurunan kualitas jalan rel diantaranya yaitu angkatan, listringan, pertinggian, dan lebar

spur. Angka-angka yang dihasilkan dari parameter tersebut secara objektif disimpulkan untuk memberikan ukuran kualitas segmen secara keseluruhan biasa disebut dengan Indeks Kualitas Lintasan atau *Track Quality Index* (TQI).

TQI dapat memantau penurunan kualitas lintasan dan operasi pemeliharaan, dapat meringkas dan menampilkan kondisi sebagian besar jalur, dan berkorelasi dengan standar keamanan dan nilai kualitas berkendara[2]. Penggunaan TQI memberikan kemungkinan untuk menilai indikator kinerja jalur kereta api dan untuk membandingkan kinerja lintasan sebelumnya dan setelah adanya pemeliharaan dengan menggunakan kereta ukur EM 120. Dalam hal ini, indikator penilaian kualitas lintasan berdasarkan penjumlahan standar deviasi dari tiap parameter. Standar deviasi (SD) memberikan gambaran keseluruhan kondisi jalan rel. Semakin rendah nilai SD maka semakin baik kondisi lintasan sedangkan semakin tinggi nilai SD semakin buruk kondisi lintasannya.

Frekuensi lalu lintas kereta api yang melintasi Jalur Cirebon-Cikampek terus meningkat seiring dengan perkembangan industri perkeretaapian dimana penurunan kualitas lintasan jalan rel kapan saja bisa terjadi. Diketahui pada bulan Februari 2018 lalu bahwa jalur kereta api di Daerah Operasi 3 Cirebon, Jawa Barat, tepatnya di jalur tengah antara Stasiun Ciledug-Ketanggungan mengarah ke Purwokerto dan Stasiun Tanjung-Losari arah Tegal, lumpuh total akibat banjir. Dengan adanya kondisi tersebut, maka dapat mengakibatkan suatu penurunan kualitas layanan maupun kualitas lintasan kereta api. Berdasarkan permasalahan di atas, terjadi penurunan kualitas lintasan jalan rel maka perlu diadakannya suatu penelitian atau kajian terhadap penerapan TQI di Indonesia. Dalam penelitian ini, evaluasi kualitas jalan rel dihitung dengan menggunakan Standar Perkeretaapian Indonesia yang mempertimbangkan aspek geometri sebagai kriteria penurunan kualitas utama. Dengan diadakannya penelitian ini diharapkan dapat menjadi upaya untuk mengurangi permasalahan turunnya kualitas lintasan jalan rel dengan mengetahui nilai kualitas lintasan per segmen 200 meter untuk dasar penentuan kategori pemeliharaan.

2. Metode

Tahap awal penelitian ini yaitu tahap persiapan dengan melakukan pengambilan data di wilayah DAOP 3 Cirebon. Alasan pemilihan lokasi studi karena Cirebon-Cikampek merupakan salah satu rute tersibuk di Pulau Jawa.

Pengumpulan Data

Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data sekunder yaitu data dari bacaan kereta ukur didapatkan dari Direktorat Jendral Perkeretaapian. Data kereta ukur berisi data

geometrik jalan rel Cirebon-Cikampek KM 29,2-KM 83,8 tahun 2016.

Analisis Data

Tahap analisis data diawali dengan menghitung standar deviasi dari tiap parameter per 200 meter, kemudian mengakumulasikan nilai standar deviasi dari keempat parameter yang menghasilkan nilai TQI. Melakukan perhitungan nilai kualitas indeks track dengan menggunakan metode Standar Perkeretaapian Indonesia. Menganalisis dengan menggunakan Regresi Linier Berganda untuk mengetahui seberapa besar pengaruh parameter terhadap nilai TQI.

Perhitungan Nilai TQI Indonesia

Kualitas lintasan jalan rel (*track*) didefinisikan sebagai nilai numerik yang mewakili kondisi relatif dari geometri permukaan lintasan[3]. Dalam hal ini, indikator penilaian kualitas lintasan berdasarkan standar deviasi. Standar deviasi (SD) memberikan gambaran umum tentang seluruh kualitas lintasan yang dihitung[4]. Indeks Kualitas *Track* dihitung menggunakan standar deviasi dari nilai masing-masing segmen standar deviasi yaitu[5] :

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

dengan:

s = nilai standar deviasi
 $\sum xi^2$ = jumlah nilai x dikuadratkan
 n = jumlah data

Metode pengukuran *Track Quality Index* (TQI) terdiri dari 4 parameter pengukuran angkatan, listringan, lebar spur, 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 spur satu segment mewakili panjang 20 meter. Tiap segmen dihitung nilai standar deviasinya.

$$TQI = SD \text{ ang} + SD \text{ lis} + SD \text{ per} + SD \text{ lbr. spur} \quad (2)$$

dengan:

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

Tabel 1. Sebagian Contoh Bacaan Hasil Kereta Ukur KM 51

MP	MPFT	LPROFILE	RPROFILE	LALIGNMENT	RALIGNMENT	XLEVEL (CROSS LEVEL)	GAUGE
51	1	-2,36	-4,35	-3,07	-3	1435,25	3,75
51	2	-3,22	-5,14	-3	-2,97	1435,15	3,84
51	3	-3,75	-5,74	-3,29	-3,1	1435,05	3,35
51	.	.	.	.	.	.	.
51	.	.	.	.	.	.	.
51	.	.	.	.	.	.	.
51	.	.	.	.	.	.	.
51	654	15,37	13,64	14,91	15,15	1436,62	3,66
51	655	14,1	12,5	13,65	14,11	1435,94	3,35
51	656	12,59	11,2	13,16	13,68	1435,74	3,35

Keterangan :

- MP = kilometer jalan rel
 MPFT = titik pengambilan data ukur per ft. (1 segmen = 200 m (656 ft))
 XLEVEL = pertinggian
 LPROFILE = angkatan rel kiri
 RPROFILE = angkatan rel kanan
 LALIGNMENT = listringan rel kiri
 RALIGNMENT = listringan rel kanan

Data yang digunakan dalam perhitungan TQI satu segmen adalah sepanjang 200 m (200 m = 656 ft). Data **Tabel 1** merupakan sebagian data bacaan dari kereta ukur pada KM 51 yang akan digunakan sebagai contoh perhitungan.

Standar nilai TQI yang digunakan PT. Kereta Api Indonesia (Persero) ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Standar Nilai Track Quality Index (TQI)

Kategori	Total TQI	Kecepatan (km/jam)	Jenis Kategori
I	$TQI \leq 20$	100-120	Baik Sekali
II	$20 < TQI \leq 35$	80-100	Baik
III	$35 < TQI \leq 50$	60-80	Sedang
IV	> 50	< 60	Jelek

Sumber : Rulhendri, 2015 dalam Kurniawan [5]

Analisis Regresi Linier Berganda

Regresi linier berganda adalah hubungan secara linear antara dua atau lebih variabel independen (X_1, X_2, \dots, X_n)

dengan variabel dependen (Y) [6], digunakan untuk mengetahui hubungan mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apakah masing-masing variabel independen berhubungan positif atau negatif. Beberapa hal lain yang penting juga untuk dipahami dalam penggunaan analisis regresi linier ganda yaitu perlunya melakukan uji asumsi klasik atau uji persyaratan analisis regresi ganda sehingga persamaan garis regresi yang diperoleh benar-benar dapat digunakan untuk memprediksi variabel dependen. Dalam hal ini, data yang digunakan yaitu variabel independen adalah parameter pengukuran (angkatan, listringan, lebar spur, dan pertinggian) sedangkan variabel dependen adalah nilai TQI. Untuk program bantu yang digunakan adalah SPSS dan Microsoft Excel.

3. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan nilai TQI dihasilkan dengan menjumlahkan keempat parameter.

Berikut ini merupakan contoh perhitungannya pada KM 51 :
 $TQI = SD \text{ angkatan} + SD \text{ listringan} + SD \text{ lebar spur} + SD \text{ pertinggian}$
 $= 28,63 + 28,40 + 1,35 + 2,50$
 $= 60,88$

Dari hasil tersebut didapatkan nilai indeks kualitas lintasan (TQI) sebesar 60,88 yang menunjukkan bahwa kualitas indeks lintasan masuk dalam kategori IV yaitu kategori jelek dimana total nilai TQI > 50 . Untuk sebagian hasil rekapitulasi perhitungan TQI dari KM 29,2 – KM 83,8 akan disajikan pada **Tabel 3** dengan jumlah data (n) sebesar 274 data.

Tabel 3. Sebagian Hasil Rekapitulasi Perhitungan TQI KM 29,2 – KM 83,8

No	KM	Parameter				TQI	Kategori	Jenis Kategori
		angkatan	listringan	lebar spur	pertinggiaan			
1	29,2	8,95	4,68	0,85	1,16	15,63	Kategori I	Baik Sekali
2	29,4	16,10	16,16	1,78	1,98	36,02	Kategori III	Sedang
3	29,6	17,67	17,17	2,03	1,90	38,77	Kategori III	Sedang
4	29,8	17,48	16,71	2,34	1,86	38,39	Kategori III	Sedang
.
.
272	83,4	22,68	0,00	0,94	1,73	25,36	Kategori II	Baik
273	83,6	5,53	0,00	2,75	4,86	13,14	Kategori I	Baik Sekali
274	83,8	0,00	0,00	2,30	2,30	5,44	Kategori I	Baik Sekali

Dalam rekapitulasi perhitungan nilai TQI didapatkan hasil prosentase sesuai dengan kategori sebagai berikut:

$$\text{prosentase} = \frac{f(\text{frekuensi kategori})}{n(\text{jumlah data})} \times 100\%$$

Frekuensi untuk kategori:

Baik Sekali = 54 data

Baik = 106 data

Sedang = 54 data

Jelek = 60 data

Maka, persentasenya

$$\text{Baik Sekali} = \frac{54}{274} \times 100 = 19,71\%$$

$$\text{Baik} = \frac{106}{274} \times 100 = 38,69\%$$

$$\text{Sedang} = \frac{54}{274} \times 100 = 19,71\%$$

$$\text{Jelek} = \frac{60}{274} \times 100 = 21,9\%$$

Hasil Regresi Linier Berganda

Untuk mengolah data dengan menggunakan regresi linier berganda memerlukan beberapa pengujian terlebih dahulu, diantaranya adalah cek asumsi IIDN (Identik, Independen, Distribusi Normal), dilanjutkan dengan cek uji F serta cek Uji T. Untuk mengetahui dan memprediksi seberapa besar pengaruh yang diberikan variabel X (secara simultan) terhadap variabel Y digunakan Koefisien Determinasi (*Adjusted R Square*).

Cek Asumsi IIDN

Pada cek asumsi IIDN (Identik, Independen, Distribusi Normal), asumsi Normalitas dilakukan dengan Kolmogorov-Smirnov pada **Tabel 4** yang menunjukkan bahwa data tersebut adalah normal (0.515). Asumsi independen dengan multikolinieritas data atau nilai VIF dimana nilai dari tiap parameter menunjukkan hasil kurang dari 10 yang artinya tidak terjadi multikolinieritas.

Tabel 4. Asumsi Normalitas dengan Kolmogorov-Smirnov

Model	Collinearity	Correlate	Normalitas Data
	Statistics VIF	Residual Unstandardize	
(Constant)		Sig (2-tailed)	Asymp.
Angkatan	1,080	1,000	Sig (2-tailed)
Listringan	1,434	1,000	0,515
Lebar Spur	1,021	1,000	
Pertinggian	1,343	1,000	

Dari hasil asumsi **Tabel 4** didapatkan bahwa nilai VIF < 10 sehingga tidak terjadi multikolinieritas dan asumsi identik > 5% maka asumsi identik telah terpenuhi.

Cek Uji F

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh semua variabel independen (angkatan, listringa, lebar spur, dan pertinggian) secara bersama-sama (simultan) terhadap variabel dependen (TQI) yang disajikan dalam **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Pengujian ANOVA Uji F

Model	ANOVA ^b			Sig.
	Sum of Squares	df	F	
Regression	109789,118	4	8,812E8	.000 ^a
Residual	,008	269		
Total	109789,126	273		

a. Predictors: (Constant), pertinggian, gauge, profile, alignment

b. Dependent Variabel : TQI

Ketentuan pengujian hipotesis ANOVA Uji F yaitu apabila hasil sig. atau *p-value* kurang dari nilai ketetapan alfa sebesar 5%, maka H₀ ditolak atau variabel prediktor berpengaruh terhadap variabel respon. Dapat dilihat dari **Tabel 5** hasil *p-value* yaitu 0.000 yang artinya tolak H₀ atau terdapat pengaruh parameter angkatan, listringan, lebar spur, dan pertinggian terhadap indeks TQI.

Cek Uji T

Pengujian ini dilakukan untuk menguji secara parsial masing-masing variabel dari parameter-parameter terkait sehingga dapat diketahui parameter apa saja yang berpengaruh seperti yang disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Pengujian Uji T

Model	Unstandardized Coefficient (B)		t	sig
	B	Std. Error		
(Constant)	0,000	0,000	,343	,732
Angkatan	1,000	,286	1.964E4	,000
Listringan	1,000	,143	2.433E4	,000
Lebar Spur	1,000	,286	1.854E3	,000
Pertinggian	1,000	,286	1.854E3	,000

Dari **Tabel 6** didapatkan hasil nilai p-value untuk angkatan (0.000), listringan (0.000), lebar spur (0.000) dan pertinggian (0.000) yang kurang dari 5%, sehingga dapat disimpulkan bahwa keempat parameter memiliki pengaruh yang signifikan terhadap indeks TQI. Untuk mengetahui parameter mana yang paling besar pengaruhnya dapat dilihat dari besar nilai *B Unstandardized Coefficients* dimana hasilnya menunjukkan bahwa angkatan (1.000), listringan (1.000), lebar spur (1.000) dan pertinggian (1.000), artinya semua parameter memiliki sumbangan yang sama terhadap pengaruh TQI.

Tabel 7. Hasil Koefisien Determinasi (*Adjusted R Square*)

TQI Model Summary ^b		Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
R	R Square	1,000	,00578
a. Predictors : angkatan, listringan, lebar spur, pertinggian			
b. Dependent Variabel : TQI			

Koefisien Determinasi (*Adjusted R Square*)

Uji ini bertujuan untuk menentukan proporsi atau persentase total variasi dalam variabel terikat (variabel Y) yang diterangkan oleh variabel bebas (variabel X) sehingga dapat diketahui seberapa besar pengaruh variabel X terhadap Y. Hasil perhitungan *Adjusted R2* dapat dilihat pada output Model Summary. Pada kolom *Adjusted R2* dapat diketahui berapa persentase yang dapat dijelaskan oleh variabel-variabel bebas terhadap variabel terikat. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan dari koefisien determinasi yang dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7 merupakan nilai kesesuaian model, apakah pemodelan yang dilakukan sudah tepat atau kurang tepat. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai R-Square sebesar 1,000.

4. Simpulan

Beberapa kesimpulan yang didapat dari beberapa hasil yang telah dibuat pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Secara keseluruhan, nilai indeks kualitas lintasan dengan menggunakan Standar Perkeretaapian Indonesia yang menghasilkan nilai TQI dari KM 29,2 sampai dengan KM 83,8 menunjukkan bahwa prosentase tertinggi yaitu 38,69% TQI tergolong dalam kategori baik.
2. Berdasarkan hasil pengujian secara simultan (Uji F) dan secara parsial (Uji T) menunjukkan bahwa keempat parameter memiliki pengaruh yang signifikan terhadap indeks penilaian TQI
3. Berdasarkan hasil pengujian Uji T menunjukkan bahwa angkatan (1.000), listringan (1.000), lebar spur (1.000) dan pertinggian (1.000), artinya semua parameter memiliki sumbangan yang sama terhadap pengaruh TQI.
4. Dari hasil koefisien determinasi menunjukkan nilai kesesuaian model. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai *R-Square* sebesar 1.000 yang artinya keempat parameter (angkatan, listringan, lebar spur dan pertinggian) mampu menjelaskan indeks TQI sebesar 100 sedangkan sisanya yaitu 0% dijelaskan oleh parameter lain diluar model.

Daftar Pustaka

- [1] P. Xu, R. Liu, F. Wang, Q. Sun, and H. H. Teng, "International Journal of Computational Intelligence A Novel Description Method for Track Irregularity Evolution," *Int. J. Comput. Intell. Syst.*, vol. 4, no. December, pp. 1358–1366, 2017.
- [2] D. Setiawan and S. A. Rosyidi, "Track Quality Index As Track Quality Assessment Indicator," *Simp. XIX FSTPT, Univ. Islam Indones.*, no. July, 2017.
- [3] A. R. B. Berawi, R. Delgado, R. Calçada, and C. Vale, "Evaluating track geometrical quality through different methodologies," *Int. J. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 38–47, 2010.
- [4] Rizwan, *An empirical rail track degradation model based on predictive analysis of rail profile and track geometry*. 2010.
- [5] W. Kurniawan, "Tinjauan Volume Pemeliharaan Tahunan Jalan Rel Berdasarkan Hasil Track Quality Index (TQI) (Studi kasus: Lintas Manggarai - Bogor)," *ISSN 2302-4240*, vol. 4, no. 1067 mm, pp. 1–17, 2015.
- [6] A. Utami and H. Widyastuti, "Model Panjang Antrian Kendaraan pada Perlintasan Sebidang Tanpa Palang Pintu (Studi Kasus: Perlintasan Sebidang Jl. Gayung

Kebonsari Surabaya),” *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 17, no. 1, p. 27, 2019.