

## Penentuan Rekomendasi Standar Track Quality Index (TQI) untuk Kereta Semiccepat di Indonesia (Studi Kasus: Surabaya - Cepu)

Reysha R. A. Lubis<sup>1</sup>, Hera Widyastuti<sup>1,\*</sup>

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya<sup>1</sup>

Koresponden\*, Email: [hera.widyastuti@yahoo.co.uk](mailto:hera.widyastuti@yahoo.co.uk)

Info Artikel	Abstract
Diajukan 23 Juli 2019	<i>The growth of transportation sector is inevitable things that appear as public transportation user needs, commonly they need safe, reliable and punctual transportation. Medium speed train on Java's north line with maximum speed 160 km/h on existing track emerge as a solution that issued by local Indonesian government. Increasing speed on existing track must be considered by increasing TQI value. TQI is track quality index that consists of : track gauge, cant, longitudinal level, and lateral level. The recent value of TQI on existing track along Java's north line is 20, and Surabaya-Cepu line was taken as object of this examination. By using simple linear regression and multi linear regression that involved 4 parameters and speed as an approach, the value of TQI that obtained as recommendation on maximum speed 160 km/h.</i>
Diperbaiki 8 Agustus 2019	
Disetujui 9 Agustus 2019	

Keywords: Track Quality Index (TQI), medium speed train, regression analysis

### Abstrak

Perkembangan transportasi saat ini merupakan sebuah hal yang tidak dapat dihindari sebagai konsekuensi dari tuntutan masyarakat yang memerlukan sebuah moda transportasi yang aman, handal, dan tepat waktu. Kereta semiccepat dengan kecepatan maksimal 160 km/jam pada jalur eksisting utara (lintas Surabaya-Jakarta) yang kecepatan maksimal di jalur tersebut masih mencapai 120 km/jam hadir sebagai salah satu solusi yang digagas pemerintah untuk menyelesaikan permasalahan di atas. Konsekuensi dari peningkatan kecepatan pada jalur tersebut adalah keharusan meningkatkan *Track Quality Index* (TQI) yang terdiri dari empat parameter yaitu angkatan, listringan, lebar jalur dan pertinggian. TQI saat ini pada jalur eksisting untuk kecepatan maksimal 120 km/jam yang ditetapkan PT. KAI sebesar 20 untuk sepanjang lintas utara, namun sebagai objek penelitian hanya digunakan lintas surabaya-cepu. Dengan metode pendekatan berupa regresi linier sederhana yang melibatkan item TQI dan kecepatan, serta regresi linier berganda dengan item empat parameter penyusun TQI dan kecepatan. Hasil yang didapatkan yaitu nilai dari TQI model hubungan yang dianalisis dan kemudian digunakan untuk menentukan rekomendasi nilai TQI dengan kecepatan maks 160 km/jam.

Kata kunci: Track Quality Index (TQI), kereta semiccepat, analisis regresi

### 1. Pendahuluan

Moda transportasi terdiri dari moda transportasi jalan, kereta api, sungai, danau dan penyeberangan, laut dan udara, yang dapat membentuk jaringan transportasi, dengan karakteristik teknis yang berbeda, serta pemanfaatannya disesuaikan dengan kondisi geografis daerah layanan[1]. Menurut Undang – Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian, kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus, terutama dalam kemampuannya untuk mengangkut, baik orang maupun barang secara massal, menghemat energi, menghemat penggunaan ruang, mempunyai faktor keamanan yang tinggi, memiliki tingkat pencemaran yang rendah, serta lebih efisien dibandingkan dengan moda transportasi jalan untuk angkutan jarak jauh dan untuk daerah yang padat lalu lintasnya, seperti angkutan perkotaan[2]. Jaringan jalan rel yang ada secara garis besar terdiri atas 3 (tiga) lintas utama, yaitu jalan rel lintas utara

Pulau Jawa yang menghubungkan Kota Surabaya dengan Kota Jakarta dengan melewati kota-kota di bagian utara Pulau Jawa (Semarang) termasuk lintas cabang yang menuju ke Kota Gresik, Lintas selatan Pulau Jawa yang menghubungkan Kota Surabaya dan Kota Jakarta dengan melewati kota-kota yang berada di bagian selatan Pulau Jawa (Madiun, Solo, Yogyakarta). Lintas timur Pulau Jawa yaitu jalan rel yang menghubungkan Kota Surabaya dengan kota-kota di wilayah timur Pulau Jawa (Jember, Banyuwangi)[3]. Jalan rel merupakan bagian dari prasarana kereta api yang ikut berperan dalam menentukan keselamatan, keamanan, kenyamanan, dan ketepatan waktu perjalanan[4], maka pemerintah mencetuskan ide pembangunan kereta api semiccepat di lintas Utara Pulau Jawa dengan kecepatan maksimal hingga 160 km/jam dan kecepatan rata-rata 145 km/jam.

Dengan adanya peningkatan kecepatan hingga 160 km/jam, maka perlu adanya identifikasi dan solusi atas kebutuhan pemeliharaan track sangat penting untuk meningkatkan kinerja jaringan, mencapai operasi jaringan yang lebih aman dan mengurangi atau mencegah kerusakan dalam jangka pendek dan panjang[5] mengingat *track* merupakan bagian yang penting dalam perjalanan kereta api dan juga aset bernilai tinggi. Sebagai dasar untuk penentuan kualitas jalan rel dan evaluasi kondisi serta perencanaan perawatannya maka diperlukan nilai standar untuk mengevaluasi kualitas jalan rel, *Track Quality Index* (TQI). TQI adalah angka-angka kelayakan yang secara objektif mengukur kondisi lintasan. TQI dapat digunakan untuk memantau degradasi track dan operasi pemeliharaan, dapat meringkas dan menampilkan kondisi sebagian besar lintasan, dan berkorelasi dengan standar keselamatan dan nilai kualitas berkendara[6]. Risiko keselamatan dari sisi *track* dan metode perawatan jalan rel pada kereta api semcepat ini tentu berbeda dengan kereta api yang selama ini dioperasikan di Indonesia, sehingga diperlukan tinjauan perhitungan nilai TQI untuk memprediksi rekomendasi nilai TQI yang bisa digunakan sebagai dasar perbaikan track eksisting. Setelah mengetahui hal tersebut, rekomendasi standar tersebut digunakan untuk memastikan keselamatan dan kenyamanan mengenai track, memberi gambaran kualitas jalan rel, optimasi sumber daya pemeliharaan dan siklus pemeliharaan, serta monitoring dan mengendalikan kualitas jalan rel. Dengan adanya peningkatan kecepatan kereta api, maka sangat dimungkinkan adanya peningkatan lalu lintas track dari Surabaya – Jakarta dan sebaliknya.

## 2. Metode

### Pengumpulan Data

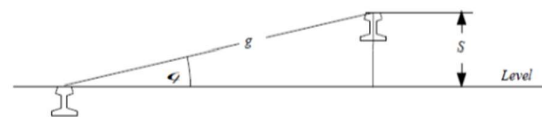
Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Ditjen Perkeretaapian Indonesia selaku *stakeholder* yang terkait dengan penelitian ini.

Data sekunder yang diperlukan adalah data pembacaan KA ukur untuk *track* eksisting dimana nilainya menunjukkan kondisi eksisting jalan rel yang ada. Adapun variabel yang akan digunakan adalah lebar jalur, pertinggian, angkatan, dan listringan.

### Analisis Data

Penelitian ini dianalisis menggunakan metode dari PT. KAI dan analisis statistika. Perhitungan kualitas jalan rel diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan kereta ukur. Dari hasil pengukuran tersebut diperoleh data 4 variabel yang kemudian diolah dengan menghitung standar deviasi masing-masing parameter. 4 parameter tersebut adalah lebar jalur (gauge), pertinggian, angkatan, dan listringan. Selain keempat parameter tersebut selama pengukuran juga dicatat kecepatan operasional pengukuran[6]. Pengukuran 4 parameter TQI adalah sebagai berikut:

1. Lebar jalur, diukur dengan troli depan, tengah, dan belakang sejarak 20 meter.
2. Angkatan, yang dimaksud adalah angkatan rata-rata memanjang. Nilai angkatan rel kanan dan kiri dihitung deviasinya sejarak 40 meter.
3. Listringan, diukur setiap jarak 40 meter untuk rel kanan dan rel kiri.
4. Pertinggian, dihitung dengan menggunakan rumus  $S = g \times \sin\phi$ . Dimana S adalah superelevasi (pertinggian), g adalah jarak antara kepala rel, dan  $\phi$  adalah sudut kemiringan lengkung lintasan. **Gambar 1** menunjukkan ilustrasi perhitungan pertinggian.



**Gambar 1.** Ilustrasi perhitungan pertinggian

Pengambilan data kereta ukur secara kontinu sepanjang segmen, Gambar 2 menunjukkan segmentasi perhitungan dimana 1 segmen = 40 meter (untuk angkatan, listringan dan pertinggian), 1 segmen = 20 meter (untuk lebar jalur). Nilai TQI dihitung menggunakan standar deviasi dari masing-masing segmen. **Tabel 1** menjelaskan toleransi dan kategori kualitas jalan rel.



**Gambar 2.** Segmentasi perhitungan

Sumber: Kurniawan W & Rulhendri, 2015

**Tabel 1.** Toleransi dan kategori kualitas jalan rel

Parameter	Kat. 1	Kat.2	Kat.3	Kat.4
Angkatan	-2 +2	-10 + 10	-15 +15	-20 +20
Listringan	-2 +2	-10 + 10	-15 +15	-20 +20
Pertinggian	-2 +2	-10 + 10	-15 +15	-20 +20
Lebar jalur	-2 +2	-2 +5	-5 +10	-5 +20
Total TQI	20	35	50	>50
Kecepatan (Km/jam)	100-120 Km/jam	80-100 Km/jam	60-80 Km/jam	<60 Km/jam

Sumber: Kurniawan W & Rulhendri, 2015

### Perhitungan Standar Deviasi

Standar deviasi adalah sebuah nilai statistik yang dimanfaatkan untuk menentukan sebuah sebaran data dalam suatu sampel. Perhitungan standard deviasi secara manual menggunakan rumus [6]:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \frac{(\sum x^2 - (\sum x)^2)}{n-1}} \tag{1}$$

Dimana, n adalah jumlah objek pengukuran dan x merupakan nilai parameter geometri.

**Perhitungan TQI**

Nilai TQI dihitung menggunakan rumus penjumlahan nilai standard deviasi dari masing-masing parameter[6].

$$TQI = SD_1 + SD_2 + SD_3 + SD_4 \tag{2}$$

Dimana, SD<sub>1,2,3,4</sub> adalah nilai standar deviasi dari masing-masing parameter.

**Pembuatan Model**

Hasil analisis data yang berupa nilai TQI kemudian diolah untuk menghasilkan suatu model hubungan antara nilai TQI dengan kecepatan maksimal kereta. Metode statistika yang digunakan untuk membuat model hubungan antara nilai TQI dan kecepatan kereta adalah analisis regresi linier sederhana. Sedangkan untuk membuat model hubungan antara lebar jalur, pertinggian, angkatan, dan listringan dengan TQI menggunakan analisis regresi linier beranda. Analisis regresi linier adalah metode statistik yang dapat digunakan untuk mempelajari hubungan antarsifat permasalahan yang sedang diselidiki[7]. Analisis regresi linier berganda digunakan untuk mendapatkan hubungan lebih dari satu variabel sedangkan regresi linier sederhana digunakan untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk suatu persamaan antara variabel tak bebas tunggal dengan variabel bebas tunggal[8]. Regresi linier sederhana hanya memiliki satu variabel yang dihubungkan dengan satu variabel tidak bebas, dengan bentuk  $y = ax+b$ [8]. Untuk program bantu yang digunakan adalah SPSS dan Microsoft excel.

**3. Hasil dan Pembahasan**

**Perhitungan Jumlah Sampel**

Lintas utara Surabaya – Cepu melintasi 130 km perjalanan. Jumlah data yang ada, diambil sampel data sebanyak 25% di masing-masing resor. **Tabel 2** menyajikan penentuan jumlah sampel masing-masing resor.

Berdasarkan perhitungan penentuan jumlah sampel di atas, diperoleh jumlah data sampel sebanyak 160 sampel. pemilihan data sampel dipilih secara acak dari tiap resor.

**Uji Korelasi**

Korelasi merupakan besaran yang menunjukkan tinggi derajat hubungan antara variabel X dan Y dalam model regresi yang dianalisis [8]. Untuk mengetahui hubungan antara variabel. Hipotesis awal (H0) tidak ada hubungan antar variabel. (H1) atau hipotesis akhir ada hubungan antar variabel. Korelasi antar variabel disajikan dalam **Tabel 3**.

**Tabel 2.** Penentuan Sampel Data Tiap Resor (Surabaya – Cepu)

Resor	KM	Jumlah data	jumlah sampling data (25%)	sampling data yang digunakan
SBI (Pasar Turi)	223+500	30	7,5	8
KDA (Kandangan)	213+500	50	12,5	13
Cerme	198+500	25	6,25	7
Lamongan	183+500	80	20	20
Sumlaran	170+000	65	16,25	17
Babat	156+500	80	20	20
Buwerno	141+100	75	18,75	19
Sumberejo	125+100	75	18,75	19
Bojonegoro	109+500	65	16,25	17
Tobo	93+800	80	20	20
Total				160

**Tabel 3.** Hasil korelasi antar variabel

	X (Kecepatan)	Y (TQI)
X	1	
Y	0,000	1

Pada **Tabel 3** diketahui nilai sig. (p-value) antara kecepatan (X) dengan TQI (Y) adalah sebesar  $0,000 < 0,005$ , yang berarti terjadi korelasi yang signifikan antara variabel X dan Y.

**Uji Multikolinieritas**

Pengujian multikolinieritas dilakukan dengan melihat nilai VIF (*Variance Inflation Factor*). Ketika nilai VIF < 10, maka tidak terjadi multikolinieritas sedangkan jika nilai VIF > 10 maka terjadi multikolinieritas [8]. **Tabel 4** merupakan hasil pengujian multikolinieritas demnggunakan *software SPSS*.

**Tabel 4.** Pengujian Multikolinieritas

Model	Stastistik kolinieritas	
	Toleransi	VIF
Lebar Jalur (X <sub>1</sub> )	0,687	1,455
Pertinggian (X <sub>2</sub> )	0,692	1,455
Angkatan (X <sub>3</sub> )	0,729	1,372
Listringan (X <sub>4</sub> )	0,674	1,483

Berdasarkan **Tabel 4**. Dapat diketahui bahwa dari pengujian menghasilkan VIF untuk variabel lebar jalur (X<sub>1</sub>), pertinggian (X<sub>2</sub>), angkatan (X<sub>3</sub>), dan listringan (X<sub>4</sub>) memiliki nilai VIF < 10. Sehingga dapat diartikan tidak terjadi

multikolinieritas (tidak terdapat korelasi yang tinggi antar variabel independen).

#### Analisis Model Regresi Linier Sederhana

Analisis ini dilakukan untuk menguji pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen[8]. Hasil analisis regresi linier sederhana dari *software SPSS* disajikan oleh **Tabel 5** dan **Gambar 3**. Adapun rumus rumus regresi linier sederhana adalah sebagai berikut:

$$Y = A + B.X + e \quad (3)$$

Keterangan:

Y : Variabel tidak bebas (TQI)

A : Koefisien intersep atau konstanta

B : Koefisien regresi

X : Variabel bebas (kecepatan)

e : Residual

**Tabel 5.** Hasil Regresi Sederhana Variabel Independen terhadap Variabel Dependen

Variabel Penelitian	Koefisien	Standart Error	Sig. (P-Value)
Intercept	64,859	1,881	0,000
Kecepatan (X)	-0,487	0,017	0,000

Dari hasil analisis data pada **Tabel 5** juga didapat uji signifikan data dengan hasil P-value Kecepatan  $0,000 < 0,05$  (nilai alfa) maka dapat dinyatakan bahwa nilai Kecepatan terdapat hubungan yang signifikan terhadap nilai TQI. Tabel 6 menunjukkan nilai R-Square dari hasil regresi model.

Berdasarkan nilai R square yang dihasilkan yaitu 0,913. Nilai tersebut dapat diartikan bahwa pengaruh kecepatan sebesar 91,3% sedangkan sisanya 8,7% nilai TQI dipengaruhi oleh variabel lainnya.

Berdasarkan **Tabel 5** persamaan regresi linier sederhana dapat disusun sebagai berikut.

$$Y = 64,859 - 0,487X + e$$

Persamaan di atas digunakan untuk mencari nilai TQI dari variable X (kecepatan) yang telah ditentukan. Dengan substitusi kecepatan rencana 160 km/jam, berikut perhitungan prediksi nilai TQI:

$$\begin{aligned} Y &= 64,859 - 0,487(160) \\ &= -13,061 \end{aligned}$$

Berdasarkan **Tabel 1** nilai TQI maksimal yang diijinkan untuk kecepatan maksimal 120 km/jam adalah 20. Sedangkan, berdasarkan perhitungan substitusi permodelan regresi linier sederhana untuk kecepatan maksimal rencana 160 km/jam adalah -13,061 yang dapat diartikan untuk kecepatan rencana 160 km/jam nilai TQI berkurang sebesar 13,061 dari nilai TQI eksisting 20 untuk KA dengan kecepatan maksimal 120 km/jam. Atau dengan penyajian matematisnya adalah sebagai berikut:

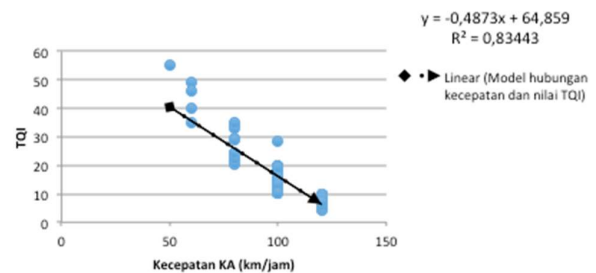
$$\begin{aligned} \text{TQI} &= 20 - 13,061 \\ &= 6,939 \sim 7 \end{aligned}$$

Dengan demikian rekomendasi untuk KA semcepat dengan kecepatan maksimal rencana 160 km/jam adalah 7. Sehingga, jika nilai TQI  $> 7$  maka lintas harus dilakukan perbaikan guna menjaga kestabilan kecepatan laju kereta.

**Tabel 6.** Tabel R-Square

Statistik Regresi	
R	0.913
R Square	0.834
Adjusted R Square	0.833
Standard Error	3,56636

**Model hubungan kecepatan dan nilai TQI**



**Gambar 3.** Grafik regresi linier hubungan antara kecepatan KA dan nilai TQI.

#### 4. Simpulan

Dari hasil yang telah didapatkan dari perhitungan dan analisis pada penelitian ini maka didapatkan kesimpulan sebagai hasil analisis model regresi sederhana didapat rekomendasi nilai TQI untuk kecepatan 160 km/jam adalah sebesar 6,7875 ~ 7.

#### Daftar Pustaka

- [1] Andriansyah, *Management Transportasi Dalam Kajian Teori*. Jakarta Pusat: Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu politik Universitas Prof. Dr. Moestopo Beragama, 2015.
- [2] Kementrian Perhubungan, "Undang-undang No. 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian.Pdf," 2007.
- [3] B. Rahardjo, I. B. Mochtar, and H. Widyastuti, "Pengembangan Infrastruktur Jaringan Jalan Rel di Surabaya Metropolitan Area," *IPTEK J. Proc. Ser.*, vol. 3, no. 5, pp. 71–74, 2017.
- [4] S. N. Lingamanaik, C. Thompson, N. Nadarajah, R. Ravitharan, H. Widyastuti, and W. K. Chiu, "Using Instrumented Revenue Vehicles to Inspect Track Integrity and Rolling Stock Performance in a

- Passenger Network during Peak Times,” *Procedia Eng.*, vol. 188, pp. 424–431, 2017.
- [5] A. Hamid and A. Gross, “Track-quality indices and track-degradation models for maintenance-of-way planning,” *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, vol. 802, pp. 2–8, 1981.
- [6] R. kurniawan. w, “Tinjauan Volume Pemeliharaan Tahunan Jalan Rel Berdasarkan Hasil Track Quality Index (TQI) (Studi kasus: Lintas Manggarai - Bogor),” *J. Rekayasa Sipil ASTONJADRO.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–17, 2015.
- [7] O. Z. Tamin, P. dan Pemodelan Transportasi, P. Pemodelan Transportasi, and E. Kedua, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi Penerbit ITB Edisi Kedua*. 2000.
- [8] D. N. Gujarati and B. Econometrics, *As in the previous three editions, the primary objective of the fourth edition of*. 2004.

