



Analisis Pengaruh Tebal Balas Terhadap *Track Quality Index* (TQI) Lintas Wonokromo - Mojokerto

Untung Subarkah¹, Hera Widyastuti², Catur Arif Prastyanto³

Departemen Teknik Sipil, Institut Sepuluh Nopember, Surabaya

Kampus ITS, Sukolilo, Jl. Raya ITS, Keputih, Surabaya, Kota SBY, Jawa Timur 60117, Indonesia

¹oensubarkah@gmail.com*, ²hera.widyastuti@yahoo.co.uk, ³cprastyanto@gmail.com

*Corresponding Author

Diterima: 19 April 2021, direvisi: 1 Juni 2021, disetujui: 23 Juni 2021

ABSTRACT

Analysis Effect Of Thick Ballast On Track Quality Index (TQI) Value Route Wonokromo – Mojokerto: In Operational Area 8 Surabaya there are several railway lines, one of which is the Wonokromo - Mojokerto line. This lane has a fairly heavy train traffic frequency including the connecting lane south. This will affect the quality of roads on the Wonokromo - Mojokerto line. To assess damage to a railroad seen from several aspects in the structure of the railroad. These aspects are the structure of the railroad, the structure of the railroad and the geometrical structure of the railroad. In Indonesian railways, the railroad uses railroad geometry consisting of several parameters (track gauge, cant, longitudinal level, and lateral level.) as a basis for assessing railroad quality. In this study will analyze the structure of the railroad under the thickness of the ballast to the Track Quality Index (TQI). In this study using a simple linear regression analysis to determine the variation of the thickness of the ballast to TQI. From the results of the analysis conducted, obtained thickness changes that occur in ballast that affect the value of the Track Quality Index (TQI). Where the greater ballast, the greater the value of TQI.

Keywords: Track Quality Index (TQI), thickness of ballast, regression analysis.

ABSTRAK

Di Daerah Operasional 8 Surabaya terdapat beberapa jalur kereta api, salah satunya adalah jalur Wonokromo – Mojokerto. Jalur ini memiliki frekuensi lalu lintas kereta api yang cukup padat karena termasuk penghubung jalur selatan. Hal tersebut akan mempengaruhi kualitas jalan rel pada jalur Wonokromo - Mojokerto. Untuk menilai kerusakan jalan rel dapat dilihat dari beberapa aspek dalam struktur jalan rel. Aspek tersebut adalah struktur atas jalan rel, struktur bawah jalan rel dan struktur geometri jalan rel. Pada perkeretaapian Indonesia pemeliharaan jalan rel menggunakan aspek geometri jalan rel yang terdiri dari beberapa parameter (angkatan, listringan, lebar sepur, dan pertinggian) sebagai dasar penilaian kualitas jalan rel. Pada penelitian ini akan menganalisis pengaruh struktur bawah jalan rel yaitu pada ketebalan balas terhadap Indeks Kualitas Track (TQI). Dalam penelitian ini menggunakan analisis regresi linier sederhana untuk mengetahui besar pengaruh tebal balas terhadap TQI. Dari hasil analisis yang dilakukan, didapatkan perubahan ketebalan yang terjadi pada balas mempengaruhi nilai Indeks Kualitas Track (TQI). Dimana semakin besar tebal (penurunan balas) balas maka semakin besar juga nilai TQI.

Kata Kunci: Track Quality Index (TQI), tebal balas, analisis regresi

I. Pendahuluan

Transportasi merupakan sarana yang sangat penting dalam menunjang keberhasilan pembangunan terutama dalam mendukung kegiatan perekonomian masyarakat dan perkembangan wilayah baik itu daerah perdesaan maupun daerah yang lainnya. Di Daerah Operasional 8 Surabaya terdapat beberapa jalur kereta api, salah satunya adalah jalur Wonokromo – Mojokerto. Jalur ini memiliki frekuensi lalu lintas kereta api yang cukup padat karena termasuk penghubung jalur selatan. Pada lintas Wonokromo – Mojokerto melayani

berbagai kelas kereta api eksekutif, bisnis, ekonomi, lokal. Seluruh moda transportasi khususnya kereta api mengutamakan keamanan dan keselamatan sebagai aspek penting dalam pelayanannya. Terkait dengan keselamatan perjalanan kereta api, sampai saat ini masih terjadi kecelakaan kereta api.

Hasil analisis berbagai penyebab kecelakaan yang dilakukan oleh Direktorat Keselamatan, Ditjen Perkeretaapian, Kementerian Perhubungan berdasarkan faktor penyebabnya adalah sebagai berikut (malkhamah, 2014):

- a. Faktor penyebab sarana, dibedakan atas: pengereman tidak bekerja dengan baik, kerusakan pada as dan roda (as patah, bearing macet), pembebanan tidak merata, kelebihan beban, kurangnya perawatan sarana, dan tidak menggunakan suku cadang standar.
- b. Faktor penyebab prasarana, dibedakan atas: adanya kecrotan (mud pumping), jalan tidak layak (bantalan kayu rapuh, rel patah, wesel rusak, badan jalan longsor/ amblas), jembatan kurang laik (kurangnya perawatan, terjadinya karat (jembatan besi)) seperti yang ditampilkan dalam **Tabel 1**.

Dari hasil analisa penyebab kecelakaan KA pada tabel di atas, diantaranya dikarenakan adanya Mud pumping, badan jalan amblas yang merupakan kerusakan pada bagian struktur bawah rel. Hal ini menjadi perhatian penting oleh operator KAg dan pemerintah untuk membenahi pelayanan kereta api. Kecelakaan kereta api bisa terjadi apabila komponen struktur jalan rel mengalami penurunan kualitas. Dengan adanya penurunan kualitas jalur kereta api dibutuhkan perawatan jalur kereta api sehingga tercipta keselamatan dan keamanan pelayanan transportasi perkeretaapian. Menurut literatur (askarinejad, 2017) untuk mencari kerusakan lintasan ada beberapa aspek, yaitu:

- a. Aspek struktur bawah rel
- b. Aspek struktur atas rel
- c. Aspek geometrik jalan rel

Pada aspek struktur bawah rel kerusakan lintasan berdasarkan beberapa parameter yang berpengaruh yaitu jenis bantalan, ukuran bantalan, jenis balas, kondisi balas, kondisi tanah subgrade, dampak mesin tamping dan siklus muatan. Berdasarkan kerusakan lintasan tersebut perlu dilakukan perawatan jalan rel 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 Indeks Kualitas Jalan Rel (TQI) ditetapkan sebagai acuan dalam penetapan target dan konsistensi keandalan hasil perawatan jalur kereta api, sehingga efek yang diharapkan dari penetapan perawatan jalur kereta api adalah meningkatnya keselamatan perkeretaapian. 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. Pengukuran kualitas jalan rel di Indonesia menggunakan kereta ukur. Hasil pengukuran dari kereta ukur itu sendiri berupa

angka yang dapat memberikan informasi kualitas jalan rel yang dilewati pada suatu wilayah Daerah Operasi. Angka tersebut dibedakan menjadi 4 kategori yaitu kategori baik sekali, baik, sedang dan jelek seperti yang ditampilkan dalam **Tabel 2**.

Track Quality Index (TQI) sendiri terdiri dari 4 parameter pengukuran yaitu lebar spur, angkatan, listringan dan pertinggian.

Kerusakan pada balas bisa diakibatkan dari jenis batuan yang digunakan tidak memenuhi persyaratan, seperti gradasi batuan, bentuk batuan, tingkat kekerasan batuan, dan sifat pelapukan batuan. Memadatnya susunan butiran balas berakibat menurunnya permukaan balas. Hal ini juga bisa berakibat fatal terhadap kedudukan bantalan, sehingga akan mempengaruhi terhadap ketinggian dan jarak rel (wahyudi, 1993). Demikian juga balas akan mengalami perubahan ketebalan balas akibat distribusi tekanan yang diterima (J.Ali Zakeri, 2016). Berdasarkan permasalahan di atas, maka perlu diadakanya penelitian pengaruh penurunan balas dengan melihat perbedaan ketebalan balas terhadap kualitas trek (TQI). Sehingga dengan diketahuinya penurunan balas bisa mempengaruhi nilai TQI, maka kedepanya dalam perawatan jalan rel memperhatikan ketebalan balas pada trek yang memiliki nilai TQI tinggi (kategori jelek).

II. Metodologi Penelitian

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah lintas Wonokromo – Mojokerto. Diketahui lintas ini memiliki panjang trek ± 40 km dan memiliki lalu lintas. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juli 2019 sampai dengan bulan Januari 2020.

B. Metode Pengumpulan Data

1. Data Primer

Pengumpulan data primer pada penelitian ini dilakukan secara langsung di lokasi penelitian, dengan langsung mengukur tebal balas di lapangan (jalan rel/lintas wonokromo-Mojokerto). Dalam pengukuran tebal balas setiap segmen dibagi menjadi 5 (lima) titik survey kemudian diambil nilai rata-rata sebagai nilai tebal balas pada 1 (satu) segmen. Berdasarkan kelas jalan rel di Indonesia tebal balas telah ditetapkan sebesar 25 – 30 cm diukur dari bawah bantalan. Balas sendiri berfungsi untuk meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar, mengokohkan kedudukan bantalan

dan meluluskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air disekitar bantalan dan rel (PM. No.60 Tahun 2012).

2. Data sekunder

Adapun data sekunder dari penelitian ini adalah berupa data TQI yang diperoleh dari PT.Kereta Api Indonesia dan Kementerian Perhubungan (Ditjen Kereta Api). Data tersebut berupa data TQI pada KM 17 sampai dengan KM 57 yang dapat dilihat pada **Tabel 3. Track Quality Index (TQI)** sendiri terdiri dari 4 parameter pengukuran lebar spur, angkatan, listringan dan pertinggian. Selain parameter tersebut, selama pengukuran juga dicatat kecepatan operasional pengukuran. Pengambilan data ukur dilakukan secara

kontinyu sepanjang segment (200 m). Untuk angkatan, listringan dan pertinggian satu segment mewakili panjang 40 meter sedangkan untuk lebar spur satu segmen mewakili panjang 20 meter (kurniawan,2015). Nilai pada setiap kategori tersebut ditampilkan dengan satuan panjang milimeter.

Menurut Lubis, dkk (2020) Pengukuran 4 parameter TQI adalah sebagai berikut :

1. Lebar jalur, diukur dengan troli depan, tengah, dan belakang sejarak 20 meter.
2. Angkakan yang dimaksud adalah angkakan rata-rata memanjang. Nilai angkakan rel kanan dan kiri dihitung deviasinya sejarak 40 meter.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Jenis Kecelakaan Kereta Api (tahun 2008– 2018)

No	Jenis Kecelakaan	Tahun										
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	Tabrakan KA dengan KA	3	5	3	1	2	0	1	1	5	1	0
2	Anjlokkan	99	41	25	23	21	25	12	33	68	14	14
3	Banjir/longsor	8	8	6	1	2	6	1	2	0	0	0
4	Lain-lain	8	8	4	6	4	7	2	3	0	0	0
	Jumlah	126	69	42	33	31	39	16	16	16	16	16

Sumber : Ditjen Perkeretaapian, Kemhub 2014 dan 2018

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

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Standar Deviasi TQI Km 17 – KM 18.4

ANTARA	DARI KM	KE KM	KELAS	TQI	Pertinggian	Angkatan	Lestringan	Lb. Sepur
SGU-MR	17.000	17.200	2	17,56	4,1	5,5	5,9	2,1
SGU-MR	17.200	17.400	2	17,78	4,3	4,6	6,6	2,3
SGU-MR	17.400	17.600	2	17,78	4,4	4,8	6,4	2,2
SGU-MR	17.600	17.800	2	15,50	3,8	4,8	5,0	1,9
SGU-MR	17.800	18.000	2	16,42	3,9	5,7	5,1	1,7
SGU-MR	18.000	18.200	2	15,39	4,6	4,1	5,0	1,7
SGU-MR	18.200	18.400	2	14,59	3,5	4,7	4,6	1,8
SGU-MR	18.400	18.600	2	21,55	4,2	8,2	7,2	1,9

Sumber : PT. Kereta Api Indonesia, 2019

3. Listringan, diukur setiap jarak 40 meter untuk rel kanan dan rel kiri.
4. Perteinggian, dihitung dengan menggunakan rumus $S = g \times \sin\Phi$. Dimana S adalah superelevasi (perteinggian), g adalah jarak antara kepala rel, dan Φ adalah sudut kemiringan lengkung lintasan. **Gambar 1** menunjukkan ilustrasi perhitungan perteinggian.

C. Analisis Data

Tahap Analisis data pada penelitian ini diawali dengan perhitungan tebal balas dari hasil survei di lapangan. Kemudian perhitungan TQI, Setelah itu menggunakan analisis regresi linier sederhana yang dibantu dengan aplikasi SPSS untuk mengetahui besar pengaruh tebal balas terhadap TQI.

1. Perhitungan TQI

Pengambilan data ukur dilakukan secara kontinyu sepanjang segment (200 m). Untuk angkatan, listringan dan perteinggian satu segment mewakili panjang 40 meter. Sedangkan untuk lebar spur satu segment mewakili panjang 20 meter. Tiap segment dihitung nilai standar deviasinya. Segmentasi perhitungan ditunjukkan pada **Gambar 2**.

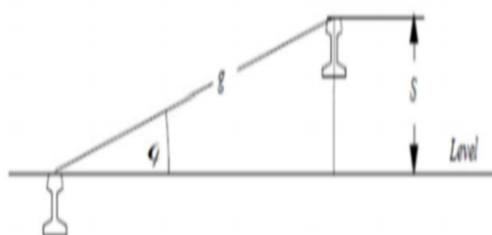
TQI = SD angkatan + SD listringan + SD lebar spur + SD perteinggian
contoh TQI KM 17 – 17,2

$$\text{TQI} = 4,1 + 5,5 + 5,9 + 2,1$$

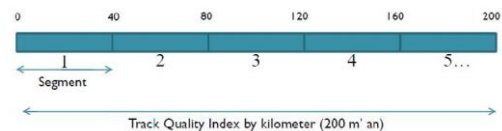
$$\text{TQI} = 17,56 (\text{TQI} \leq 20, \text{ baik sekali})$$

2. Analisis Regresi

Dalam analisa regresi dilakukan terlebih dahulu uji normalitas data untuk menentukan kelayakan analisa statistik menggunakan analisis regresi. Kemudian dilanjutkan Uji Korelasi, Uji Koefisien Determinasi, dan Uji Hipotesis menggunakan Uji t dan Uji signifikansi. Setelah tahap analisis dan pembahasan selesai dilakukan dilanjutkan tahapan akhir yaitu pengambilan kesimpulan dari penelitian ini.



Gambar 1. Ilustrasi Perhitungan Perteinggian



Sumber: Kurniawan W & Rulhendri, 2015

Gambar 2. Segmentasi perhitungan nilai TQI per 200 m

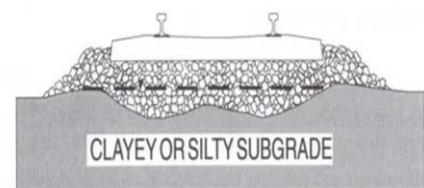
III. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran tebal balas eksisting dilakukan setelah dilaksanakan pengukuran TQI menggunakan kereta ukur dan sebelum dilakukan perbaikan atau perawatan balas, sehingga tebal balas dan data TQI yang dihasilkan kereta ukur valid. Pada **Gambar 3**, merupakan bentuk penurunan balas ataupun tebal balas yang berkurang. Beban yang dihantarkan tidak akan merata, sehingga tanah dasar pada tebal balas yang kurang akan menerima beban yang lebih besar dari keadaan sebelumnya. Hal ini akan menyebabkan tanah dasar mengalami penurunan dan membentuk kantong balas

Data pengukuran tebal balas pada **Tabel 4**, kolom a dan b menunjukkan segmen yang berjarak 200 m/segment, kolom c – g menunjukkan titik pengukuran sepanjang 200 m (per segmen/5 titik), dan kolom h menunjukkan tebal rata-rata dari 5 titik pengukuran tebal balas yang didapatkan persegmen. Dari hasil pengukuran tebal balas di atas diketahui tebal balas terendah adalah 27,00 cm terdapat di segmen 23,80 - 24,00 sedangkan tebal balas tertinggi adalah 45,22 cm terdapat di segmen 47,6 – 47,8.

1. Uji Normalitas Data

Uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah sampel yang digunakan mempunyai distribusi normal atau tidak. Pengujian normalitas data menggunakan *Test of Normality* Kolmogorov-Smirnov dalam program SPSS. Menurut literatur Sugiono (2007) jika Asymp. Sig > 0,05 maka distribusi dari model regresi adalah normal sedangkan Asymp. Sig < 0,05 maka distribusi dari model regresi adalah tidak normal. Berdasarkan **Tabel 5** hasil Kolmogorov-Smirnov menunjukkan angka 1,302 dengan tingkat



Gambar 3. Ilustrasi Penurunan Balas

signifikansi sebesar 0,067 yang berarti Asymp. Sig. > 0.05 dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variabel telah terdistribusi secara normal.

2. Analisis Regresi

Untuk mengetahui besar pengaruh variabel independen (tebal balas) terhadap variabel dependen (TQI) digunakan analisis regresi linier sederhana, dengan **Persamaan 1** regresi:

$$Y = a + b.x + e \dots \dots \dots (1)$$

dengan Y adalah variabel dependen (Nilai TQI), a adalah nilai konstanta, b adalah koefisien regresi, x adalah variabel independen (Tebal bals), dan e adalah residual. Berdasarkan **Tabel 6** didapatkan persamaan regresi linier sederhana dalam **Persamaan 2** sebagai berikut:

$$Y = -87,220 + 2,91 X \dots \dots \dots (2)$$

Tabel 4. Contoh Hasil Pengukuran Tebal Balas

Dari KM	Ke KM	Tebal Balas Tiap Titik (cm)					Rata-Rata
		T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	
a	b	c	d	e	f	g	h
17,0	17,2	34,7	38,7	34,4	33,0	37,7	35,7
17,2	17,4	37,7	34,3	32,9	38,6	37,6	36,2
17,4	17,6	37,6	32,9	38,6	34,3	37,6	36,2
17,6	17,8	37,6	37,9	32,2	33,6	36,9	35,6
17,8	18,0	36,9	32,7	38,4	34,1	37,4	35,9
18,0	18,2	37,4	31,9	33,3	37,6	36,6	35,3

Dst.

Sumber: hasil pengukuran di lapangan

Tabel 5. Uji Normalitas (Kolmogorov-Smirnov Test)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
	Unstandardized Residual	
N		202,000
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	0,000
	Std. Deviation	1,613
Most Extreme Differences	Absolute	0,092
	Positive	0,092
	Negative	-0,053
Kolmogorov-Smirnov Z		1,302
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,067

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Sumber: hasil analisis (output SPSS)

Tabel 6. Hasil Analisis Regresi Linier Sederhana

Model	Unstandardized Coefficients		t	Sig
	B	Std. Error		
1 (Constant)	-87.220	2.990	-29.173	.00
1 Tebal Balas	2.910	.081	35.850	.00

Sumber: hasil analisis (output SPSS)

Dari persamaan linier sederhana tersebut dapat dijelaskan bahwa nilai konstanta sebesar -87,220 menunjukkan nilai TQI (Y) jika tebal balas (X) bernilai 0. Dapat diketahui pula Koefisien regresi 2,91 menunjukkan bahwa setiap ada kenaikan 1 cm untuk variabel tebal balas maka akan meningkatkan nilai variabel TQI sebesar 2,91.

3. Uji Korelasi

Analisis koefisien korelasi bertujuan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel tebal balas (X) dengan Variabel TQI (Y). Dari analisis regresi menggunakan SPSS diketahui nilai koefisien korelasi (R) yang diperoleh adalah sebesar 0,93. Nilai tersebut berada pada interval korelasi antara “0,80 – 1”. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang “sangat kuat” antara tebal balas (X) dengan TQI (Y).

Berdasarkan **Tabel 7.** diatas diketahui nilai koefisien korelasi (R) yang diperoleh adalah sebesar 0,93. Nilai tersebut berada pada interval korelasi antara “0,80 – 1”. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang “sangat kuat” antara tebal balas (X) dengan TQI (Y)

4. Analisis Koefisien Determinasi

Berdasarkan pada **Tabel 7.** koefisien determinasi atau R Square (R²) adalah 0,865. Untuk melihat seberapa besar kemampuan tebal balas dapat menjelaskan variabel Nilai TQI adalah:

$$\begin{aligned} KD &= r^2 \times 100\% \\ &= 0,865 \times 100\% = 86,5\% \end{aligned}$$

Jadi besar kemampuan variabel tebal balas dapat menjelaskan variabel Nilai TQI adalah 86,5%. Sisanya 13,5 % dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model regresi di atas.

5. Pengujian Hipotesis (Uji t dan Uji Sig)

Pada analisis hubungan tebal balas terhadap TQI di dapatkan hipotesis yaitu:

- Ho = Variabel X (tebal Balas) tidak berpengaruh terhadap variabel TQI (Y)
- Ha = Variabel X (tebal Balas) berpengaruh terhadap variabel TQI (Y)

Untuk menguji hipotesis diatas dilakukan uji-t dan uji tingkat signifikansi, dimana uji hipotesis tersebut dikategorikan sebagai berikut (Sugiyono, 2007),:

- Tolak Ho dan terima Ha jika nilai t hitung > t tabel dan signifikansi < 0,05
- Tolak Ha dan terima Ho jika nilai t hitung < t tabel dan signifikansi > 0,05

Berdasarkan output SPSS pada **Tabel 6.** didapatkan nilai t hitung yaitu 35,85 sedangkan t tabel sebesar 1,97190 (t hitung > t tabel) , sedangkan tingkat signifikansi (sig) = 0,0000 (sig < 0,05) maka dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh yang signifikan antara variabel tebal balas (X) terhadap variabel TQI (Y).

IV. Kesimpulan

Dari hasil analisis pengaruh tebal balas terhadap *Track Quality indeks* menggunakan SPSS pada lintas Wonokromo – Mojokerto, tepatnya yaitu pada KM 17 sampai dengan KM 57. Dihasilkan persamaan regresi $Y = -87,220 + 2,91 X$. Dari hasil pengukuran tebal balas eksisting di lapangan didapatkan yang terendah 34,4 cm dan tertinggi 45,3 cm.

Dengan penurunan tebal balas 34,4 cm didapatkan nilai TQI 12,9 masuk kategori Kelas 1 (TQI ≤ 20), dan Dengan penurunan tebal balas 45,3 cm dihasilkan nilai TQI 44,6 masuk kategori kelas 3 (35 < TQI ≤ 50).

Dari hasil perhitungan persamaan regresi Pengaruh Tebal Balas terhadap Nilai *Track Quality Indeks* (TQI), yaitu; Tebal balas mempunyai pengaruh yang signifikan dan mempunyai hubungan yang linier positif terhadap *Track Quality Indeks* (TQI), dari hasil tersebut menunjukkan :

- Apabila semakin tinggi tebal balas maka semakin tinggi juga nilai TQI, dan sebaliknya apabila tebal balas rendah maka nilai TQI akan bernilai rendah.
- Semakin besar penurunan balas atau ketebalan balas yang terjadi maka akan membuat kualitas jalan rel atau *Track Quality Indeks* (TQI) berkurang (jelek).

Tabel 7. Analisis R Square

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.93 ^a	.865	.865	1.61719

a. Predictors: (Constant), Tebal Balas

Sumber: hasil analisis (output SPSS)

V. Saran

Dari hasil kesimpulan terhadap penelitian pengaruh tebal balas terhadap *Track Quality Index* (TQI), penulis menyarankan untuk memperhatikan perubahan ketebalan balas dalam mengevaluasi kualitas jalan rel yaitu *Track Quality Index* (TQI). Sehingga dalam pemeliharaan jalan rel untuk segmen yang mempunyai nilai TQI besar (kategori jelek) diberikan perawatan balas.

Ucapan Terima Kasih

Penulis sampaikan terimakasih kepada PT. Kereta API Indonesia khususnya DAOP 8 dan juga Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa timur yang sudah memberikan bantuan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Daftar Pustaka

- Askarinejad, H, (2017) '*Influences of Track Structure, Geometry and Traffic Parameters on Railway Deterioration*',
- Indar Dyni,dkk.2020. *Penilaian Track Quality Index (TQI) berdasarkan Standar Perkeretaapian Indonesia (Studi Kasus : Cirebon-Cikampek)*. Jurnal Aplikasi Teknik Sipil.Vol 18,
- Direktorat Jenderal Perkeretaapian, "Laporan Tahunan 2014," Jakarta, 2014.
- Direktorat Jenderal Perkeretaapian, "Laporan Tahunan 2018," Jakarta, 2018.
- Jabbar Ali Zakeri, Seyed Ali Mosayebi,(2016),*Study Of Ballast Layer Stiffness In Railway Track*
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia ,(2012) Peraturan Menteri Perhubungan No, 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api
- Kurniawan, Wahyu,(2015), Tinjauan Volume Pemeliharaan Tahunan Jalan Rel Berdasarkan Hasil Track Quality Index (TQI) (Studi kasus: Lintas Manggarai - Bogor),Jurnal RekayasaASTONJADRO.
- Lubis, Dkk. 2020. Penentuan Rekomendasi Standar Track Quality Index (TQI) untuk Kereta Semcepat. Jurnal Aplikasi Teknik Sipil.Vol 18, Nomor 1.
- Malkhamah, Siti., Murwono, Djoko., Wiarco , Yuwono., Muthohar, Imam. Analisis Kapasitas Jalur Dan Kecelakaan Kereta Api. The 17th FSTPT International Symposium, Jember University, 22-24 August 2014.
- Rosyidi, (2015), Rekayasa Jalan Kereta Api Indonesia, Lembaga Penelitian, Publikasi dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (LP3M UMY) 2015,
- Sadeghi, J Hasheminezhad, A Kaboli, Essmayil,(2017), Investigation of the Influences of Track Superstructure Parameters on Ballasted Railway Track Design, Civil Engineering Infrastructures Journal, 157-174
- Sugiyono,(2007), Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D, *Bandung: Alfabeta*,
- Wahyudi,herman,(1993),Jalan Kereta Api, Fakultas Teknik Sipil ITS,Surabaya.