TESIS

ANALISIS PENGARUH TEBAL BALAS TERHADAP NILAI INDEKS KUALITAS TRACK (TQI) LINTAS WONOKROMO – MOJOKERTO

UNTUNG SUBARKAH

NRP 03111 8500 80007

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Hera Widyastuti, M.T.,Ph.D

Dr. Catur Arif P., S.T.M.Eng

PROGRAM MAGISTER

BIDANG KEAHLIAN TEKNIK DAN MANAJEMEN JALAN REL

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (M.T.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Untung Subarkah

NRP: 03111850080007

Tanggal Ujian: 25 Juni 2020

Periode Wisuda: September 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing:

1. Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D ……...

   NIP. 19600828 198701 2 001

2. Dr. Catur Arif P, S.T., M.Eng ……...

   NIP. 19700708 199802 1 001

Penguji:

1. Data Iratana, S.T., M.T., Ph.D ……

   NIP. 19800430 200501 1 002

2. Dr. Arie Dipareza Syafei, S.T. MEPM …….

   NIP. 19820119200501 1 001

Kepala Departemen Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian

Dr. Ir. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

NIP. 19721202 199802 1 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	:	Untung Subarkah
Program Studi	:	Teknik Sipil
NRP.	:	03111850080007

Dengan ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tesis saya dengan judul :

"**Analisis Pengaruh Tebal Balas Terhadap Nilai Indeks Kualitas Track (TQI) Lintas Wonokromo – Mojokerto**"

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 7 Agustus 2020

Yang Membuat Pernyataan,

Untung Subarkah

NRP.03111850080007

"Halaman Sengaja Dikosongkan

ANALISIS PENGARUH TEBAL BALAS TERHADAP NILAI INDEK KUALITAS TRACK (TQI)

Nama Mahasiswa : Untung Subarkah
NRP : 03111850080007
Jurusan : S2 Teknik dan Manajemen Jalan Rel
Dosen Pembimbing :1. Ir. Hera Widyastuti, MT.,Ph.D
2. Dr. Catur Arif P., S.T.M.Eng

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 strukrur jalan rel. Aspek tersebut adalah strukur atas jalan rel, struktur bawah jalan rel dan struktur geometri jalan rel. Pada perekeretaapian 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 analisis 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 pada jalur Wonokromo – Mojokerto.

Kata Kunci : jalan rel, struktur bawah, balas, indeks kualitas track

"Halaman Sengaja Dikosongkan

ANALYSIS EFFECT OF THICK BALLAST ON TRACK QUALITY INDEX VALUE (ROUTE WONOKROMO – MOJOKERTO)

Student Name	**: Untung Subarkah**
NRP	**: 03111850080007**
Department	**:Master Program of Railway Management and Engineering**
Supervisor	**:1. Ir. Hera Widyastuti, MT.,Ph.D**
	2. Dr. Catur Arif P., S.T.M.Eng

Abstract

In Operational Area 8 Surabaya there are several railway lines, one of which is the Wonokromo - Mojokerto line. This line has a frequency of train traffic that is quite dense because it includes the connecting lane south. This will affect the quality on the wonoromo – mojokerto track . To assess railroad damage can be seen from several aspects in the structure of the railway . super structure of the railway, the sub structure of the railway and the geometrical structure of the raiway. In Indonesian railway maintenance uses aspects of the railroad geometry consisting of several parameters (force, electricity, rail width, and height) as a basis for assessing the quality of the railway. In this study will analyze the influence of the structure under the railway tracks that is the thickness of the ballast on the Track Quality Index (TQI). In the analysis of the results of the calculation of the railway quality index will be examined changes in ballast thickness that occur on each track that has a low or poor TQI value. From the results of the analysis, thickness changes that occur in ballast affect the value of the track quality index on the wonokromo - mojokerto track

Keywords: railway, substrucyure, ballast, Track Quality Index (TQI),

"Halaman Sengaja Dikosongkan

DAFTAR ISI

COVER I
ABSTRAK I
ABSTRACT III
DAFTAR ISI V
DAFTAR GAMBAR VIII
DAFTAR TABEL IX
KATA PENGANTAR XI
BAB 1PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 4
1.3. Tujuan Penelitian 4
1.4. Manfaat Penelitian 4
1.5. Pembatasan Masalah 5
1.6. Lokasi Penelitian 5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI ***7***
2.1. Umum 7
2.2. Studi Terdahulu 7
2.3. Struktur Jalan Rel 8
2.3.1. Struktur Atas Jalan Rel 9
2.3.1.1 Rel 9
2.3.1.2 Penambat 10
2.3.1.3 Bantalan 10
2.3.2. Struktur bawah jalan rel 10
2.3.2.1. Balas 10
2.4. Geometri Jalan Rel 13
2.4.1. Kereta Ukur Jalan Rel 18

2.4.1.1. Parameter Track Quality Indeks (TQI) 19

2.4.1.2. Hasil Pengukuran 20

2.5. Analisis Regresi Pengaruh Tebal Balas Terhadap Parameter TQI 22

2.5.1. Analisis Regresi 22

2.5.2. Analisis Korelasi 23

2.5.3. Koefisien Determinasi 23

2.5.4. Uji Hipotesis 24

2.5.5. Uji Normalitas 25

BAB 3 METODOLOGI STUDI *27*

3.1. Umum..... 27

3.2. Diagram Alir Penelitian 27

3.3. Langkah Penelitian 29

3.3.1. Tahap Persiapan 29

3.3.2. Tahap Identifikasi Masalah 29

3.3.3. Studi Pustaka 30

3.3.4. Pengumpulan Data 30

3.3.4.1. Penentuan Sampel 30

3.3.4.2. Data Primer 31

3.3.4.3. Data Sekunder 31

3.3.5. Analisis Data 32

3.3.5.1. Analisis Perubahan Balas 32

3.3.5.2. Analisis Setiap Parameter TQI 32

3.3.5.3. Perhitungan Track Kualitas Indek (TQI) 33

3.3.5.4. Analisa Regresi hubungan tebal balas dengan nilai Track Quality Index (TQI) 33

BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN ***37***

4.1. Umum. 37

4.2. Pengolahan Data TQI 37

4.2.1. Perhitungan Nilai TQI 38
4.3. Pengkuran Tebal Balas 39
4.3.1. Penentuan Sample 39
4.4. Analisis Regresi..... 41
4.4.1. Analisis Regresi Pengaruh Tebal Balas Terhadap Tiap Parameter TQI 41
4.4.1.1. Tebal Balas Terhadap Listringan 41
4.4.1.2. Tebal Balas Terhadap Angkatan 44
4.4.1.3. Tebal Balas Terhadap Pertinggian 47
4.4.1.4. Tebal Balas Terhadap Lebar Sepur 49
4.4.2. Analisis Regresi Pengaruh Tebal Balas Terhadap TQI 52
4.4.3. Analisis Regresi Pengaruh Parameter TQI Terhadap Tebal Balas..... 55
4.5. Pembahasan Hasil Analisis 59
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN *63*
5.1. Kesimpulan..... 63
5.2. Saran 64
DAFTAR PUSTAKA 65
BIODATA PENULIS 66
LAMPIRAN 1 68
LAMPIRAN 2 79
LAMPIRAN 3 88
OUTPUT SPSS 89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Penelitian 5

Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Penelitian 28

Gambar 4. 1 Kereta Ukur EM-120 37

Gambar 4. 2 Pengukuran Tebal Balas 39

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tebal dan Lebar Balas pada Lebar Jalan Rel 1067 mm. 12

Tabel 2. 2 Tebal dan Lebar Balas pada Lebar Jalan Rel 1435 mm 13

Tabel 2. 3 Syarat Kelandaian 14

Tabel 2. 4 Syarat Jari - Jari Minimum Lengkung Lingkaran 15

Tabel 2. 5 Syarat Jari-Jari Minimum Lengkung Lingkarang Vertikal 16

Tabel 2. 6 Besar Pelebaran Jalan Rel untuk 1067 mm. 17

Tabel 2. 7 Besar Pelebaran Jalan Rel untuk 1435 mm. 17

Tabel 2. 8 Contoh Hasil kereta ukur 21

Tabel 2. 9 Standar nilai Track Quality Index (TQI) 22

Tabel 2.10 Tabulasi Penelitian Terdahulu.....29

Tabel 4. 1 Data Track Quality Indeks Kereta Ukur 38

Tabel 4. 2 Hasil Survey Lapangan Pengukuran Tebal Balas 40

Tabel 4. 3 Hasil Analisis Koefisien Regresi (Tebal Balas – Listringan) 41

Tabel 4. 4 Uji Normalitas (Tebal Balas – Listringan) 42

Tabel 4. 5 Hasil analisis Korelasi ((Tebal Balas – Listringan) 43

Tabel 4. 6 Hasil Analisis Koefisien Regresi (Tebal Balas – Angkatan) 44

Tabel 4. 7 Uji Normalitas (Tebal Balas – Angkatan) 45

Tabel 4. 8 Hasil Analisis Keofisien Korelasi (Tebal Balas - Angkatan) 45

Tabel 4. 9 Hasil Analisis Koefisien Regresi (Tebal Balas – Pertinggian) 47

Tabel 4. 10 Uji Normalitas (Tebal Balas – Pertinggian) 47

Tabel 4. 11 Hasil Analisis Koefisien Korelasi (Tebal Balas – Pertinggian) 48

Tabel 4. 12 Hasil Analisi Koefisien Regresi (Tebal Balas – Lebar Sepur)..... 50

Tabel 4. 13 Uji Normalitas (Tebal Balas – Lebar Sepur)..... 50

Tabel 4. 14 Hasil Analisis Koefisien Korelasi (Tebal Balas – Lebar Sepur)..... 51

Tabel 4. 15 Hasil Analisis Koefisien Regresi (Tebal Balas – TQI) 52

Tabel 4. 16 Uji Normalitas (Tebal Balas – TQI)..... 53

Tabel 4. 17 Hasil Analisis Keofsien Korelasi (Tebal Balas - TQI)..... 54

Tabel 4. 18 Hasil Analisis Koefisien Regresi (Parameter TQI- Tebal Balas)..... 55

Tabel 4. 19 Uji Normalitas (Parameter TQI – Tebal Balas) 56

Tabel 4. 20 Analisis Koefisien Determinasi..... 56

Tabel 4. 21 Hasil Analisa Uji F 58

Tabel 4. 22 Rekapitulasi Hasil Regresi Linier Sederhana 59

Tabel 4. 23 Perbandingan Analisis Regresi Sederhana Dengan Regresi Linier Berganda (Uji T Dan Uji Sig) 61

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan mengucap puji syukur kepada Allah SWT atas segala karunia, rahmat, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Thesis yang berjudul "*Studi Analisis Pengaruh Ketebalan Balas terhadap Nilai Indeks Kualitas Track (lintas wonokromo – mojokoerto)"*.

Dalam proses penyusunan Thesis, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Keluarga tercinta, khususnya istri dan anak-anaku yang telah memberi dukungan yang tak terhingga sehingga bisa menyelesaikan Thesis.
2. Ibu Ir. Hera Widyastuti, MT.,Ph.D selaku dosen pembimbing, serta dosen wali kelas Teknik Manajemen Jalan Rel angkatan 2018 yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan Thesis.
3. Bapak Dr. Catur Arif P., S.T.M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan dalam penyusunan Thesis ini.
4. Teman-teman S-2 Prodi Teknik Manajemen Jalan Rel Departemen Teknik Sipil ITS 2018 lainnya, terima kasih atas semangat yang telah diberikan.
5. Semua pihak terkait yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi sempurnanya penyusunan tulisan ini. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan semua pihak.

Surabaya, Juni 2020

Penulis

"Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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. Pemerintah melalui kementerian perhubungan memfokuskan pada pengembangan pembangunan angkutan transportasi massal yaitu kereta api. Kereta api dipilih karena memiliki banyak keunggulan dibanding moda transportasi lainya. Keunggulan tersebut antara lain memiliki kapasitas angkut massal, waktu tempuh yang lebih pasti, hemat bahan bakar. Selain itu juga menghasilkan emisi gas buang yang rendah, serta tujuan pemberhentian yang bisa menjangkau pusat-pusat perekonomian diseluruh wilayah. Pulau jawa sebagai pulau terpadat di Indonesia merupakan salah satu wilayah yang memiliki jaringan kereta api terbesar di Indonesia. Dalam penyelenggaraanya kereta api di Indonesia dibagi dalam beberapa Daerah operasional (DAOP), salah satunya yaitu Daop 8 Surabaya.

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. Hal ini menjadi perhatian penting oleh operator KA 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. Dalam penetapan standar perawatan jalur kereta api

diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 32 Tahun 2011 Tentang Persyaratan Standar Dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian. Standar keandalan merupakan kriteria yang ditetapkan untuk menjamin kinerja dari jalur sesuai desain yang diinginkan dan dapat mempertahankan kinerja tersebut sampai dengan periode waktu perawatan yang diharapkan atau ditetapkan sesuai kelas jalurnya.

Untuk meningkatkan keandalan jalan rel terdapat beberapa metode untuk meningkatkan kualitas jalan rel melalui perawatan jalur kereta api. Perawatan jalur kereta api membutuhkan biaya yang tinggi dalam pengelolaanya. Hal ini disebabkan oleh banyaknya parameter yang mempengaruhi laju degradasi lintasan. Namun, industri kereta api berusaha meningkatkan produktivitas tim perawatannya melalui pengawasan yang lebih efektif terhadap kerusakan lintasan (selig,1993). Menurut literatur (askarinejad, 2007) untuk mencari kerusakan lintasan ada beberapa aspek, yaitu:

- Aspek struktur bawah rel :
- Aspek struktur atas rel
- 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. Pada aspek struktur atas rel kerusakan lintasan dipengaruhi oleh pasing tonase, kecepatan rata-rata, jenis sambungan rel, dan kualitas tanah dasar. Pada aspek geometrik jalan rel kerusakan lintasan berdasarkan parameter yang terdapat pada indeks kualitas gemetrik (TQI) (askarinejad,2007). 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 berup 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. Metode pengukuran ini disebut Track Quality Index (TQI). Track Quality Index (TQI) sendiri terdiri dari 4 parameter pengukuran lebar spur, angkatan, listringan dan pertinggian.

Struktur bawah jalan rel merupakan seluruh komponen jalan rel yang berada dibawah bantalan. Salah satunya yaitu balas yang 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 Thun 2012). Balas harus mempunyai ketebalan yang cukup untuk menahan trak pada posisinya dan mencegah beban lalu lintas mendistorsi tanah dasar, sedangkan agregat dibawah bantalan harus cukup kuat untuk menahan abrasi dan degradasi yang disebabkan beban lalu lintas yang terus menerus. Balas akan mengalami perubahan ketebalan balas akibat distribusi tekanan yang diterima (J.Ali Zakeri,2016). Berdasarkan tipe kelas jalan rel, tebal balas di perkeretaapian Indonesia menggunakan ketebalan 25 – 30 cm diukur dari bawah bantalan. 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). Berdasarkan permasalahan diatas, maka perlu diadakanya penelitian pengaruh penurunan balas dengan melihat perbedaan ketebalan balas terhadap kualitas track (TQI). Dalam penelitian ini penilaian Indek Kualitas Track (TQI) dihitung dengan menggunakan standar perkeretaapian Indonesia.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang penelitian, diketahui bahwa suatu struktur jalan rel yaitu balas bisa mengalami penurunan, sehingga mengakibatkan penuruan balas. Penuruna tebal balas yang akan mempengaruhi kondisi struktur atasnya. Sedangkan kualitas jalan rel (TQI) di Indonesia hanya berdasarkan geometrik jalan rel (lebar spur, angkatan, listringan dan pertinggian), maka dari hal tersebut didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil analisis kualitas track indek (TQI) jalan rel pada lintas tersebut dengan standar perkeretaapian Indonesia ?
2. Bagaimana pengaruh tebal balas pada setiap parameter nilai indeks kualitas track (TQI) jalan rel?
3. Bagaimana pengaruh tebal balas terhadap nilai TQI jalan rel?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui hasil analisis Track Quality Indek (TQI) jalan rel pada lintas tersebut dengan standar perkeretaapian Indonesia.
2. Mengetahui pengaruh tebal balas pada setiap parameter nilai Indeks Kualitas Track (TQI) jalan rel?
3. Mengetahui pengaruh tebal balas terhadap nilai TQI jalan rel

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Memberikan dan menambahkan wawasan mengenai Indeks Kualitas Jalan rel/*Track Quality Index* (TQI) berdasarkan standar Perkeretaapian Indonesia.
2. Dapat dijadikan acuan bagi penyelenggara prsarana dalam melaksanakan perawatan jalan rel untuk menentukan kualitas jalan rel.

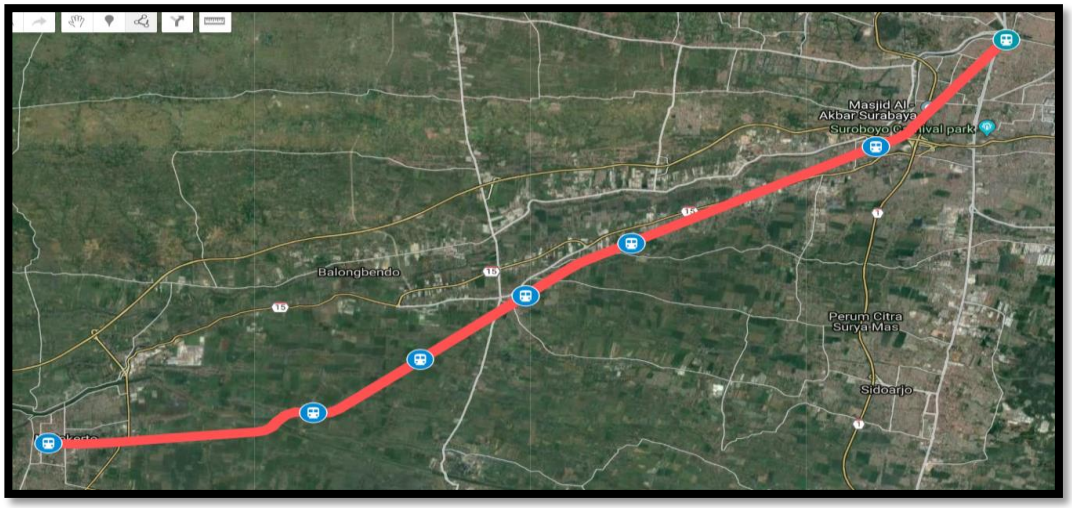
1.5. Pembatasan Masalah

Penelitian ini akan dibatasi oleh beberapa parameter. Parameter tersebut adalah :

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada lintas Wonokromo – Mojokerto
2. Analisa kualitas track indek (TQI) jalan rel hanya menggunakan parameter yang ada di Indonesia.
3. Penelitian ini hanya menganalisa pengaruh penurunan balas balas terhadap nilai indeks kualitas track (TQI)
4. Penelitian ini hanya menganalisa pada struktur balas.
5. Penelitian ini tidak memperhitungkan daya dukung tanah.
6. Penelitian ini tidak memperhitungkan pembebanan yang terjadi pada jalan rel.

1.6. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah lintas Wonokromo – Mojokerto. Diketahui lintas ini memiliki panjang track ± 40 km dan memiliki lalu lintas .



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian

(Sumber : google my maps, Diakses tanggal 15 Mei 2019)

"Halaman Sengaja Dikosongkan"

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Umum

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai landasan teori yang digunakan dalam penyusunan thesis ini. Teori ini didapat dari berbagai sumber baik dalam bentuk, jurnal penelitian, peraturan pemerintah, dan thesis yang berasal dari dalam negeri maupun luar negeri. Akan dijelaskan teori dari setiap permasalahan serta konsep dalam penelitian ini meliputi; tata cara menghitung nilai indeks kualitas track (TQI) menggunakan standar perkeretaapian Indonesia, komponen struktur jalan rel, khususnya material balas.

2.2. Studi Terdahulu

Menurut Askarinejad (2007) dalam penelitianya untuk mencari kerusakan lintasan ada beberapa aspek, yaitu: Aspek struktur bawah rel; Aspek struktur atas rel; 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. Pada aspek struktur atas rel kerusakan lintasan dipengaruhi oleh pasing tonase, kecepatan rata-rata, jenis sambungan rel, dan kualitas tanah dasar. Pada aspek geometrik jalan rel kerusakan lintasan berdasarkan parameter yang terdapat pada indeks kualitas gemetrik (TQI). Menurut Kurniawan (2015) dalam penelitianya menyebutkan hasil pengukuran dari kereta ukur 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. Metode pengukuran ini disebut *Track Quality Index (TQI)*. *Track Quality Index (TQI)* sendiri terdiri dari 4 parameter pengukuran lebar spur, angkatan, listringan dan pertinggian. Berdasarkan hasil TQI tersebut digunakan untuk menentukan petak jalan rel yang memerlukan pemeliharaan geometri jalan rel per tahun.

Menurut Zakeri (2016) dalam jurnal penelitianya dijelaskan bahwa ketebalan balas minimum di bawah bantalan adalah 30 cm, dan jarak antara

bantalan adalah 60 cm. Untuk kereta api kecepatan tinggi direkomendasikan ketebalan lapisan balas minimum 40 cm. Namun disarankan ketebalan balas setidaknya 45 cm untuk memberikan resistensi yang tepat untuk perpindahan lateral. Menurut Sadeghi (2015) dalam penelitianya penurunan jalur KA dibagi menjadi 2 (dua) aspek yaitu penurunan track dari aspek struktur jalan rel dan geometrik jalan rel, dimana pada aspek struktur terdiri dari passing tonnase, kecepatan KA, karakteristik balas, tipe rel. Dalam penelitian tersebut menghasilkan bahwa indeks balas berhubungan linier dengan track Quality Index (TQI). Semakin besar nilai BI semakain besar juga nilai TQI, dimana BI (*Balasst Index*) nilainya semakin besar semakin tidak baik. nilai BI didapatkan dari perhitungan indeks agregat material balas (AI), kondisi balas (BC), kondisi drainase (DF). Ketebalan balas berhubungan liner dengan jarak bantalan, semakin lebar jarak bantalan maka semakin tebal balas yang dibutuhkan dan juga sebaliknya. Akibat adanya perubahan penurunan balas sehingga mempengaruhi geomterik jalan rel, maka perlu dilakukan pengukuran kualitas jalan rel. Dalam penelitian sebelumnya disebutkan dalam mencari hubungan antara variabel TQI dan kecepatan menggunakan metose statistika dengan alat bantu software SPSS. 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 (lubis, 2020)

Dari penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Jurnal penelitian yang terdahulu digunakan sebagai bahan acuan dalam pemilihan judul penelitian ini.

2.3. Struktur Jalan Rel

Konstruksi jalan rel merupakan suatu sistem struktur yang menghimpun komponen-komponennya seperti rel, bantalan, penambat dan lapisan fondasi serta tanah dasar secara terpadu dan disusun dalam sistem konstruksi dan analisis tertentu untuk dapat dilalui kereta api secara aman dan nyaman. Perencanaan kontruksi jalan rel harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis. Secara teknis kontruksi jalan

rel harus dapat dilalui oleh sarana perkeretaapian dengan aman dengan tingkat kenyamanan tertentu. Secara ekonomis pembangunan dan pemeliharaan kontruksi jalan rel dapat diselenggarakan secara effisien serta tetap menjamin keamanan dan kenyamanan. Kontruksi jalan rel kereta api terdiri dari struktur atas dan struktur bawah (PM.No 60 Tahun 2012). Struktur jalan rel dibagi ke dalam dua bagian struktur yang terdiri dari kumpulan komponen-komponen jalan rel yaitu :

- Struktur bagian atas, atau dikenal sebagai superstructure yang terdiri dari komponen-komponen seperti rel (rail), penambat (fastening) dan bantalan (sleeper).
- 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 di bawah 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).

2.3.1. Struktur Atas Jalan Rel

Struktur atas jalan rel terdiri dari komponen-komponen seperti rel, penambat, dan bantalan. dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi dan keserasian dengan lingkungan sekitarnya.

2.3.1.1 Rel

Rel merupakan batangan baja longitudinal yang berhubungan secara langsung, dan memberikan tuntunan dan tumpuan terhadap pergerakan roda kereta api secara berterusan. Oleh karena itu, rel juga harus memiliki nilai kekakuan tertentu untuk menerima dan mendistribusikan beban roda kereta api dengan baik.

2.3.1.2 Penambat

Bagian struktur atas ini berfunngsi untuk menghubungkan diantara bantalan dengan rel digunakan suatu sistem penambat yang jenis dan bentuknya bervariasi sesuai dengan jenis bantalan yang digunakan serta klasifikasi jalan rel yang harus dilayani

2.3.1.3 Bantalan

Bantalan memiliki fungsi yang sangat penting dalam suatu konstruksi jalan rel, yaitu:

- Menerima beban dari rel dan mendistribusikannya kepada lapisan balas dengan tingkat tekanan yang kecil,
- Mempertahankan sistem penambat untuk mengikat rel pada kedudukannya, dan menahan pergerakan rel arah longitudinal, lateral dan vertikal.

2.3.2. Struktur bawah jalan rel

Kontruksi struktur bawah jalan rel terdiri dari: Balas, subbalas, dan tanah dasar. lapisan Dalam permasalahan yang terjadi di jalan rel kereta api salah satunya yaitu berupa penurunan track yang diakibatkan kerusakan pada komponen struktur bawah jalan rel (balas).

2.3.2.1. Balas

Berdasarkan Peraturan Dinas No.10 tahun 1986 lapisan balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tengangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentukanya harus sangat terpilih.

1. Fungsi Balas

Balas mempunyai fungsi yaitu (wahyudi, 1993):

- Meneruskan beban dari bantalan-bantalan rel menuju ke area yang lebih luas yaitu subgrade (tubuh jalan)
- Untuk menahan atau mengikat spoor (track) sebaik-baiknya

- Menahan gerakan-gerakan longitudinal, lateral, dynamic dan vibrating loads dari kereta yang bergerak.
- Meningkatkan elastisitas track
- Meningkatkan kenyamanan perjalanan dari dari penumpang
- Memperbaiki drainase dari track
- Memudahkan penyesuaian letak spoor (track) pada letaknya yang tepat
- Memelihara track aligment

2. Standard Dan Karakteristik Material Balas

Kirtieria material pembentuk balas mempunyai persyaratan sebagai berikut (PM.60 Tahun 2012):

- Balas harus terdiri dari batu pecah (25 - 60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan.
- Material balas harus bersudut banyak dan tajam.
- Porositas maksimum 3%.
- Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm2.
- Specific gravity minimum 2,6.
- Kandungan tanah, lumpur dan organik maksimum 0,5%.
- Kandungan minyak maksimum 0,2%.
- Keausan balas sesuai dengan test Los Angeles tidak boleh.
- lebih dari 25%.

3. Bentuk dan ukuran lapisan Balas atas

Berdasarkan Peraturan Dinas No.10 Tahun 1986 bentuk dan ukuran lapisan balas mempunyai persyaratan sebagai berikut:

- Tebal lapisan balas atas adalah seperti yang tercantum pada klasifikasi jalan rel Indonesia.
- Jarak dari sumbu jalan rel ke tepi atas lapisan balas atas adalah:

$b > \frac{1}{2} L + x$ .....(2.1)

Dimana : L = panjang bantalan (cm)

X = 50 cm untuk kelas I dan II

= 40 cm untuk kelas III dan IV

= 35 untuk kelas V

- Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1:2.
- Bahan balas atas dihampar hingga mencapai elevasi yang sama dengan elevasi bantalan
- Lebar ballast shoulders untuk singletrack jalan lurus dan lebar spoor 1067 mm sekitar 40-50 cm
- Kemiringan lereng balas untuk material pecah 1 : $1\frac{1}{2}$ minimum, sedangkan untuk material lainya 1 : 2 minimum

4. Tebal dan Lebar Balas

Berdasarkan tipe kelas jalan rel, tebal balas di perkeretaapian Indonesia menggunakan ketebalan 25 – 30 cm diukur dari bawah bantalan.

Tabel 2. 1 Tebal dan Lebar Balas pada Lebar Jalan Rel 1067 mm.

kelas jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Jenis Bantalan jarak antar sumbu bantalan(cm)	Tebal Balas atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
I	> 20.10^6	120	18	Beton 60	30	60
II	10.10^6 - 20.10^6	110	18	Beton/Kayu 60	30	50
III	5.10^6- 10.10^6	100	18	Beton/kayu/Baja 60	30	40
IV	$2,5.10^6$ - 5.10^6	90	18	Beton/kayu/Baja 60	25	40
V	<$2.5.10^6$	80	18	Kayu/Baja 60	25	35

(Sumber: PM.60 Tahun 2012)

Tabel 2. 2 Tebal dan Lebar Balas pada Lebar Jalan Rel 1435 mm

kelas jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Jenis Bantalan jarak antar sumbu bantalan(cm)	Tebal Balas atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
I	> 20.10^6	160	22,5	Beton 60	30	60
II	10.10^6 - 20.10^6	140	22,5	Beton 60	30	50
III	5.10^6- 10.10^6	120	22,5	Beton 60	30	40
IV	< 5.10^6	100	22,5	Beton 60	25	40

(Sumber : PM.60 Tahun 2012)

2.4. Geometri Jalan Rel

Dalam geometri jalan rel terdiri dari lebar sepur (jarak antar kepala rel terluar), pertinggian, angkatan dan listringan atau yang termasuk dalam parameter *Track Quality Index (*TQI). 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 EM-120 dan kereta ukur. Kereta ukur EM-120 beroperasi untuk mengevaluasi track di lintas Jawa, yang digunakan untuk mengukur kondisi geometri rel secara (Kurniawan, 2015).

Geomteri jalan rel harus direncanakan berdasarkan pada kecepatan serta ukuran kereta yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi dan keserasian dengan lingkungan sekitarnyaPersyaratan geometri harus di penuhi dalam kontruksi jalan rel, adapun syaratnya terdiri dari:

a) Lebar jalan rel

- Lebar jalan rel terdiri dari 1067 mm dan 1435 mm. Lebar jalan rel merupakan jarak minimum kedua sisi kepala rel yang diukur pada 0-14 mm dibawah permukaan teratas rel.

- Penyimpangan lebar jalan rel untuk lebar 1067 mm yang dapat diterima +2 mm dan -0 untuk jalan rel baru dan +4 mm dan -2 mm untuk jalan rel yang telah dioperasikan;
- Toleransi pelebaran jalan rel untuk lebar jalan rel 1435 mm adalah -3 mm dan +3 mm.

b) Kelandaian

- Persyaratan kelandaian yang harus dipenuhi meliputi persyaratan landai penentu, persyaratan landai curam dan persyaratan landau emplasemen.
- Landai penentu adalah suatu kelandaian (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus.
- Persyaratan landai penentu harus memenuhi persyaratan seperti yang dinyatakan pada berikut :

Tabel 2. 3 Syarat Kelandaian

Kelas jalan Rel	Landai Penentu Maksimum
1	10 %
2	10 %
3	20 %
4	25 %
5	25 %

(sumber : PM.60 Tahun 2012)

- Kelandaian di emplasemen maksimum yg diijinkan adalah 1,5 ‰.
- Dalam keadaan yang memaksa kelandaian (pendakian) dari lintas lurus dapat melebihi landai penentu.
- Apabila di suatu kelandaian terdapat lengkung atau terowongan, maka kelandaian di lengkung atau terowongan itu harus dikurangi sehingga jumlah tahanannya tetap.

c) Lengkung

Dalam geometri jalan rel lengkung dibagi menjadi lengkung horizontal dan vertikal, yaitu :

1) Lengkung horizontal

- Dua bagian lurus, yang perpanjangnya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkung-lengkung peralihan. Untuk berbagai kecepatan rencana, besar jari jari minimum yang diijinkan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel berikut :

Tabel 2. 4 Syarat Jari - Jari Minimum Lengkung Lingkaran

Kecepatan Rencana (Km/Jam)	Jari – jari minimum lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan(m)	Jari – jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung peralihan(m)
120	2370	780
110	1990	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350
70	810	270
60	600	200

(Sumber : PM.60 Tahun 2012)

- Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari-jari yang berubah beraturan. Lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang lurus dan bagian lingkaran dan sebagai peralihan antara dua jari-jari lingkaran yang berbeda. Lengkung peralihan dipergunakan pada jari-jari lengkung yang relatif kecil, seperti terlihat pada Tabel 2.2.
- Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus berikut:

L_n = 0,01 hV.....**(2.2)**

L_n = panjang minimum lengkung (m)

H = pertinggian relative antara dua bagian yang dihubungkan (mm)

V = kecepatan rencana untuk lengkung peralihan (km/jam)

- Lengkung S terjadi bila dua lengkung dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungnya terletak bersambungan dan harus memiliki transisi lurusan sekurang-kurangnya sepanjang 20 m di luar lengkung peralihan.
- Jari-jari lengkungan sebelum dan sesudah wesel untuk jalur utama haruslah lebih besar dari nilai-nilai yang ditetapkan berdasarkan kecepatan rencana pada wesel.

2) 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 dinyatakan dalam Tabel berikut:

Tabel 2. 5 Syarat Jari-Jari Minimum Lengkung Lingkarang Vertikal

Kecepatan Rencana (Km/Jam)	Jari –jari Minimum Lengkung Vertikal (m)
Lebih besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

(Sumber : PM.60 Tahun 2012)

- Pengukuran lengkung vertikal dilakukan pada titik awal peralihan kelandaian.
- Dua lengkung vertikal yang berdekatan harus memiliki transisi lurusan sekurang-kurangnya sepanjang 20 m.

d) Pelebaran jalan rel

- Perlebaran jalan rel dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan.

- Perlebaran jalan rel dicapai dengan menggeser rel dalam kearah dalam.
- Perlebaran jalan rel dicapai dan dihilangkan secara berangsur sepanjang lengkung peralihan.
- Besar perlebaran jalan rel dengan lebar jalan rel 1067 mm untuk berbagai jari-jari tikungan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 3-4.
- Besar perlebaran jalan rel dengan lebar jalan rel 1435 mm untuk berbagai jari-jari tikungan adalah seperti yang tercantum dalam Tabel

Tabel 2. 6 Besar Pelebaran Jalan Rel untuk 1067 mm.

Jari – Jari Tikungan (M)	Pelebaran (Mm)
R > 600	0
550 < R ≤ 600	5
400 < R ≤ 550	10
350 < R ≤ 400	15
100 < R ≤ 350	20

(Sumber : PM.60 Tahun 2012)

Tabel 2. 7 Besar Pelebaran Jalan Rel untuk 1435 mm.

Jari – Jari Tikungan (M)	Pelebaran (Mm)
R > 400	0
350 < R ≤ 400	5
300 < R ≤ 350	10
250 < R ≤ 300	15
R ≤ 250	20

(Sumber : PM.60 Tahun 2012)

- Pemasangan pelebaran jalan rel dilakukan mengikuti hal-hal berikut :
  1. Jika terdapat lengkung peralihan, maka pengurangan dilakukan sepanjang lengkung peralihan.
  2. Dalam hal tidak terdapat lengkung peralihan, maka pengurangan dilakukan sedapatnya dengan panjang pengurangan yang sama. Untuk yang tanpa peninggian rel, pengurangan dilakukan menurut panjang standar 5 m atau lebih diukur dari ujung lengkungan. Namun untuk lengkungan wesel maka panjang pengurangan ditentukan secara terpisah bergantung pada kondisi yang ada.

e) Peninggian rel

- Pada lengkungan, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi dari pada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta.
- Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel dalam pada tinggi semestinya dan rel luar lebih tinggi.
- Besar peninggian untuk lebar jalan rel 1067 mm pada berbagai
- Besar peninggian maksimum untuk lebar jalan rel 1067 mm adalah 110 mm dan untuk lebar jalan rel 1435 mm adalah 150 mm.

2.4.1. Kereta Ukur Jalan Rel

Kereta ukur digunakan untuk mengukur geometri jalur lintasan kereta api. Hasil pengukuran geometri akan tergantung pada kondisi material track. Kondisi material yang buruk akan mengurangi umur track dihitung dari tanggal pengukuran terakhir, sementara faktor dinamis lintasan akan mempengaruhi stabilitas perjalanan kereta api. Dari hasil pengukuran geometri dengan Kereta Ukur, nilai toleran geometri diberikan untuk memutuskan tindak lanjut pengukuran, apakah perlu melakukan pengurangan kecepatan track, perawatan langsung, atau rehabilitasi jalur rel kereta api. Ada beberapa nilai toleran yang diberikan di beberapa negara, dengan konsekuensinya adalah semakin kecil nilai toleransinya, semakin banyak biaya pemeliharaan. Saat ini, Kereta ukur yang digunakan oleh PT Kereta Api Indonesia (Persero) adalah EM120. Pengukuran geometri menggunakan kereta ukur akan menghasilkan beberapa parameter,

seperti lebar sepur, listringan, angkatan, pertinggian. Empat parameter tersebut kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan nilai TQI. TQI di Indonesia diklasifikasikan ke dalam 4 bagian dan dikonversi sebagai kondisi trek kategori I ke IV. Klasifikasi kategori kondisi lintasan dimaksudkan sebagai saran peningkatan dan penentuan kecepatan maksimum pada lintasan terkait (Rosyidi,2017)

2.4.1.1.Parameter Track Quality Indeks (TQI)

Berdasarkan Standar Perkeretaapian Indonesia, terdapat empat parameter yang digunakan dalam menghitung *Track Quality Index* diantaranya sebagai berikut :

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 mepet 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 standard deviasinya untuk setiap jarak 40 meter. Nilai TQI listringan dihitung berdasar rata-rata setiap interval 200 meter dengan memperhitungkan deviasi pengukuran yang terjadi.

2. Lebar Sepur

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

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 dihtiung standard deviasinya untuk setiap jarak 40 meter. Nilai TQI angkatan dihitung berdasar rata-rata rel-kanan dan rel-kiri untuk setiap interval 200 meter dengan memperhitungkan deviasi pengukuran yang terjadi.

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.

2.4.1.2.Hasil Pengukuran

Pengukuran kualitas jalan rel menggunakan kereta ukur akan menghasilkan data berupa nilai dari masing- masing parameter TQI. Adapun contoh hasil kereta ukur EM-120 bisa dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2. 1 Contoh Hasil kereta ukur

TANGGAL	ANTARA	KM	HM	KM	HM	DEVICE	PANJANG	TQI	PARAMETER			
									PERT.	ANGK. RT.	LEST. RT	LEB. SP
25.07. 2016	Jng-Mri	11	800	2	635	LRS	23	26,5	2,5	19,1	0	4,8
25.07. 2016	Jng-Mri	11	807	2	621	LRS	44	32,9	2,5	26,6	0	3,8
25.07. 2016	Jng-Mri	2	621	2	610	JPL	11	26,3	3,7	34,5	0	1,1
25.07. 2016	Jng-Mri	2	610	2	600	LRS	29	35,1	7	17,3	0	2
25.07. 2016	Jng-Mri	2	600	2	571	LRS	9	23,8	8,1	25,1	0	1,9

(Sumber : Laporan Kecelakaan KNKT 17.03.01.02 ,2017)

Nilai TQI dihitung berdasarkan standar deviasi dari masing-masing segmen. Perhitungan standar deviasi dirumuskan sebagai berikut (kurniawan,2015):

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma xi^2 - \frac{\Sigma xi^2}{n}}{n-1}} \quad \text{.....(2.3)}$$

dengan :

s = nilai standar deviasi

Σxi^2 = jumlah nilai x dikuadratkan

n = jumlah data, maka

TQI = Standar deviasi x TQI Multiplier

Nilai TQI diperoleh dengan cara mencari nilai standar deviasi yang terjadi pada masing-masing segment. Satu segment mempunyai 11 (sebelas) record yang mewakili parameter pertinggian, angkatan, listringan, dan lebar spur (kurniawan,2015).

Tabel 2. 2 Standar nilai Track Quality Index (TQI)

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

(Sumber : Wahyu Kurniawan 2015)

2.5. Analisis Regresi Pengaruh Tebal Balas Terhadap Parameter TQI

2.5.1. Analisis Regresi

Menurut buku pengantar statistik (widodo, 2017) Analisis regresi berganda merupakan perluasan dari analisis regresi linier sederhana. Dalam regresi linier sederhana, dibuat analisis hubungan dua variabel (satu variabel independent dengan satu variabel dependent) yang dinyatakan dengan persamaan linier Y' = a + bX, dengan tujuan membuat prediksi tentang besarnya nilai Y (variabel dependent) berdasarkan nilai X (variabel independent) tertentu.

Model regresi adalah :

Y' = a + b.X + e .....(2.4)

Dimana :

Y' = nilai Y prediksi (parameter TQI)

X = Variabel bebas 1 (tebal balas)

b = Koefisien regresi variabel bebas 1, adalah perubahan pada Y untuk setiap perubahan X sebesar 1 unit

e = Kesalahan Prediksi (error)

$$a = \frac{(\sum X_i^2)(\sum Y) - (\sum X)(\sum XY)}{((\sum X_i^2)n - (\sum X)^2} \quad \text{.....(2.5)}$$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X_1^2) - (\sum X_1)^2} \quad \text{.....(2.6)}$$

2.5.2. Analisis Korelasi

Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui bagaimana derajat hubungan antara beberapa variabel independent (Variabel X) dengan variabel dependent (Variabel Y) secara bersama-sama.

Menurut sugiyono (2007) pedoman untuk memberikan intepretasi koefisien korelasi sebagai berikut:

0,01 - 0,199 = sangat rendah

0,20 - 0,399 = rendah

0,40 - 0,599 = sedang

0,60 - 0,799 = kuat

0,80 - 1,000 = sangat kuat

Nilai koefisien korelasi menurut Sugiyono (2008) berkisar antara -1 sampai dengan +1 yang pemanfaatanya dijelaskan sebagai berikut:

- Jika nilai r > 0, artinya telah terjadi hubungan inier positif , yaitu semakin besar variabel X maka semakin besar varibel Y.
- Jika nilai r < 0, artinya telah terjadi hubungan inier negatif , yaitu semakin kecil variabel X maka semakin besar varibel Y atau sebaliknya semakin besar variabel X maka semakin kecil varibel Y
- Jika nilai r = 0, artinya tidak ada hubungan sama sekali antara variabel X dengan varibel Y
- Jika nilai r = 1 atau r = -1 , artinya telah terjadi hubungan linier sempurna , yaituberupa garis lurus, sedangkan bagi r yang mengarah kearah angka 0 maka garis semakin tidak lurus.

2.5.3. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi digunakan untuk mengukur kemampuan variabel independen (X) dalam mempengaruhi variabel dependen.

Nilai koefisien determinasi mempunyai Kriteria sebagai berikut:

- Apabila nilai Koefisien determinasi mendekati nol (0), maka pengaruh variabel independent terhadap variabel dependent lemah.
- Apabila nilai Koefisien determinasi mendekati satu (1), maka pengaruh variabel independent terhadap variabel dependent kuat.

Adapun rumus untuk menghitung koefisien determinasi adalah :

$Kd = r^2 \times 100\%$.....(2.7)

Keterangan :

Kd = nilai koefisien Determinasi

r^2 = nilai koefisien korelasi

2.5.4. Uji Hipotesis

Untuk mengetahui hubungan kedua variabel (variabel X dan Y), maka dilakukan pengujian hipotesis dengan asumsi sebagai berikut :

Ho = Variabel X (Tebal Balas) tidak berpengaruh terhadap variabel Y (nilai Track Quality Indeks)

Ha = Variabel X (Tebal Balas) berpengaruh terhadap variabel Y (nilai Track Quality Indeks)

Agar kesimpulan bisa didapatkan dari hipotesis maka hasil perhitungan statistik uji t (t_{hitung}) di bandingkan dengan (t_{tab}) dengan tingkat signifikan 0,05 (5%). Kriteria penolakan dan penerimaan hipotesis (Ho) adalah sebagai berikut

- Jika t hitung > t tabel , maka Ho ada pada daerah penolakan, berarti Ha diterima artinya ada pengaruh tebal balas terhadap TQI.
- Jika t hitung < t tabel maka H_o ada pada daerah penerimaan, berarti Ha ditolak artinya tidak ada pengaruh tebal balas terhadap TQI.

- Jika nilai sig < 0,05 maka ada pengaruh yang signifikan antara tebal balas terhadap TQI.

- Jika nilai sig > 0,05 maka tidak ada pengaruh yang signifikan antara tebal balas terhadap TQI.

2.5.5. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah sampel yang digunakan mempunyai distribusi normal atau tidak. Dalam model regresi linier, asumsi ini ditunjukkan oleh nilai error yang berdistribusi normal. Model regresi yang baik adalah model regresi yang dimiliki distribusi normal atau mendekati normal, sehingga layak dilakukan pengujian secara statistik. Pengujian normalitas data menggunakan Test of Normality Kolmogorov-Smirnov dalam program SPSS. Menurut Singgih Santoso (2012:293) dasar pengambilan keputusan bisa dilakukan berdasarkan probabilitas (Asymtotic Significance), yaitu:

1) Jika probabilitas > 0,05 maka distribusi dari model regresi adalah normal.

2) Jika probabilitas < 0,05 maka distribusi dari model regresi adalah tidak normal.

Tabel 2. 3 Tabulasi Penelitian Terdahulu

NO	Judul	Penulis	Tahun	Lokasi Penelitian	Metode Analisis	Variabel Analisis			
						a	b	c	d
1	Influences Of Track Structure, Geometry And Traffic Parameters On Railway Deterioration	Askarinejad, H	2007	Iran	statistik	√	√	√	
2	Tinjauan Volume Pemeliharaan Tahunan Jalan Rel Berdasarkan Hasil Track Quality Index (TQI) (Studi kasus: Lintas Manggarai - Bogor).	Kurniawan, Wahyu	2015	Indonesia (manggarai Bogor)	statistik	√			
3	Track Quality Index As Track Quality	M, Sri Atmaja P. Rosyidi dan Dian Setiawan	2016	Indonesia	statistik				√
4	Investigation of the Influences of Track Superstructure Parameters on Ballasted Railway Track Design.	Sadeghi, J Hasheminezhad, A Kaboli, Essmayil	2015	Iran	statistik		√	√	
5	Study of ballast layer stifness in railway track	Jabbar Ali Zakeri, Seyed Ali Mosayebi	2016	Iran	statistik		√		
6	Penentuan Standar Track Quality Index (TQI) untuk Kereta Api Semicepat Indonesia	Reysha Rizki Amanda Lubis,dkk	2020	Surabaya - Cepu	statistik	√		√	
7	**Analisis Pengaruh Tebal Balas Terhadap Nilai Indeks Kualitas Track (TQI) Lintas Wonokromo – Mojokerto**	**Untung Subarkah**	**2020**	**Surabaya - Mojokerto**	**statistik**	**√**	**√**		

Keterangan Variabel

a Geometrik : TQI (Listringan, Angkatan, Pertinggian, Lebar Sepur)

b Struktur Bawah : jenis bantalan, ukuran bantalan, jenis balas, kondisi balas, kondisi tanah subgrade, dampak mesin tamping dan siklus muatan

c Struktur Atas : pasing tonase, kecepatan rata-rata, jenis sambungan rel, dan kualitas tanah dasar

d Metode : UK SD Index, Netherlands Q Index, USA TRI, FRA TGI, Austrian TGI, Chinese TQI, Polandia J Coefficient, Indian TGI

BAB 3

METODOLOGI STUDI

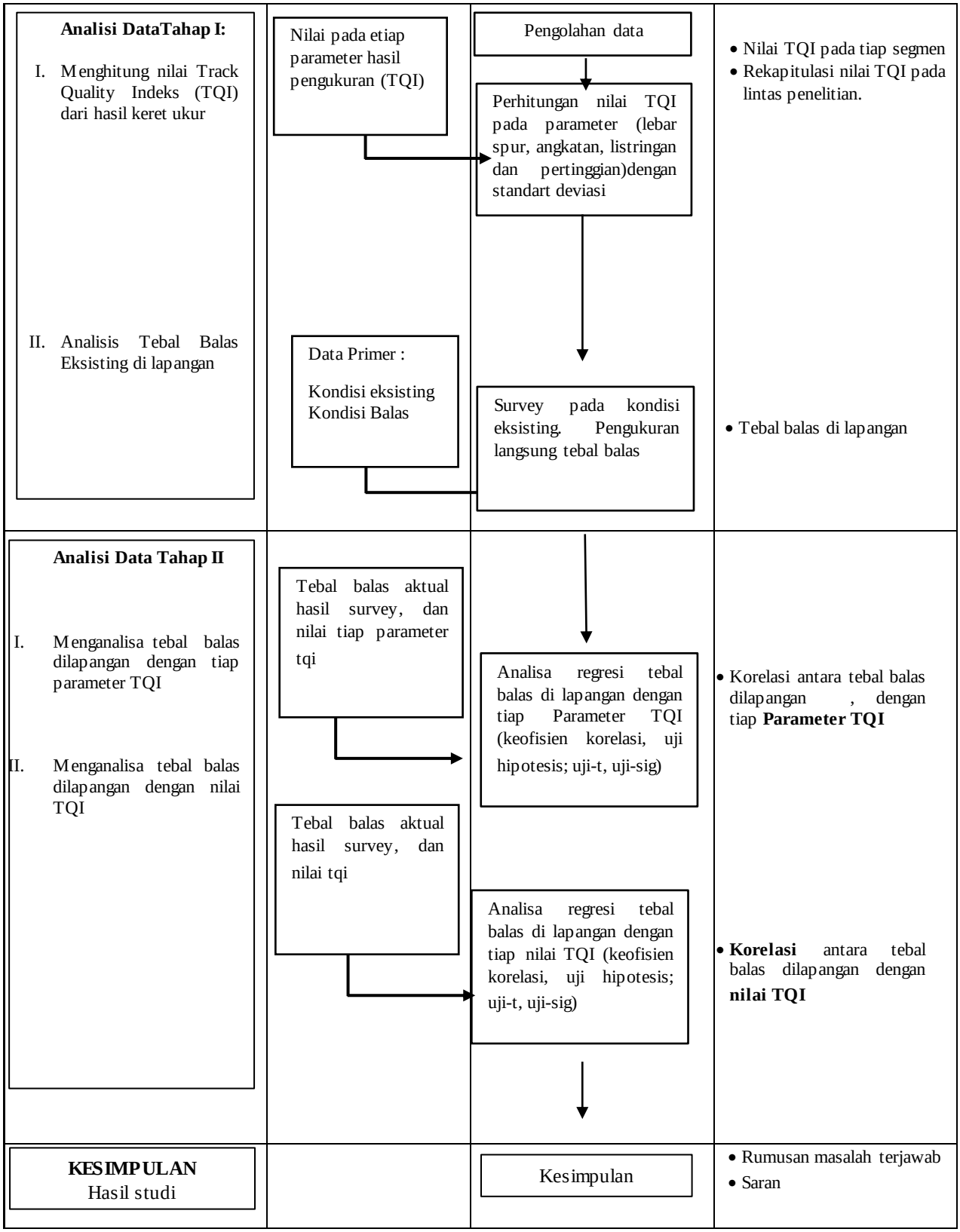
3.1. Umum

Dalam Metodologi penelitian ini akan menjelaskan tahap-tahap dalam menganalisis sehingga diketahui bagaimana perubahan pada tebal balas akan mempengaruhi dari penilaian kualitas jalan rel (TQI). Adapun analisis akan dilakukan pada keseluruhan total nilai TQI ataupun nilai dari masing-masing parameter TQI (lebar sepur, listringan, angkatan, pertinggian).

3.2. Diagram Alir Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, penulis membuat rancangan penelitian yang ditampilkan dalam bentuk diagram alir.

Tahapan	*Input*	*Proses*	*Output*
PENDAHULUAN • Identifikasi Masalah : Penilaian kualitas track indeks di Indonesia hanya memperhitungkan geometrik jalan rel tanpa memperhatikan keandalan struktur jalan rel tersebut. • Pengumpulan literatur penelitian terdahulu.		Persiapan ↓ Identifikasi masalah ↓ Studi Pustaka	• Latar belakang • Rumusan masalah • Tujuan penelitian • Lokasi penelitian • Cangkupan penelitian • Metodologi penelitian
PENGUMPULAN DATA I. Data Primer : Pengambilan data tebal balas di lapangan II. Data sekunder : Data hasil pengukuran dari kereta ukur (TQI), Panjang lintas, tebal balas rencana, volume balas rencana,		↓ Pengumpulan data ↓	**Data primer :** • Ukuran Tebal Balas **Data sekunder :** • Nilai setiap parameter (TQI) pada setiap segmen • Lokasi penelitian • Spesifikasi Balas • Tebal Balas Rencana



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Penelitian

3.3. Langkah Penelitian

Langkah yang dilaksanakan pada pengerjaan penelitian ini sesuai dengan diagram alir yang telah dijelaskan pada Gambar 3.1. Berikut detail pengerjaan penelitian ini:

1. Persiapan
2. Identifikasi masalah
3. Studi pustaka
4. Pengumpulan dan Pengolahan data
5. Analisis data
6. Hasil pengerjaan.

3.3.1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan langkah pertama dalamdari penelitian ini. Data terkait penelitian ini sesuai dengan lokasi yang dipilih yaitu di Wilayah Daerah Operasi (DAOP) 8 Surabaya yang terletak dikota Surabaya. Persiapan yang dilakukan berupa survey pendahuluan yang dilakukan beberapa hari sebelum pengerjaan penelitian ini dengan tujuan untuk mengamati lingkungan atau kondisi jalan rel pada kondisi eksisting pada segmen terkait. Pemilihan jalur kereta lintas Wonokromo - Mojokerto karena lintasan tersebut adalah memiliki lalu lintas kereta api padat yang menghubungkan kota Surabaya dengan kota Malang, Jember dan Banyuwangi.

Dari survei pendahuluan ini didapatkan sebuah rencana metode survei pengambilan data primer yang dibutuhkan untuk menghitung nilai track kualiti indek (TQI) pada setiap parameter penilaian dengan menggunakan kereta ukur EM-120. Dan perbedaan ketebalas balas yang terdapat dilapangan dengan kondisi awal pembuatan, serta kondisi alam sekitar lintasan jalan rel.

3.3.2. Tahap Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah menjadi suatu langkah awal dalam suatu pengerjaan penelitian ini. Di dalam identifikasi ini dilakukan suatu proses penentuan gap analysis,dimana pada gap analysis ini ditentukan kondisi eksisting (current state) dan kondisi ideal (ideal state).

- Kondisi eksisting : Penilaian *Track Quality Indeks* hanya dinilai pada kondisi geometri jalan rel berdasarkan parameter (lebar sepur, listringan, angkatan, pertinggian) dengan menggunakan Standart Perkeretaapian Indonesia yang menghasilkan nilai dari *Track Quality Index* (TQI). Sedangkan penurunan track bisa disebabkan oleh perubahan yang terjadi pada struktur bawah, salah satunya yaitu perubahan tebal.

- Kondisi ideal : penilaian *Track Quality Index* (TQI) berdasarkan struktur bawah jalan rel (tebal balas) dan juga geometri jalan rel (lebar sepur, listringan, angkatan, pertinggian).

3.3.3. Studi Pustaka

Tahap studi pustaka yang dilakukan yaitu pengumpulan berbagai teori yang mendukung dan berkaitan dengan kondisi serta permasalahan yang ada. Maka dari itu dibutuhkan literatur atau referensi dari penelitian terdahulu untuk membantu dalam mencapai tujuan penulisan penelitian.

Penjelasan terkait literatur yang menjadi acuan penelitian ini di jelaskan pada bab 2 .

3.3.4. Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk penelitian ini terdiri dari data sekunder dan data primer. Data sekunder diperoleh dari PT.Kereta Api Indonesia Daop 8 Surabaya selaku pengelola stasiun yang terkait dengan pengerjaan penelitian ini. Sedangkan data primer didapatkan langsung dengan melakukan survey di lapangan.

3.3.4.1. Penentuan Sampel

Dalam pengumpulan data untuk penelitian ini, data yang digunakan adalah keseluruhan segmen, dimana jumlah segmen yang terdapat pada lintas Wonokromo – Mojokerto adalah 202 segmen (sampel/data).

3.3.4.2. Data Primer

Dalam penyusunan laporan penelitian ini diperlukan data primer, yang diambil langsung di lapangan. didapatkan dari pengamatan dengan kereta inspeksi dari Stasiun Wonokromo sampai dengan stasiun Mojokerto, data yang diambil adalah ketebalan balas.

Cara pengambilan data ketebalan balas eksisiting masih manual karena tidak terdapat alat atau mesin tertentu untuk mengukur ketebalan balas.

3.3.4.3. Data Sekunder

Dalam menyusun tugas akhir ini diperlukan data sekunder sebagai data pendukung dari suatu analisis. Data sekunder dalam penulisan penelitian ini diperoleh dari Daerah Operasi 8 Surabaya. Data yang dibutuhkan yaitu data panjang lintas, ketebalan balas rencana/awal pembuatan, data geometri, hasil pengukuran dari kereta ukur (TQI), dimana pada hasil tersebut menghasilkan nilai setiap parameter dari segmen yang diukur. Berikut merupakan contoh hasil kinerja atau output dari suatu kereta ukur yang disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Contoh hasil kereta ukur

TANGGAL	ANTARA	KM	HM	KM	HM	DEVICE	PANJANG	TQI	PARAMETER			
									PERT.	ANGK. RT.	LEST. RT	LEB. SP
25.07. 2016	Jng-Mri	11	800	2	635	LRS	23	26,5	2,5	19,1	0	4,8
25.07. 2016	Jng-Mri	11	807	2	621	LRS	44	32,9	2,5	26,6	0	3,8
25.07. 2016	Jng-Mri	2	621	2	610	JPL	11	26,3	3,7	34,5	0	1,1
25.07. 2016	Jng-Mri	2	610	2	600	LRS	29	35,1	7	17,3	0	2
25.07. 2016	Jng-Mri	2	600	2	571	LRS	9	23,8	8,1	25,1	0	1,9

(Sumber. Laporan Kecelakaan KNKT 17.03.01.02 ,2017)

3.3.5. Analisis Data

Dalam tahap ini, dilakukan proses analisis data untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian. Adapun tahapan analisis tersebut yaitu:

- analisis kualitas geometrik jalan rel pada lintas dengan standar perkeretaapian Indonesia, yaitu : Analisa setiap parameter kerusakan dan perhitungan indeks kualitas track (TQI).dari analisis ini akan dihasilkan penilaian berupa kategori kualitas jalan rel (TQI) dari kategori jelek sampai baik sekali.
- Analisis pengaruh ketebalan balas terhadap tiap parameter indeks kualitas jalan rel (TQI)
- Analisis pengaruh ketetebalan balas terhadap kualitas jalan rel (TQI)
- Analisis pengaruh parameter indeks kualitas jalan rel (TQI) terhadap Tebal Balas

3.3.5.1. Analisis Perubahan Balas

Jalan rel mengalami berbagai macam perubahan akibat adanya beban yang bekerja dan akibat peristiwa alam yang merugikan, sehingga struktur jalan rel salah satunya yaitu penurunan track. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengukuran tebal balas serta kondisi alam di lapangan sepanjang segmen lintasan Wonokromo – Mojokerto. Dari hasil pengukuran dilapangan akan dianalisis perubahan yang terjadi serta faktor yang berperan mempengaruhi perubahan tersebut.

3.3.5.2. Analisis Setiap Parameter TQI

Analisis setiap parameter TQI pada penelitian ini menggunakan acuan Pedoman standar perkeretaapian Indonesia. *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. Nilai pada setiap kategori tersebut ditampilkan dengan satuan panjang millimeter (Wahyu Kurniawan, 2015).

3.3.5.3. Perhitungan Track Kualitas Indek (TQI)

Nilai setiap parameter tiap segmen dihitung nilai standar deviasinya. Segmentasi perhitungan adalah 40 meter pada setiap 200 meteran (Wahyu Kurniawan, 2015).

Track Quality Index (TQI) dihitung menggunakan standar deviasi dari nilai masing-masing segmen standar deviasi yaitu:

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma xi^2 - \frac{\Sigma xi^2}{n}}{n-1}} \quad \text{.....} 3.1$$

dengan :

s = nilai standar deviasi

Σxi^2 = jumlah nilai x dikuadratkan

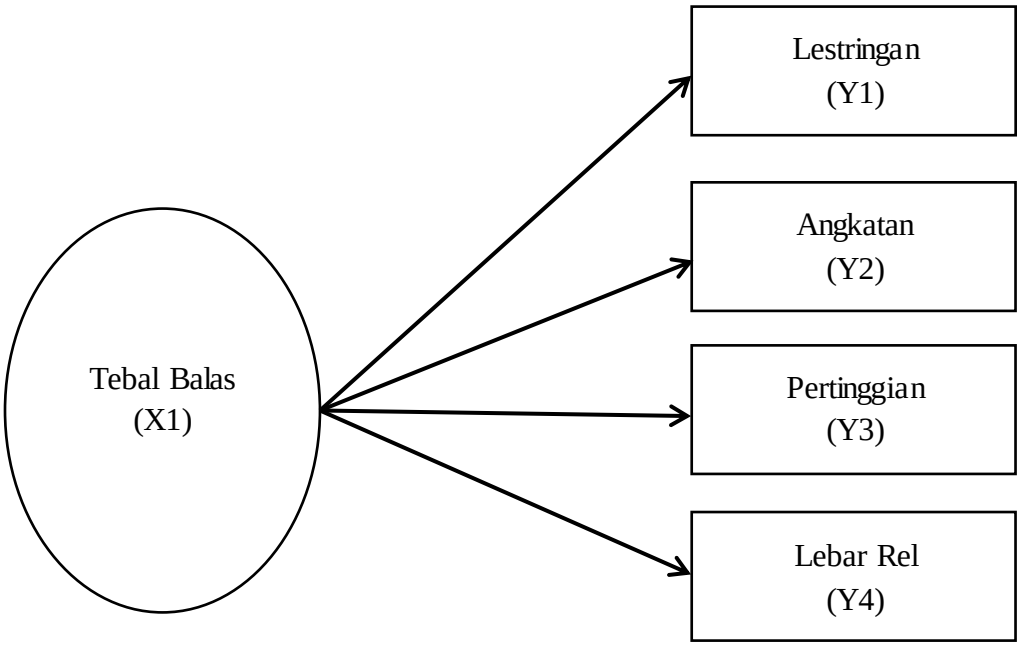
n = jumlah data, maka

TQI = Standar deviasi x TQI Multiplier

Nilai TQI diperoleh dengan cara mencari nilai standar deviasi yang terjadi pada masing-masing segment. Satu segmen mempunyai 11 (sebelas) *record* yang mewakili parameter pertinggian, angkatan, listringan, dan lebar spur. Satu *record* mewakili kerusakan sepanjang 40 meter.

3.3.5.4. Analisa Regresi hubungan tebal balas dengan nilai Track Quality Index (TQI)

Berdasarkan data primer yaitu hasil pengukuran ketebalan dan lebar balas di lapangan dengan setiap parameter Track Quality Index (TQI) dilakukan analisa menggunakan analisis korelasi dan regresi liner sepanjang lintasan Wonokromo - Mojokerto. Sebagaimana di gambarkan dalam path analisis dibawah.



- Hubungan Tebal Balas dengan Lestringan (Y1)

  Y1 = a1 + b1.X1 …….....……3.2

  Lestringan (Y1) = a1 + b1. Tebal balas

- Hubungan Tebal Balas dengan Angkatan (Y2)

  Y2 = a2 + b2.X1…….....……3.3

  Angkatan (Y2) = a2 + b2. Tebal balas

- Hubungan Tebal Balas dengan Pertinggian (Y3)

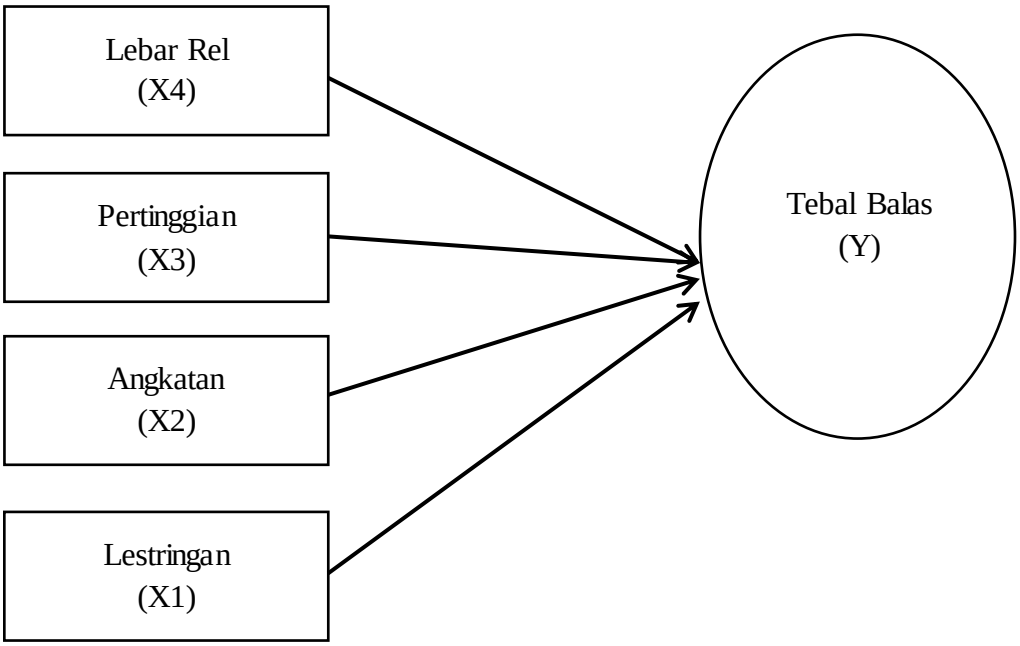
  Y3 = a3 + b3.X1 …….....……3.4

  Pertinggian (Y3) = a3 + b3. Tebal balas

- Hubungan Tebal Balas dengan Lebar rel (Y4)

  Y4 = a4 + b4.X1…….....……3.5

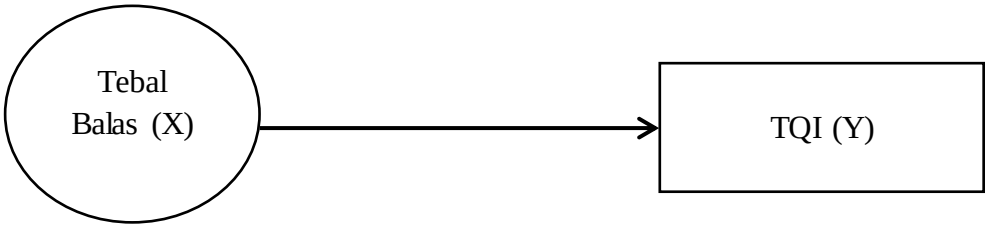
  Lebar rel (Y4) = a4 + b4. Tebal balas



Hubungan Parameter TQI (X) dengan Tebal Balas (Y)

Y = a + b1.X1+ b2.X2+ b3.X3+ b4.X4……3.6

Tebal Balas = a + b1.Listringan + b2.angkatan + b3.Pertinggian + b4.LebarSepur



Hubungan Tebal Balas (X) dengan Nilai TQI (Y)

Y = a + b.X…….....……3.7

TQI = a + b. Tebal balas

Dalam analisis regresi pengaruh tebal balas terhadap nilai Track Quality Indeks (TQI) dibagi dalam beberapa tahap analisis, yaitu :

1. Analisa persamaan Regresi
2. Uji Normalitas
3. Analisis Koefisien Korelasi
4. Analisis Koefisien Determinasi
5. Pengujian Hipotesis (Uji-t dan Uji-sig)

"Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Di dalam penelitian ini analisis yang akan dilakukan terlebih dahulu adalah menghitung nilai TQI. Hasil nilai TQI yang dihasilkan untuk mengetahui kualitas jalan rel pada lokasi penelitian yang dkelompokan dalam 4 kategori yaitu TQI $\leq$20 (Baik Sekali), 20< TQI >35 (Baik), 35 $\leq$ TQI $\leq$50 (Sedang), TQI >50 (Jelek). Dan pengukuran tebal balas eksisting di lokasi penelitian didapatkan dengan cara survey lapangan. Dari hasil TQI dan tebal balas yang didapatkan selanjutnya dianalisis menggunakan software SPSS, software tersebut digunakan untuk analisis ada tidaknya pengaruh dari tebal balas terhadap nilai TQI.

4.2. Pengolahan Data TQI

Dalam penelitian ini perhitungan nilai TQI menggunakan data kereta Ukur EM -120 yang didapatkan dari PT.KAI. Data yang digunakan merupakan data TQI terbaru (17 des 2019) untuk memperoleh linieritas data dengan pengukuran eksisting tebal balas.

Gambar 4. 1 Kereta Ukur EM-120 (http://www.railway.web.id)

4.2.1. Perhitungan Nilai TQI

Dalam penelitian ini data TQI yang didapatkan dari PT. KAI sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Data Track Quality Indeks Kereta Ukur

DATA TRACK QUALITY BY DEVICE **PT. KERETA API DAOP 8 Surabaya** **HALAMAN 1**

LINTAS : SB-SLO **KODE : SGU-MR**
DARI : SGU **KE : MR**
ANTARA : SGU-MR **KECEPATAN : 90**
KELAS : 2 **TANGGAL : 17.12.2019**

ANTARA	--DAR--	---KE---	TQI	Perting	Angk.rt	Lestr.r	Lb. Sp
	KM	KM					
SGU-MR	17.000	17.200	17,56	4,1	5,5	5,9	2,1
SGU-MR	17.200	17.400	17,78	4,3	4,6	6,6	2,3
SGU-MR	17.400	17.600	17,78	4,4	4,8	6,4	2,2
SGU-MR	17.600	17.800	15,50	3,8	4,8	5,0	1,9
SGU-MR	17.800	18.000	16,42	3,9	5,7	5,1	1,7
SGU-MR	18.000	18.200	15,39	4,6	4,1	5,0	1,7
SGU-MR	18.200	18.400	14,59	3,5	4,7	4,6	1,8
Dst.....							

Sumber : PT. Kereta Api Indonesia, 2019

Analisis setiap parameter TQI pada penelitian ini menggunakan acuan Pedoman standar perkeretaapian Indonesia. 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. Nilai pada setiap kategori tersebut ditampilkan dengan satuan panjang milimeter. Dari data TQI diatas didapatkan nilai terbesar yaitu 38,65 pada segmen KM 47,6 – KM 47,8.

4.3. Pengkuran Tebal Balas

Pengukuran tebal balas eksisting dilakukan disepanjang lokasi penelitian yaitu Jalur Surabaya – Mojokerto meliputi KM 17 sampai dengan KM 57.

Gambar 4. 2 Pengukuran Tebal Balas

Pada gambar diatas merupakan metode pengukuran tebal balas di lapangan. Pengukuran menggunakan besi yang sudah diberi tanda kemudian dimasukan ke dalam balas mencapai permukaan sub balas. Kemudian bagian tengah besi yang sejajar permukaan balas diberi tanda kemudian di ukur dengan meteran.

4.3.1. Penentuan Sample

Dari data TQI yang didapatkan dari PT.KAI diketahui terdapat 202 segmen, dimana tiap segmen sepanjang 200 meter. Untuk memperoleh ukuran tebal balas yang dapat mewakili segmen tersebut maka pengukuran tebal balas dilakukan seperti pengukuran dengan kereta ukur EM-120 dimana parameter angkatan, listringan dan pertinggian satu segment mewakili panjang 40 meter.

Jumlah segmen = 202 segmen

1 segmen = 200 meter

200 meter = 5 titik pengukuran

Maka, total titik pengukuran dari KM 17 sampai dengan KM 57 adalah 809 titik, sedangkan jumlah sampel yang nantinya akan digunakan sebagai data sampel

masukan dalam program SPSS sejumlah 202 segmen/data, untuk mendapatkan data yang valid.

Tabel 4. 2 Hasil Survey Lapangan 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
18,2	18,4	36,6	37,6	31,9	33,3	36,6	35,2
18,4	18,6	36,6	35,0	40,7	36,4	39,7	37,7
18,6	18,8	39,7	37,0	32,7	31,3	36,0	35,3
18,8	19,0	36,0	31,9	37,6	33,3	36,6	35,0
19,0	19,2	36,6	33,8	32,4	38,1	37,1	35,6
19,2	19,4	37,1	39,3	33,6	35,0	38,3	36,7
19,4	19,6	38,3	32,6	36,9	31,2	35,9	35,0
19,6	19,8	35,9	33,8	35,2	39,5	38,5	36,6
19,8	20,0	38,5	39,2	33,5	34,9	38,2	36,9
20,0	20,2	38,2	32,3	38,0	33,7	37,0	35,8
20,2	20,4	37,0	33,4	34,8	39,1	38,1	36,5
20,4	20,6	38,1	33,3	39,0	34,7	38,0	36,7
Dst.							

Cat: lampiran hal.77

Data pengukuran tebal balas diatas kolom a dan b menunjukan segmen yang berjarak 200 m/segmen, kolom c – g menunjukan titik pengukuran sepanjang 200 m (per segmen/5 titik), dan kolom h menunjukan tebal rata-rata dari 5 titik pengukuran tebal balas yang didapatkan persegmen.

Dari hasil pengukuran tebal balas di atas diketahui sebagai berikut:

- Tebal balas terendah adalah 27,00 cm terdapat di segmen 23,8 -24.00.
- Tebal balas tertinggi adalah 45,22 cm terdapat di Segmen 47,6 – 47,8.

4.4. Analisis Regresi

Dalam penelitian ini analisis regresi akan di bagi menjadi 2 (dua) analisis yaitu:

1) Analisis pengaruh tebal balas terhadap setiap parameter TQI (Tebal Balas Sebagai Variabel Independen/X)
2) Analisis pengaruh tebal balas terhadap Nilai TQI (Tebal Balas = X)
3) Analisis pengaruh parameter TQI terhadap tebal balas.(Tebal Balas = Y)

4.4.1. Analisis Regresi Pengaruh Tebal Balas Terhadap Tiap Parameter TQI

Untuk mengetahui hubungan antara tebal balas terhadap parameter TQI, akan dilakukan analisis regresi linier sederhana yang kemudian dilanjutkan dengan uji korelasi, koefisien determinasi dan pengujian hipotesis menggunakan uji-t dan uji sig.

4.4.1.1. Tebal Balas Terhadap Listringan

Berdasarkan analisis regresi linier sederhana menggunakan bantuan program SPSS, diperoleh hasil output sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Hasil Analisis Koefisien Regresi (Tebal Balas – Listringan)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-31.038	2.199		-14.111	.000
	Tebal Balas	1.011	.060	.768	16.941	.000

a. Dependent Variable: Listringan

Dari tabel output SPSS diatas, maka didapatkan persamaan regresi linier sederhana sebagai berikut:

Y = -31,038 + 1,011 X

Dari persamaan linier sederhana tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Nilai konstanta sebesar -31,038 nilai konstanta negatif menunjukan apabila variabel tebal balas dianggap konstan maka listringan akan berkurang.
- Koefisien regresi 1,011 menunjukan bahwa setiap ada kenaikan 1 cm untuk tebal balas maka akan meningkatkan nilai listringan sebesar 1,011 mm.

a. Uji Normalitas

Untuk mengetahui data variabel terdistribusi normal atau tidak normal dilakukan uji normalitas menggunakan uji statistik Kolmogorov-Smirnov (K-S), dengan ketentuan berdasarkan probabilitas (Asymtotic Significance), yaitu:

1) Jika probabilitas > 0,05 maka distribusi dari model regresi adalah normal.

2) Jika probabilitas < 0,05 maka distribusi dari model regresi adalah tidak normal.

Hasil uji dengan menggunakan uji statistik Kolmogorov-Smirnov (K-S) adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Uji Normalitas (Tebal Balas – Listringan)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		202
Normal Parameters[a,,b]	Mean	.0000000
	Std. Deviation	1.18677601
Most Extreme Differences	Absolute	.065
	Positive	.046
	Negative	-.065
Kolmogorov-Smirnov Z		.924
Asymp. Sig. (2-tailed)		.360

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Dari output SPSS diatas hasil Kolmogrov-Smirnov menunjukkan angka 0,924 dengan tingkat signifikansi (Asymp. Sig.) 0,36 yang berarti berada diatas 0.05 dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variabel telah terdistribusi secara normal.

b. Analisis Koefisien Korelasi

Analisis koefisien korelasi bertujuan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel tebal balas (X) dengan Variabel Listringan (Y1).Dari analisis regresi menggunakan SPSS dihasilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Hasil analisis Korelasi ((Tebal Balas – Listringan)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.768[a]	.589	.587	1.18974

a. Predictors: (Constant), Tebal Balas

Berdasarkan tabel output SPSS diatas diketahui nilai koefisien korelasi (r) yang diperoleh adalah sebesar 0,768. Nilai tersebut termasuk dalam interval korelasi antara "0,60 – 0,799". Hasil tersebut menunjukan bahwa terdapat hubungan yang 'kuat' antara tebal balas (X) dengan Listringan (Y1).

c. Analisis Koefisien Determinasi

Berdasarkan pada **tabel 4.5** koefisen determinasi atau R *Square* (r^2) adalah 0,589. Untuk melihat seberapa besar kemampuan tebal balas dapat menjelaskan variabel listringan adalah;

KD = r^2 x 100 %

= 0,589 x 100%

= 58,9%

Jadi besar kemampuan variabel tebal balas dapat menjelaskan variabel listringan adalah 58,9%. Sisanya 41,1 % dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukan dalam model regresi diatas.

d. Pengujian Hipotesis (Uji t dan Uji Sig)

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

Ho= Variabel X (Tebal Balas) tidak berpengaruh terhadap Var. Listringan (Y1)

Ha= Variabel X (tebal Balas) berpengaruh terhadap Var. Listringan (Y1)

Untuk menguji hipotesis diatas dilakukan uji-t dan uji tingkat signifikansi, dimana uji hipotesis terebut dikategorikan sebagai berikut:

- 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 outpus SPSS pada **tabel 4.3** didapatkan :

Nilai t hitung yaitu 16,941 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 varabel tebal balas (X) terhadap variabel Listringan (Y1).

4.4.1.2. Tebal Balas Terhadap Angkatan

Berdasarkan analisa regresi linier sederhana menggunakan bantuan program SPSS, diperoleh hasil output sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Hasil Analisis Koefisien Regresi (Tebal Balas – Angkatan)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-38.090	2.202		-17.295	.000
	Tebal Balas	1.205	.060	.818	20.148	.000

a. Dependent Variable: Angkatan

Dari tabel output SPSS diatas, maka didapatkan persamaan regresi linier sederhana sebagai berikut:

Y = -38,09 + 1,205 X

Dari persamaan linier sederhana tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Nilai konstanta sebesar -38,09 menunjukan nilai angkatan (Y2) jika tebal balas (X) bernilai 0. Nilai konstanta negatif menunjukan apabila variabel tebal balas dianggap konstan maka angkatan akan berkurang.

- Koefisien regresi 1,205 menunjukan bahwa setiap ada kenaikan 1 cm untuk tebal balas (X) maka akan meningkatkan angkatan (Y2) sebesar 1,205 mm.

a. Uji Normalitas

Hasil uji dengan menggunakan uji statistik Kolmogorov-Smirnov (K-S) adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Uji Normalitas (Tebal Balas – Angkatan)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		202
Normal Parameters[a,,b]	Mean	.0000000
	Std. Deviation	1.18831768
Most Extreme Differences	Absolute	.045
	Positive	.045
	Negative	-.031
Kolmogorov-Smirnov Z		.634
Asymp. Sig. (2-tailed)		.816

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Dari output SPSS diatas hasil Kolmogrov-Smirnov menunjukkan angka 0,634 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,816 yang berarti Asymp. Sig > 0.05 dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variabel telah terdistribusi secara normal.

b. Analisis Koefisien Korelasi

Analisis koefisien korelasi bertujuan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel tebal balas (X) dengan variabel angkatan (Y2). Dari analisis regresi menggunakan SPSS dihasilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Hasil Analisis Keofisien Korelasi (Tebal Balas - Angkatan)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.818[a]	.670	.668	1.19128

a. Predictors: (Constant), Tebal Balas

Berdasarkan tabel output SPSS diatas diketahui nilai koefisien korelasi (r) yang diperoleh adalah sebesar 0,818. Nilai tersebut berada dalam interval korelasi

antara “ 0,80 - 1,00 ”. Hasil tersebut menunjukan bahwa terdapat hubungan yang “ sangat kuat ” antara variabel Tebal balas (X) dengan variabel Angkatan (Y2).

c. Analisi Koefisien Determinasi

Berdasarkan pada **tabel 4.8.** koefien determinasi atau R *Square* (r^2) adalah 0,67. Untuk melihat seberapa besar kemampuan tebal balas dapat menjelaskan variabel listringan adalah:

KD = r^2 x 100 %

= 0,67 x 100%

= 67%

Jadi besar kemampuan variabel tebal balas dapat menjelaskan variabel angkatan adalah 67%. Sisanya 33 % dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukan dalam model regresi diatas.

d. Pengujian Hipotesis (Uji t dan Uji Sig)

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

Ho = variabel X (tebal Balas) tidak berpengaruh terhadap var. Angkatan (Y2)

Ha = variabel X (tebal Balas) berpengaruh terhadap var. Angkatan (Y2)

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

- 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 4.6.** didapatkan :

Nilai t - hitung sebesar 20,148 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 Angkatan (Y2).

4.4.1.3. Tebal Balas Terhadap Pertinggian

Analisis pengaruh tebal balas terhadap pertinggian berdasarkan analisis regresi linier sederhana menggunakan SPSS, diperoleh hasil output sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Hasil Analisis Koefisien Regresi (Tebal Balas – Pertinggian)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-18.574	2.438		-7.618	.000
	Tebal Balas	.644	.066	.567	9.726	.000

a. Dependent Variable: Pertinggian

Dari tabel output SPSS diatas, maka didapatkan persamaan regresi linier sederhana sebagai berikut:

Y = -18,574 + 0,6 44 X

Dari persamaan linier sederhana tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Nilai konstanta sebesar -18,574 menunjukan nilai pertinggian (Y3) jika tebal balas (X) bernilai 0. Nilai konstanta negatif menunjukan apabila variabel tebal balas dianggap konstan maka petinggian akan berkurang.
- Koefisien regresi 0,644 menunjukan bahwa setiap ada kenaikan 1 cm untuk tebal balas maka akan meningkatkan nilai pertinggian sebesar 0,644 mm.

a. Uji Normalitas

Hasil uji normalitas dengan menggunakan uji statistik Kolmogorov Smirnov (K-S) adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Uji Normalitas (Tebal Balas – Pertinggian)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		202
Normal Parameters[a,,b]	Mean	.0000000
	Std. Deviation	1.31560903

		Unstandardized Residual
Most Extreme Differences	Absolute	.087
	Positive	.087
	Negative	-.067
Kolmogorov-Smirnov Z		1.243
Asymp. Sig. (2-tailed)		.091

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Dari output SPSS diatas hasil Kolmogorov-Smirnov menunjukkan angka 1,243 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,091 yang berarti Asymp. Sig > 0.05 dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variabel telah terdistribusi secara normal.

c. Analisis Koefisien Korelasi

Analisis koefisien korelasi bertujuan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel tebal balas (X) dengan Variabel pertinggian (Y3). Dari analisis regresi menggunakan SPSS dihasilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Hasil Analisis Koefisien Korelasi (Tebal Balas – Pertinggian)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.567[a]	.321	.318	1.31889

a. Predictors: (Constant), Tebal Balas

Berdasarkan tabel output SPSS diatas diketahui nilai koefisien korelasi (R) yang diperoleh adalah sebesar 0,567. Nilai tersebut berada pada interval korelasi antara " 0,40 - 0,599 ". Hasil tersebut menunjukan bahwa terdapat hubungan yang "sedang" antara tebal balas (X) dengan pertinggian (Y3).

d. Analisi Koefisien Determinasi

Berdasarkan pada **tabel 4.11.** koefisen determinasi atau R *Square* (r^2) adalah 0,321. Untuk melihat seberapa besar kemampuan variabel tebal balas dapat menjelaskan variabel listringan adalah;

KD = r^2 x 100 %

= 0,321 x 100%

= 32,1%

Jadi besar kemampuan variabel tebal balas dapat menjelaskan variabel pertinggian adalah 32,1%. Sisanya 67,9 % dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukan dalam model regresi diatas.

e. Pengujian Hipotesis (Uji t dan Uji Sig)

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

Ho = Variabel X (Tebal Balas) tidak berpengaruh terhadap Varabel. Pertinggian (Y3).

Ha = Variabel X (Tebal Balas) berpengaruh terhadap Variabel Pertinggian (Y3).

Untuk menguji hipotesis diatas dilakukan uji-t dan uji tingkat signifikansi, dimana uji hipotesis terebut dikategorikan sebagai berikut:

- 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 4.9** didapatkan :

Nilai t hitung yaitu 9,726 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 varabel tebal balas (X) terhadap variabel Pertinggian (Y3).

4.4.1.4. Tebal Balas Terhadap Lebar Sepur

Berdasarkan analisis regresi linier sederhana menggunakan bantuan program SPSS, diperoleh hasil output sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Hasil Analisi Koefisien Regresi (Tebal Balas – Lebar Sepur)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.531	.715		.742	.459
	Tebal Balas	.049	.019	.175	2.511	.013

a. Dependent Variable: Lebar Sepur

Dari tabel output SPSS diatas, maka didapatkan persamaan regresi linier sederhana sebagai berikut:

Y = 0,531 + 0,49 X

Dari persamaan linier sederhana tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Nilai konstanta sebesar 0,531 menunjukan nilai lebar sepur (Y4) jika tebal balas (X) bernilai 0.
- Koefisien regresi 0,49 menunjukan bahwa setiap ada kenaikan 1 cm untuk variabel tebal balas maka akan meningkatkan nilai variabel lebar sepur sebesar 0,49 mm.

a. Uji Normalitas

Hasil uji normalitas dengan menggunakan uji statistik Kolmogorov-Smirnov (K-S) adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Uji Normalitas (Tebal Balas – Lebar Sepur)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		202
Normal Parameters[a,,b]	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.38558391
Most Extreme Differences	Absolute	.084
	Positive	.084
	Negative	-.049
Kolmogorov-Smirnov Z		1.200
Asymp. Sig. (2-tailed)		.112

a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.

Dari output SPSS diatas hasil Kolmogorov-Smirnov menunjukkan angka 1,2 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,112 yang berarti Asymp. Sig. > 0.05, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variabel telah terdistribusi secara normal.

b. Analisis Koefisien Korelasi

Analisis koefisien korelasi bertujuan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel tebal balas (X) dengan Variabel lebar sepur (Y4).Dari analisis regresi menggunakan SPSS dihasilkan sebagai berikut

Tabel 4. 14 Hasil Analisis Koefisien Korelasi (Tebal Balas – Lebar Sepur)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.175[a]	.031	.026	.38655

a. Predictors: (Constant), Tebal Balas

Berdasarkan tabel output SPSS diatas diketahui nilai koefisien korelasi (R) yang diperoleh adalah sebesar 0,175. Nilai tersebut berada pada interval korelasi antara " 0,01 - 0,199 ". Hasil tersebut menunjukan bahwa terdapat hubungan yang "sangat rendah" antara tebal balas (X) dengan Lebar sepur (Y4).

c. Analisis Koefisien Determinasi

Berdasarkan pada **tabel 4.14.** koefisen determinasi atau R *Square* (r^2) adalah 0,031. Untuk melihat seberapa besar kemampuan variabel tebal balas dapat menjelaskan variabel lebar sepur adalah;

KD = r^2 x 100 %

= 0,031 x 100%

= 3,1%

Jadi besar kemampuan tebal balas dapat menjelaskan lebar sepur adalah 3,1%. Sisanya 96,9 % dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukan dalam model regresi diatas.

d. Pengujian Hipotesis (Uji t dan Uji Sig)

Pada analisis hubungan tebal balas terhadap lebar sepur di dapatkan hipotesis yaitu:

Ho= variabel X (tebal Balas) tidak berpengaruh terhadap var. Lebar Sepur (Y4)

Ha= variabel X (tebal Balas) berpengaruh terhadap var. Lebar sepur (Y4)

Untuk menguji hipotesis diatas dilakukan uji-t dan uji tingkat signifikansi, dimana uji hipotesis terebut dikategorikan sebagai berikut:

- 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 4.12.** didapatkan :

Nilai t hitung yaitu 2,511 sedangkan t tabel sebesar 1,97190(t hitung > t tabel) ,sedangkan tingkat signifikansi (sig) = 0,013 (sig < 0,05,) maka dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh yang signifikan antara varabel tebal balas (X) terhadap variabel Lebar sepur (Y4).

4.4.2. Analisis Regresi Pengaruh Tebal Balas Terhadap TQI

Berdasarkan analisis regresi linier sederhana menggunakan SPSS, diperoleh hasil output sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Hasil Analisis Koefisien Regresi (Tebal Balas – TQI)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-87.220	2.990		-29.173	.000
	Tebal Balas	2.910	.081	.930	35.850	.000

a. Dependent Variable: TQI

Dari tabel output SPSS diatas, maka didapatkan persamaan regresi linier sederhana sebagai berikut:

Y = -87,220+ 2,91 X

Dari persamaan linier sederhana tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Nilai konstanta sebesar -87,220 menunjukan nilai TQI (Y) jika tebal balas (X) bernilai 0. Nilai konstanta negatif menunjukan apabila variabel tebal balas dianggap konstan maka nilai TQI akan berkurang.
- Koefisien regresi 2,91 menunjukan bahwa setiap ada kenaikan 1 cm untuk variabel tebal balas maka akan meningkatkan nilai variabel TQI sebesar 2,91.

a. Uji Normalitas

Hasil uji normalitas dengan menggunakan uji statistik Kolmogorov-Smirnov (K-S) adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 16 Uji Normalitas (Tebal Balas – TQI)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		202
Normal Parameters[a,,b]	Mean	.0000000
	Std. Deviation	1.61316082
Most Extreme Differences	Absolute	.092
	Positive	.092
	Negative	-.053
Kolmogorov-Smirnov Z		1.302
Asymp. Sig. (2-tailed)		.067

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Dari output SPSS diatas hasil Kolmogorov-Smirnov menunjukkan angka 1,302 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,067 yang berarti Asymp. Sig. > 0.05 dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variabel telah terdistribusi secara normal.

b. Analisis Koefisien Korelasi

Analisis koefisien korelasi bertujuan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel tebal balas (X) dengan Variabel TQI (Y).Dari analisis regresi menggunakan SPSS dihasilkan sebagai berikut

Tabel 4. 17 Hasil Analisis Keofsien Korelasi (Tebal Balas - TQI)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.930[a]	.865	.865	1.61719

a. Predictors: (Constant), Tebal Balas

Berdasarkan tabel output SPSS diatas diketahui nilai koefisien korelasi (R) yang diperoleh adalah sebesar 0,93. Nilai tersebut berada pada interval korelasi antara "0,80 – 1". Hasil tersebut menunjukan bahwa terdapat hubungan yang "sangat kuat" antara tebal balas (X) dengan TQI (Y).

c. Analisi Koefisien Determinasi

Berdasarkan pada **tabel 4.17**. koefisen determinasi atau R *Square* (r^2) adalah 0,865. Untuk melihat seberapa besar kemampuan tebal balas dapat menjelaskan variabel Nilai TQI adalah;

KD = r^2 x 100 %

= 0,865 x 100%

= 86,5%

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

d. Pengujian Hipotesis (Uji t dan Uji Sig)

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

Ho = variabel X tidak berpengaruh terhadap variabel TQI (Y)

Ha = variabel X berpengaruh terhadap variabel TQI (Y)

Untuk menguji hipotesis diatas dilakukan uji-t dan uji tingkat signifikansi, dimana uji hipotesis terebut dikategorikan sebagai berikut:

- 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 4.15.** 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 varabel tebal balas (X) terhadap variabel TQI (Y).

4.4.3. Analisis Regresi Pengaruh Parameter TQI Terhadap Tebal Balas

Dalam analisis ini menggunakan regresi linier berganda, dengan parameter TQI (listringan, angkatan, pertinggian, dan lebar sepur) sebagai variabel independen (X1 - X4) dan tebal balas sebagai variabel dependen (Y).

Y = Tebal Balas

X1 = Listringan, X2 = Angkatan, X3 = Pertinggian, X4 = Lebar sepur

Dari analisis regresi liner berganda menggunakan SPSS dihasilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Hasil Analisis Koefisien Regresi (Parameter TQI- Tebal Balas)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	31,307	,148		211,563	,000
	Listringan	,428	,012	,564	35,220	,000
	Angkatan	,423	,014	,623	31,090	,000
	Pertinggian	,016	,017	,018	,943	,347
	Lebar Sepur	,053	,057	,015	,930	,354

a. Dependent Variable: Tebal Balas

Dari tabel output SPSS diatas, maka didapatkan persamaan regresi linier berganda sebagai berikut:

Y = 31,307 + 0,428.X1 + 0,423.X2 + 0,016.X3 + 0,053.X4

Dari persamaan diatas bisa disimpulkan bahwa:

Nilai konstanta adalah 31,307 yang berarti apabila nilai variabel parameter TQI tidak ada perubahan yaitu 0, maka tebal balas adalah 31,307.

a. Uji Normalitas

Hasil uji normalitas dengan menggunakan uji statistik Kolmogorov-Smirnov (K-S) adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 19 Uji Normalitas (Parameter TQI – Tebal Balas)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		202
Normal Parameters[a,,b]	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.29533455
Most Extreme Differences	Absolute	.068
	Positive	.068
	Negative	-.033
Kolmogorov-Smirnov Z		.969
Asymp. Sig. (2-tailed)		.305

a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.

Dari output SPSS diatas hasil Kolmogorov-Smirnov menunjukkan angka 0,969 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,305 yang berarti Asymp. Sig. > 0.05 dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variabel telah terdistribusi secara normal.

b. Analisis Koefisien Determinasi

Analisis koefisien determinasi ini untuk mengetahui seberapa besar kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel dependen. Berdasarkan analisis R^2 (R Square) dari output SPSS dihasilkan pada tabel.4.20.

Tabel 4. 20 Analisis Koefisien Determinasi

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,978[a]	,956	,955	,29832

a. Predictors: (Constant), Lebar Sepur, Listringan, Pertinggian, Angkatan

Berdasarkan pada tabel diatas koefisen determinasi atau R *Square* (r^2) adalah 0,956. Untuk melihat seberapa besar kemampuan Parameter TQI dapat menjelaskan variabel Tebal Balas adalah;

KD = r^2 x 100 %

= 0,956 x 100%

= 95,6%

Jadi besar kemampuan Parameter TQI dapat menjelaskan variabel Tebal Balas adalah 95,6%. Sisanya 4,4 % dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak dimasukan dalam model regresi diatas.

c. Pengujian Hipotesis (Uji t dan Uji Sig)

Pada analisis hubungan parameter TQI dengan tebal Balas dirumuskan hipotesis sebagai berikut:

H1 = variabel X1 (Listringan) berpengaruh terhadap variabel Y (Tebal Balas)

H2 = variabel X2 (Angkatan) berpengaruh terhadap variabel Y (Tebal Balas)

H3 = variabel X3 (Pertinggian) berpengaruh terhadap variabel Y (Tebal Balas)

H4 = variabel X4 (Lebar Sepur) berpengaruh terhadap variabel Y (Tebal Balas)

H5 = variabel X5 (Listringan) berpengaruh terhadap variabel Y (Tebal Balas)

1) Uji t dan Uji Sig (Parsial)

Berdasarkan Output SPSS pada tabel 4.13 dihasilkan sebagai berikut:

- X1 terhadap Y adalah Nilai t hitung yaitu 35,22 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 secara parsial antara variabel listringan (X1) terhadap variabel tebal balas (Y). Maka hipotesis H1 diterima.

- X2 terhadap Y adalah Nilai t hitung yaitu 31,090 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 secara parsial antara variabel angkatan (X2) terhadap variabel tebal balas (Y). Maka hipotesis H2 diterima.
- X3 terhadap Y adalah Nilai t hitung yaitu 0,943 sedangkan t tabel sebesar 1,97190 (t hitung < t tabel) , sedangkan tingkat signifikansi (sig) = 0,347 (sig > 0,05) maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh secara parsial antara variabel pertinggian (X3) terhadap variabel tebal balas (Y). Maka hipotesis H3 ditolak.
- X4 terhadap Y adalah Nilai t hitung yaitu 0,930 sedangkan t tabel sebesar 1,97190(t hitung < t tabel) , sedangkan tingkat signifikansi (sig) = 0,354 (sig > 0,05) maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh secara parsial antara variabel lebar sepur (X4) terhadap variabel tebal balas (Y). Maka hipotesis H4 ditolak.

2) Uji F dan Uji Sig (Simultan)

Dari analisi Uji F dengan bantuan SPSS. Dihasilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 21 Hasil Analisa Uji F

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	379,540	4	94,885	1066,201	,000[b]
	Residual	17,532	197	,089		
	Total	397,071	201			

a. Dependent Variable: Tebal Balas

b. Predictors: (Constant), Lebar Sepur, Listringan, Pertinggian, Angkatan

Berdasarkan output SPSS diatas dapat disimpulkan bahwa Nilai F hitung yaitu 1066,201 sedangkan F tabel sebesar 2,42 (t hitung > t tabel) , sedangkan tingkat signifikansi (sig) = 0,00 (sig < 0,05) maka dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh secara simultan antara variabel Parameter TQI (X1-X4) terhadap variabel tebal balas (Y). Maka hipotesis H5 diterima.

4.5. Pembahasan Hasil Analisis

Hasil analisa pengaruh tebal balas terhadap Listringan, Angkatan, Pertinggian, Lebar sepur, dan TQI menggunakan SPSS dihasilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 22 Rekapitulasi Hasil Regresi Linier Sederhana

X (V. Independent)	Tebal Balas (X)					
Y (V. Dependent)	R	R Square	Constanta	constanta X	sig	t hit
TQI (Y)	0,930	86,5%	-87,220	2,91	0,00	35,85
Listringan (Y1	0,768	58,9%	-31,038	1,011	0,000	16,941
Angkatan (Y2)	0,818	67,0%	-38,090	1,205	0,000	20,148
Pertinggian (Y3)	0,567	32,1%	-18,574	0,644	0,000	9,726
Lebar Sepur (Y4)	0,175	3,1%	0,531	0,490	0,013	2,511

- Dari hasil rekapitulasi output SPSS pada setiap parameter didapatkan nilai:

1) Listringan : koefisien korelasi untuk listringan sebesar 0,768 (kuat), Rsquare sebesar 0,589 (58,9%), t-hitung 16,941 (> t-tab), sig sebesar 0,00 (<0,05),yang artinya variabel tebal balas mempunyai pengaruh terhadap variabel listringan dan dengan kemampuan variabel tebal balas menjelaskan variabel listringan sebesar 58,9%, dan sisanya 41,1% dijelaskan oleh variabel lain.
2) Angkatan : koefisien korelasi untuk angkatan sebesar 0,818 (sangat kuat), Rsquare sebesar 0,67 (67%), t-hitung 20,148 (> t-tab), sig sebesar 0,00 (<0,05), yang artinya variabel tebal balas mempunyai pengaruh terhadap variabel angkatan dan dengan kemampuan variabel tebal balas menjelaskan variabel angkatan sebesar 67%, dan sisanya 33% dijelaskan oleh variabel lain.
3) Pertinggian : koefisien korelasi untuk pertinggian sebesar 0,567 (sedang), Rsquare sebesar 0,321 (32,1%), t-hitung 9,726 (> t-tab), sig sebesar 0,00 (<0,05), yang artinya variabel tebal balas mempunyai pengaruh terhadap variabel pertinggian dan dengan kemampuan variabel tebal balas menjelaskan variabel pertinggian sebesar 32,1%, dan sisanya 67,9% dijelaskan oleh variabel lain.

4) Lebar Sepur : koefisien korelasi untuk lebar sepur sebesar 0,175 (sangat rendah), Rsquare sebesar 0,031 (3,1%), t-hitung 2,511 (> t-tab), sig sebesar 0,013 (<0,05), yang artinya variabel tebal balas mempunyai pengaruh terhadap variabel lebar sepur dan dengan kemampuan variabel tebal balas menjelaskan variabel lebar sepur sebesar 3,1%, dan sisanya 96,9% dijelaskan oleh variabel lain.

- Dari output SPSS untuk pengaruh tebal balas terhadap nilai TQI didapatkan nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,930 (sangat kuat), Koefisien determinasi (R^2) sebesar 86,5%, t-hitung sebesar 35,85 (>t-tab), dan nilai sig sebesar 0,00 (< 0,05). Dari hasil tersebut dapat diartikan bahwa tebal balas mempunyai pengaruh terhadap Nilai TQI, dan dengan kemampuan variabel tebal balas menjelaskan variabel Nilai TQI sebesar 86,5% dan sisanya 13,5% dijelaskan oleh variabel lain.

Untuk analisis regresi linier berganda antara Variabel Parameter Track Quality Indeks (TQI) yaitu, Listringan (X1), Angkatan (X2), Pertinggian (X3), dan Lebar sepur (X4) terhadap Variabel Tebal Balas (Y) dihasilkan:

- Listringan berpengaruh secara parsial terhadap Tebal Balas.
- Angkatan bepengaruh secara parsial terhadap Tebal Balas.
- Pertinggian tidak berpengaruh secara parsial terhadap Tebal Balas.
- Lebar sepur tidak berpengaruh secara parsial terhadap Tebal Balas.
- Variabel paramater TQI (X1-X4) berpengaruh secara simultan terhadap Tebal Balas

Dari hasil diatas menjelaskan bahwasanya variabel Parameter Track Quality Indeks (Listringan, Angkatan, Pertinggian, Lebar sepur) mempunyai pengaruh secara simultan (bersama-sama) terhadap variabel Tebal Balas, akan tetapi apabila secara parsial hanya variabel Listringan dan Variabel Angkatan yang berpengaruh, sedangkan variabel Pertinggian dan variabel Lebar Sepur tidak berpengaruh.

Dari hasil hasil keseluruhan analisis antara regresi liner sederhana (Tebal Balas – Parameter TQI) dan regresi linier berganda (Parameter TQI – Tebal balas) didapatkan:

Tabel 4. 23 Perbandingan Analisis Regresi Sederhana Dengan Regresi Linier Berganda (Uji T Dan Uji Sig)

Variabel	Regresi Linier Sederhana Parameter TQI = Y Tebal Balas = X		Regresi Linier Berganda Tebal Balas = Y Parameter TQI = X	
	Uji t	Uji sig	Uji t	Uji sig
Listringan	16,941*	0,00*	35,220*	0,000*
Angkatan	20,148*	0,000*	31,090*	0,000*
Pertinggian	9,726*	0,000*	0,943**	0,347**
Lebar sepur	2,511*	0,000*	0,930**	0,354**

ket: * = berpengaruh, ** = tidak berpengaruh.

Dari tabel diatas berdasarkan hasil Uji-t dan Uji-sig dapat disimpulkan bahwa untuk regresi linier sederhana tebal balas terhadap tiap parameter TQI (listringan, angkatan, pertinggian, lebar sepur) mempunyai pengaruh, sedangkan pada regresi linier berganda antara parameter TQI terhadap tebal balas untuk parameter listringan dan angkatan mempunyai pengaruh terhadap tebal balas, dan parameter pertinggian dan lebar sepur tidak berpengaruh terhadap tebal balas.

"Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis pengaruh tebal balas terhadap Track Quality indeks pada jalur Surabaya – Mojokerto, tepatnya yaitu pada KM 17 sampai dengan KM 57. Dihasilkan kesimpulan bahwa:

1. Pada lintas tersebut mempunyai nilai TQI rata-rata sebesar 19,88 (masuk kategori < 20 yaitu baik sekali). Dimana dari keseluruhan segmen terdapat nilai TQI< 20 sebanyak 118 segmen, nilai 20 < TQI < 35 (baik) sebanyak 82 segmen, dan nilai TQI kategori > 35 (sedang) sebanyak 1 (satu) segmen.

2. Dari hasil analisis menjelaskan bahwasanya variabel Parameter Track Quality Indeks (Listringan, Angkatan, Pertinggian, Lebar sepur) mempunyai pengaruh secara simultan (bersama-sama) terhadap variabel Tebal Balas, akan tetapi apabila secara parsial hanya variabel Listringan dan Variabel Angkatan yang berpengaruh, sedangkan variabel Pertinggian dan variabel Lebar Sepur tidak berpengaruh.

3. Hasil analisis 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 menunjukan 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).

5.2. Saran

Dari hasil kesimpulan terhadap penelitian pengaruh tebal balas terhadap Track Quality Indek (TQI), penulis menyarankan untuk :

1. Memperhatikan perubahan ketebalan balas untuk mengevaluasi kualitas jalan rel yaitu track quality indeks (TQI). Sehingga dalam pemeliharaan jalan rel untuk segmen yang mempunyai nilai TQI besar harus memperhatikan ketebalan balas pada segmen tersebut untuk diberikan perawatan balas.
2. Untuk penelitian selanjutnya dalam pengukuran ketebalan balas waktu pelaksanaanya harus sesudah pengukuran kualitas jalan rel (kereta ukur EM-120) dan dilakukan sebelum adanya pemeliharaan ketebalan balas. Sehingga mendapatkan data yang valid dan linier antara data tebal balas dan nilai TQI.

DAFTAR PUSTAKA

Askarinejad, H, (2017) '*Influences of Track Structure, Geometry and Traffic Parameters on Railway Deterioration*',

Jabbar Ali Zakeri, Seyed Ali Mosayebi,(2016),*Study Of Ballast Layer Stifness In Railway Track*

Kementerian Perhubungan Republik Indonesia ,(2011)Peraturan Menteri Perhubungan No,32 Tahun 2011 Tentang Standar dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian,

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 Rekayasa Astonjadro,

Morlok, K, E, (1988), Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi, Jakarta: Erlangga

M, Sri Atmaja P, Rosyidi dan Dian Setiawan,(2016),Track Quality Index As Track Quality

PJKA,(1986)Peraturan Dinas No,10 Tahun 1986 Tentang Perencanaan Kontruksi Jalan Rel

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,(2015*), 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

"Halaman Sengaja Dikosongkan

BIODATA PENULIS

Nama untung subarkah lahir di cilacap, pada tanggal 10 november 1990, berasal dari keluarga sederhana yang merupakan anak terakhir dari 3 (tiga) bersaudara. Mempunyai seorang bapak bernama karsudi dan ibu wasingatul khomisah yang berprofesi sebagai petani. Dan saat ini alhamdulilah sudah menikah pada tahun 2016 dengan sorang perempuan yang bernama amelia rizqi priyantiaz yang dikaruni 2 (dua) anak yaitu quinzhy anak pertama (3 tahun) dan kenzo anak kedua (1 tahun). Penulis menempuh pendidikan formal di SD Negeri Karang jengkol O4, SMP YaBAKII 1Kesugihan, SMA Abdul wahid Hasyim (jombang) dan Madrash Aliah Negeri Cilacap. Dan kemudian mendapatkan beasiswa ikatan dinas di Sekolah Kedinasan milik Kementerian Perhubungan yaitu Sekolah Tinggi Transportasi Darat (STTD Bekasi) yang lulus pada tahun 2012, yang kemudian mendapatkan penempatan dinas di Balai Pendidikan dan Pelatihan Transportasi Darat di Palembang sampai dengan Tahun 2016, yang kemudian mendapatkan tugas baru di Akademi Perkeretaapian Indonesia Madiun (API Madiun) sampai dengan sekarang. Dan pada tahun 2018 mendapatkan kepercayaan dari BPSDM Perhubungan berupa beasiswa untuk melanjutkan studi Pascasarjana di Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya (ITS) pada Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumian pada bidang Transportasi yang terkonsentrasi pada Teknik dan Manajemen Jalan Rel (TMJR) dengan NRP 03111850080007.

"Halaman Sengaja Dikosongkan

Lampiran 1

1. DATA TQI PT.KAI 2019

PT.	KERETA	API	DAOP	8	SURABAYA
LINTAS	SB-SLO	KODE	SGU-MR		
DARI	SGU	KE	MR		
ANTARA	SGU-MR	KECEPATAN	90		
KELAS	2	TANGGAL	17.12.2019		

ANTARA	---DARI--- KM	---KE--- KM	KELAS	TQI	Perting	Angk.rt	Lestr.r	Lb. Sp
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
SGU-MR	18.600	18.800	2	12,77	3,0	3,2	4,8	1,8
SGU-MR	18.800	19.000	2	13,68	2,5	4,4	4,7	2,1
SGU-MR	19.000	19.200	2	15,28	3,1	4,3	5,8	2,1
SGU-MR	19.200	19.400	2	17,78	3,2	5,7	7,0	1,9
SGU-MR	19.400	19.600	2	12,31	3,0	3,9	3,9	1,6
SGU-MR	19.600	19.800	2	18,81	3,8	8,4	4,6	2,1
SGU-MR	19.800	20.000	2	19,38	4,9	4,6	7,9	2,1

ANTARA	---DARI---Km	---KE---KM	KELAS	TQI	Perting	Angk.rt	Lestr.r	Lb. Sp
SGU-MR	20.000	20.200	2	15,28	2,7	4,3	5,6	2,6
SGU-MR	20.200	20.400	2	18,47	4,0	6,6	5,6	2,3
SGU-MR	20.400	20.600	2	19,49	5,4	4,7	7,4	2,1
SGU-MR	20.600	20.800	2	16,19	3,5	5,2	5,7	1,7
SGU-MR	20.800	21.000	2	18,70	4,2	6,3	6,5	1,7
SGU-MR	21.000	21.200	2	15,50	3,8	3,9	5,9	1,9
SGU-MR	21.200	21.400	2	24,97	7,2	7,5	8,1	2,2
SGU-MR	21.400	21.600	2	21,20	5,0	4,6	9,6	2,1
SGU-MR	21.600	21.800	2	13,91	3,1	3,9	4,8	2,2
SGU-MR	21.800	22.000	2	23,37	7,1	6,8	7,6	1,8
SGU-MR	22.000	22.200	2	16,87	5,4	4,0	5,7	1,8
SGU-MR	22.200	22.400	2	14,59	3,1	4,7	5,0	1,8
SGU-MR	22.400	22.600	2	20,06	4,1	5,2	9,0	1,7
SGU-MR	22.600	22.800	2	17,90	5,0	5,5	5,5	1,9
SGU-MR	22.800	23.000	2	16,99	3,5	5,6	5,5	2,4
SGU-MR	23.000	23.200	2	16,64	4,3	4,2	6,2	1,9
SGU-MR	23.200	23.400	2	16,30	3,5	5,5	5,1	2,2
SGU-MR	23.400	23.600	2	15,73	3,2	5,5	5,2	1,8
SGU-MR	23.600	23.800	2	15,96	3,1	4,6	6,2	2,2
SGU-MR	23.800	24.000	2	13,00	3,1	3,0	4,4	2,5
SGU-MR	24.000	24.200	2	14,36	3,2	3,5	5,2	2,4
SGU-MR	24.200	24.400	2	15,16	3,4	5,8	4,0	1,9
SGU-MR	24.400	24.600	2	14,82	4,0	4,3	4,4	2,1
SGU-MR	24.600	24.800	2	18,13	3,1	5,8	7,0	2,3

ANTARA	---DARI---Km	---KE---KM	KELAS	TQI	Perting	Angk.rt	Lestr.r	Lb. Sp
SGU-MR	24.800	25.000	2	12,43	3,2	3,2	4,0	2,1
SGU-MR	25.000	25.200	2	17,33	5,1	4,3	5,8	2,1
SGU-MR	25.200	25.400	2	16,19	2,9	5,8	5,2	2,3
SGU-MR	25.400	25.600	2	15,50	3,4	5,9	3,6	2,5
SGU-MR	25.600	25.800	2	16,42	4,0	4,1	5,5	2,9
SGU-MR	25.800	26.000	2	14,48	3,2	3,6	4,8	2,9
SGU-MR	26.000	26.200	2	23,48	5,1	8,0	7,6	2,7
SGU-MR	26.200	26.400	2	16,42	4,4	4,7	4,6	2,7
SGU-MR	26.400	26.600	2	29,75	7,0	10,4	9,7	2,7
SGU-MR	26.600	26.800	2	18,70	4,2	6,6	5,2	2,6
SGU-MR	26.800	27.000	2	13,00	2,7	2,6	5,0	2,6
SGU-MR	27.000	27.200	2	15,05	2,6	3,1	6,8	2,5
SGU-MR	27.200	27.400	2	12,08	2,7	2,5	4,6	2,3
SGU-MR	27.400	27.600	2	16,19	3,4	4,9	5,7	2,2
SGU-MR	27.600	27.800	2	12,88	2,7	4,6	3,4	2,2
SGU-MR	27.800	28.000	2	21,66	7,5	7,1	4,4	2,6
SGU-MR	28.000	28.200	2	27,47	7,6	8,8	8,1	3,0
SGU-MR	28.200	28.400	2	19,84	5,7	4,9	7,0	2,3
SGU-MR	28.400	28.600	2	19,38	4,0	6,2	6,4	2,9
SGU-MR	28.600	28.800	2	22,12	3,6	5,8	9,5	3,2
SGU-MR	28.800	29.000	2	20,63	4,9	7,2	5,7	2,9
SGU-MR	29.000	29.200	2	18,35	5,1	7,9	2,4	3,0
SGU-MR	29.200	29.400	2	19,84	5,1	9,0	2,6	3,1
SGU-MR	29.400	29.600	2	20,29	4,8	6,8	6,0	2,6

ANTARA	---DARI---Km	---KE---KM	KELAS	TQI	Perting	Angk.rt	Lestr.r	Lb. Sp
SGU-MR	29.600	29.800	2	18,24	4,6	5,5	5,4	2,9
SGU-MR	29.800	30.000	2	23,14	5,4	9,2	5,7	2,9
SGU-MR	30.000	30.200	2	15,62	3,3	4,1	5,2	3,0
SGU-MR	30.200	30.400	2	21,09	4,0	6,8	7,9	2,4
SGU-MR	30.400	30.600	2	19,49	5,8	6,5	4,3	2,9
SGU-MR	30.600	30.800	2	23,26	4,7	7,0	8,6	3,1
SGU-MR	30.800	31.000	2	16,99	4,8	4,4	4,8	3,0
SGU-MR	31.000	31.200	2	17,90	5,4	6,5	3,0	3,1
SGU-MR	31.200	31.400	2	20,41	7,9	6,6	3,0	3,0
SGU-MR	31.400	31.600	2	16,53	5,8	4,8	2,6	3,3
SGU-MR	31.600	31.800	2	21,32	5,6	6,5	6,4	2,9
SGU-MR	31.800	32.000	2	22,57	5,7	7,3	6,5	3,1
SGU-MR	32.000	32.200	2	20,18	5,4	8,2	3,9	2,7
SGU-MR	32.200	32.400	2	20,63	5,6	6,6	6,4	2,1
SGU-MR	32.400	32.600	2	15,85	4,4	5,9	3,4	2,1
SGU-MR	32.600	32.800	2	20,29	5,9	6,4	5,0	3,0
SGU-MR	32.800	33.000	2	19,61	6,7	6,2	4,0	2,7
SGU-MR	33.000	33.200	2	19,04	5,9	4,6	6,3	2,3
SGU-MR	33.200	33.400	2	16,64	4,6	6,6	2,6	2,9
SGU-MR	33.400	33.600	2	23,94	5,8	8,7	6,3	3,2
SGU-MR	33.600	33.800	2	20,06	5,7	6,4	5,1	2,9
SGU-MR	33.800	34.000	2	19,72	5,4	5,1	7,2	2,1
SGU-MR	34.000	34.200	2	32,95	11,3	10,0	9,0	2,6
SGU-MR	34.200	34.400	2	24,28	5,1	8,1	8,0	3,1

ANTARA	---DARI---Km	---KE---KM	KELAS	TQI	Perting	Angk.rt	Lestr.r	Lb. Sp
SGU-MR	34.400	34.600	2	28,61	8,8	8,8	8,1	3,0
SGU-MR	34.600	34.800	2	17,44	5,6	4,9	4,2	2,7
SGU-MR	34.800	35.000	2	19,27	3,0	5,7	8,2	2,4
SGU-MR	35.000	35.200	2	21,32	3,4	8,4	7,4	2,1
SGU-MR	35.200	35.400	2	28,61	11,4	8,1	6,8	2,3
SGU-MR	35.400	35.600	2	14,14	4,1	4,9	2,9	2,3
SGU-MR	35.600	35.800	2	20,41	5,1	6,6	6,6	2,1
SGU-MR	35.800	36.000	2	18,70	4,9	6,5	5,5	1,8
SGU-MR	36.000	36.200	2	15,50	4,7	5,5	3,2	2,2
SGU-MR	36.200	36.400	2	17,78	6,7	6,2	2,9	2,1
SGU-MR	36.400	36.600	2	15,28	5,1	5,6	2,5	2,1
SGU-MR	36.600	36.800	2	18,13	5,7	4,9	5,5	2,1
SGU-MR	36.800	37.000	2	24,28	8,0	7,0	7,0	2,4
SGU-MR	37.000	37.200	2	19,95	4,7	5,5	7,3	2,5
SGU-MR	37.200	37.400	2	16,87	3,9	5,7	5,4	1,9
SGU-MR	37.400	37.600	2	18,58	4,2	5,9	6,4	2,1
SGU-MR	37.600	37.800	2	16,07	4,0	4,7	5,1	2,3
SGU-MR	37.800	38.000	2	18,35	5,0	5,7	5,6	2,1
SGU-MR	38.000	38.200	2	19,61	4,4	5,9	6,8	2,4
SGU-MR	38.200	38.400	2	17,33	4,6	4,4	6,2	2,2
SGU-MR	38.400	38.600	2	19,95	5,8	7,2	4,6	2,4
SGU-MR	38.600	38.800	2	21,55	5,1	6,8	7,6	1,9
SGU-MR	38.800	39.000	2	21,77	5,1	7,0	7,8	1,9
SGU-MR	39.000	39.200	2	25,31	5,0	8,0	10,1	2,2

ANTARA	---DARI---Km	---KE---KM	KELAS	TQI	Perting	Angk.rt	Lestr.r	Lb. Sp
SGU-MR	39.200	39.400	2	18,81	5,9	6,0	4,7	2,2
SGU-MR	39.400	39.600	2	15,62	4,9	5,8	2,9	2,1
SGU-MR	39.600	39.800	2	13,22	3,6	4,6	3,2	1,8
SGU-MR	39.800	40.000	2	18,92	6,5	5,8	4,3	2,3
SGU-MR	40.000	40.200	2	22,46	5,2	8,2	6,6	2,4
SGU-MR	40.200	40.400	2	20,41	4,2	6,4	7,4	2,4
SGU-MR	40.400	40.600	2	27,25	6,6	9,2	8,6	2,9
SGU-MR	40.600	40.800	2	26,11	7,4	7,2	8,8	2,7
SGU-MR	40.800	41.000	2	29,07	8,9	8,0	10,0	2,2
SGU-MR	41.000	41.200	2	19,49	5,8	5,1	6,8	1,7
SGU-MR	41.200	41.400	2	16,76	3,8	4,3	6,6	2,1
SGU-MR	41.400	41.600	2	19,15	4,0	5,9	7,0	2,3
SGU-MR	41.600	41.800	2	19,27	6,2	6,2	4,2	2,7
SGU-MR	41.800	42.000	2	20,41	6,0	5,8	6,3	2,3
SGU-MR	42.000	42.200	2	20,63	5,8	7,2	5,2	2,4
SGU-MR	42.200	42.400	2	19,04	5,8	5,0	5,5	2,7
SGU-MR	42.400	42.600	2	19,04	5,7	5,8	5,4	2,2
SGU-MR	42.600	42.800	2	28,96	6,2	12,4	7,6	2,7
SGU-MR	42.800	43.000	2	22,00	4,4	8,3	6,4	2,9
SGU-MR	43.000	43.200	2	24,85	6,4	6,5	9,6	2,4
SGU-MR	43.200	43.400	2	16,07	4,3	3,9	5,5	2,4
SGU-MR	43.400	43.600	2	24,51	6,2	7,3	8,7	2,4
SGU-MR	43.600	43.800	2	25,76	7,0	8,3	7,8	2,7
SGU-MR	43.800	44.000	2	23,71	5,0	9,2	7,0	2,5

ANTARA	---DARI---Km	---KE---KM	KELAS	TQI	Perting	Angk.rt	Lestr.r	Lb. Sp
SGU-MR	44.000	44.200	2	18,47	4,0	6,8	5,0	2,6
SGU-MR	44.200	44.400	2	27,47	8,1	6,6	9,9	2,9
SGU-MR	44.400	44.600	2	26,79	6,8	9,5	7,6	2,9
SGU-MR	44.600	44.800	2	23,60	5,4	8,3	7,6	2,3
SGU-MR	44.800	45.000	2	24,51	5,1	10,6	6,5	2,3
SGU-MR	45.000	45.200	2	23,83	5,7	9,9	5,9	2,3
SGU-MR	45.200	45.400	2	22,34	5,4	9,7	5,7	1,6
SGU-MR	45.400	45.600	2	17,56	4,6	5,9	4,9	2,2
SGU-MR	45.600	45.800	2	23,03	6,5	7,6	6,5	2,4
SGU-MR	45.800	46.000	2	22,34	5,6	8,6	6,3	1,9
SGU-MR	46.000	46.200	2	21,66	6,0	8,2	5,5	1,9
SGU-MR	46.200	46.400	2	18,24	4,0	5,7	6,7	1,8
SGU-MR	46.400	46.600	2	19,95	5,9	5,9	6,0	2,1
SGU-MR	46.600	46.800	2	20,98	6,8	8,0	4,2	1,9
SGU-MR	46.800	47.000	2	24,28	6,2	7,8	8,1	2,3
SGU-MR	47.000	47.200	2	22,23	6,5	7,6	6,2	1,9
SGU-MR	47.200	47.400	2	22,91	7,4	6,0	7,2	2,3
SGU-MR	47.400	47.600	2	30,89	7,9	12,2	9,0	1,8
SGU-MR	47.600	47.800	2	38,65	9,9	16,4	10,0	2,3
SGU-MR	47.800	48.000	2	24,28	5,5	7,9	8,1	2,9
SGU-MR	48.000	48.200	2	31,92	8,9	10,1	9,8	3,1
SGU-MR	48.200	48.400	2	26,68	6,7	11,5	5,6	2,9
SGU-MR	48.400	48.600	2	22,12	5,5	7,2	6,6	2,9
SGU-MR	48.600	48.800	2	24,62	9,9	8,0	4,1	2,6

ANTARA	---DARI---Km	---KE---KM	KELAS	TQI	Perting	Angk.rt	Lestr.r	Lb. Sp
SGU-MR	48.800	49.000	2	21,66	7,8	6,8	4,8	2,3
SGU-MR	49.000	49.200	2	24,74	6,8	5,4	10,3	2,3
SGU-MR	49.200	49.400	2	21,55	5,2	6,0	8,2	2,1
SGU-MR	49.400	49.600	2	17,21	3,9	4,0	7,3	2,1
SGU-MR	49.600	49.800	2	22,80	4,3	7,6	8,4	2,4
SGU-MR	49.800	50.000	2	19,84	4,2	5,1	8,3	2,2
SGU-MR	50.000	50.200	2	17,78	4,1	3,9	7,6	2,2
SGU-MR	50.200	50.400	2	23,60	5,0	7,4	8,6	2,6
SGU-MR	50.400	50.600	2	16,64	4,2	3,9	6,3	2,3
SGU-MR	50.600	50.800	2	20,86	4,7	5,5	8,7	2,1
SGU-MR	50.800	51.000	2	18,13	4,7	3,5	8,1	1,8
SGU-MR	51.000	51.200	2	15,73	4,1	4,1	5,4	2,2
SGU-MR	51.200	51.400	2	16,42	3,5	3,6	7,0	2,3
SGU-MR	51.400	51.600	2	17,78	3,8	4,6	7,5	1,9
SGU-MR	51.600	51.800	2	17,33	4,4	4,2	6,8	1,8
SGU-MR	51.800	52.000	2	18,47	4,6	4,8	6,7	2,4
SGU-MR	52.000	52.200	2	21,43	4,7	6,3	8,3	2,2
SGU-MR	52.200	52.400	2	20,29	6,5	5,8	5,8	2,2
SGU-MR	52.400	52.600	2	26,11	5,8	7,6	10,4	2,3
SGU-MR	52.600	52.800	2	20,41	4,0	5,0	9,5	1,9
SGU-MR	52.800	53.000	2	19,72	4,2	4,3	9,5	1,7
SGU-MR	53.000	53.200	2	15,85	3,8	3,8	6,2	2,2
SGU-MR	53.200	53.400	2	15,50	3,6	3,9	6,2	1,8
SGU-MR	53.400	53.600	2	24,85	6,8	6,8	8,7	2,5

ANTARA	---DARI---Km	---KE---KM	KELAS	TQI	Perting	Angk.rt	Lestr.r	Lb. Sp
SGU-MR	53.600	53.800	2	16,76	4,1	4,4	6,5	1,7
SGU-MR	53.800	54.000	2	19,27	4,4	6,0	6,5	2,3
SGU-MR	54.000	54.200	2	18,58	5,1	3,9	7,4	2,2
SGU-MR	54.200	54.400	2	14,36	4,6	5,1	2,3	2,4
SGU-MR	54.400	54.600	2	17,78	5,0	4,9	5,6	2,3
SGU-MR	54.600	54.800	2	16,07	4,8	4,8	4,6	1,9
SGU-MR	54.800	55.000	2	16,19	5,0	5,2	4,0	1,9
SGU-MR	55.000	55.200	2	15,05	5,1	3,3	4,4	2,2
SGU-MR	55.200	55.400	2	18,24	5,0	6,4	4,7	2,2
SGU-MR	55.400	55.600	2	19,84	5,9	5,9	6,0	1,9
SGU-MR	55.600	55.800	2	29,98	10,0	9,8	8,3	1,8
SGU-MR	55.800	56.000	2	20,29	4,9	5,5	7,9	2,1
SGU-MR	56.000	56.200	2	21,66	5,4	7,1	7,2	2,1
SGU-MR	56.200	56.400	2	19,72	7,3	6,7	3,5	2,2
SGU-MR	56.400	56.600	2	27,47	5,4	9,7	10,0	2,4
SGU-MR	56.600	56.800	2	19,72	6,0	7,0	4,2	2,5
SGU-MR	56.800	57.000	2	18,01	5,5	6,6	3,3	2,6
SGU-MR	57.000	57.200	2	25,19	6,6	10,8	5,2	2,5
SGU-MR	57.200	57.400	2	32,72	7,8	13,6	9,0	2,4

"Halaman Sengaja Dikosongkan

Lampiran 2

2. Rekapitulasi Pengukuran Tebal Balas

Antara	Dari	Ke	Tebal Balas Tiap Titik (cm)					Rata-Rata
	KM	Segmen	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	
SGU-MR	17.000	17.200	34,7	38,7	34,4	33,0	37,7	35,7
SGU-MR	17.200	17.400	37,7	34,3	32,9	38,6	37,6	36,2
SGU-MR	17.400	17.600	37,6	32,9	38,6	34,3	37,6	36,2
SGU-MR	17.600	17.800	37,6	37,9	32,2	33,6	36,9	35,6
SGU-MR	17.800	18.000	36,9	32,7	38,4	34,1	37,4	35,9
SGU-MR	18.000	18.200	37,4	31,9	33,3	37,6	36,6	35,3
SGU-MR	18.200	18.400	36,6	37,6	31,9	33,3	36,6	35,2
SGU-MR	18.400	18.600	36,6	35,0	40,7	36,4	39,7	37,7
SGU-MR	18.600	18.800	39,7	37,0	32,7	31,3	36,0	35,3
SGU-MR	18.800	19.000	36,0	31,9	37,6	33,3	36,6	35,0
SGU-MR	19.000	19.200	36,6	33,8	32,4	38,1	37,1	35,6
SGU-MR	19.200	19.400	37,1	39,3	33,6	35,0	38,3	36,7
SGU-MR	19.400	19.600	38,3	32,6	36,9	31,2	35,9	35,0
SGU-MR	19.600	19.800	35,9	33,8	35,2	39,5	38,5	36,6
SGU-MR	19.800	20.000	38,5	39,2	33,5	34,9	38,2	36,9
SGU-MR	20.000	20.200	38,2	32,3	38,0	33,7	37,0	35,8
SGU-MR	20.200	20.400	37,0	33,4	34,8	39,1	38,1	36,5
SGU-MR	20.400	20.600	38,1	33,3	39,0	34,7	38,0	36,7
SGU-MR	20.600	20.800	38,0	38,5	34,2	32,8	37,5	36,2
SGU-MR	20.800	21.000	37,5	33,7	39,4	35,1	38,4	36,8
SGU-MR	21.000	21.200	38,4	32,2	37,9	33,6	36,9	35,8

Antara	Dari	Ke	Tebal Balas Tiap Titik (cm)					Rata-Rata
	KM	Segmen	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	
SGU-MR	21.200	21.400	36,9	40,8	35,1	36,5	39,8	37,8
SGU-MR	21.400	21.600	39,8	35,8	34,4	40,1	39,1	37,8
SGU-MR	21.600	21.800	39,1	29,6	37,3	35,0	36,3	35,5
SGU-MR	21.800	22.000	36,3	34,5	40,2	35,9	39,2	37,3
SGU-MR	22.000	22.200	39,2	41,8	33,5	28,1	36,8	35,9
SGU-MR	22.200	22.400	36,8	32,1	33,5	37,8	36,8	35,4
SGU-MR	22.400	22.600	36,8	40,1	34,4	35,8	39,1	37,3
SGU-MR	22.600	22.800	39,1	32,8	38,5	34,2	37,5	36,4
SGU-MR	22.800	23.000	37,5	38,5	34,2	32,8	37,5	36,1
SGU-MR	23.000	23.200	37,5	32,5	33,9	38,2	37,2	35,9
SGU-MR	23.200	23.400	37,2	34,0	38,3	32,6	37,3	35,9
SGU-MR	23.400	23.600	37,3	38,4	32,7	34,1	37,4	35,9
SGU-MR	23.600	23.800	37,4	34,1	38,4	32,7	37,4	36,0
SGU-MR	23.800	24.000	37,4	27,0	40,7	32,4	35,7	34,6
SGU-MR	24.000	24.200	35,7	33,1	31,7	37,4	36,4	34,9
SGU-MR	24.200	24.400	36,4	34,6	29,2	39,9	36,9	35,4
SGU-MR	24.400	24.600	36,9	33,1	31,7	37,4	36,4	35,1
SGU-MR	24.600	24.800	36,4	35,1	33,7	39,4	38,4	36,6
SGU-MR	24.800	25.000	38,4	36,6	32,3	30,9	35,6	34,7
SGU-MR	25.000	25.200	35,6	38,1	33,8	32,4	37,1	35,4
SGU-MR	25.200	25.400	37,1	32,8	34,2	38,5	37,5	36,0
SGU-MR	25.400	25.600	37,5	29,3	35,5	38,6	36,8	35,5
SGU-MR	25.600	25.800	36,8	32,1	33,5	37,8	36,8	35,4
SGU-MR	25.800	26.000	36,8	31,5	37,2	32,9	36,2	34,9

Antara	Dari	Ke	Tebal Balas Tiap Titik (cm)					Rata-Rata
	KM	Segmen	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	
SGU-MR	26.000	26.200	36,2	35,1	40,8	36,5	39,8	37,7
SGU-MR	26.200	26.400	39,8	37,6	33,3	31,9	36,6	35,9
SGU-MR	26.400	26.600	36,6	43,0	38,7	37,3	42,0	39,5
SGU-MR	26.600	26.800	42,0	38,9	34,6	33,2	37,9	37,3
SGU-MR	26.800	27.000	37,9	32,5	31,1	36,8	35,8	34,8
SGU-MR	27.000	27.200	35,8	33,7	32,3	38,0	37,0	35,3
SGU-MR	27.200	27.400	37,0	32,2	30,8	36,5	35,5	34,4
SGU-MR	27.400	27.600	35,5	34,0	32,6	38,3	37,3	35,5
SGU-MR	27.600	27.800	37,3	32,7	31,3	37,0	36,0	34,9
SGU-MR	27.800	28.000	36,0	38,8	34,5	33,1	37,8	36,0
SGU-MR	28.000	28.200	37,8	41,4	37,1	35,7	40,4	38,5
SGU-MR	28.200	28.400	40,4	38,9	34,6	33,2	37,9	37,0
SGU-MR	28.400	28.600	37,9	39,3	35,0	33,6	38,3	36,8
SGU-MR	28.600	28.800	38,3	34,9	36,3	40,6	39,6	38,0
SGU-MR	28.800	29.000	39,6	33,7	35,1	39,4	38,4	37,3
SGU-MR	29.000	29.200	38,4	32,4	33,8	38,1	37,1	36,0
SGU-MR	29.200	29.400	37,1	33,1	34,5	38,8	37,8	36,3
SGU-MR	29.400	29.600	37,8	33,7	35,1	39,4	38,4	36,9
SGU-MR	29.600	29.800	38,4	32,7	34,1	38,4	37,4	36,2
SGU-MR	29.800	30.000	37,4	34,8	36,2	40,5	39,5	37,7
SGU-MR	30.000	30.200	39,5	32,0	33,4	37,7	36,7	35,8
SGU-MR	30.200	30.400	36,7	34,7	36,1	40,4	39,4	37,4
SGU-MR	30.400	30.600	39,4	32,7	34,1	38,4	37,4	36,4
SGU-MR	30.600	30.800	37,4	35,1	36,5	40,8	39,8	37,9

Antara	Dari	Ke	Tebal Balas Tiap Titik (cm)					Rata-Rata
	KM	Segmen	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	
SGU-MR	30.800	31.000	39,8	33,3	37,6	31,9	36,6	35,8
SGU-MR	31.000	31.200	36,6	33,4	37,7	32,0	36,7	35,3
SGU-MR	31.200	31.400	36,7	33,5	37,8	32,1	36,8	35,4
SGU-MR	31.400	31.600	36,8	32,4	36,7	31,0	35,7	34,5
SGU-MR	31.600	31.800	35,7	35,1	39,4	33,7	38,4	36,5
SGU-MR	31.800	32.000	38,4	35,6	39,9	34,2	38,9	37,4
SGU-MR	32.000	32.200	38,9	39,0	34,7	33,3	38,0	36,8
SGU-MR	32.200	32.400	38,0	39,5	35,2	33,8	38,5	37,0
SGU-MR	32.400	32.600	38,5	37,7	33,4	32,0	36,7	35,6
SGU-MR	32.600	32.800	36,7	38,7	34,4	33,0	37,7	36,1
SGU-MR	32.800	33.000	37,7	38,1	33,8	32,4	37,1	35,8
SGU-MR	33.000	33.200	37,1	32,7	38,4	34,1	37,4	35,9
SGU-MR	33.200	33.400	37,4	31,9	37,6	33,3	36,6	35,4
SGU-MR	33.400	33.600	36,6	34,8	40,5	36,2	39,5	37,5
SGU-MR	33.600	33.800	39,5	34,5	33,1	38,8	37,8	36,7
SGU-MR	33.800	34.000	37,8	34,9	33,5	39,2	38,2	36,7
SGU-MR	34.000	34.200	38,2	38,2	36,8	42,5	41,5	39,4
SGU-MR	34.200	34.400	41,5	36,7	35,3	41,0	40,0	38,9
SGU-MR	34.400	34.600	40,0	37,1	35,7	41,4	40,4	39,0
SGU-MR	34.600	34.800	40,4	37,6	31,9	33,3	36,6	35,9
SGU-MR	34.800	35.000	36,6	40,0	34,3	35,7	39,0	37,1
SGU-MR	35.000	35.200	39,0	40,9	35,2	36,6	39,9	38,3
SGU-MR	35.200	35.400	39,9	34,8	40,5	36,2	39,5	38,2
SGU-MR	35.400	35.600	39,5	31,2	36,9	32,6	35,9	35,2

Antara	Dari	Ke	Tebal Balas Tiap Titik (cm)					Rata-Rata
	KM	Segmen	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	
SGU-MR	35.600	35.800	35,9	33,9	39,6	35,3	38,6	36,7
SGU-MR	35.800	36.000	38,6	33,3	39,0	34,7	38,0	36,7
SGU-MR	36.000	36.200	38,0	37,3	33,0	31,6	36,3	35,3
SGU-MR	36.200	36.400	36,3	37,5	33,2	31,8	36,5	35,1
SGU-MR	36.400	36.600	36,5	37,0	32,7	31,3	36,0	34,7
SGU-MR	36.600	36.800	36,0	38,2	33,9	32,5	37,2	35,6
SGU-MR	36.800	37.000	37,2	40,0	35,7	34,3	39,0	37,2
SGU-MR	37.000	37.200	39,0	35,1	33,7	39,4	38,4	37,1
SGU-MR	37.200	37.400	38,4	34,2	32,8	38,5	37,5	36,3
SGU-MR	37.400	37.600	37,5	34,9	33,5	39,2	38,2	36,6
SGU-MR	37.600	37.800	38,2	33,6	32,2	37,9	36,9	35,8
SGU-MR	37.800	38.000	36,9	34,3	32,9	38,6	37,6	36,1
SGU-MR	38.000	38.200	37,6	39,4	35,1	33,7	38,4	36,8
SGU-MR	38.200	38.400	38,4	38,3	34,0	32,6	37,3	36,1
SGU-MR	38.400	38.600	37,3	38,9	34,6	33,2	37,9	36,4
SGU-MR	38.600	38.800	37,9	40,2	35,9	34,5	39,2	37,6
SGU-MR	38.800	39.000	39,2	40,4	36,1	34,7	39,4	37,9
SGU-MR	39.000	39.200	39,4	42,1	37,8	36,4	41,1	39,3
SGU-MR	39.200	39.400	41,1	38,4	34,1	32,7	37,4	36,7
SGU-MR	39.400	39.600	37,4	37,3	33,0	31,6	36,3	35,1
SGU-MR	39.600	39.800	36,3	36,9	32,6	31,2	35,9	34,6
SGU-MR	39.800	40.000	35,9	38,1	33,8	32,4	37,1	35,4
SGU-MR	40.000	40.200	37,1	40,4	36,1	34,7	39,4	37,5
SGU-MR	40.200	40.400	39,4	39,9	35,6	34,2	38,9	37,6

Antara	Dari	Ke	Tebal Balas Tiap Titik (cm)					Rata-Rata
	KM	Segmen	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	
SGU-MR	40.400	40.600	38,9	41,9	37,6	36,2	40,9	39,1
SGU-MR	40.600	40.800	40,9	35,3	36,7	41,0	40,0	38,8
SGU-MR	40.800	41.000	40,0	36,3	37,7	42,0	41,0	39,4
SGU-MR	41.000	41.200	41,0	33,3	34,7	39,0	38,0	37,2
SGU-MR	41.200	41.400	38,0	32,8	34,2	38,5	37,5	36,2
SGU-MR	41.400	41.600	37,5	33,7	35,1	39,4	38,4	36,8
SGU-MR	41.600	41.800	38,4	33,9	38,2	32,5	37,2	36,0
SGU-MR	41.800	42.000	37,2	34,7	39,0	33,3	38,0	36,5
SGU-MR	42.000	42.200	38,0	34,9	39,2	33,5	38,2	36,8
SGU-MR	42.200	42.400	38,2	33,9	38,2	32,5	37,2	36,0
SGU-MR	42.400	42.600	37,2	34,3	38,6	32,9	37,6	36,1
SGU-MR	42.600	42.800	37,6	38,7	43,0	37,3	42,0	39,7
SGU-MR	42.800	43.000	42,0	36,1	34,7	40,4	39,4	38,5
SGU-MR	43.000	43.200	39,4	36,7	35,3	41,0	40,0	38,5
SGU-MR	43.200	43.400	40,0	33,4	32,0	37,7	36,7	35,9
SGU-MR	43.400	43.600	36,7	36,7	35,3	41,0	40,0	37,9
SGU-MR	43.600	43.800	40,0	36,7	35,3	41,0	40,0	38,6
SGU-MR	43.800	44.000	40,0	36,8	35,4	41,1	40,1	38,7
SGU-MR	44.000	44.200	40,1	34,6	33,2	38,9	37,9	37,0
SGU-MR	44.200	44.400	37,9	37,0	35,6	41,3	40,3	38,4
SGU-MR	44.400	44.600	40,3	37,3	41,6	35,9	40,6	39,1
SGU-MR	44.600	44.800	40,6	36,7	41,0	35,3	40,0	38,7
SGU-MR	44.800	45.000	40,0	37,3	41,6	35,9	40,6	39,0
SGU-MR	45.000	45.200	40,6	36,6	40,9	35,2	39,9	38,6

Antara	Dari	Ke	Tebal Balas Tiap Titik (cm)					Rata-Rata
	KM	Segmen	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	
SGU-MR	45.200	45.400	39,9	36,4	40,7	35,0	39,7	38,3
SGU-MR	45.400	45.600	39,7	34,1	38,4	32,7	37,4	36,5
SGU-MR	45.600	45.800	37,4	35,8	40,1	34,4	39,1	37,3
SGU-MR	45.800	46.000	39,1	40,4	34,7	36,1	39,4	37,9
SGU-MR	46.000	46.200	39,4	39,8	34,1	35,5	38,8	37,6
SGU-MR	46.200	46.400	38,8	39,2	33,5	34,9	38,2	36,9
SGU-MR	46.400	46.600	38,2	39,0	33,3	34,7	38,0	36,6
SGU-MR	46.600	46.800	38,0	39,1	33,4	34,8	38,1	36,7
SGU-MR	46.800	47.000	38,1	40,9	35,2	36,6	39,9	38,2
SGU-MR	47.000	47.200	39,9	39,9	34,2	35,6	38,9	37,7
SGU-MR	47.200	47.400	38,9	33,9	35,3	39,6	38,6	37,3
SGU-MR	47.400	47.600	38,6	37,9	39,3	43,6	42,6	40,4
SGU-MR	47.600	47.800	42,6	40,5	41,9	46,2	45,2	43,3
SGU-MR	47.800	48.000	45,2	41,0	35,3	36,7	40,0	39,6
SGU-MR	48.000	48.200	40,0	43,0	37,3	38,7	42,0	40,2
SGU-MR	48.200	48.400	42,0	41,6	35,9	37,3	40,6	39,4
SGU-MR	48.400	48.600	40,6	34,2	39,9	35,6	38,9	37,8
SGU-MR	48.600	48.800	38,9	33,3	39,0	34,7	38,0	36,8
SGU-MR	48.800	49.000	38,0	33,1	38,8	34,5	37,8	36,5
SGU-MR	49.000	49.200	37,8	35,1	40,8	36,5	39,8	38,0
SGU-MR	49.200	49.400	39,8	35,8	34,4	40,1	39,1	37,9
SGU-MR	49.400	49.600	39,1	34,3	32,9	38,6	37,6	36,5
SGU-MR	49.600	49.800	37,6	36,7	35,3	41,0	40,0	38,2
SGU-MR	49.800	50.000	40,0	35,4	34,0	39,7	38,7	37,6

Antara	Dari	Ke	Tebal Balas Tiap Titik (cm)					Rata-Rata
	KM	Segmen	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	
SGU-MR	50.000	50.200	38,7	34,5	33,1	38,8	37,8	36,6
SGU-MR	50.200	50.400	37,8	36,7	35,3	41,0	40,0	38,1
SGU-MR	50.400	50.600	40,0	33,8	32,4	38,1	37,1	36,3
SGU-MR	50.600	50.800	37,1	40,1	35,8	34,4	39,1	37,3
SGU-MR	50.800	51.000	39,1	38,8	34,5	33,1	37,8	36,7
SGU-MR	51.000	51.200	37,8	37,7	33,4	32,0	36,7	35,5
SGU-MR	51.200	51.400	36,7	38,3	34,0	32,6	37,3	35,8
SGU-MR	51.400	51.600	37,3	39,0	34,7	33,3	38,0	36,5
SGU-MR	51.600	51.800	38,0	38,5	34,2	32,8	37,5	36,2
SGU-MR	51.800	52.000	37,5	38,8	34,5	33,1	37,8	36,3
SGU-MR	52.000	52.200	37,8	34,6	40,3	36,0	39,3	37,6
SGU-MR	52.200	52.400	39,3	33,1	38,8	34,5	37,8	36,7
SGU-MR	52.400	52.600	37,8	36,3	42,0	37,7	41,0	39,0
SGU-MR	52.600	52.800	41,0	34,5	40,2	35,9	39,2	38,2
SGU-MR	52.800	53.000	39,2	34,2	39,9	35,6	38,9	37,6
SGU-MR	53.000	53.200	38,9	33,7	32,3	38,0	37,0	35,9
SGU-MR	53.200	53.400	37,0	33,7	32,3	38,0	37,0	35,6
SGU-MR	53.400	53.600	37,0	36,5	35,1	40,8	39,8	37,8
SGU-MR	53.600	53.800	39,8	34,2	32,8	38,5	37,5	36,5
SGU-MR	53.800	54.000	37,5	35,0	33,6	39,3	38,3	36,7
SGU-MR	54.000	54.200	38,3	34,3	32,9	38,6	37,6	36,4
SGU-MR	54.200	54.400	37,6	32,4	31,0	36,7	35,7	34,7
SGU-MR	54.400	54.600	35,7	33,9	32,5	38,2	37,2	35,5
SGU-MR	54.600	54.800	37,2	33,4	32,0	37,7	36,7	35,4

Antara	Dari	Ke	Tebal Balas Tiap Titik (cm)					Rata-Rata
	KM	Segmen	T. 1	T. 2	T. 3	T. 4	T. 5	
SGU-MR	54.800	55.000	36,7	33,3	31,9	37,6	36,6	35,2
SGU-MR	55.000	55.200	36,6	36,9	32,6	31,2	35,9	34,6
SGU-MR	55.200	55.400	35,9	38,5	34,2	32,8	37,5	35,8
SGU-MR	55.400	55.600	37,5	39,0	34,7	33,3	38,0	36,5
SGU-MR	55.600	55.800	38,0	42,1	37,8	36,4	41,1	39,0
SGU-MR	55.800	56.000	41,1	39,7	35,4	34,0	38,7	37,7
SGU-MR	56.000	56.200	38,7	35,8	34,4	40,1	39,1	37,6
SGU-MR	56.200	56.400	39,1	33,8	32,4	38,1	37,1	36,1
SGU-MR	56.400	56.600	37,1	38,6	37,2	42,9	41,9	39,5
SGU-MR	56.600	56.800	41,9	32,9	38,6	34,3	37,6	37,0
SGU-MR	56.800	57.000	37,6	32,3	38,0	33,7	37,0	35,7
SGU-MR	57.000	57.200	37,0	35,3	41,0	36,7	40,0	38,0
SGU-MR	57.200	57.400	40,0	38,6	44,3	40,0	43,3	41,2

"Halaman Sengaja Dikosongkan

Lampiran 3
Output SPSS

3. Output SPSS Analisa Tebal Balas Terhadap Listringan

```
REGRESSION
  /MISSING LISTWISE
  /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
  /NOORIGIN
  /DEPENDENT Y1
  /METHOD=ENTER X.
```

Regression

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Tebal Balas[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Listringan

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.768[a]	.589	.587	1.18974

a. Predictors: (Constant), Tebal Balas

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	406.253	1	406.253	287.007	.000[b]
	Residual	283.096	200	1.415		
	Total	689.349	201			

a. Dependent Variable: Listringan

b. Predictors: (Constant), Tebal Balas

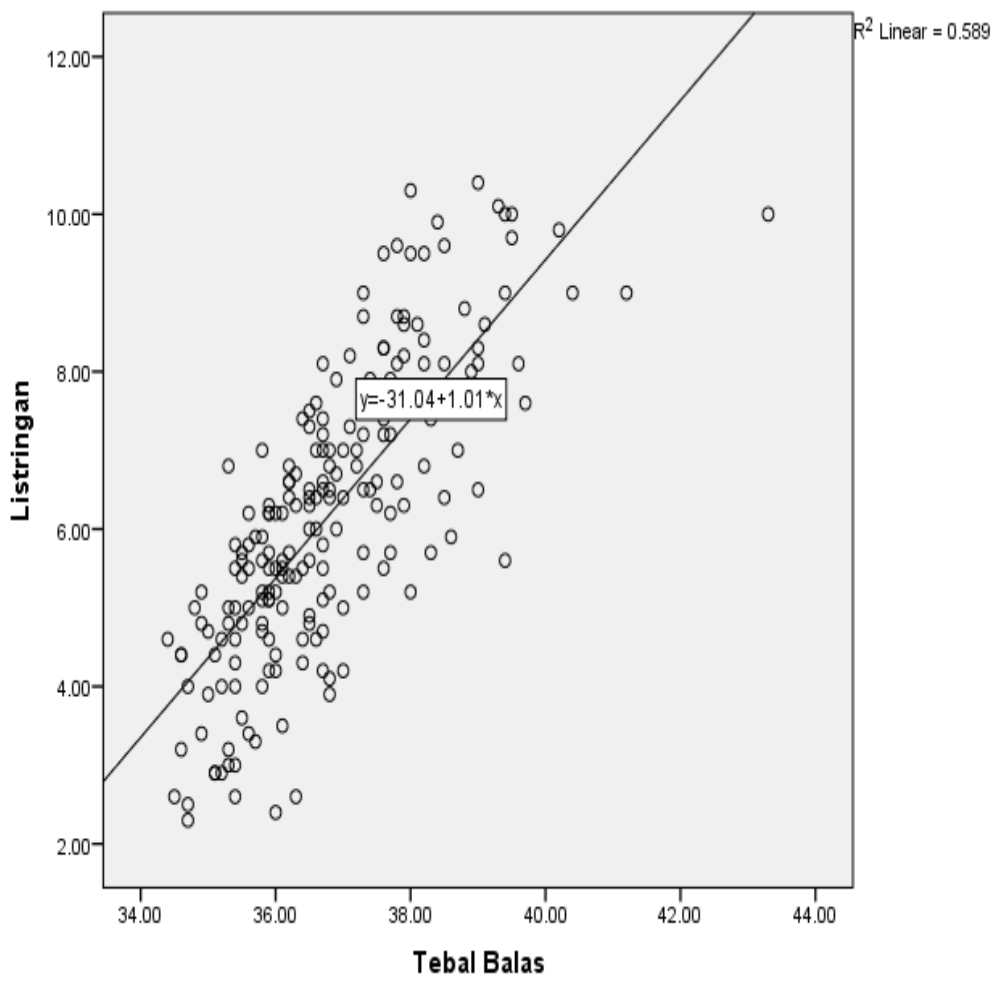
Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-31.038	2.199		-14.111	.000
	Tebal Balas	1.011	.060	.768	16.941	.000

a. Dependent Variable: Listringan

```
GRAPH
  /SCATTERPLOT(BIVAR)=X WITH Y1
  /MISSING=LISTWISE.
```

Graph



4. Outpus SPSS Analisa Tebal Balas Terhadap Angkatan

```
REGRESSION
  /MISSING LISTWISE
  /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
  /NOORIGIN
  /DEPENDENT Y2
  /METHOD=ENTER X.
```

Regression

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Tebal Balas[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Angkatan

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.818[a]	.670	.668	1.19128

a. Predictors: (Constant), Tebal Balas

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	576.113	1	576.113	405.953	.000[b]
	Residual	283.832	200	1.419		
	Total	859.945	201			

a. Dependent Variable: Angkatan

b. Predictors: (Constant), Tebal Balas

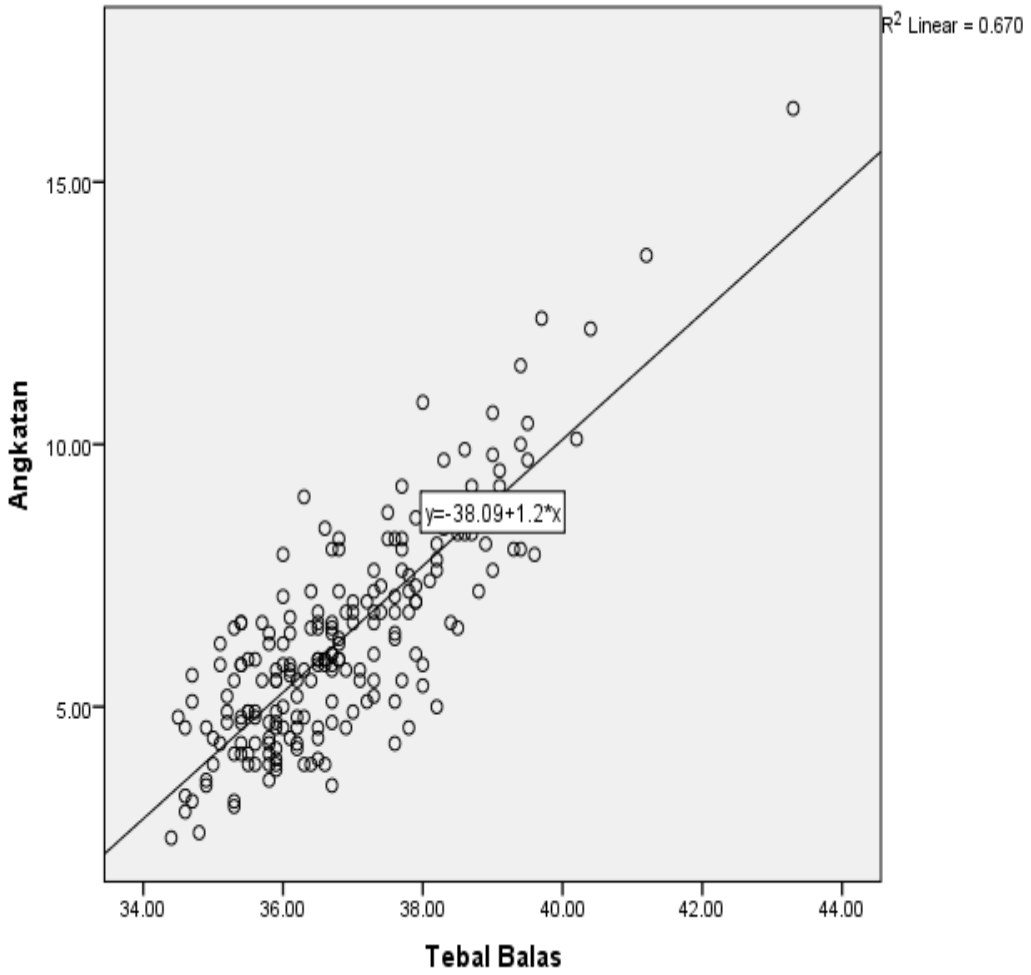
Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-38.090	2.202		-17.295	.000
	Tebal Balas	1.205	.060	.818	20.148	.000

a. Dependent Variable: Angkatan

```
GRAPH
  /SCATTERPLOT(BIVAR)=X WITH Y2
  /MISSING=LISTWISE.
```

Graph



5. Output SPSS Analisa Tebal Balas Terhadap Pertinggian

```
REGRESSION
  /MISSING LISTWISE
  /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
  /NOORIGIN
  /DEPENDENT Y3
  /METHOD=ENTER X.
```

Regression

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Tebal Balas[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Pertinggian

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.567[a]	.321	.318	1.31889

a. Predictors: (Constant), Tebal Balas

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	164.550	1	164.550	94.597	.000[b]
	Residual	347.896	200	1.739		
	Total	512.446	201			

a. Dependent Variable: Pertinggian

b. Predictors: (Constant), Tebal Balas

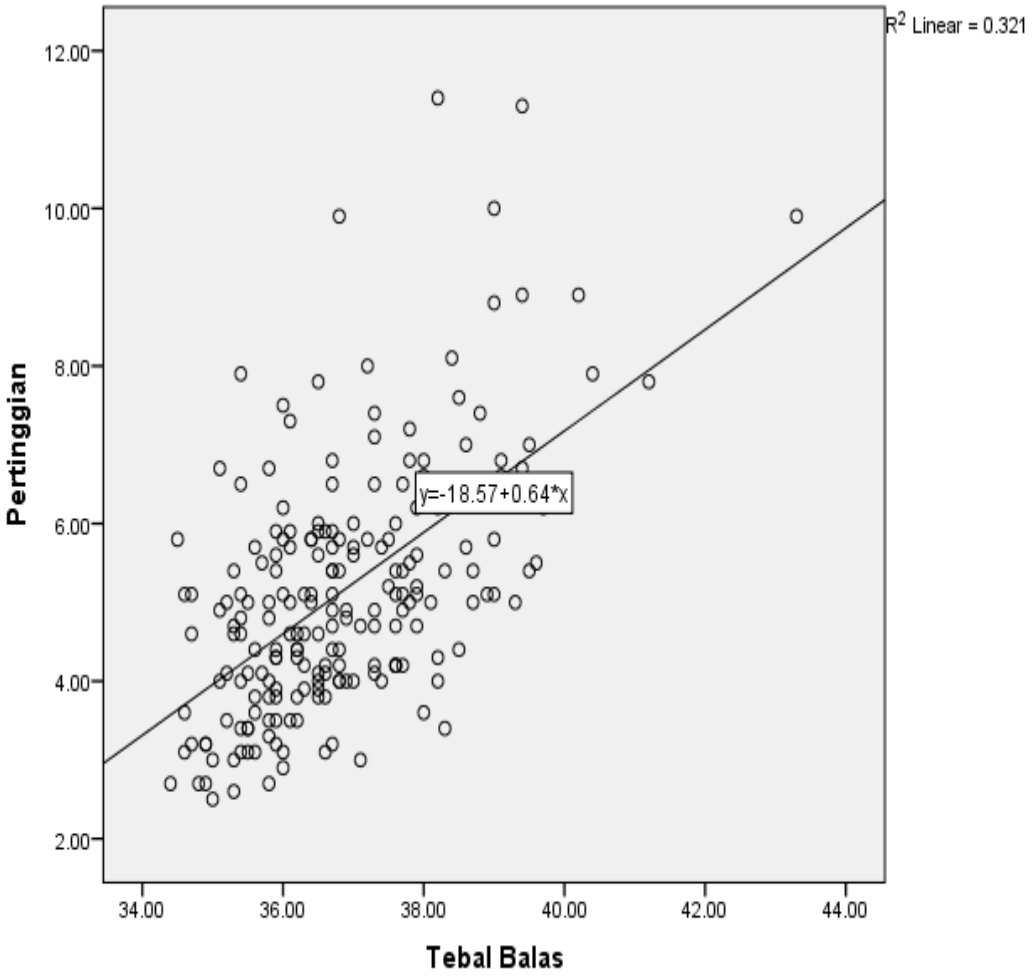
Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-18.574	2.438		-7.618	.000
	Tebal Balas	.644	.066	.567	9.726	.000

a. Dependent Variable: Pertinggian

```
GRAPH
  /SCATTERPLOT(BIVAR)=X WITH Y3
  /MISSING=LISTWISE.
```

Graph



6. Output SPSS Analisa Tebal Balas Terhadap Lebar Sepur

```
REGRESSION
  /MISSING LISTWISE
  /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
  /NOORIGIN
  /DEPENDENT Y4
  /METHOD=ENTER X.
```

Regression

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Tebal Balas[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Lebar Sepur

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.175[a]	.031	.026	.38655

a. Predictors: (Constant), Tebal Balas

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.942	1	.942	6.306	.013[b]
	Residual	29.884	200	.149		
	Total	30.826	201			

a. Dependent Variable: Lebar Sepur

b. Predictors: (Constant), Tebal Balas

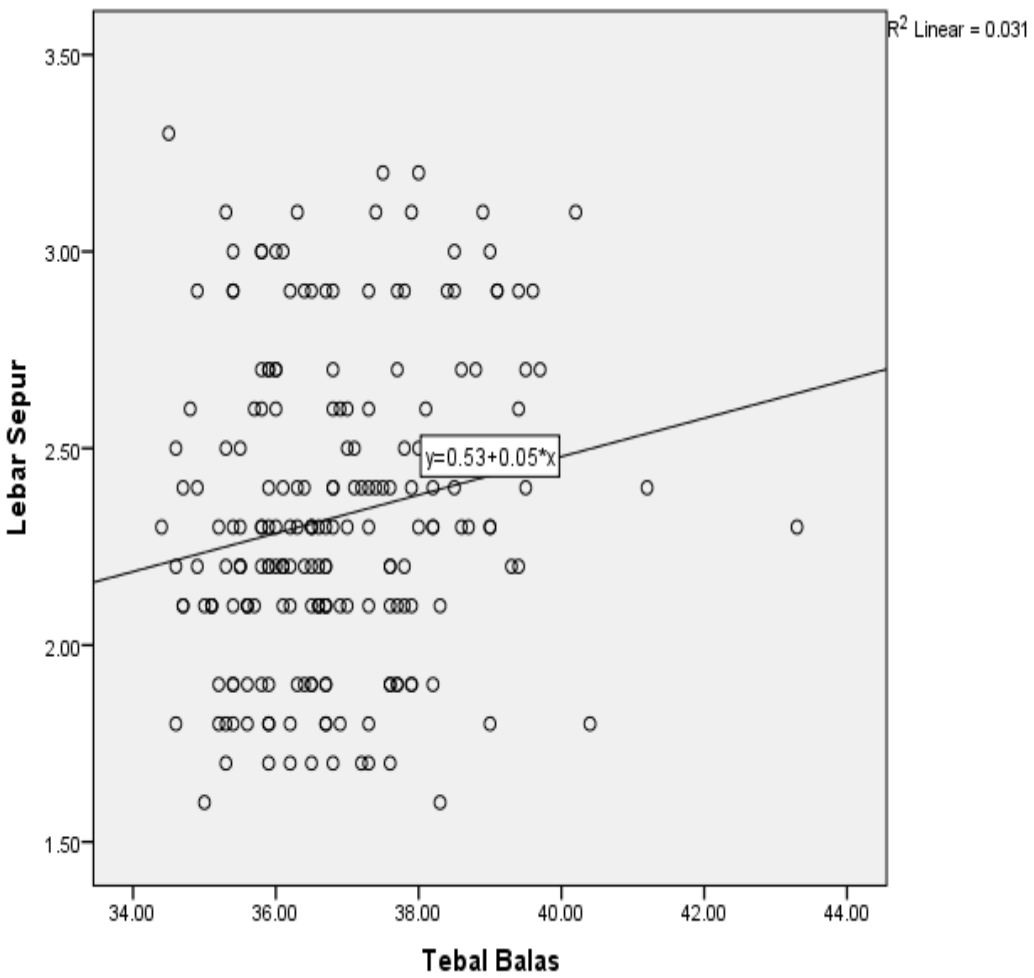
Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.531	.715		.742	.459
	Tebal Balas	.049	.019	.175	2.511	.013

a. Dependent Variable: Lebar Sepur

```
GRAPH
  /SCATTERPLOT(BIVAR)=X WITH Y4
  /MISSING=LISTWISE.
```

Graph



7. Output SPSS Analisa Tebal Balas terhadap TQI

```
REGRESSION
  /MISSING LISTWISE
  /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
  /NOORIGIN
  /DEPENDENT Y
  /METHOD=ENTER X.
```

Regression

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Tebal Balas[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: TQI

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.930[a]	.865	.865	1.61719

a. Predictors: (Constant), Tebal Balas

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3361.318	1	3361.318	1285.252	.000[b]
	Residual	523.060	200	2.615		
	Total	3884.378	201			

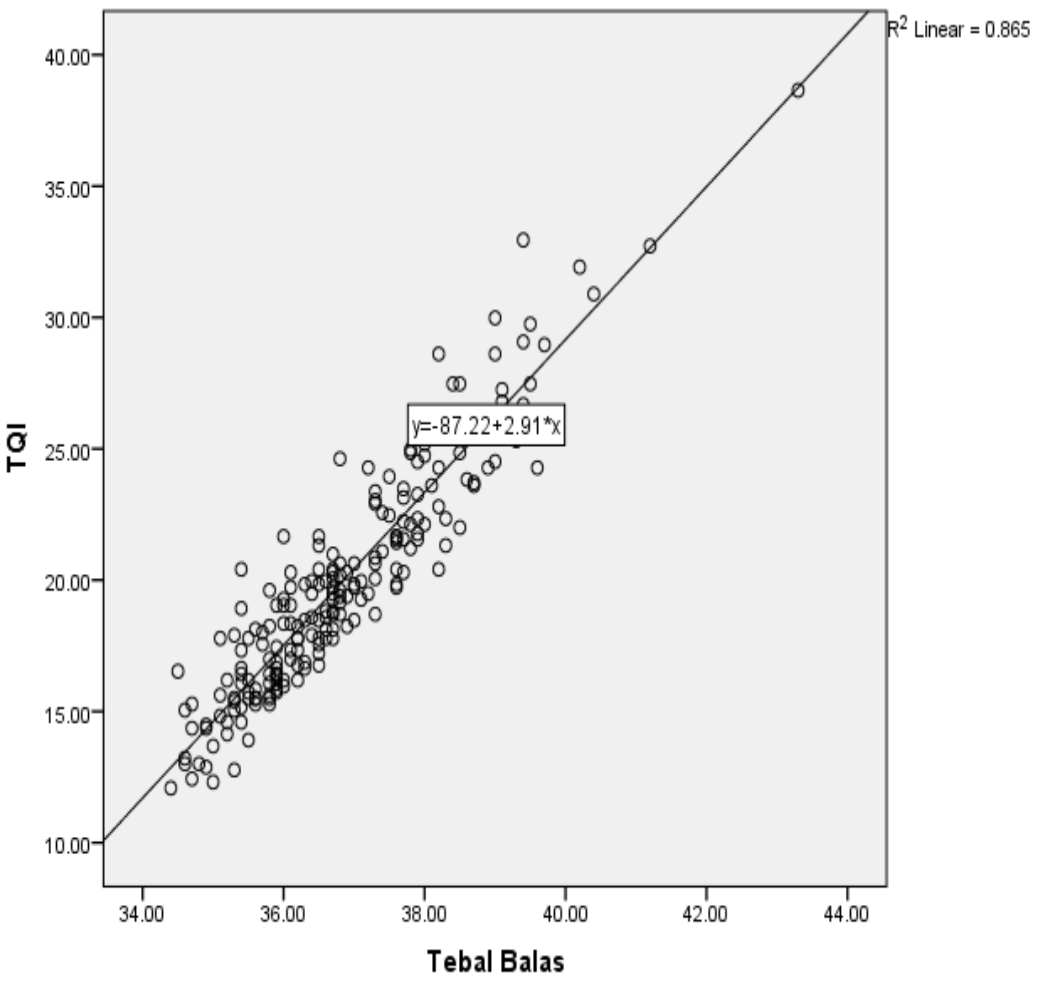
a. Dependent Variable: TQI

b. Predictors: (Constant), Tebal Balas

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-87.220	2.990		-29.173	.000
	Tebal Balas	2.910	.081	.930	35.850	.000

a. Dependent Variable: TQI

```
GRAPH
  /SCATTERPLOT(BIVAR)=X WITH Y
  /MISSING=LISTWISE.
```

Graph