

**TINJAUAN VOLUME PEMELIHARAAN TAHUNAN JALAN REL BERDASARKAN HASIL
TRACK QUALITY INDEX (TQI)
(Studi kasus: Lintas Manggarai - Bogor)**

Wahyu Kurniawan, Rulhendri

Program studi Teknik Sipil FT Universitas Ibn Khaldun Bogor
wahyu.railways@gmail.com, rulhendri@ft.uika-bogor.ac.id

ABSTRAK

TINJAUAN VOLUME PEMELIHARAAN TAHUNAN JALAN REL BERDASARKAN HASIL TRACK QUALITY INDEX (TQI). Jalan rel jalur ganda lintas Manggarai-Bogor diawali dari km 9+890 s/d km 54+810 sepanjang 89,840 km pada jalur hulu dan hilir yang berada di dalam wilayah Daerah Operasi/DAOP I Jakarta dan merupakan lintas utama dengan lebar sepur sempit (1067 mm), melayani operasional lebih dari 200 rangkaian kereta api/hari untuk kereta penumpang dan 4 kali perjalanan kereta barang. Untuk itu maka diperlukan perencanaan volume pemeliharaan tahunan jalan rel jalur ganda lintas Manggarai-Bogor yang sesuai dengan standar kebutuhan pemeliharaan jalan rel berdasarkan daya angkut lintas (passing tonnage) dan klasifikasi jalan kereta api (golongan UIC/Union Internationale des Chemins defer dan kelas jalan rel Indonesia) agar kinerja jalan rel tetap dalam kondisi aman dilewati kereta api selama umur pelayanan rel. Dalam penelitian ini dilakukan analisis volume pemeliharaan jalan rel berdasarkan hasil nilai Track Quality Index (TQI) dari hasil pengukuran Kereta Ukur EM-120 untuk menentukan prosentase kategori masing-masing nilai TQI dan panjang kategori masing-masing nilai TQI. Setelah itu dilakukan analisis volume pemeliharaan tahunan jalan rel berdasarkan daya angkut lintas/passing tonnage dan klasifikasi jalan kereta api (golongan UIC/Union Internationale des Chemins defer dan kelas jalan rel Indonesia). Hasil analisis data kereta ukur lintas Manggarai-Bogor berdasarkan kategori nilai TQI jelek ($TQI > 50$) adalah petak jalan UI-Poc dengan rata-rata nilai TQI 52,03 dengan prosentase 11,24% dan petak jalan dengan kategori nilai TQI baik sekali ($TQI \leq 20$) adalah petak jalan Tnt-Lna dengan rata-rata nilai TQI 3,03 dengan prosentase 0,65%. Nilai rata-rata TQI pada petak jalan UI-Poc berdasarkan type device WSL, LK, LRS, JPL dan BH berturut-turut yaitu 67,20, 42,28, 32,28, 72,00 dan 46,40. Sedangkan nilai rata-rata TQI pada petak jalan Tnt-Lna berdasarkan type device WSL, LK, LRS, JPL dan BH berturut-turut yaitu 0,00, 0,00, 15,13, 0,00 dan 0,00. Volume perawatan tahunan didasarkan pada kerusakan petak UI-Poc yaitu sepanjang 1204 m'sp dengan panjang kerusakan pada WSL sepanjang 62,00 m'sp, LK sepanjang 459,00 m'sp, LRS sepanjang 648,00 m'sp, JPL sepanjang 20 m'sp dan BH sepanjang 15,00 m'sp. Untuk mendapatkan hasil perawatan yang sempurna maka perlu dilakukan pemecokan sebanyak 0,70 kali/tahun dan penggantian rel sepanjang 1204 m'sp karena dari hasil hitungan umur rel sudah melebihi batas toleransi.

Kata kunci : Track Quality Index (TQI), pemeliharaan jalan rel, passing tonnage, klasifikasi jalan kereta api

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Moda transportasi kereta api merupakan salah satu alternatif angkutan jalan rel (baja) bagi penumpang dan barang untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya yang memiliki beberapa kelebihan, yaitu antara lain: berdaya angkut besar (massal), kendaraannya mampu menempuh perjalanan jarak jauh dan hemat bahan bakar, jalur yang dapat menembus sampai ke pusat kegiatan/kota, kecepatan operasional yang cenderung konstan sehingga waktu tempuh lebih cepat dan lebih nyaman bagi penumpang, berjalan di atas jalur sendiri sehingga lebih aman dari kecelakaan, dan dengan tarif yang lebih

terjangkau. Jalan rel merupakan bagian dari prasarana kereta api yang ikut berperan dalam menentukan keselamatan, keamanan, kenyamanan, dan ketepatan waktu perjalanan kereta api. Untuk itu maka diperlukan pemeliharaan tahunan jalan rel yang tepat dan efisien agar kinerja jalan rel tetap dalam kondisi normal dan aman untuk dilewati kereta api selama umur pelayanan jalan rel (Alamsyah 2003).

Jalan rel jalur ganda lintas Manggarai-Bogor diawali dari km 9+890 s/d km 54+810 sepanjang 44,920 km yang berada di dalam wilayah Daerah Operasi/DAOP I Jakarta dan merupakan lintas utama paling sibuk dengan memiliki lebar sepur sempit (1067 mm), melayani operasional KA lebih dari 200 rangkaian per hari yang

mengangkut lebih dari 450.000 orang per hari. Maka diperlukan perencanaan volume pemeliharaan geometri tahunan jalan rel jalur ganda lintas Manggarai-Bogor yang sesuai dengan daya angkut lintas (*passing tonnage*) dan klasifikasi jalan kereta api (golongan UIC/*Union Internationale des Chemins defer* dan kelas jalan rel Indonesia) berdasarkan hasil analisis indeks kualitas jalan rel/*Track Quality Index* (TQI) dengan pengukuran yang dilakukan menggunakan Kereta Ukur tipe EM-120 agar dapat menentukan prioritas petak/koridor yang memerlukan perbaikan geometri jalan rel sehingga jalan rel dapat selalu dilewati dalam kondisi aman dan nyaman.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang penelitian maka permasalahan yang akan dikaji dalam objek penelitian ini adalah analisis indeks kualitas jalan rel/*Track Quality Index* (TQI) pada jalan rel jalur ganda lintas Manggarai-Bogor dari hasil pengukuran dengan Kereta Ukur EM-120 yang dilakukan pada bulan Juni 2013, untuk mengetahui kategori kondisi indeks kualitas jalan rel/*Track Quality Index* (TQI) di sepanjang jalan rel yang terukur serta untuk menentukan prioritas petak/koridor yang memerlukan perbaikan geometri jalan rel.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang akan dilaksanakan mempunyai tujuan yang ingin dicapai, yaitu :

- 1) Menganalisis indeks kualitas jalan rel/*Track Quality Index* (TQI) pada jalan rel jalur ganda lintas Manggarai-Bogor hasil pengukuran dengan Kereta Ukur EM-120 yang dilakukan pada bulan Juni 2013, untuk mengetahui kategori kondisi dari indeks kualitas jalan rel/*Track Quality Index* (TQI) di sepanjang jalan rel yang terukur dan untuk menentukan prioritas petak yang memerlukan perbaikan geometri jalan rel pertahun yang termasuk dalam kategori nilai TQI jelek;
- 2) Setelah diketahui petak yang memerlukan perbaikan geometri maka dapat diketahui volume perbaikan geometri jalan rel pertahun yang termasuk dalam kategori nilai TQI jelek dan dilakukan pola perawatan yang mengacu pada *passing tonnage* dan kelas jalan rel (golongan UIC dan kelas jalan rel Indonesia).

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Jalan Rel

Jalan rel adalah satu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton atau konstruksi lain yang terletak di permukaan, di bawah, dan di atas tanah atau bergantung beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya kereta api. Jalan rel yang digunakan pada sistem perkeretapiian di Indonesia memiliki lebar sepur sebesar 1067 mm dan termasuk lebar sepur sempit (PT. Kereta Api Indonesia (Persero) 2012).

2.2 Kelas Jalan Rel

Kelas jalan kereta api dibedakan atas daya angkut lintas/*passing tonnage*, kecepatan maksimum, beban gandar dan ketentuan-ketentuan lain ditunjukkan pada Tabel 2.1, sedangkan siklus perawatan jalan rel berdasarkan kelas jalan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian kelas jalan kereta api

Klasifikasi Jalan KA	Pasing Ton Tahunan (Juta Ton)	Perencanaan Kecepatan KA Maksimum V max (km/jam)	Tekanan Gandar P max (ton)	Type Rel	Type dari bantalan Jarak Bantalan (mm)	Type Alat Penambat	Tebal balas dibawah bantalan (cm)	Lebar bahu balas (cm)
1	>20	120	18	R60 / R54	Beton 600	EG	30	50
2	10 – 20	110	18	R54 / R50	Beton / kayu 600	EG	30	50
3	5 -10	100	18	R54 / R50 / R42	Beton / kayu /baja 600	EG	30	40
4	2,5 – 5	90	18	R54 / R50 / R42	Beton / kayu /baja 600	EG/ET	25	40
5	<2,5	80	18	R42	Beton / Baja 600	ET	25	35

Keterangan: ET = Elastis Tunggal, EG = Elastis Ganda

Sumber: Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No. 10, 1986)

Tabel 2. Siklus perawatan menyeluruh jalan rel berdasarkan kelas jalan

DAYA ANGKUT (JUTA TON/TAHUN)	GOLONGAN UIC	PEMBAGIAN KELAS JALAN PD 10	JALAN REL DENGAN BANTALAN	
			KAYU	BETON
>42,00	1	I	4 THN	6 THN
29,75 – 42,00	2			
17,50 – 29,75	3			
9,80 – 17,50	4	II	4 THN	6 THN
4,90 – 9,80	5	III	6 THN	6 THN
2,45 – 4,90	6	IV	6 THN	6 THN
1,225 – 2,450	7	V	8 THN	10 THN
0,525 – 1,225	8			
<0,525	9			
			8 THN	12 THN
			TANPA KA PENUMPANG	
			8 THN	12 THN

Sumber: Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No. 10, 1986)

2.

3 Kecepatan dan Beban Gandar

Dalam ketentuan Peraturan Dinas no. 10 tahun 1986, terdapat beberapa tipe kecepatan yang digunakan dalam perencanaan, yaitu :

1) Kecepatan Rencana

(1) Untuk perencanaan struktur jalan rel

$V_{rencana} = 1,25 \times V_{maksimum}$(1),

(2) Untuk perencanaan jari-jari lengkung lingkaran dan peralihan

$V_{rencana} = V_{maksimum}$ (2),

(3) Untuk perencanaan peninggian rel

$V_{rencana} = c \times \frac{\sum N_i V_i}{\sum N_i}$ (3).

dengan:

$c = 1,25$

N_i = Jumlah kereta api yang lewat

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel. Adapun beberapa bentuk kecepatan rencana digunakan untuk:

Vi = Kecepatan operasi

2) Kecepatan Maksimum

Kecepatan maksimum adalah kecepatan tertinggi yang diijinkan untuk operasi suatu rangkaian kereta pada lintas tertentu. Ketentuan pembagian kecepatan maksimum dalam perencanaan geometrik dapat dilihat pada Tabel Klasifikasi Jalan Rel.

3) Kecepatan Operasi

Kecepatan operasi adalah kecepatan rata-rata kereta api pada petak jalan tertentu.

4) Kecepatan Komersial

Kecepatan komersial adalah kecepatan rata-rata kereta api sebagai hasil pembagian

$$T = 360 \times S \times T \dots\dots\dots(4)$$

$$TE = T_p + (K_b \times T_b) + (K_1 \times T_1) \dots\dots\dots(5)$$

dengan:

TE = tonase ekivalen [ton/hari]

Tp = tonase penumpang dan kereta harian

Tb = tonase barang dan gerbong harian

T1 = tonase lokomotif harian

S = koefisien yang besarnya tergantung kualitas lintas

= 1,1 untuk lintas dengan kereta penumpang dengan V maksimum 120 km/jam

= 1,0 untuk lintas tanpa kereta penumpang

K1 = koefisien yang besarnya 1,4

Kb = koefisien yang besarnya tergantung pada beban gandar (1,5 untuk gandar < 18 ton dan 1,3 untuk gandar > 18 ton)

jarak tempuh dengan waktu tempuh. Beban gandar maksimum yang dapat diterima oleh struktur jalan rel di Indonesia untuk semua kelas jalan adalah 18 ton.

2.4 Daya Angkut Lintas

Daya angkut lintas (T) adalah jumlah angkutan anggapan yang melewati suatu lintas dalam jangka waktu satu tahun (PT. Kereta Api Indonesia (Persero) 2012).

2.5 Frekwensi Pemecokan

Pemecokan adalah kegiatan pemadatan struktur bawah jalan rel dengan menggunakan

Mesin Perawatan Jalan Rel (MPJR). Kegiatan ini berfungsi untuk mempertahankan kedudukan jalan rel agar selalu dalam kondisi aman dan nyaman saat dilewati sarana kereta api. Frekwensi pemecokan dapat dihitung setelah diketahui kelas jalan/UIC dengan menggunakan perhitungan *passing tonnage* (PT. Kereta Api Indonesia (Persero) 2012).

$$F = 0,023 \times T^{0,3} \times V_{maks}^{0,5} \times (\dots\dots\dots(6)$$

dengan:

F = frekwensi pemecokan [kali/tahun] T = da ut lintas [ton/tahun]

Vmak s p atan maksimum [km/jam] Fp

=

Fi = f aktor ind eks 15,50

komponen-komponen jalan rel yaitu (Alamsyah 2003):

1) 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 dibawah subbalas yang berasal dari tanah asli tempatan atau tanah yang didatangkan (jika kondisi tanah asli tidak baik), dan telah mendapatkan perlakuan pemadatan (*compaction*) atau diberikan perlakuan khusus (*treatment*). Pada kondisi tertentu, balas juga dapat disusun dalam dua lapisan, yaitu : balas atas (*top ballast*) dan balas bawah (*bottom ballast*).

2.6 Komponen Struktur Jalan Rel

Struktur jalan rel dibagi ke dalam dua bagian struktur yang terdiri dari kumpulan

2.6.1 Rel

Rel merupakan batang yang dipikul oleh penyangga-penyangga, sehingga rel menderita momen-momen pelenturan. Oleh karena itu momen pertahanannya harus

cukup besar untuk menahan tegangan-tegangan lentur akibat dari tekanan roda. Jadi, untuk lalu-lintas berat diperlukan rel dengan profil yang lebih berat daripada untuk lalu-lintas ringan. Selain itu rel tahan terhadap aus dan tidak mudah retak. (Alamsyah 2003).

2.6.2 Umur rel

Umur rel sangat dipengaruhi oleh mutu rel, keadaan lingkungan dan beban yang bekerja (daya angkut lintas). Pada jalan lurus umur rel banyak yang lebih besar 40 tahun, studi lain umur rel bisa mencapai 60 tahun, tetapi biasanya 40 tahun dijadikan sebagai dasar umur. Umur rel dapat ditentukan dari (PT. Kereta

Api Indonesia Persero 2012): (1) Kerusakan ujung rel
(2) Keausan baik dilengkung maupun lurus

Berikut ini adalah perhitungan umur teknis rel

$$\text{Umur Rel} = \text{BBUR} + \frac{(\text{TT} - \text{BBTT}) \times (\text{BAUR} - \text{BBUR})}{(\text{BATT} - \text{BBTT})} \dots\dots\dots(7).$$

dengan :
 TT = Tonase Tahunan
 BAUR = Batas Atas Umur Rel BBUR = Batas Bawah Umur Rel
 BATT = Batas Atas Tonase Tahunan
 BBTT = Batas Bawah Tonase Tahunan
 Batas atas dan batas bawah tonase ditunjukkan pada Tabel 3, Tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 3. Tabel batas atas dan batas bawah tonase tahunan dan tipe rel untuk daerah lurus (R < 400)

UIC	Beban Lintas (jt/tahun)		Umur Rel (tahun)									
			R.25		R.33		R.42		R.50		R.54	
	BB	BA	BB	BA	BB	BA	BB	BA	BB	BA	BB	BA
1	42		2		3		8		11		13	
2	30	42	3	2	3	3	9	8	12	11	16	13
3	18	30	4	3	4	3	12	9	16	12	20	16
4	10	18	5	4	5	4	15	12	20	16	25	20
5	5	10	6	5	7	5	20	15	27	20	34	25
6	2	5	8	6	9	7	28	20	37	27	46	34
7	1	2	11	8	12	9	37	28	50	37	62	46
8	1	1	16	11	18	12	54	37	72	50	90	62
9	0.2	1	25	16	27	18	82	54	110	72	137	90

Sumber : Rencana Perawatan Tahunan Jalan Rel (Perjana, 2012)

Tabel 4. Tabel batas atas dan batas bawah tonase tahunan dan tipe rel untuk daerah lurus (400 < R < 800)

UIC	Beban Lintas (jt/tahun)		Umur Rel (tahun)									
			R.25		R.33		R.42		R.50		R.54	
	BB	BA	BB	BA	BB	BA	BB	BA	BB	BA	BB	BA
1	42		7		11		13		16		19	
2	30	42	8	7	12	11	16	13	19	16	22	19
3	18	30	11	8	16	12	20	16	24	19	27	22
4	10	18	14	11	20	16	25	20	30	24	35	27

5	5	10	19	14	27	20	34	25	41	30	48	35
6	2	5	25	19	37	27	46	34	55	41	65	48
7	1	2	34	25	50	37	62	46	75	55	87	65
8	1	1	49	34	72	50	90	62	108	75	126	87
9	0.2	1	75	49	110	72	137	90	165	108	192	126

Sumber : Rencana Perawatan Tahunan Jalan Rel (Perjana, 2012)

Tabel 5. Tabel Batas Atas dan Batas Bawah Tonase Tahunan dan Tipe Rel Untuk Daerah Lurusan (R > 800)

UIC	Beban Lintas (jt/tahun)		Umur Rel (tahun)									
			R.25		R.33		R.42		R.50		R.54	
	BB	BA	BB	BA	BB	BA	BB	BA	BB	BA	BB	BA
1	42		7		11		13		16		19	
2	30	42	8	7	12	11	16	13	19	16	22	19
3	18	30	11	8	16	12	20	16	24	19	27	22
4	10	18	14	11	20	16	25	20	30	24	35	27
5	5	10	19	14	27	20	34	25	41	30	48	35
6	2	5	25	19	37	27	46	34	55	41	65	48
7	1	2	34	25	50	37	62	46	75	55	87	65
8	1	1	49	34	72	50	90	62	108	75	126	87
9	0.2	1	75	49	110	72	137	90	165	108	192	126

Sumber : Rencana Perawatan Tahunan Jalan Rel (Perjana, 2012)

2.7 Kereta Ukur Jalan Rel

Kereta ukur yang dimiliki PT. Kereta Api Indonesia (Persero) adalah kereta ukur EM-120

seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15. Kereta ini digunakan untuk mengukur kondisi geometri jalan rel secara keseluruhan seperti (angkatan, listringan, skilu, pertinggian, lebar spur) dengan waktu yang telah ditentukan.

Kereta ini berjalan 1 tahun sekali tiap bulan Juni (PT. Kereta Api Indonesia (Persero)

2012).

Kereta ukur mempunyai alat-alat yang mempunyai fungsi masing-masing yaitu:

- 1) *Tranducer*
- 2) Troli
- 3) Server komputer
- 4) Operator komputer
- 5) Operator *device*
- 6) Analisis

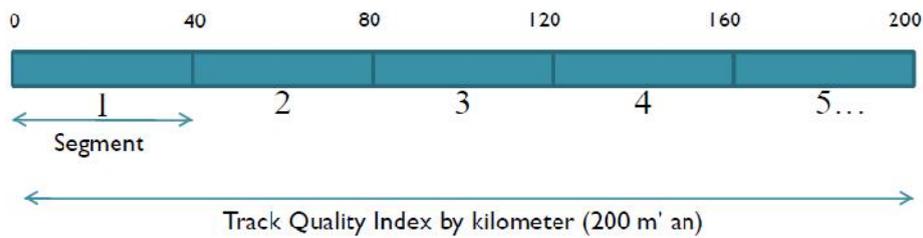
2.8 Track Quality Index (TQI)

Track Quality Index (TQI) merupakan nilai atau *output* berupa angka dari hasil pengukuran kereta ukur EM-120 yang dapat memberikan informasi kualitas jalan rel yang dilewati pada suatu

wilayah Daerah Operasi (DAOP). Hasil *output* berupa angka tersebut dibedakan menjadi 4 kategori yaitu kategori baik sekali, baik, sedang dan jelek. Metode pengukuran *Track Quality Index* (TQI) 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 segment mewakili panjang 20 meter. Tiap segment dihitung nilai standar deviasinya. Segmentasi perhitungan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Segmentasi perhitungan nilai TQI per 200 m

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

$$s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n - 1}} \dots\dots\dots (9)$$

Dengan:

s = nilai standar deviasi

$\sum x_i$

$(\sum x_i)^2$ = jumlah nilai x dikuadratkan n = jumlah data

maka, *segment* mempunyai 11 (sebelas) *record* yang mewakili parameter Perteinggian, angkatan, lestrengan, dan lebar spur. 1 (satu) *record* mewakili kerusakan sepanjang 4 meter. Seperti ditunjukkan pada contoh tabel 6.

Tabel 6. Contoh kalkulasi TQI dalam 1 (satu) segment

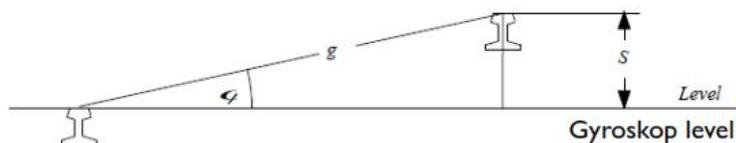
Record	Pert. (mm)	Angk. (mm)	Lest. (mm)	L.Sp (mm)
1	0	0	0	0
2	1	4	2	1
3	-3	-3	1	1
4	6	4	-3	1
5	5	8	6	1
6	2	-2	4	3
7	1	1	0	1
8	2	-4	3	1
9	1	1	-4	1
10	3	3	4	1
11	0	0	0	0
Standar Deviasi	2.4605986	3.5058393	3.02715	0.774597
TQI	29.3045328			

Tata cara pengambilan data nilai TQI berdasarkan parameter yaitu:

- 1) Lebar Spur
- 2) Angkatan
- 3) Listringan

4) Perteinggian

Pola dasar kerja alat gyroskop sensor ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola dasar alat kerja gyroskop sensor

Rumus dasar yang dipakai alat kerja gyroskop sensor yaitu:

$$S = g \times \sin \varphi \tag{11}$$

dengan:

S = perteinggian

g = jarak antara as rel ke as rel

φ = sudut pusat jalan rel

Batasan nilai kerusakan per kategori kerusakan pada nilai TQI ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7. Batasan (*thresholds*) nilai kerusakan per kategori

Parameter	New	Kat. 1	Kat. 2	Kat. 3	Kat. 4
Angkatan (mm)	1	2	5	8	>8
Listringan (mm)	1	1.5	4	10	>10
Perteinggian (mm)	1	2	6	9	>9
Lebar spur (mm)	0	2	5	10	>10
Skilu 3 m (mm)	2	6.5	9	12	>12
TQI (max)	10	20	35	50	>50
Kec. Gapeka		120-100	100-80	80-60	<60

Sumber: PT. Kereta api Indonesia, 2012

Standar nilai TQI yang digunakan PT. Kereta Api Indonesia (Persero) ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Standar nilai Track Quality Index (TQI)

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

Sumber: PT. Kereta api Indonesia, 2012

3 TATA KERJA

3.1 Bahan dan Alat.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan kertas kerja data hasil kereta ukur yang didapatkan dari kantor Seksi Jalan Rel dan Jembatan Daerah Operasi 1 Jakarta bulan Juni tahun 2013, sedangkan peralatan pendukung yang digunakan yaitu:

1) Kereta Ukur EM-120 sebagai sarana kereta api yang dipakai untuk mengukur

nilai indeks kualitas jalan rel/*Track Quality Index*.

2) *Troli* sebagai media penghubung antara geometri pada jalan rel dengan transducer.

3) *Accelerometer* digunakan untuk menampilkan grafik melalui media komputer untuk hasil TQI.

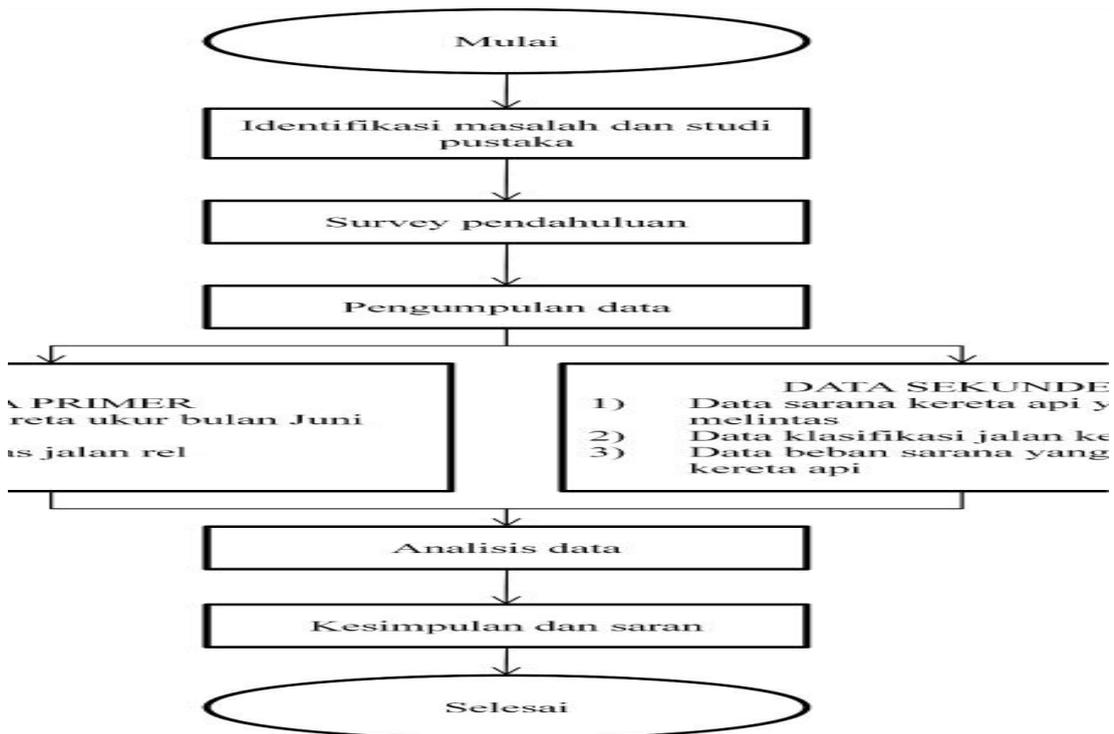
4) *Harddisk* eksternal sebagai media penyimpanan data.

- 5) *Server Computer*, sebagai otak utama dari kereta ukur EM-120, berfungsi sebagai pengolah data dari *transducer*, *harddisk* dan menampilkan grafik selama pengukuran.
- 6) *Client Computer*, sebagai *remote* komputer untuk mengendalikan jalannya pengukuran.
- 7) Kamera digital Canon 14MP, untuk mendokumentasikan segala proses dalam penelitian.
- 8) Laptop merk Axioo, sebagai alat bantu dalam pengambilan data dan mengolah data yang diperoleh dari

- lapangan selama penelitian berlangsung.
- 9) Program Microsoft Excel 2007.
- 10) Alat tulis.

3.2 Metode Penelitian

Untuk melakukan dan memperlancar kegiatan harus dilakukan secara teratur dan dalam bentuk pentahapan yang *sistematis*. Tahapan kegiatan penelitian, secara ringkas disajikan dalam bentuk diagram alir penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 3

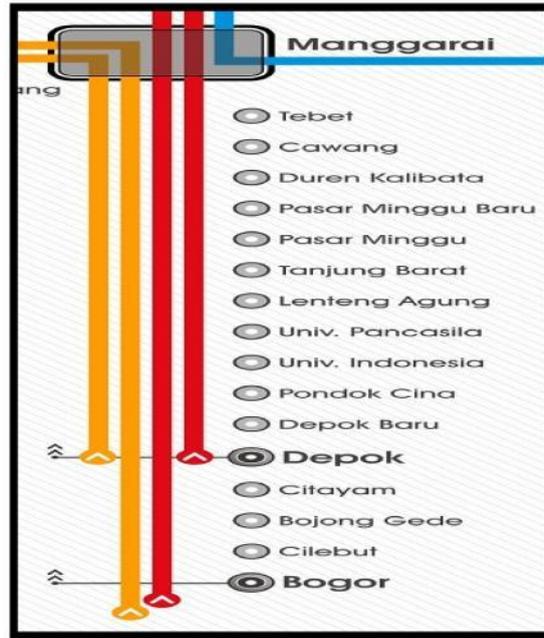


Gambar 3 Bagan alir penelitian

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan mulai tanggal 01 Januari 2014 sampai 08 Januari 2014 kegiatan ini meliputi pengambilan data hasil kereta ukur EM-120 dan pengambilan data kerusakan langsung dilapangan yaitu sepanjang lintas Manggarai - Bogor. Lokasi penelitian ini berada di jalan rel KRL Commuter Line lintas Manggarai – Bogor, dan melewati 17 stasiun pemberhentian yaitu Manggarai, Tebet, Cawang, Duren

Kalibata, Pasar Minggu Baru, Pasar Minggu, Tanjung Barat, Lenteng Agung, Universitas Pancasila, Universitas Indonesia, Pondok Cina, Depok Baru, Depok, Citayam, Bojong Gede, Cilebut dan Bogor. Lokasi tersebut termasuk dalam ruang lingkup Daerah Operasi 1 Jakarta seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5



Gambar 4 Peta lokasi penelitian lintas Manggarai - Bogor

sedang perlu dipertahankan kualitas jalannya dengan melakukan pola perawatan yang berdasarkan pada perhitungan *passing tonnage*.

4.2 Hasil Pengolahan Data

4.2.1 Analisis indeks kualitas jalan rel/Track Quality Index (TQI)

Analisis *Track Quality Index* (TQI) dilakukan untuk menentukan kategori nilai TQI berdasarkan nilai yang didapatkan dari hasil *print out* kereta ukur bulan Juni tahun 2013. Dari hasil *print out* tersebut dapat diketahui petak jalan, lintas, lokasi (km+hm), *device type* (jenis lokasi yang diukur), panjang, kelas jalan, total nilai TQI, nilai pertinggian, angkatan, lestrengan, lebar spur dan posisi jalan rel yang diukur. Seperti ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Contoh Hasil KA ukur tanggal 19 Juni 2013 lintas Manggarai-Bogor

PETA K JALAN	LINTAS	KM + HM		DEVI CE	PA NJA NG	K E L A S	TOT AL TQI	PERTI NGGI AN	ANG KAT AN	LES TRE NGA N	LEB AR SPUR	POSISI
		DARI	SAMP AI	TYP E								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
LNA -UP	MRI- BOO	023+9 15	024+00 0	LK	48	2	28	7.3	10.6	8.6	1.4	HULU
	MRI- BOO	024+0 00	024+20 0	LK	200	2	33.8	7.1	13.2	11.2	2.2	HULU
	MRI- BOO	024+2 00	024+40 0	LK	200	2	33.6	6.8	12.4	12.4	2.1	HULU
	MRI- BOO	024+4 00	024+43 5	LK	36	2	37.2	9.1	15.3	10.4	2.4	HULU
	MRI- BOO	024+4 35	024+48 7	LK	52	2	24.2	5.1	9.9	6.7	2.6	HULU
	MRI- BOO	024+4 87	024+60 0	LRS	113	2	31.2	7.1	13.2	8.2	2.8	HULU
	MRI- BOO	024+6 00	024+66 9	LRS	70	2	34	6.3	13.3	11.2	3.1	HULU
	MRI- BOO	024+6 69	024+67 6	BH	7	2	31.7	6.7	8.6	12.8	3.6	HULU
	MRI- BOO	024+6 76	024+80 0	LRS	124	2	32.4	10.1	11.9	7.9	2.5	HULU
	MRI- BOO	024+8 00	025+00 0	LRS	200	2	28.2	6.1	11.5	7.9	2.7	HULU

4.2.3 Nilai rata-rata TQI per petak jalan berdasarkan *type device*

Nilai rata-rata TQI per petak jalan berdasarkan *type device* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{TQI WSL} = 33,5 + \frac{33,2 + 27,4}{3} = 31,37$$

3

$$\text{TQI LK} = \frac{(34,9+47,6+41,7+30,2+23,1+26,8+37,0+37,9+40,9+41,6+29,3+28,0+27,1+32,6)}{14} = 34,19$$

$$\text{TQI LRS} = \frac{21,2+18+16,1+27,3+25,8+40,2+33,4+49,2+19,9+49,1+27,0+46,2+28,1+31,7}{14} = 30,94$$

$$\text{TQI JPL} = 46,9 + \frac{55,8 + 48,8}{3} = 50,50$$

3

$$\text{TQI BH} = 0$$

Masing-masing *type device* pada nilai WSL, LK, LRS, JPL & BH diperoleh dari Lampiran 2 pada kolom masing-masing *type device*. Hasil perhitungan nilai rata-rata TQI per petak jalan berdasarkan *type device* ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Nilai rata-rata TQI per petak jalan berdasarkan *type device*

	WSL	LK	LRS	JP	BH
MRI - TB	31.37	34.19	30.94	50.50	0.00
TB – CWG	0.00	21.75	35.47	31.10	0.00
CWG - DRN	0.00	31.34	30.53	32.58	0.00
DRN - PSM	48.00	29.34	29.45	38.40	0.00
PSM - TNT	44.20	26.98	28.85	45.28	20.10

TNT - LNA	0.00	0.00	15.13	0.00	0.00
LNA - UP	0.00	31.36	31.45	0.00	31.70
UP - UI	19.70	30.03	30.45	64.00	0.00
UI - POC	67.20	42.28	32.28	72.00	46.40
POC - DPB	53.57	34.83	33.56	35.50	48.90
DPB - DP	57.93	30.74	32.12	72.20	0.00
DP - CTA	42.90	37.00	39.17	53.73	39.03
CTA - BJD	44.04	35.31	34.55	47.04	41.40
BJD - CLT	0.00	27.09	28.90	38.70	23.50
CLT - BOO	71.30	36.74	31.54	46.96	41.60

4.2.4 Nilai rata-rata TQI lintas Manggarai-Bogor berdasarkan *type device*

Nilai rata-rata TQI lintas Manggarai-Bogor berdasarkan *type device* dihitung dengan

menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\text{type device WSL}}{(31,37+0+0+48,00+44,20+0+0+19,70+67,20+53,57+57,93+42,90+44,04+0+71,30)} : 15 = 53,62$$

$$\frac{\text{type device LK}}{(34,19+21,47+31,34+29,34+26,98+0+31,36+30,03+42,28+34,83+30,74+37,00+35,31+27,09+36,74)} : 15 = 33,13$$

$$\frac{\text{type device LRS}}{(30,94+35,47+30,53+29,45+28,85+15,13+31,45+30,45+32,28+33,56+32,12+39,17+34,55+28,90+31,54)} : 15 = 32,44$$

$$\frac{\text{type device JPL}}{(50,50+31,10+32,58+38,40+45,28+0+0+64,00+72,00+35,50+72,20+53,73+47,04+38,70+46,96)} : 15 = 45,36$$

$$\frac{\text{type device BH}}{(0+0+0+0+20,10+0+31,70+0+46,40+48,90+0+39,03+41,40+23,50+41,60)} : 15 = 36,30$$

Nilai TQI Petak jalan diperoleh dari Tabel 4.2, untuk Kat. *type device* WSL diambil data nilai TQI pada kolom WSL begitu pula seterusnya. Hasil perhitungan nilai rata-rata TQI lintas Manggarai-Bogor berdasarkan *type device* ditunjukkan pada Tabel 11.

4.2.9 Volume kerusakan Lintas Manggarai-Bogor

Volume kerusakan lintas Manggarai-Bogor dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\text{Type device WSL}}{88+0+0+90+38+0+0+6+62+69+94+64+141+0+226} = 878 \text{ m'sp}$$

$$\frac{\text{Type device LK}}{1211+118+645+783+1538+536+659+459+1509+682+794+3382+2342+4148} = 18806 \text{ m'sp}$$

$$\frac{\text{Type device LRS}}{792+990+1088+2023+965+227+507+1513+648+1001+533+3484+2426+426+2878} = 19501 \text{ m'sp}$$

$$\frac{\text{Type device JPL}}{72+38+72+28+89+0+0+27+20+15+22+46+95+21+173} = 718 \text{ m'sp}$$

$$\frac{\text{Type device BH}}{0+0+0+0+10+0+7+0+15+10+0+38+49+16+14} = 159 \text{ m'sp}$$

Volume petak jalan diperoleh dari Tabel 4.6, untuk *type device* WSL diambil volume kerusakan pada kolom WSL begitu pula seterusnya. Hasil perhitungan volume kerusakan lintas Manggarai-Bogor berdasarkan *type device* ditunjukkan pada Tabel 4.7. Kemudian grafiknya ditunjukkan pada Gambar 4.3.

4.2.10 Volume kerusakan per petak jalan berdasarkan kategori

Volume kerusakan diperoleh dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Volume kerusakan petak Mri-Tb} = 88+1211+792+72+0 = 2163 \text{ m'sp}$$

Volume kerusakan diperoleh dengan cara

menjumlahkan volume masing-masing dan BH per petak
type device seperti WSL, LK, LRS, JPL

Tabel 11 Beban dan tipe Lokomotif

JENIS LOKOMOTIF	BERAT KOSONG (Ton)	BERAT SIAP (Ton)	BEBAN GANDAR (Ton)
BB 300	33.6	36	9
BB 301	48	52	13
BB 302	40.9	44	11
BB 303	39.6	42.8	10.7
BB 304	48	52	13
BB 305	48	52	13
BB 306	37.5	40	10
CC 200	92	96	16
CC 201	78	84	14
CC 202	-	108	18
CC 203	78	84	14
CC 204	78	84	14.6
CC 205	-	108	18
CC 206	85	88	14.6

Sumber : Subdit sarana PT KAI Daop I Jakarta

Pada lintas Manggarai – Bogor dilalui KA dengan frekuensi 233 KA/hari dengan rincian sebagai berikut:

KA Commuter Line = 229 KA/hari KA Barang (semen)
 = 4 KA/hari + Frekuensi = 233 KA/hari

4.3.2 Stamformasi kereta

Jumlah 1 rangkaian KA Commuter Line = 8 kereta
 Jumlah 1 rangkaian KA Barang (semen) = 20 kereta KA Commuter Line
 = 8 x 229 KA/hari = 1832 kereta KA Barang (semen) = 20 x 4 KA/hari
 = 80 kereta +

Jumlah Rangkaian 1912 kereta/gerbong/hari

Berat rangkaian KA penumpang:

KA Commuter Line = 1832 kereta x 39 ton = 71.448 ton/hari

Berat rangkaian KA barang:

KA Barang (semen) = 80 kereta x 30 ton = 2.400 ton/hari Tonase KA penumpang

= 71.448 ton/hari (Tp) Tonase KA barang (semen) = 2.400 ton/hari (Tb)

4.3.3 Tonase lokomotif (T1)

Jenis lokomotif yang digunakan adalah lokomotif CC 206 dengan berat = 88 ton

Tonase lokomotif CC 206 = 4 x 88 ton = 352 ton/hari (T1)

4.3.4 Tonase ekivalen (TE)

TE = Tp + (Kb x Tb) + (K1 x T1) Dengan:

TE = tonase ekivalen (ton/hari)

Tp = tonase penumpang dan kereta harian

Tb = tonase barang dan gerbong harian

T1 = tonase lokomotif harian

S = koefisien yang besarnya tergantung kualitas lintas

= 1,1 untuk lintas dengan kereta penumpang dengan V maksimum

120km/jam

= 1,0 untuk lintas tanpa kereta penumpang

K1 = koefisien yang besarnya 1,4

Kb = koefisien yang besarnya tergantung pada beban gandar (1,5 untuk

gandar < 18 ton dan 1,3 untuk gandar > 18 ton) $TE = 71.448 + (1,5 \times 2.400) + (1,4 \times 352)$
 $TE = 75.540,8$ ton/hari

4.3.5 Analisis *passing tonnage* (T)

Diketahui:

$TE = 75.540,8$ ton/hari

$S = 1,1$ ($V_{maksimum}$ 120 km/jam) Maka:

$T = 360 \times S \times TE$

$T = 360 \times 1,1 \times 75.540,8$

$T = 29.914.156,8$ ton/tahun atau $29,9141568 \times 10^6$ ton/tahun

4.3.6 Analisis umur rel

Rel lintas Manggarai – Bogor menggunakan Rel R.54 dengan *Passing Tonnage*

$29,9141568 \times 10^6$ ton/tahun. Dengan golongan UIC 2 sesuai dengan Tabel 2.2. Siklus perawatan menyeluruh jalan rel berdasarkan kelas jalan. Maka data yang dipakai untuk mengetahui umur rel batas atas dan batas bawah harus sesuai dengan data rel R.54 dan golongan UIC 2 seperti pada tabel 2.6, 2.7 dan 2.8.

Umur Rel = $BBUR + \frac{(TT - BBTT) \times (BAUR - BBUR)}{(BATT - BBTT)}$ (BATT – BBTT)

□ Untuk daerah lurus R < 400

Tonase Tahunan (TT) = 29,9 juta ton/tahun

Dari data tabel 2.6 didapatkan nilai: BAUR = 13

BBUR = 16

BATT = 42

BBTT = 30

Umur Rel = $BBUR + \frac{(TT - BBTT) \times (BAUR - BBUR)}{(BATT - BBTT)}$ (BATT – BBTT)

Umur Rel = $16 + \frac{(29,9 - 30) \times (13 - 16)}{(42 - 30)}$ (42 – 30)

Umur Rel = 16,025 ~ 16 tahun

□ Untuk daerah lurus $400 < R < 800$

Tonase Tahunan (TT) = 29,9 juta ton/tahun

Dari data tabel 2.7 didapatkan nilai: BAUR = 19

BBUR = 22

BATT = 42

BBTT = 30

Umur Rel = $BBUR + \frac{(TT - BBTT) \times (BAUR - BBUR)}{(BATT - BBTT)}$ (BATT – BBTT)

Umur Rel = $22 + \frac{(29,9 - 30) \times (19 - 22)}{(42 - 30)}$ (42 – 30)

Umur Rel = 22,025 ~ 22 tahun

□ Untuk daerah lurus R > 800

Tonase Tahunan (TT) = 29,9 juta ton/tahun

Dari data tabel 2.8 didapatkan nilai: BAUR = 24

BBUR = 28

BATT = 42

BBTT = 30

Umur Rel = $BBUR + \frac{(TT - BBTT) \times (BAUR - BBUR)}{(BATT - BBTT)}$ (BATT – BBTT)

Umur Rel = $28 + \frac{(29,9 - 30) \times (24 - 28)}{(42 - 30)}$

(42 – 30) Umur Rel = 28,03 ~ 28 tahun

4.3.7 Analisis frekuensi pemecokan

$$F = 0,023 \times T^{0,3} \times V_{maks}^{0,5} \times (1 + F_p)$$

$$F = 0,023 \times 29,9141568^{0,3} \times 90^{0,5} \times (1 +$$

$$F = 0,70 \text{ kali/tahun} = 17 \text{ bulan sekali}$$

5 KESIMPULAN

Dari data yang diolah melalui berbagai perhitungan maka didapatkan beberapa kesimpulan

sebagai berikut :

1) Hasil analisis data kereta ukur lintas Mangarai-Bogor berdasarkan kategori nilai TQI jelek

(TQI > 50) adalah petak jalan UI-Poc dengan rata-rata nilai TQI 52,03 dengan prosentase

11,24% dan petak jalan dengan kategori nilai TQI baik sekali (TQI ≤ 20) adalah petak jalan Tnt-Lna dengan rata-rata nilai TQI 3,03 dengan prosentase 0,65%. Nilai rata-rata TQI pada petak jalan UI-Poc berdasarkan *type device* WSL, LK, LRS, JPL dan BH berturut-turut yaitu

67,20, 42,28, 32,28, 72,00 dan 46,40. Sedangkan nilai rata-rata TQI pada petak jalan Tnt-Lna berdasarkan *type device* WSL, LK, LRS, JPL dan BH berturut-turut yaitu 0,00, 0,00, 15,13, 0,00 dan 0,00.

2) Volume perawatan tahunan didasarkan pada kerusakan petak UI-Poc yaitu sepanjang 1204 m'sp dengan panjang kerusakan pada WSL sepanjang 62,00 m'sp, LK sepanjang 459,00 m'sp, LRS sepanjang 648,00 m'sp, JPL sepanjang 20 m'sp dan BH sepanjang 15,00 m'sp. Untuk mendapatkan hasil perawatan yang sempurna maka perlu dilakukan pemecokan sebanyak 0,70 kali/tahun dan penggantian rel sepanjang 1204 m'sp karena dari hasil hitungan umur rel sudah melebihi batas toleransi.

DAFTAR PUSTAKA

Alamsyah, Alik Ansyori. 2003. *Rekayasa Jalan Rel*. Malang: Bayumedia.

Hartono. 2012. *Lokomotif Kereta Rel Diesel di Indonesia*. Depok: PT. Ilalang Sakti Komunikasi.

PT. Kereta Api Indonesia (Persero). 1986. *Peraturan Dinas no. 10*. Bekasi: Balai Pelatihan

Teknik Perkeretaapian.

PT. Kereta Api Indonesia (Persero). 2012. *Buku 2C Rencana Perawatan Tahunan Fasilitas*.

Bandung: Subdirektorat Track and Bridge (TJ).

PT. Kereta Api Indonesia (Persero). 2012. *Buku Saku Perawatan Jalan Rel*. Bandung: Subdirektorat Track and Bridge (TJ).

PT. Kereta Api Indonesia (Persero). 2012. *Evaluasi Geometri Jalan Rel atau Kereta Ukur*.

Bekasi: Balai Pelatihan Teknik Perkeretaapian.

PT. Kereta Api Indonesia (Persero). 2012. *Sistem Perawatan Jalan Rel dan Jembatan*

Terencana (Perjana). Bandung: Subdirektorat Track and Bridge (TJ).

Priyanto, Fajar. 2011. *Tugas Akhir Perbandingan Hasil Kerja Mesin Perawatan Jalan Rel Type MTT 2406 dengan Type CAT 1499*. Sukabumi: Universitas Muhammadiyah Sukabumi.

Rianda, Irvan Rahmat. 2009. *Tugas Akhir Perencanaan Konstruksi Atas Jalan Rel Untuk Double Track Antara Stasiun Jatinegara Sampai Stasiun Bekasi*. Depok: Universitas Gunadarma.

Utomo, Tri Sury Hapsoro . 2009. *Jalan Rel*. Yogyakarta: Beta Offset.