



LEMBAR KOREKSI DAN PERSETUJUAN NASKAH DINAS

PT KERETA API INDONESIA (Persero)

Jenis Naskah Dinas	Peraturan Surat Keputusan Instruksi Surat Perintah Surat *)					
Klasifikasi Keamanan	Rahasia Terbatas Terbuka untuk pegawai Terbuka untuk umum *)					
Tempat / Tanggal	Bandung, 13 Juli 2023					
Lampiran						
Menulis Kepada						
Perihal/ Tentang/ Judul	Spesifikasi Teknik Rel EN 54E1 & 60E1					
Pejabat Penanda Tangan	Jabatan Direktur Pengelolaan Prasarana	Nama/ NIPP Heru Kuswanto / 40856				
Konseptor / pencipta naskah dinas	Unit : TJT Jab : Spc. TJTE.1	Nama : Rizky Dwi Anggoro NIPP : 65867			Paraf : Tgl : 13 Juli 2023	
Paraf Pemeriksa/ Persetujuan						
Jabatan	TJTE	TJT	TTA	TJ	SSDI	SSD
Nama & NIPP	Krissinto Novan D. 63036	Bondan Montiliyu 48655	Muhammad Arifudin 45117	Sukamto 40940	Endah Kartikasari 58279	Agus Barkah Nugraha 40359
Paraf & Tgl.						
Paraf Pemeriksa/ Persetujuan						
Jabatan						
Nama & NIPP						
Paraf & Tgl.						
Menunjuk / menindaklanjuti/ memperhatikan :						
Petunjuk		Proses Unit Dokumen				
Untuk diupload ke eoffice		 Arsip PT Kereta Api Indonesia (Persero) KI.104/VIII/1/KA-2023 No Dokumen : KI.104/VIII/1/KA-2023 Tanggal Dokumen : 4 Agustus 2023 Reg by 50991 Pelaksana Sign and Rolling Stock Documents NENENG KOMALASARI 4 Agustus 2023 08.43				
Untuk dibroadcast email						
Untuk diemail ke						
Untuk diarsipkan						
Buat dan simpan naskah dinas yang dengan baik, sehingga tersedia arsip yang autentik, utuh dan terpercaya dan dapat menjadi alat bukti yang sah.						



SPESIFIKASI TEKNIS REL EN 54E1 & 60E1

Spesifikasi Teknik No.	KI.104/VIII/1/KA-2023
Tanggal Dibuat	4 Agustus 2023
No. Revisi Dok.	
Tanggal Revisi	
Jumlah Halaman	20

1. Ruang lingkup

Spesifikasi teknik ini meliputi fungsi, tabel dan gambar, ketentuan kualitas baja, informasi, *grade* baja, identifikasi, persyaratan penerimaan, dan spesifikasi produk.

2. Acuan Normatif

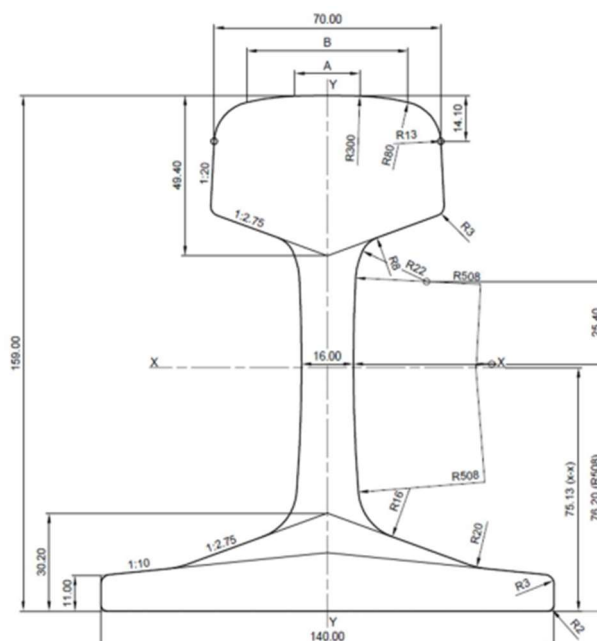
- EN-13674-1:2011 Railway applications – Track – Rail Part 1: Vignolet railway rails 46 kg/m and above*
- Spesifikasi Teknis Direktorat Prasarana Perkeretaapian Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan No. Spektek 2021 – 3 – TI tentang Spesifikasi Teknis Jalur dan Bangunan Kereta Api Bab 3 – Ballasted Track – Bagian 1 – Rel.

3. Data Teknis

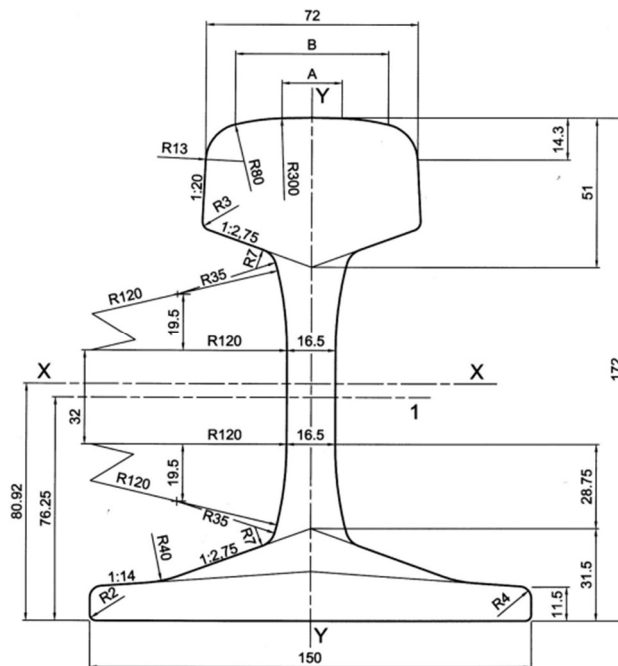
3.1 Ketentuan Umum

- Rel harus diproduksi, diperiksa dan diuji oleh pabrikan sesuai dengan standar *EN-136741:2011*
- Profil rel yang dimaksud dalam spesifikasi ini adalah rel 54E1 dan 60E1
- Klasifikasi rel adalah tipe R350HT, R350LHT, R370CrHT dan R400HT
- Klasifikasi profil untuk toleransi adalah profil kelas X sesuai dengan *EN-13674-1:2011*
- Panjang dari rel adalah 25 m

3.2 Profil Penampang dan Dimensi



Gambar 1 – Penampang Rel 54E1



Gambar 2 – Penampang Rel 60E1

Tabel 1 – Profil Rel 54E1 dan 60E1

Besaran Dimensi Rel	Tipe Rel	
	R.54	R.60
	EN 54E1	EN 60E1
H (mm)	159,00	172,00
B (mm)	140,00	150,00
C (mm)	70,00	72,00
k (mm)	11,00	11,50
D (mm)	16,00	16,50
E (mm)	49,40	51,00
F (mm)	30,20	31,50
R (mm)	508,00	120,00
A (cm ²)	69,77	76,70
W (kg/m)	54,77	60,21
I _x (cm ⁴)	2338,00	3038,00
Y _b (mm)	76,20	80,92
H = Tinggi	F = Tebal kaki pd sumbu Y	
B = Lebar Kaki	R = Jari jari badan Rel	
C = Lebar Kepala	A = Luas penampang	
h = Tinggi Kepala	W = Berat rel per meter	
k = Tebal Kaki	I _x = Momen Inersia sumbu X	
D = Tebal Badan	Y _b = Jarak tepi bawah ke sumbu X	
E = Tebal Kepala pd Sumbu Y		

3.3 Mutu Baja

Tabel 2 - Mutu baja

Steel grade		Hardness range (HBW)	Description	Branding lines
Steel name	Steel number			
R350HT	1.0631	350 to 390 ^b	Non-alloy (C-Mn) Heat treated	--- ----
R350LHT	1.0632	350 to 390 ^b	Non-alloy (C-Mn) Heat treated	-- ---- --
R370CrHT	1.0992	370 to 410	Alloy (C-Mn) Heat treated	-- ---- --
R400HT	1.1254	400 to 440	Non-alloy (C-Mn) Heat treated	---- ----

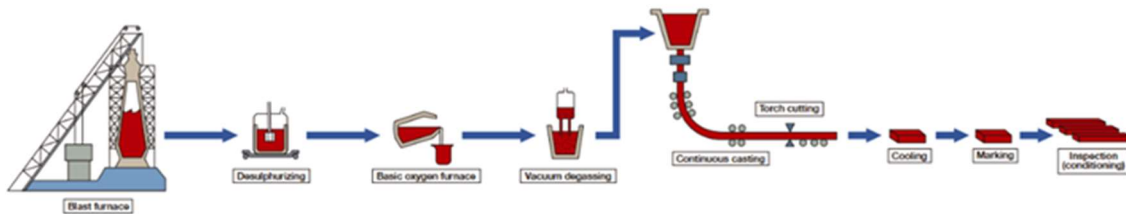
Tabel 3 - Komposisi kimia dan sifat mekanis baja

Kelas Baja	% massa									Kuat Tarik R _m min. MPa	Elonga- si A min. %	Kekerasan kontak permukaan rel dengan roda HBW
	C	Si	Mn	P maks.	S maks.	Cr	Al maks.	V maks.	N maks.			
R350HT	0,70 - 0,82	0,13 - 0,60	0,65 - 1,25	0,025	0,030	≤0,15	0,004	0,030	0,010	1175	9	350 - 390
R350LHT	0,70 - 0,82	0,13 - 0,60	0,65 - 1,25	0,025	0,030	≤0,30	0,004	0,030	0,010	1175	9	350 - 390
R370CrHT	0,68 - 0,84	0,38 - 1,02	0,65 - 1,15	0,025	0,025	0,35 - 0,65	0,004	0,030	0,010	1280	9	370 - 410
R400HT	0,70 - 0,82	0,13 - 0,60	0,65 - 1,25	0,025	0,025	≤ 0,30	0,004	0,030	0,010	1280	9	400 - 440

3.4 Manufaktur

3.4.1 Batang Baja (*Blooms*)

Rel terbuat dari batang baja (*blooms*) yang dibuat dari *basic oxygen steel* atau *electric arc furnace steel* yang telah melalui proses penyempurnaan sekunder via *ladle arc*, *vacuum degassed* dan *continuously cast*.



Gambar 3 - Proses manufaktur

3.4.2 Branding

Tanda merek harus tercantum pada satu sisi dan di tengah tubuh badan setiap rel. Tanda merek pada rel harus terbaca jelas dan setinggi 25 mm dengan tinggi dari dasar badan rel setidaknya 0,8 mm dan 1,5 mm maksimum.

Tanda merek harus menunjukkan :

- Perusahaan pengguna "PT.KAI";
- Identifikasi pabrik;
- Mutu baja (sesuai Tabel 2);
- Tahun produksi (2 digit terakhir angka produksi), contoh : 23;
- Identifikasi profil, contoh : "54E1"

Contoh : PT. KAI-ROLLING MILL- -23-54E1

3.4.3 Hot Stamping

- Setiap rel harus diidentifikasi menggunakan sistem kode numerik dan/atau alfabetis, yang dicetak dengan proses *hot stamping* pada bagian badan rel yang tidak dimereki dengan menggunakan mesin dan setiap rel harus ditandai.
- Angka dan huruf yang digunakan harus dapat terbaca dengan jelas dengan tinggi 16 mm. Huruf dan angka berada pada sudut 10° dari garis vertikal dan harus memiliki sudut membulat.
- Kedalaman *stamping* dan desainnya harus antara 0,5 mm – 1,5 mm di sepanjang bagian tengah badan rel, seperti yang terlihat pada gambar berikut:



Gambar x Desain angka dan huruf pada sudut 10° dari garis vertikal untuk stempel rel

Tanda identifikasi "*hot stamping*" harus tercantum:

- a. Nomor proses pemanasan dari produksi rel;
- b. Nomor kawat *strand* dan posisi *bloom* dalam kawat *strand*; dan
- c. Posisi rel di dalam *bloom* (A, B, C,; dan huruf Z dipakai khusus untuk rel terakhir dari *bloom*)

Contoh : 1234 A 102

1234 : nomor proses pemanasan;

102

1 : nomor kawat *strand*

02 : posisi *bloom* di dalam kawat *strand*

A : posisi rel di dalam *bloom*

4. Pengujian

- a. Pengujian untuk pengendalian mutu didasarkan pada 2 (dua) buah jenis pengujian yaitu pengujian kualifikasi (*qualifying test*) dan pengujian penerimaan (*acceptance test*). Pengujian kualifikasi adalah pengujian khusus sesuai kriteria yang relevan dengan beberapa aspek dari kinerja rel. Pengujian penerimaan juga merupakan bagian dari pengujian kualifikasi. Pengujian penerimaan adalah pengujian yang dilakukan sebagai bagian dari proses dan sistem kontrol produksi, yang dipisahkan berdasarkan *heat*, urutan dan tonase.
- b. Produsen atau penyedia jasa/barang harus menyediakan semua maal dan alat ukur yang diperlukan, mempersiapkan dan menguji semua spesimen dan sampel baja, sampel rel dan pemboran, dan menyediakan semua tenaga kerja dan peralatan untuk pengujian yang diperlukan untuk melaksanakan pengujian oleh laboratorium independen dan menyediakan bantuan yang diperlukan dalam melakukan pengujian tersebut dan menentukan kualitas rel yang diproduksi sebelum pengiriman. Produsen juga harus melakukan pemboran untuk mendapatkan spesimen pengujian dan sampel baja, untuk dilakukan analisis kimia dan uji tarik sesuai dengan *EN 13674-1:2011*.
- c. Penyedia harus dapat menunjukkan Sertifikat Hasil Test oleh Badan Uji Independen di Indonesia dengan hasil tes minimal pada komposisi kimia dan properti mekanis (*tensile strength, elongation dan hardness*).

4.1 Pengujian Kualifikasi

4.1.1 Uji Patah – *Fracture Toughness* (K_{Ic})

Standar Pengujian *Fracture Toughness* (K_{Ic}) mengacu pada *ASTM E399 – Standard Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness K_{Ic} of Metallic Materials*.

Hasil harus memenuhi tabel berikut:

Tabel 4 - Ketentuan uji patah

<i>Steel grade</i>	<i>Minimum single value</i> K_{Ic} (Mpa m ^{1/2})	<i>Minimum mean value</i> K_{Ic} (Mpa m ^{1/2})
R350HT	30	32
R350LHT, R370CrHT, R400HT	26	29

4.1.2 Uji Pertumbuhan Retak Akibat Kelelahan – *Fatigue Crack Growth Rate*

Standard pengujian *fatigue crack growth rate* mengacu pada *ISO 12108*. Hasil pengujian harus memenuhi tabel berikut:

Tabel 5 - Ketentuan uji pertumbuhan retak akibat kelelahan

<i>Steel grades</i>	$\Delta K = 10 \text{ Mpa m}^{1/2}$	$\Delta K = 13,5 \text{ Mpa m}^{1/2}$
<i>all grades except R200 and R320Cr</i>	17 m/Gc	55 m/Gc

4.1.3 Uji Sifat Kelelahan – *Fatigue Test*

Standar pengujian *fatigue* mengacu pada *ISO 1099*. Hasil pengujian harus memenuhi persyaratan bahwa untuk *total strain amplitude* dari 0.0001 35, *live* dari benda uji harus lebih besar dari 5×10^6 cycles.

4.1.4 Uji Tegangan Sisa – *Residual Stress* di Kaki Rel

Longitudinal tegangan sisa maksimum di kaki rel harus 250 MPa untuk semua *grade*.

4.1.5 Uji Kekuatan Tarik – *Tensile Strenght and Elongation* sesuai Tabel 3 – Komposisi kimia dan sifat mekanis baja.

4.1.6 Segregation

Standard pengujian *segregation/sulfur print* harus mengacu pada *ISO 4968*. Hasil pengujian dinilai dan diklasifikasi sesuai dengan *EN-13674-1:2011 Annex D*.

4.2 Pengujian Penerimaan

Pengujian penerimaan dilakukan dengan mengacu kepada *EN-13674-1:2011+A1 chapter 9 acceptance test*.

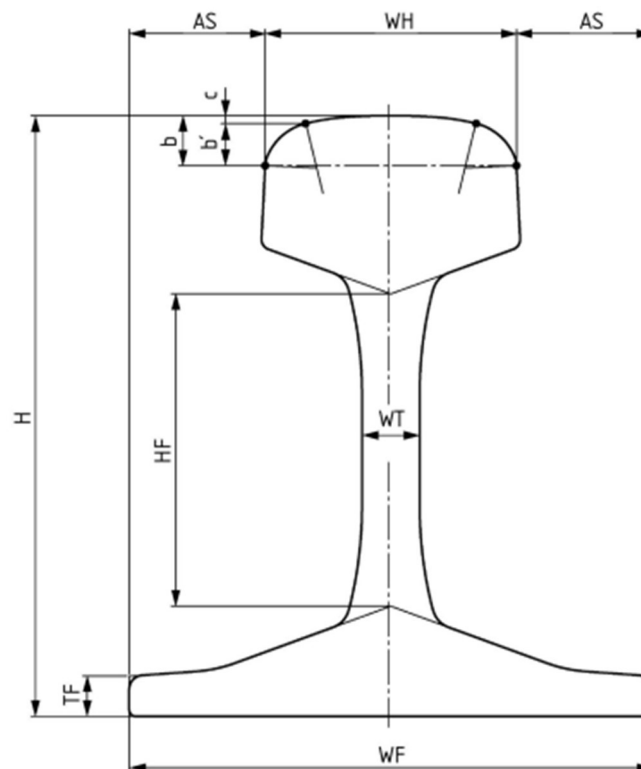
4.2.1 Pengujian Toleransi Dimensi

a. Toleransi profil rel

1. Dimensi standar ukuran rel sesuai dengan Tabel 1 - Profil Rel 54E1 dan 60E1 dan perbedaan dimensi aktual rel di bagian manapun tidak boleh lebih dari toleransi sesuai Tabel 6 – Toleransi profil rel.
2. Total variasi tinggi di sepanjang rel tidak boleh lebih besar dari 1 mm untuk tinggi rel < 165 mm dan 1,2 mm untuk tinggi rel ≥ 165 mm

Tabel 6 - Toleransi profil rel

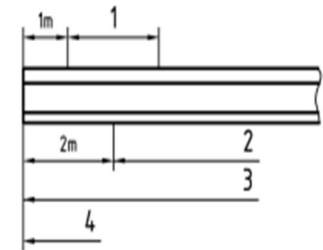
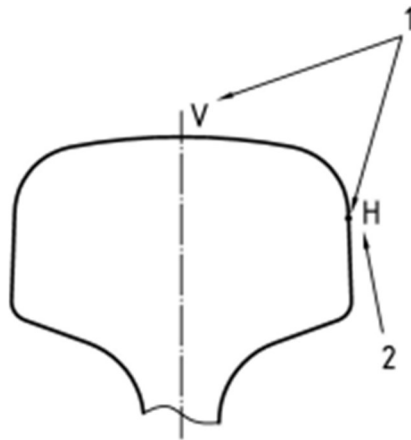
*Titik referensi (Lihat Gambar 3)			Kelas profil (toleransi dalam mm)
Parameter		Simbol	X
Tinggi rel ^a	<165 mm	*H	± 0,5
	≥ 165 mm		± 0,6
Profil mahkota rel	Kelas Kelurusan A	*C	+ 0,6 - 0,3
Lebar kepala rel		*WH	± 0,5
Asimetri rel		*As	± 1,2
Tinggi pelat sambung	< 165 mm	*HF	± 0,5
			± 0,6
Tebal <i>web</i> rel	≥ 165 mm	*WT	+ 1,0
			- 0,5
Lebar kaki rel		*WF	± 1,0
Tebal kaki rel		*TF	+ 0,75
			- 0,5
Kecekungan dasar kaki rel			0,3 max



Gambar 4 - Toleransi dimensi rel

b. Toleransi kelurusan, kerataan permukaan dan puntiran

Tabel 7 - Toleransi kelurusan, kerataan permukaan dan puntiran



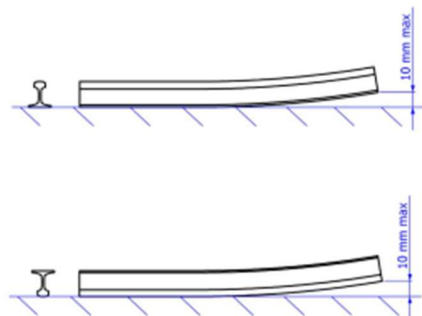
Key

Key

1. *V and H : Location of flatness measurements*
2. *the position of H is normally 5 mm to 10 mm below the gauge corner on the side of the head*
1. *overlap*
2. *body*
3. *whole rail*
4. *end "E"*

Location / Dimensional properties		Class B		Class A	
		d	L	d	L
BODY ^a	Vertical flatness V	≤ 0,4 mm	3 m ^c	≤ 0,3 mm	3 m
		and		and	
	Horizontal flatness H	≤ 0,3 mm	1 m ^c	≤ 0,2 mm	1 m ^c
ENDS ^a	End "E"	≤ 0,6 mm	1,5 m ^c	≤ 0,45 mm	1,5 m ^c
	Vertical Straightness	1,5 m	2 m	2 m	
		≤ 0,5 mm	1,5 m	≤ 0,4 mm	2 m
		and		≤ 0,3 mm	1 m ^d
		and		and	
	Horizontal straghtness	e ≤ 0,2 mm		e ≤ 0,2 mm	
		≤ 0,7 mm	1,5 m	≤ 0,6 mm	2 m
				and	
				≤ 0,4 mm	1 m ^d

Location / Dimensional properties		Class B		Class A	
		d	L	d	L
OVERLAP ^a	Length of overlap	1,5 m	2 m	2 m	
	Vertical flatness V	≤ 0,4 mm	1,5 m ^c	≤ 0,3 mm	2 m ^c
	Horizontal flatness H	≤ 0,6 mm	1,5 m ^c	≤ 0,6 mm	2 m ^c

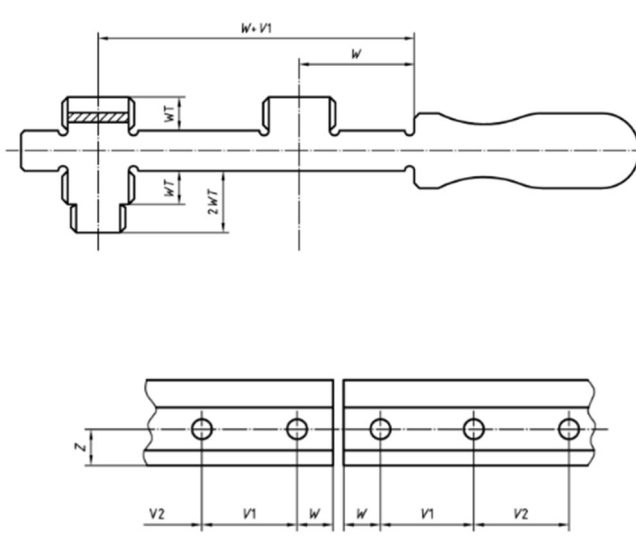
SWEEP (whole rail)	<i>Upsweep and downsweep</i>	10 mm ^e	10 mm ^e	
------------------------------	--------------------------------------	--------------------	--------------------	---

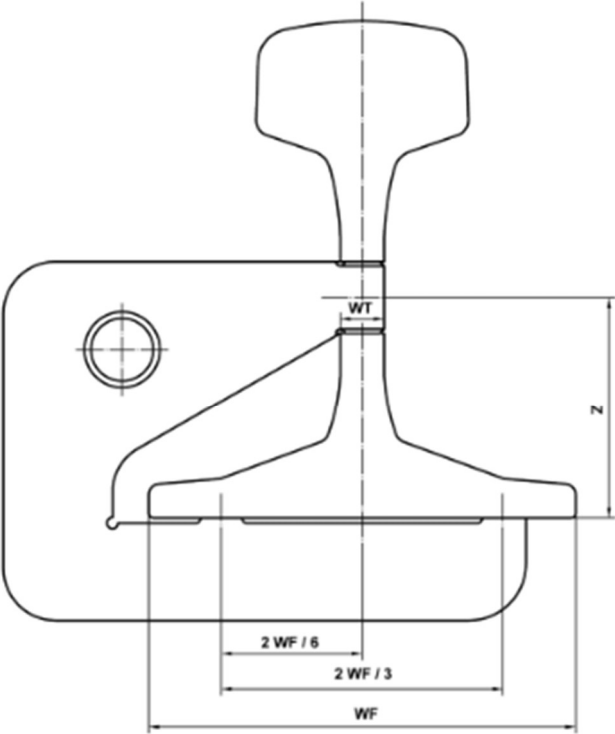
TWIST	<i>Whole rail</i>	<i>Max. Gap of 2,5 mm</i>
	<i>End (1m)</i>	<i>Max. Rotational twist of 0,2° and max. Relative twist of 0,003 5 x c</i>

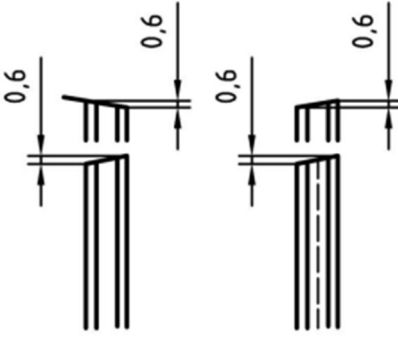
- Peralatan pengukuran otomatis harus mengukur sebanyak mungkin terutama badan rel, apabila rel memenuhi spesifikasi badan rel maka pengukuran ujung dan *overlap* tidak diwajibkan.
- Teknik pengukuran otomatis sangat kompleks dan susah untuk ditentukan namun kerataan rel harus mampu dibuktikan pada ujung lurus seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas.
- 95% dari rel yang dikirim harus dalam batas yang ditentukan, dengan 5% dari rel yang diperbolehkan di luar toleransi sebesar 0,1 mm.
- Referensi L melewati ujung E.
- Ujung rel tidak boleh lebih tinggi dari 10 mm saat rel berada di tempat pemeriksaan.
- Dimensi diukur di bawah tepi lurus 2 m.

c. Toleransi Pemotongan lubang

Tabel 8 - Toleransi dalam pemotongan dan pembuatan lubang

No	Persyaratan dimensi	Toleransi
1	Diameter pembuatan lubang ≤ 30 mm > 30 mm Penentuan titik tengah lubang dari arah vertikal dan horizontal	± 0,5 mm ± 0,7 mm Posisi horizontal lubang diperiksa menggunakan alat ukur (<i>gauge</i>) seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut,  Key WT web thickness

No	Persyaratan dimensi	Toleransi
		dimana alat ukur tersebut memiliki batas (<i>stop</i>) yang dirancang untuk bersentuhan dengan ujung rel dan pin yang dirancang untuk memasuki lubang. Diameter pin arah horizontal dan vertikal lebih kecil dibanding diameter lubang dengan ukuran : - 1,0 mm untuk diameter lubang kurang dari atau sama dengan 30 mm; - 1,4 mm untuk diameter lubang lebih dari 30 mm; Jarak antara garis tengah <i>pin</i> dan batas (<i>stop</i>) adalah sama dengan jarak nominal dari garis tengah lubang ke ujung rel. Pin harus dapat masuk ke lubang saat yang bersamaan saat batas (<i>stop</i>) menyentuh ujung rel. Penentuan posisi tengah lubang arah vertikal diperiksa menggunakan alat ukur (<i>gauge</i>) seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:  Key WF width of foot WT web thickness Z distance between centre of the hole and base of the rail Sisi lubang (kiri maupun kanan), ditentukan dari kedua sisi dengan tanda yang timbul.
2	Kerataan ujung – ujung rel	0,6 mm dari arah manapun

No	Persyaratan dimensi	Toleransi
		
3	Panjang ^a - Kedua ujung dilubangi ≤ 24 m > 24 ≤ 40 m > 40 m to 60 m > 60 m	± 3 mm ± 4 mm +/- 10 mm +/- 20 mm
	- Lainnya (tidak dilubangi atau hanya salah satu dilubangi)	± 1 mm/meter rel Untuk rel yang tidak dilubangi (untuk tujuan tertentu), toleransi panjang adalah ± 6 mm untuk panjang rel sampai dengan 24 m dan ± 10 mm untuk panjang rel > 24 m.
Panjang rel dalam tabel ini berlaku pada suhu + 15 C. Pengukuran yang dilakukan pada suhu lain harus dikoreksi untuk memperhitungkan ekspansi atau kontraksi rel.		

4.2.2. Pengujian Laboratorium

a. Pengujian Laboratorium dan Jumlah Sampel

Tabel 9 – Frekuensi tes

Pengujian	EN-13674-1:2011+A1 Pasal	Kelas Baja
		R350HT, R350LHT, R370CrHT, R400HT
<i>Chemical composition</i>	9.1.3	Satu per <i>heat</i>
<i>Hydrogen</i>	9.1.3.2	Satu per <i>heat</i> (2 tes dari <i>heat</i> yang pertama berurutan)
<i>Total Oxygen</i>	9.1.3.3	Satu per urutan ^a
<i>Microstructure</i>	9.1.4	Satu per 100 ton of <i>heat treated rail</i> ^{a,c}
<i>Descarburation</i>	9.1.5	Satu per 500 ton of <i>re-heated and mill heat treated</i> ^{a,c}

Pengujian	EN-13674-1:2011+A1 Pasal	Kelas Baja
		R350HT, R350LHT, R370CrHT, R400HT
<i>Oxide Cleanness</i>	9.1.6	Satu per urutan ^{b or c}
<i>Sulfur Print</i>	9.1.7	Satu per 500 ton atau bagiannya ^{a,b, or c}
<i>Hardness</i>	9.1.8	Satu per 100 ton of <i>heat treated rail</i> ^{a,c}
<i>Tensile</i>	8.7 dan 9.1.9	Satu per 1000 ton ^{a,c}
a. Sampel harus diambil secara acak tetapi hanya rel dari bloom di luar <i>mixing zone</i> diantara pemanasan ketika pengecoran kontinu secara berurutan. b. Sampel harus dipotong setelah <i>rolling</i> c. Sampel harus dipotong dari <i>heat treated roll</i>		

- b. Kandungan unsur kimia harus masuk dalam persyaratan sesuai Tabel 3 - Komposisi kimia dan sifat mekanis baja
- c. Kandungan unsur kimia lainnya (%) maksimum menyesuaikan dengan tabel sebagaimana tercantum di bawah ini :

Tabel 10 - Elemen residu (% by mass)

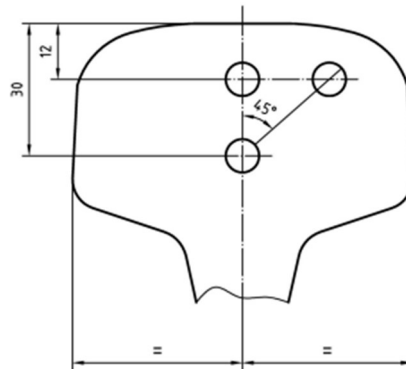
	R350HT	R350LHT, R370CrHT, R400HT
Mo	0,02	0,02
Ni	0,10	0,10
Cu	0,15	0,15
Sn	0,030	0,030
Sb	0,020	0,020
Ti	0,025	0,025
Nb	0,04	0,04
Cu + 10 Sn	0,35	0,35
Lainnya	0,25 (Cr + Mo + Ni + Cu + V)	0,20 (Mo + Ni + Cu + V)

- d. Kandungan Hidrogen
1. Kandungan hidrogen maksimum harus sesuai tabel Tabel 3 Komposisi kimia dan sifat mekanis baja
 2. Sampel untuk pengujian kandungan hidrogen diambil dalam bentuk cairan baja dengan jumlah sesuai Tabel 9 – Frekuensi tes
 3. Jika kandungan hidrogen pada sampel pertama dari *heat* pertama, kedua dan seterusnya tidak memenuhi persyaratan pada Tabel 3 - Komposisi kimia dan sifat mekanis baja, maka *bloom* yang dibuat sebelum pengambilan sampel tersebut,

harus didinginkan dengan perlahan atau dengan cara *isothermal*. Jika setelah adanya perbaikan, sampel tetap gagal, maka heat tersebut harus ditolak.

e. Kandungan Oksigen

1. Kandungan oksigen maksimum harus sesuai Tabel 3 - Komposisi kimia dan sifat mekanis baja
2. Jumlah sampel sesuai dengan Tabel 9 – Frekuensi tes. Sampel untuk pengujian kandungan oksigen dapat diambil dalam bentuk cairan baja atau dalam bentuk padat dari lokasi seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

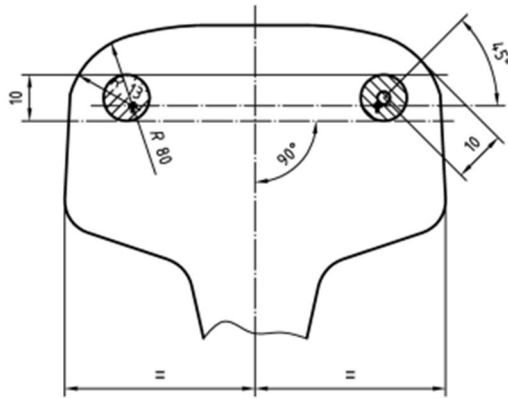


Gambar 5 - Posisi *sampling* rel untuk mengetes kandungan oksigen

3. Untuk pengadaan rel lebih dari 5000 ton, minimal 95% dari total *heats* mempunyai kandungan oksigen maksimum 20 ppm. Tidak lebih dari 5% dari *heats* mempunyai kandungan oksigen maksimum 30 ppm. *Heat* dengan kandungan oksigen lebih dari 30 ppm harus ditolak.
4. Untuk pengadaan rel kurang dari 5000 ton, hanya satu sampel yang mempunyai kandungan oksigen lebih besar dari 20 ppm dan kurang dari 30 ppm yang diperbolehkan. *Heat* dengan kandungan lebih dari 20 ppm, *heat* selanjutnya harus diuji kembali sampai mempunyai kandungan oksigen kurang dari 20 ppm.

f. Struktur Mikro

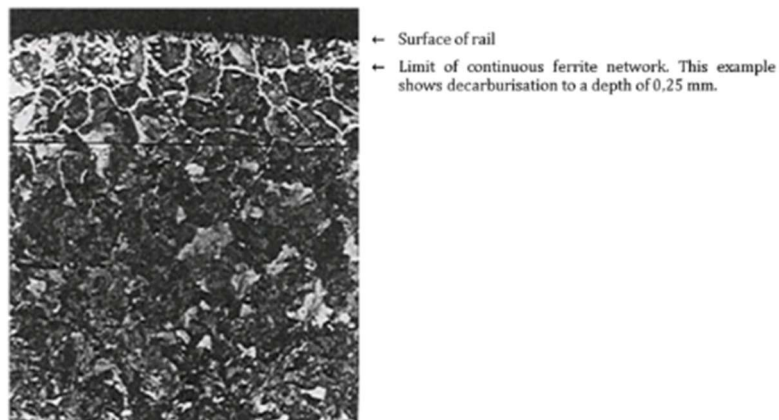
1. Jumlah sampel pengujian struktur mikro sesuai dengan Tabel 9 – Frekuensi tes
2. Struktur mikro harus sepenuhnya *pearlitic* (terlihat 2 fase struktur lapisan), tanpa *martensite*, *bainite* atau batas butiran. Sampel diambil dari lokasi di kepala rel seperti yang ditunjukkan gambar berikut :



Gambar 6 - Titik pengetesan struktur mikro

g. Dekarburasi – Hilangnya Karbon dari permukaan rel (*Decarburisation*)

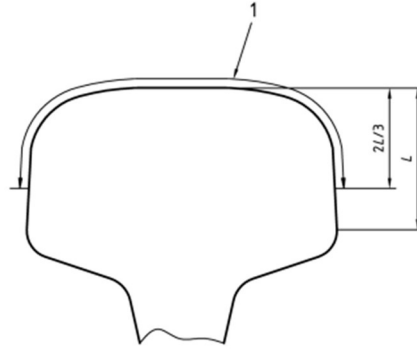
1. Kedalaman dekarburisasi dilakukan seperti pengujian kekerasan. Setelah *polishing*, tes kekerasan dilakukan pada tiga titik. Hasil kekerasan tidak boleh kurang dari spesifikasi yang ditetapkan dikurangi 7 HBW (contoh : 343 HBW untuk rel R350HT dan R350LHT)
2. Tidak boleh ada jaringan *ferrite* di 0,5 mm dibawah permukaan kepala rel.
3. *Photomicrographs* yang menunjukkan kedalaman dekarburasi yang diperbolehkan, ditunjukkan pada gambar berikut:



All grades other than R200 and R220

Gambar 7 - *Photomicrographs* (x 100) kedalaman dekarburisasi yang diperbolehkan

4. Sampel diambil dari lokasi di kepala rel seperti yang ditunjukkan gambar berikut :



Gambar 8 - Area opsi pengetesan di sepanjang permukaan kepala rel untuk dekarburisasi

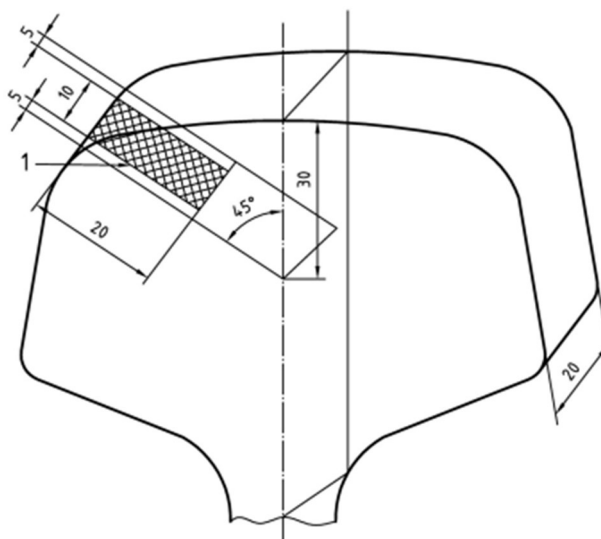
h. *Oxide cleanliness*

1. Sampel harus diambil dari *bloom* terakhir dari *heat* terakhir yang berurutan tetapi 2 buah benda uji dari tiap sampel harus diuji.
2. Untuk pengadaan rel kurang dari 5000 ton, hanya satu sampel dengan nilai K3 lebih dari 10 dan kurang dari 20 yang dibolehkan.
3. Untuk pengadaan rel lebih dari 5000 ton, batas nilai K3 untuk adalah sebagai berikut:

Tabel 11 – Nilai K3 untuk *oxide cleanliness*

$10 < K3 < 20$	Maksimum 5 % dari sampel
$K3 < 10$	Minimum 95% dari sampel

4. Sampel diambil dari lokasi di kepala rel seperti yang ditunjukkan gambar berikut :



Gambar 9 - Posisi sampling untuk *oxide cleanliness*

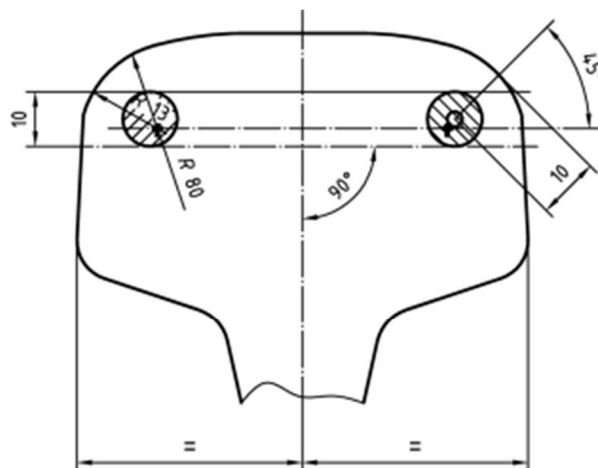
Tabel 12 - Ketentuan dan posisi tes untuk *hardness*

Position	Rail Steel Grade		
	R350HT R350LHT	R370CrHT	R400HT
Hardness (HBW 2.5)			
RS ^a	350 to 390 ^b	370 to 410 ^c	400 to 440 ^d
1	≥ 340 min	≥ 360	≥ 390
2	≥ 331 min	≥ 350	≥ 380
3	≥ 321 min	≥ 340	≥ 370
4	≥ 340 min	≥ 360	≥ 390

a RS = Titik pada garis tengah permukaan rel
b Apabila kekerasan melebihi 390 HBW, rel dapat diterima apabila mikrostruktur terbukti berupa *pearlitic*, dan kekerasan tidak melebihi 405 HBW
c Apabila kekerasan melebihi 410 HBW, rel dapat diterima apabila mikrostruktur terbukti berupa *pearlitic*, dan kekerasan tidak melebihi 425 HBW
d Apabila kekerasan melebihi 440 HBW, rel dapat diterima apabila mikrostruktur terbukti berupa *pearlitic*, dan kekerasan tidak melebihi 455 HBW

k. Kekuatan tarik (*Tensile Test*)

1. Metode pengujian kekuatan tarik harus sesuai dengan *EN ISO 6892 – 1* dengan menggunakan sampel yang proposional berdiameter 10 mm.
2. Jumlah pengujian kekuatan tarik harus sesuai dengan Tabel 9 – Frekuensi Tes
Nilai hasil pengujian harus memenuhi nilai sesuai Tabel 3 - Komposisi kimia dan sifat mekanis baja
3. Sampel diambil sesuai gambar berikut:



Key

- ✦ intersecting point of the R13 and R80 radii (60E1 section)
- location at the centre of the tensile test piece
- ⊗ area to be checked for microstructure

Gambar 11 - Lokasi untuk *tensile test*

4. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji harus dipanaskan sampai temperatur 200° C selama 6 jam.

I. Prosedur Pengujian Ulang

1. Jika hasil tes tidak memenuhi persyaratan dalam Tabel 3 - Komposisi Kimia dan Sifat Mekanis Baja, kecuali pengujian kandungan hidrogen, maka dua pengujian harus dilakukan pada benda uji dari rel yang mendekati rel yang aktual
2. Jika pengujian ulang juga gagal, maka pengujian harus diulang sebanyak dua kali kembali sampai material yang dapat diterima didapatkan.
3. Material yang gagal, harus ditolak.
4. Pengujian kembali kandungan hydrogen dan oksigen dilakukan sesuai subbab 4.2.2 poin d dan e

4.2.3 Pemeriksaan Kualitas Permukaan dan Dalam Rel

- a. Semua rel harus diuji ultrasonik secara otomatis yang memastikan seluruh panjang rel dan penampang melintang tertentu diperiksa, sehingga hanya sedikit area yang tidak diperiksa. Ujung yang tidak diperiksa harus diuji dengan prosedur yang tepat atau dibuang.
- b. Penampang melintang yang diperiksa dengan ultrasonik, minimum adalah:
 1. Minimal 70% dari kepala rel
 2. Minimal 60% dari badan
 3. Area di kaki rel
- c. Kepala rel harus diperiksa di kedua sisi.

4.2.4 Pemeriksaan Saat Pengiriman

- a. Rel harus diperiksa kembali pada saat penerimaan pengiriman rel di pelabuhan maupun lokasi pekerjaan.
- b. Pemeriksaan yang dilakukan hanyalah panjang, kelurusan, kerataan permukaan dan puntiran sesuai Tabel 7 - Toleransi Kelurusan, Kerataan Permukaan dan Puntiran. Rel yang tidak memenuhi sesuai Tabel 7 - Toleransi Kelurusan, Kerataan Permukaan dan Puntiran tidak dapat diterima.
- c. Hasil pengujian selain yang disebut dalam bab 4 poin b dibuktikan dengan sertifikasi dari laboratorium atau pabrik pembuat.

5. Pemasangan dan Penumpukan

- a. Rel harus ditangani dan ditumpuk dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan pada rel seperti cacat atau tertekuk.
- b. Selama pembongkaran dari kendaraan pengangkut baik truk maupun gerbong, rel harus ditempatkan atau ditumpuk sedemikian rupa hingga dapat mencegah rel bergerak.
- c. Rel tidak boleh digelundungkan dan dijatuhkan dari atas kendaraan pengangkut rel. Pembongkaran rel dapat dilakukan dengan peralatan pengangkat rel.
- d. Pemindahan rel harus dilakukan dengan gunting rel (rel tong).

6. Lahan Penumpukan Akhir

- a. Lahan penumpukan akhir harus memenuhi kriteria sebagai berikut :
 1. Memiliki kontur / konstruksi yang mampu menahan beban lebih dari 8 ton (minimal lapisan sirtu);
 2. Terhindar dari genangan air, sehingga terhindar dan terlindungi dari resiko kerusakan material;
 3. Memiliki keamanan yang baik sehingga terhindar dan terlindungi dari resiko kehilangan material;
- b. Tempat penyimpanan aksesoris pada penumpukan akhir harus memenuhi kriteria sebagai berikut :
 1. Terhindar dari hujan dan genangan air, sehingga terlindungi dari resiko kerusakan aksesoris;
 2. Memiliki keamanan yang baik sehingga terhindar dan terlindungi dari resiko kehilangan aksesoris;
 3. Memiliki kapasitas yang mencukupi untuk menampung seluruh aksesoris.

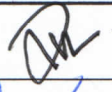
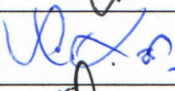
7. Keterangan Tambahan

Dengan berlakunya spesifikasi teknis ini, maka spesifikasi teknis sebelumnya yaitu:

- a. Spektek No. 03/RAIL UIC-54/TR/III/2010 tentang Head Hardened Rail R54 (UIC) – 350 BHN
- b. Spektek No. 04/JR/TE/IV/013 tentang Head Hardened Rail R54 (UIC) - 370 BHN
- c. Spektek No. 01/ST/TRK/ELDE/2016 tentang Head Hardened Rail R54 (UIC) - 400 BHN

Dinyatakan tidak berlaku.

8. Lembar Pengesahan

PT. KERETA API INDONESIA (PERSERO)				Approval:
Diketahui	Agus Barkah Nugraha	SSD		
Diperiksa	Sukamto	TJ		
	Muhammad Arifudin	TTA		
Dirancang	Bondan Montiliyu	TJT		
Disusun	Section of Track Evaluation			
Spesifikasi Teknik Nomor : KI.104/VIII/1/KA-2023				
DIREKTUR KESELAMATAN DAN KEAMANAN PT. KERETA API INDONESIA (PERSERO),  SANDRY PASAMBUNA NIPP. 74318		DIREKTUR PENGELOLAAN PRASARANA PT. KERETA API INDONESIA (PERSERO),  HERU KUSWANTO NIPP. 40856		