

ANALISIS KEGAGALAN VERTICAL ROLLER TYRE INDARUNG IV

Gunawarman

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang
Kampus UNAND Limau Manis, Padang 25163, SUMBAR
Tel. 0751-72568, Fax. 0751-72566, E-mail: gunawarman@ft.unand.ac.id

ABSTRAK

Roller tyre adalah adalah suatu komponen pabrik semen yang berfungsi sebagai penggiling bahan baku (raw material). Pada PT Semen Padang, telah terjadi kegagalan kerja pada sebuah roller tyre yang relatif baru dimana roller tyre tersebut mengalami retak-retak dan terkelupas (rontok) pada beberapa bagian, sehingga tidak dapat digunakan lagi. Untuk mengetahui penyebab utama kegagalan roller tyre ini, yang selanjutnya disebut sebagai rol tyre G (RTG), maka diperlukan beberapa kajian metalurgi terhadap komponen yang gagal tersebut. Sebagai pembanding, dilakukan kajian serupa terhadap roller tyre lain (yang lama) yang lebih tahan atau berumur lebih panjang. Roller tyre pembanding ini selanjutnya disebut roller tyre P (RTP).

Pemeriksaan makro menunjukkan bahwa terdapat retak (crack) dan bahkan lubang (hole) pada beberapa bagian base metal RTG. Rontok terjadi pada bagian reweld filler terutama bagian bibir rol. Retak terjadi terutama antar layer reweld filler, dan pada interface base metal dan rewelds. Lubang, yang umumnya terisi pasir cetak, terdistribusi pada beberapa bagian base metal. Standar prosedur pengelasan (WPS) untuk proses hard facing pada semua jenis roller tyre adalah sama. Hasil pemeriksaan komposisi menunjukkan bahwa material RTG tergolong baja "biasa" dengan kadar C sekitar 0,3%, sementara material RTP tergolong paduan spesial dengan kandungan sekitar 0,6% C, 3% Mn, 8-13% Cr dan 4% Ni. Harga kekuatan dan kekerasan RTG jauh di bawah RTP. Dijumpai bahwa RTG mempunyai lebih banyak cacat inklusi/porositas dari RTP. Proses homogenisasi pada Roller RTG juga tampak kurang sempurna seperti yang ditunjukkan oleh ketidakmerataan distribusi fasa. Karena itu, disimpulkan bahwa kegagalan kerja disebabkan terutama oleh kualitas material yang rendah. Selain itu, terlalu tebalnya daging (di atas yang diizinkan WPS), dan kurang cocoknya WPS yang dipakai dengan material dasar Roller Tyre, ikut mempercepat proses kegagalan.

Kata Kunci: PT Semen Padang, Roller Tyre, Analisis Kegagalan, Struktur Mikro

1. PENDAHULUAN

Roller tyre adalah adalah satu komponen pabrik semen yang berfungsi sebagai penggiling bahan baku (raw material). Pada sebuah pabrik Semen, telah terjadi kegagalan kerja pada sebuah roller tyre yang relatif baru digunakan dimana roller tyre tersebut mengalami retak-retak pada bagian *base metal* dan terkelupas (rontok) pada beberapa bagian lapisan keras (hard facing), sehingga tidak dapat digunakan lagi. Untuk mengetahui penyebab utama kegagalan roller tyre ini, maka diperlukan beberapa kajian metalurgi terhadap komponen yang gagal tersebut. Sebagai pembanding, dilakukan kajian serupa terhadap roller tyre lain yang lebih tahan atau berumur lebih panjang. Kegagalan diduga berhubungan dengan cacat coran pada komponen. Indikasi utama adalah ditemukannya gumpalan pasir yang terperangkap di dalam *base metal*.

2. MATERIAL DAN METODOLOGI PENELITIAN

Sejumlah sampel uji diambil secara hati-hati dengan pemotongan las dari *base metal* roller tyre yang gagal tersebut. Posisi pengambilan sampel diperlihatkan pada Gambar-1. Sampel kemudian

dimachining menjadi spesimen uji tarik berbentuk pelat dengan panjang uji sekitar 12 mm, dan penampang 4x2 mm. Selanjutnya spesimen dari roll tyre yang gagal ini disebut sebagai RTG. Sebagai pembanding, sampel juga diambil dari roll tyre lain yang tidak gagal, atau selanjutnya disebut sebagai roll tyre pembanding (RTP). Sebagai informasi, RTP ini dibuat oleh sebuah fabrikasi Eropa. Sementara RTG dibuat oleh fabrikasi Asia yang baru pertama memasok komponen sejenis ke PTSP.



Gambar-1 Posisi pengambilan sampel Roller tyre Gagal (RTG)

Pengujian tarik kemudian dilakukan terhadap sampel pada temperatur kamar untuk mengetahui kekuatan luluh dan kekuatan tarik material roller tyre. Pengujian tarik dilakukan dengan *Com-Ten testing machine* dengan kecepatan 5 mm/menit. Kekerasan mikro sampel diukur dengan alat uji *Shimadzu Micro Hardness Tester Type-M* pada beban 500 gf selama 15 detik.

Pemeriksaan struktur mikro spesimen dilakukan dengan mikroskop optik merk *Jenco*. Sebelum diperiksa di bawah mikroskop, permukaan sampel terlebih dahulu digerinda dan dipoles, kemudian dietsa dalam larutan 3% HNO₃ + 97% methanol selama lebih kurang 10 detik. Sementara itu komposisi kimia kedua jenis sampel roller tyre diperiksa dengan AAS. Pemeriksaan sampel dilakukan di Insitute of Metal Research (IMR), Sendai, Jepang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Roller tyre yang gagal (RTG) mempunyai relatif banyak cacat coran pada *base metal* berupa retak dan lubang bekas pasir terperangkap seperti Gambar-2. Lubang yang cukup besar ini terbentuk akibat pengangkatan pasir yang melekat pada produk coran. Pasir ditemukan pada di dalam material ketika proses pembuang retak dengan *gouging*. Retak diprediksi berasal dari konsentrasi tegangan pada ujung gumpalan pasir saat tyre bekerja menggiling material. Terperangkapnya pasir juga ditemukan pada roller tyre sejenis dengan RTG (yang satu paket dengan RTG) seperti tampak pada Gambar-3 yang mengalami keausan berlebihan pada sekeliling bagian bibir Roller tyre. Adanya gumpalan pasir ini menunjukkan bahwa proses pengecoran kurang sempurna, dimana pasir cetak terbawa oleh aliran logam dan kemudian terperangkap di dalam coran ketika proses pembekuan (solidifikasi). Pasir cetak diperkirakan kurang kuat sehingga aliran logam cair dapat mengikis atau merontokkan sebagian rongga cetakan. Ketidaksempurnaan proses pengecoran terlihat jelas pada Roller tyre sejenis dengan RTG yang memperlihatkan butiran-butiran pasir dan lubang bekas pasir. Roller tyre ini memiliki pasir yang relatif banyak pada lokasi tertentu. Ini disebabkan oleh kurang kuatnya ikatan antar pasir cetakan, sehingga beberapa pasir tertarik ke logam saat solidifikasi dibandingkan tetap bertahan pada cetakan.



Gambar-2 Retak pada RTG



Gambar-3 Roller tyre sejenis RTG

Pemeriksaan komposisi kimia terhadap RTG ini menunjukkan bahwa material adalah baja karbon dengan kadar karbon (C) sekitar 0.3%, ditambah sedikit paduan (Mn) sekitar 1,3 % (Tabel 1). Komposisi ini cukup sesuai dengan spesifikasi bahan yang diberikan oleh pemasok. Penelusuran literatur menunjukkan komposisi Roller tyre RTG mendekati komposisi antara AISI 1030 dan AISI 1132, yakni tergolong baja karbon menengah (medium plain carbon steel). Baja jenis ini tergolong jenis baja biasa yang banyak tersedia di pasaran. Sementara material RTP menunjukkan komposisi baja paduan tinggi dengan kandungan lebih 0,6% C, 3% Mn, 8-13% Cr dan sekitar 4% Ni. Hasil penelusuran menunjukkan bahwa tidak ada *alloy* di pasaran yang mendekati komposisi material ini. Namun berdasarkan unsur pepadu, material RTP tergolong paduan tahan aus (wear resistance alloy). Diihat dari sisi material ini, maka harga bahan baku RTP tentu jauh lebih tinggi dari bahan baku RTG.

Tabel 1. Perbandingan Komposisi Kimia RTG dan RTP

No	Sampel	Elements (%)				
		Mn	Cr	Ni	C	
1	RTG	1	1,30	0,12	0,04	0,293
		2	1,36	0,14	0,04	
2	RTP	1	3,27	8,34	4,15	0,624
		2	3,62	11,44	4,28	

Mengingat kelas material antara RTG dan RTP sangat berbeda, maka dapat dipastikan sifat mekanik RTG tersebut di bawah RTP seperti ditunjukkan oleh pengujian kekuatan (Gambar-4) dan kekerasan (Gambar-5). Kekuatan dan kekerasan makro material RTG jauh di bawah kekerasan RTP. Kenyataan dikonfirmasi dengan baik ketika laju keausan sejenis dengan RTG (Gambar-3) begitu tinggi sekeliling bagian bibir Rol. Pada RTP juga terdapat keausan pada pinggir tetapi tidak separah RTG, dan keausan ini juga setidaknya dialami setelah minimal 5 kali tambah daging (hard facing). Pemeriksaan struktur mikro terlihat bahwa kandungan fasa Perlit (Tabel-2), dan kekerasan mikro Perlit (Tabel-3) pada RTG lebih rendah dari RTP.

Tabel 2. Fraksi fasa pada Struktur mikro RTP dan RTG

NO.	RTP		RTG	
	FERIT (%)	PERLIT (%)	FERIT (%)	PERLIT (%)
1	44	56	58	42
2	52	48	59	41
3	53	47	67	33
4	50	50	35	65
Rerata	50	50	55	45
Deviasi	± 5	± 5	± 16	± 16

Pemeriksaan struktur mikro juga menunjukkan bahwa RTG mempunyai cacat inklusi/porositas (lubang-lubang halus) lebih banyak dari RTP (Gambar-6). Cacat ini merupakan cacat umum pada proses pengecoran yang terjadi karena adanya zat pengotor atau udara yang terperangkap dalam coran. Tingginya jumlah inklusi/porositas menunjukkan bahwa pengontrolan proses pengecoran kurang baik. Produk coran dengan porositas yang relatif tinggi akan lebih mudah retak karena relatif tingginya konsentrasi tegangan pada daerah tersebut. Penjalaran retak akan terfasilitasi dengan banyaknya porositas dan pengotor, yang dibuktikan dengan retak yang dialami oleh RTG (Gambar-2) sedangkan awalnya dimulai oleh tegangan terkonsentrasi pada sisi dimana terdapat pasir yang terperangkap.

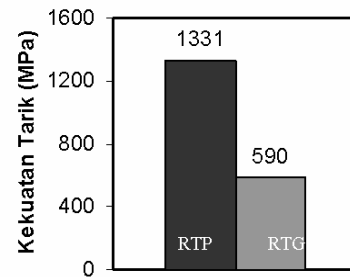
Pemeriksaan struktur coran (casting structure) diperlihatkan pada Gambar-7 dan 8. Gambar-7 menunjukkan bahwa proses homogenisasi pada Roller tyre RTG belum sempurna RTP. Hal ini ditandai oleh masih ditemukannya struktur dendrit (struktur pembekuan) pada RTG, yang seharusnya sudah hilang bila proses homogenisasi sempurna seperti yang diperlihatkan oleh RTP. Hal ini diperkuat dengan kenyataan bahwa sebaran fasa ferit dan perlit pada RTG kurang merata atau fluktuasinya terlalu besar (16%) dibandingkan dengan RTP (5%) seperti terlihat pada Tabel 2. Fluktuasi fraksi fasa yang kecil pada struktur mikro material terjadi bila proses homogenisasi berlangsung cukup lama. Untuk produk sebesar roll-tyre dibutuhkan waktu yang cukup lama agar proses homogenisasi (biasanya pada suhu sekitar 1000°C) untuk meratakan komposisi dan struktur berlangsung secara sempurna.

Hal menarik lain yang dijumpai adalah terdapatnya rontok yang sangat besar dari beberapa bagian daging (reweld) sejenis dengan RTG dan

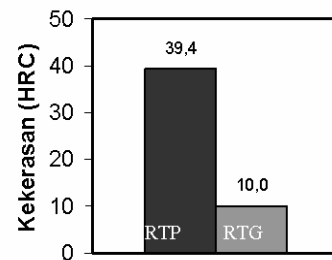
RTP. Dilihat dari ketebalan reweld yang mencapai 12 cm, diduga juga menjadi faktor penyebab retaknya daerah reweld. Dari WPS yang digunakan untuk kedua jenis part terlihat bahwa maksimum tambah daging hanya 3.5 cm (35 mm). Material reweld adalah paduan tinggi yang mempunyai kekerasan dan kekuatan tinggi tapi relatif getas, sehingga mudah terlepas bila terlalu tebal.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kekerasan Mikro RTP dan RTG

	RTP			RTG	
	HV	Rerata/ deviasi		HV	Rerata/ deviasi
Ferit	140	145	Ferit	143	149
	151			153	
	144			151	
	141			149	
	± 4,5		151	± 4	
Perlit	244	247	Perlit	228	223
	250			217	
	249			220	
	245			222	
	± 3		227	± 5	



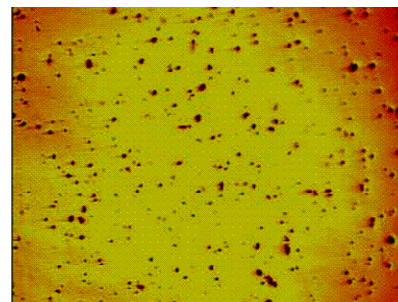
Gambar-4 Kekuatan Tarik RTG dan RTP



Gambar-5 Kekerasan RTG dan RTP

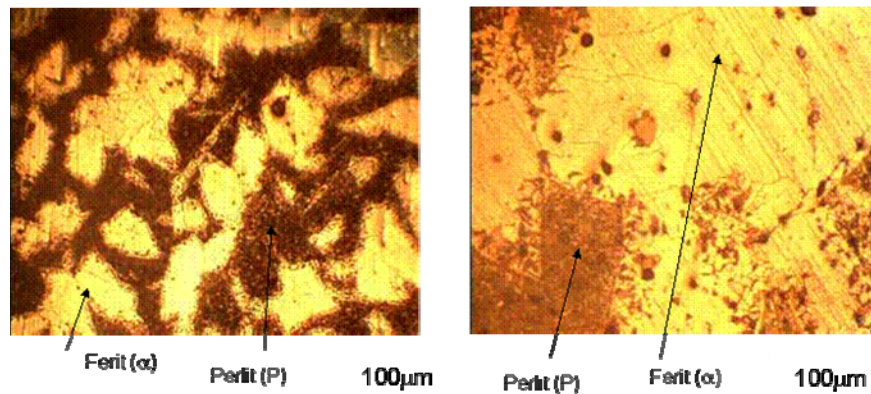


RTG

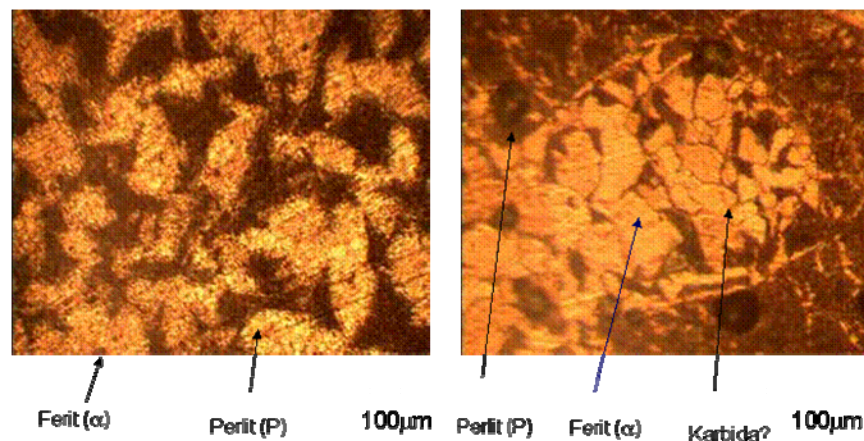


RTP

Gambar-6 Distribusi void/inklusi pada RTG dan RTP



Gambar-7 Struktur Mikro RTG



Gambar-8 Struktur Mikri RTP

Menurut ASME section IX, jika material *base metal* diganti maka WPS yang digunakan harus di kualifikasi ulang. Berdasarkan penelusuran, WPS yang digunakan untuk Roller tyre RTG adalah WPS untuk material ASTM A532 class II dan I dan DIN G-X300 NiMo3Mg. Sementara Roller tyre RTP adalah medium plain carbon steel seharusnya menggunakan WPS untuk material ASTM A36.

Berdasarkan data pengujian, maka nampak jelas bahwa kualitas material Roller tyre RTG, secara keseluruhan, jauh di bawah RTP. Dengan demikian dapat dipahami mengapa Roller tyre RTG tersebut relatif lebih cepat gagal dibandingkan RTP ketika digunakan di lapangan. Selain itu penerapan WPS yang tidak tepat untuk Roller tyre RTG ikut pula mempercepat kegagalan.

Dari hasil penelitian ini, maka direkomendasikan kepada pihak PTSP untuk melakukan verifikasi kualitas produk (coran) melalui pengecekan full ultrasonic terhadap komponen yang baru datang. Hal ini diperlukan untuk memastikan produk yang dibeli memiliki kualitas yang bagus. Perlu dilakukan cross-check spesifikasi bahan, sehingga diketahui sesuai tidaknya kondisi barang yang diterima dengan perjanjian, baik dari segi komposisi maupun taksiran harga. Bila tetap akan digunakan, perlu WPS tersendiri untuk proses tambah daging (*hardfacing*) RTG. Disarankan juga agar ketebalan reweld dibuat mendekati yang diizinkan oleh WPS, sehingga kerontokan reweld dapat diminimalkan.

4. KESIMPULAN.

Dari analisis metalurgi yang dilakukan terhadap RTG dan RTP dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. RTG mempunyai banyak retak dan lubang (hole) bekas pasir.
2. Material RTG tergolong baja "biasa" (medium plain carbon steel) sementara material RTP tergolong paduan spesial (wear resistance alloy)
3. Harga kekuatan dan kekerasan RTG jauh di bawah RTP.
4. RTG mempunyai cacat inklusi/porositas lebih banyak dari RTP.
5. Proses homogenisasi pada RTG kurang sempurna.
6. Kegagalan kerja yang terjadi akibat rontoknya reweld pada RTG disebabkan terutama oleh kualitas material yang rendah. Selain itu terlalu tebalnya daging (di atas yang diizinkan WPS), dan kurang cocoknya WPS yang dipakai dengan material dasar Roller tyre, ikut mempercepat proses kegagalan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih banyak diucapkan kepada Prof. Dr. Mitsuo Niinomi dari Institute of Material Research (IMR), Sendai, Japan, yang telah membantu pemeriksaan komposisi kimia sampel. Terima kasih juga kepada Sdr Hendra Suherman dan Sdr Ramadonsyah yang telah membantu penyiapan sampel uji.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sevryukov, N, Kuzmin, B, Chelishchev, Y, *General Metallurgy*, Peach Publishers, Moscow
- [2] hatty, J.I., Miller F.M., and Kosmatka, S.H., *Innovations in Portland Cement Manufacturing*, SP400, Portland Cement Association, Skokie, IL, 2004, 1370 pages
- [3] Harder, J., *Advanced Grinding in the Cement Industry*, ZKG International, Bertelsmann Springer, Gütersloh, Germany, Vol. 92, No. 3, 2003, pp31-37
- [4] Oesch, Chris and Jurko, Blaz, "Finish Grinding with Vertical Roller Mills – Operating Data", IEEE-IAS/PCA 2002 Cement Industry Technical Conference Record, IEEE-02-15, Portland Cement Association, Skokie, IL, 2002, pp 187-192
- [5] Roy, Gary, "Increasing Cement Grinding Capacity with Vertical Roller Mill Technology", IEEE-IAS/PCA 2002 Cement Industry Technical Conference Record, IEEE-02-17, Portland Cement Association, Skokie, IL, 2002, pp 205-211
- [6] ASM Handbook, Metallography and Microstructure, vol 9, ASM International, United States, 1992