

## ANALISIS KEGAGALAN BAHAN POROS GEAR BOX KILN PABRIK SEMEN: Pendekatan Dari Sisi Sifat Mekanik dan Komposisi Kimia

Hairul Abral

Laboratorium Metalurgi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas  
abral@ft.unand.ac.id

### ABSTRAK

*Bahan poros untuk gear box kiln di pabrik semen telah mengalami kegagalan (failure). Umur layanan servis (life time) dari poros tersebut sangat pendek. Poros yang gagal merupakan bahan pengganti dari bahan poros asli. Dari pengamatan permukaan patahan bahwa kegagalan poros disebabkan oleh beban fatig. Sumber retak berasal dari takikan sebagai kedudukan pasak. Penurunan kekuatan fatig bahan disebabkan oleh jari-jari takikan pasak yang kecil dan mutu bahan poros yang gagal lebih rendah dibandingkan dengan mutu bahan poros yang asli.*

*Pendekatan analisis kegagalan dilakukan dengan membandingkan sifat mekanik antara bahan poros gagal dengan bahan poros asli. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa bahan poros yang gagal memiliki rata-rata kekerasan yang lebih rendah. Fluktuasi distribusi kekerasan di penampang poros yang gagal lebih tidak homogen dan terdapat nilai kekerasan yang sangat rendah. Kekuatan tarik bahan yang gagal lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan bahan asli. Komposisi kimia kedua bahan menunjukkan kemiripan yang sama.*

*Keywords:* Gear box, initial crack, stress concentration.

### PENDAHULUAN

*Gear box* merupakan komponen penting yang berfungsi sebagai alat pentransmisi energi mekanik dari satu putaran ke putaran tertentu. Di pabrik semen alat tersebut digunakan sebagai penggerak *kiln* yang memiliki bobot sangat berat. *Kiln* dioperasikan 24 jam sehari selama berbulan-bulan untuk memproduksi semen. Di dalam *gear box* terdapat berberapa jenis roda gigi yang saling berkontak untuk mentransmisikan putaran ke *kiln*. Roda gigi yang terpasang pada poros mengalami beban dinamik dan gesekan tinggi. Di antara jenis pasangan roda gigi dan poros adalah *pinion Intermediate I Gear Box Kiln* yang mengalami kegagalan pada tanggal 28 Desember 2004 jam 04.58 wib. Tetapi, kegagalannya terjadi masih di dalam rentang umur izin pemakaianya (life time). Akibat kegagalan tersebut telah banyak menimbulkan kerugian materi karena pabrik terhenti untuk jangka waktu lama karena suku cadang penggantinya tidak tersedia.

Dari kronologis sebelum mengalami kegagalan, poros yang gagal merupakan komponen pengganti dari poros yang asli (original) yang sebelumnya telah mengalami keausan pada gigi poros [1]. Penggantian poros baru saja dilakukan pada tanggal 15 Juli 2004. Seharusnya umur izin pemakaian dari bahan poros pengganti memiliki kesesuaian dengan bahan poros asli. Posisi patahan terletak di ujung pasak poros atau di bawah roda gigi bernomor 402 [2]. Dari pengamatan fraktografi poros mengalami kelelahan akibat beban berputar (rotating bending fatigue). Di permukaannya terlihat retak yang berawal dari takikan pasak (keyways) yang tajam [2,3]. Arah perambatan retak terus menjalar ke tengah poros. Dan sampai akhirnya poros mengalami kegagalan. Di permukaan poros terlihat luas daerah hasil perambatan retak cepat lebih besar daripada luas daerah retak lambat. Ini mengindikasikan bahwa poros mengalami beban berat [3].

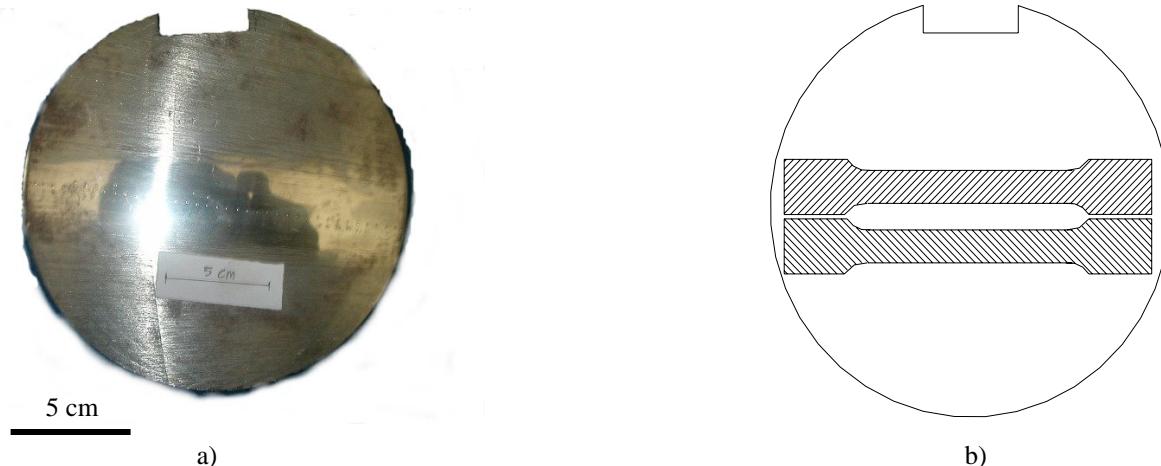
Di laporkan bahwa takikan tajam terjadi akibat kesalahan pemesinan yang menimbulkan konsentrasi tegangan tinggi yang berakibat kepada penurunan kekuatan fatig bahan atau umur izin pemakaianya [3,4,5,6]. Namun demikian umur izin pemakaian poros sangat tergantung juga pada jenis bahan poros yang dipilih. Tujuan dari penelitian ini adalah melaporkan jenis bahan yang digunakan untuk bahan poros *gear box kiln* dari sisi sifat mekanik (kekuatan, kekerasan bahan). Sebagai bahan pembanding diteliti juga bahan poros asli yang tidak mengalami kegagalan (fracture).

### EKSPERIMEN

#### *Uji Tarik*

Spesimen uji tarik diambil dari poros yang dipotong dengan gergaji mesin yang diberi media pendingin agar temperaturnya tidak tinggi. Posisi pengambilannya pada poros yang dipotong berada dalam arah radial (Gambar 1a). Pada penampang poros tersebut diambil bahan untuk dijadikan spesimen uji tarik berdasarkan standar ASTM

A370 (Gambar 1b). Mesin uji tarik yang digunakan untuk menguji kekuatan bahan poros adalah Testing Machine MFG. CO. LTD Tokyo, Japan dengan spesifikasi RAT – 30p berkapasitas 30 tonf. Pengujian tarik dilakukan pada temperatur kamar dengan kecepatan penarikan konstan.



**Gambar 1.** a) Penampang potongan poros  
b) Skematik lokasi pengambilan specimen uji tarik

#### ***Uji Kekerasan***

Mesin yang digunakan untuk mengukur kekerasan bahan adalah tipe Rockwell (*Rockwell hardness tester*). Lokasi pengukuran dalam arah radial yang dimulai dari lapisan terluar dan diteruskan ke arah titik sumbu sampai ke permukaan poros. Tujuannya adalah untuk mengetahui distribusi kekerasan dalam arah penampang poros.

#### ***Komposisi Kimia***

Komposisi kimia dari bahan yang diuji diukur di salah satu perguruan tinggi di Bandung. Spesimennya berukuran 10 X 10 (mm).

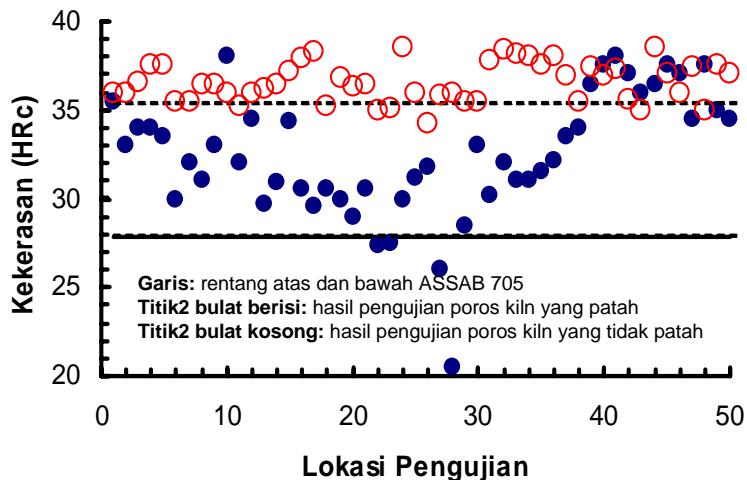
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Distribusi Kekerasan**

Gambar 2 memperlihatkan distribusi kekerasan di penampang permukaan bahan poros gear box kiln. Titik-titik berisi hitam merupakan data hasil pengujian dari bahan poros yang mengalami kegagalan (*failure*) atau bahan poros pengganti dan bukan bawaan asli gear box. Sedangkan lingkaran kecil (tidak berisi) berwarna merah merupakan data kekerasan dari bahan poros orisinal (asli), bawaan gear box sejak dari awal. Poros ini tidak mengalami kegagalan, namun giginya telah mengalami keausan dan bahannya dijadikan sebagai perbandingan dalam penelitian ini. Hasil pengujian kekerasan poros dibandingkan juga dengan data toleransi kekerasan bahan ASSAB 705.

Dari Gambar 2 terlihat dengan jelas perbedaan distribusi kekerasan. Bahan asli memiliki kekerasan lebih tinggi ketimbang bahan pengganti. Nilai rata-rata kekerasan bahan asli 36,6 BHN dan bahan pengganti 32,5 BHN. Ada hubungan yang sangat erat antara kekerasan dengan kekuatan fatig. Bahan yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi akan memiliki kekuatan fatig yang lebih tinggi juga [7,8,9,10]. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa bahan asli lebih memiliki umur fatig (*fatigue life*) lebih baik ketimbang bahan pengganti.

Terlihat juga dengan jelas kalau nilai kekerasan bahan pengganti tersebar baik di dalam rentang data toleransi kekerasan ASSAB 705. Sedangkan kekerasan bahan asli berada jauh di atas nilai batas maksimum kekerasan ASSAB 705. Distribusi data kekerasan juga terlihat lebih menyempit dibandingkan data kekerasan bahan pengganti (fluktuasi kekerasan bahan pengganti lebih lebar). Dari data uji kekerasan yang diperoleh, tidak terdapat titik lokasi di poros bahan asli yang mempunyai nilai kekerasan yang sangat rendah. Ini menandakan kekerasannya lebih homogen di setiap titik. Lain halnya bahan pengganti. Dari pengujian, didapatkan beberapa titik (daerah) yang mempunyai nilai kekerasan sangat rendah (lihat lokasi pengujian nomor 28 di Gambar 2). Pada titik ini dapat memicu awal penjalaran retak. Dengan demikian dapat disimpulkan juga bahwa bahan pengganti memiliki batas limit (*fatigue limit*) yang lebih rendah ketimbang bahan asli.

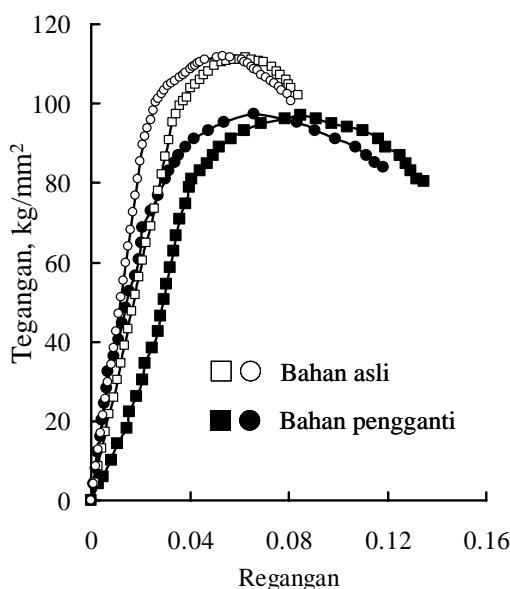


Gambar 2. Distribusi kekerasan dalam arah radial poros

Hal lain yang dapat dikaji juga adalah bahwa kekerasan di permukaan poros dari kedua bahan tersebut tidak terlihat jauh lebih tinggi dibandingkan kekerasan di bagian tengah poros. Permukaan baja yang mengalami peningkatan kekerasan akan meningkatkan kekuatan *fatigue* nya (*fatigue life* membaik). Beberapa *surface treatment* yang digunakan dalam meningkatkan kekerasan permukaan adalah *nitriding*, *carburizing*, *flame* and *induction hardening* [11]. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kedua permukaan poros yang diuji tidak mengalami *surface hardening* lewat bantuan perlakuan panas (*heat treatment*).

#### Kekuatan Tarik

Gambar 3 memperlihatkan kurva tegangan ( $\sigma$ ) – regangan ( $\epsilon$ ) dari bahan pengganti dan bahan asli. Masing-masing bahan dibuatkan dua buah sampel uji tarik. Terlihat bahwa masing-masing sampel baik dari bahan asli maupun bahan pengganti menunjukkan hasil yang identik. Bila diambil reratanya maka bahan asli mempunyai tegangan luluh (*yield point*)  $\sigma_y = 917$  MPa dan tegangan maksimum (*ultimate strength*)  $\sigma_u = 1105$  MPa. Sedangkan bahan pengganti memiliki tegangan luluh (*yield point*)  $\sigma_y = 726$  MPa dan tegangan maksimum (*ultimate strength*)  $\sigma_u = 953$  MPa. Kekuatan tarik mempunyai hubungan yang linier dengan kekerasan [7,8,9,10]. Dengan demikian data pengujian kekuatan tarik ini semakin menguatkan hasil yang diperoleh pada bagian kekerasan.



Gambar 2. Bentuk kurva tegangan-regangan dari bahan poros yang gagal (titik ) dan yang asli

### Komposisi Kimia

Komposisi kimia sangat besar pengaruhnya pada kekuatan fatig bahan. Baja karbon (*plain carbon steel*) akan meningkat kekuatan fatignya bila kandungan karbonnya menaik. Hal yang sama berlaku juga bila baja mengandung molybdenum (Mo), chromium (Cr) dan nickel (Ni) [7,8,11]. **Tabel 1** memperlihatkan komposisi kimia dari bahan pengganti dan bahan asli *gear box kiln*. Kedua bahan memiliki kesamaan komposisi kimia. Bahan pengganti memiliki karbon 0,19%, sedangkan bahan asli sedikit lebih tinggi, yaitu 0,21%. Kedua bahan sama-sama memiliki paduan Ni, Mo dan Cr dengan persentase sama. Bahan ini merupakan kelompok baja paduan rendah (*low alloy steel*), karena memiliki paduan kurang dari 5% [7]. Sesuai dengan persentase paduan kedua bahan ini lebih identik dengan standar bahan Jerman DIN 17CrNiMo6, yaitu kelompok bahan *case hardening steel* [7].

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Dari Bahan Pengganti, Asli dan DIN 17CrNiMo6.

Nama	Komposisi, %							
	C	Mn	Ni	Mo	Cr	Si	Lainnya	Fe
Bahan Pengganti	0,19	0,6	1,5	0,3	1,6	0,2	0,21	95,4
Bahan Asli	0,21	0,5	1,5	0,3	1,6	0,3	0,29	95,3
DIN 17CrNiMo6	0,15-0,2	0,4-0,6	1,4-1,7	0,25-0,35	1,5-1,8	<0,4	-	-

### Kesimpulan

Dari hasil pengujian didapatkan beberapa kesimpulan bahwa:

1. Poros tidak mengalami pengerasan permukaan melalui perlakuan panas (*heat treatment*).
2. Kekerasan bahan poros pengganti adalah 32,5 HRc dan kekerasan bahan asli 36,6 HRc.
3. Kekuatan tarik bahan pengganti lebih rendah daripada bahan asli.
4. Fluktuasi distribusi kekerasan poros pengganti (dalam arah radial) lebih tinggi dari pada bahan poros asli.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kekuatan lelah (fatigue) dan umur servis bahan poros yang gagal lebih rendah dibandingkan dengan bahan poros asli.

### Penghargaan

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. Semen Padang yang telah membiayai penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan juga kepada alumni Jurusan Teknik Mesin Ikhwan dan Julinaldi.

### REFERENSI

1. Irawan Santoso (2004), *Notulen Rapat Dari Evaluasi Kegagalan Gear Box Kiln Ind. V*, PT. Semen Padang.
2. Hairul Abral (2005), *Analisis Kegagalan Poros Gear Box Kiln Indarung V*, PT. Semen Padang, Laporan Akhir Penelitian.
3. Hairul Abral (2005), *Kajian Tampilan Permukaan Patahan Bahan Poros Gear Box Kiln Pabrik Semen*, Jurnal Teknika, no.24 Vol.2 Thn. XII November 2005, Fakultas Teknik Universitas Andalas
4. Sidney H Avner (1988), *Introduction to Physical Metallurgy*, McGraw Hill, Singapore.
5. H. Abral dkk (2003), *Analisis Kegagalan Roller Press PT. Semen Padang*, Prosiding SNTTM II, 15-16 Desember 2003, Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang.
6. Hairul Abral dkk (2001), *Pendekatan Analisis Kegagalan Tyre Roller Ni-Hard IV* PT. Semen Padang, Proceeding Experimental and theoritical mechanics ETM-2001, Mesin ITB, Bandung.
7. DIN 50 100 (1978): *Dauerschwingversuch*. Begriffe, Zeichen, Durchfuehrung, Auswerung., Beuth Verlag, Berlin
8. Lang, O (1979), *Dimensionierung komplizierter Bauteile aus Stahl im Bereich der Zeit- und Dauertestigkeit*. Z. F. Werkstofftechnik 10 (1979), H. 1, S. 24-29
9. Fuchs, H. O. (1980), Stephens, R. J.: *Metal fatigue in engineering*. John Wiley, New York.
10. Hempel, M. (1962): *Das Dauerschwingverhalten der Werkstoffe*. VDI-Z. 104, No. 27, S. 1362-1377.
11. Bannantine J. A. (1990), *Fundamentals of metal fatigue analysis*, Prentice Hall, New Jersey.