



ID0200223

PENGUJIAN KOMPONEN HEADER BOILER INDUSTRI PEMBANGKIT LISTRIK

Oleh : Soedardjo S.A, Andryansyah, B. Dewi Arhatari, Muhammad Natsir, Ari
Triyadi, Farokhi

ABSTRAK

PENGUJIAN KOMPONEN HEADER BOILER INDUSTRI PEMBANGKIT LISTRIK. Telah dilakukan pengujian komponen header boiler atau ketel uap dari PLTU Suralaya II dengan metode replika. Komponen header tersebut adalah pipa silang yang menghubungkan header keluaran pemanas lanjut primer dengan skunder yang telah dioperasikan lebih dari 14 tahun. Komposisi utama dari pipa silang adalah 2 ¼ Cr-1 Mo atau sering disebut sebagai baja feritik. Hasil pengujian replika menunjukkan bahwa tingkat kerusakan pada pipa silang tersebut pada taraf tingkat A berdasarkan klasifikasi kerusakan dari Neubauer dan Wedel. Secara perhitungan sederhana untuk waktu sisa umur pipa silang tersebut adalah sekitar 16,5 tahun lagi.

ABSTRACT

TESTING HEADER COMPONENT OF ELECTRICITY POWER INDUSTRY BOILER. Testing of header component of Suralaya Unit II electricity power by replication method has been carried out. That header component is cross over pipe which interconnection between Primary and Superheater Outlet Header Secondary Superheater Outlet Header with the operation time over 14 years. The main composition of cross over pipe is 2 ¼ Cr 1 Mo or frequently specified as ferritique steel. The replication testing shown that the damage classification on those cross over pipe in A class based on failure classification from Neubauer and Wedel. Simple calculation in favor of cross over pipe remaining lifetime is about 16.5 years moreover.

PENDAHULUAN

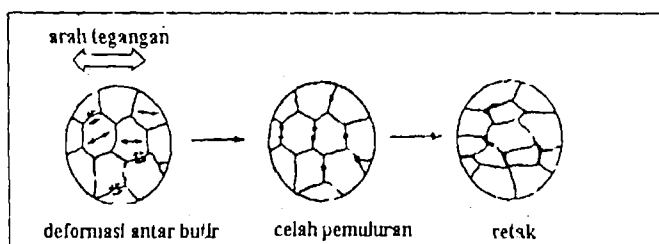
Header boiler adalah komponen utama dari suatu sistem Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU berbahan bakar fosil) selain turbin, kondensor dan pompa serta generator listrik. Maka perlu mendapat perhatian khusus dalam pelaksanaan pemeliharaan, salah satunya adalah kegiatan pengkajian umur operasi. Studi pengkajian umur boiler atau ketel uap merupakan suatu kegiatan penilaian terhadap kondisi kerusakan yang terakumulasi sejak awal unit pembangkit beroperasi sampai sekarang. Pada umumnya setiap komponen ketel uap akan mengalami penurunan kekuatan sejalan dengan bertambahnya usia. Dari kondisi tersebut akan berpengaruh pada keandalan, kemampuan dan keselamatan operasi unit ketel uap itu sendiri. Dampak akhir secara keseluruhan yaitu biaya operasi dan pemeliharaan sistem pembangkit akan meningkat. Oleh karena itu perlu diantisipasi dengan melaksanakan kegiatan studi pengkajian umur ketel uap.

Tujuan penelitian ini adalah menguji komponen header ketel uap industri pembangkit listrik dengan metoda replika, untuk mengetahui ada tidaknya kelainan header tersebut setelah dioperasikan lebih dari 14 tahun dan yang mempunyai rancangan operasi untuk 20 hingga 40 tahun. Yang dimaksud dengan komponen header ketel uap pada makalah ini adalah pipa silang yang menghubungkan antara pipa pemanas lanjut keluaran sekunder ke pipa pemanas lanjut keluaran primer.

Yang dimaksud dengan metoda replika adalah pengambilan cuplikan struktur mikro suatu bahan tanpa memotong atau merusak bahan tersebut. Perlakuannya perlu ketelitian dan kesabaran yang tinggi, dengan tahap-tahap pengerindaan, pemolesan, etsa, replika, dan diakhiri dengan pengamatan struktur mikro.

TEORI

Tingkah laku kerusakan akibat peristiwa deformasi antar butir dan inter butir, kekosongan akibat peristiwa jalar (*creep*) dan terjadinya retak (*crack*) ditunjukkan pada Gambar 1 [1].



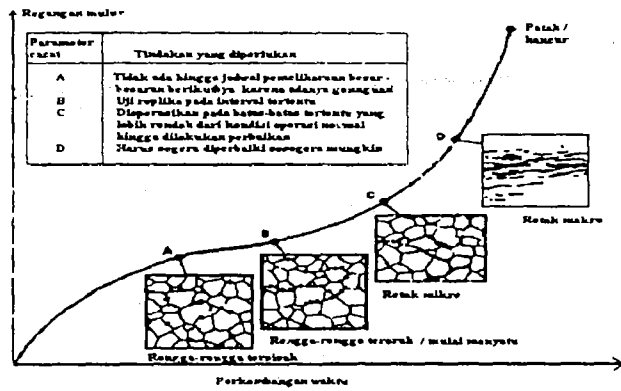
Gambar 1. Deformasi antar batas butir, jalar, dan retakan [sumber Hitachi Ltd.]

Pipa silang atau *cross over* yang merupakan bagian dari *header* ketel uap mempunyai komposisi kimia yang mengandung 2 ¼ Cr 1 Mo. Khrom (Cr) mempunyai sifat yang keras dan rapuh serta digunakan sebagai lapisan yang tahan korosi. Khrom berguna untuk meningkatkan mampu keras (*hardenability*) dan ketahanan korosi. Molibdenum (Mc) mempunyai sifat keras tetapi liat (*ductile*) dan pada suhu tinggi mempunyai sifat gaya pegas yang tetap pada suhu tinggi. Mo mempunyai fungsi untuk pembentuk karbida, meningkatkan mampu keras dan meningkatkan kekuatan pada temperatur tinggi, meningkatkan ketahanan terhadap korosi sumuran dan etsa permukaan benda pada baja nirkarat serta memperbaiki kekuatan jalar (*creep*). Pembentukan karbida akan menambah kekerasan bahan tetapi akan menjadikan bahan mudah rapuh.

Untuk melakukan pengujian replika digunakan standar pengujian dari ASTM E 1351-90, tentang *Standar Practice for Production and Evaluation of Field Metallographic Replicas* [2]. Metoda pengujian replika dilaksanakan dengan melakukan preparasi dahulu pada objek yang akan diuji. Preparasi dilakukan dengan cara objek yang akan direplika dibersihkan dari pengaruh karat, dekarburasi dan kotoran lainnya atau digerinda (*grinding*) dengan kertas amplas. Kertas amplas yang digunakan dengan tingkat kekasaran dari 60 mesh hingga 1200 mesh.

Setelah itu dihaluskan atau dipoles (*polished*) dengan menggunakan pasta intan (*diamond paste*) dengan kekasaran 1 mikron dan ½ mikron dan kain poles dengan tingkat kekasaran 1200 mesh lebih sehingga permukaan benda uji mengkilat seperti cermin. Selanjutnya permukaan tersebut dietsa dengan 3% Nital, yaitu campuran 3 ml asam Nitrat (HNO₃) dan 97 ml ethanol.

Neubauer dan Wedel [3] mengemukakan teori perkembangan jenis rongga (*cavity*) pada struktur mikro paduan baja ke dalam 4 (empat) tahap yaitu rongga-rongga terisolasi, terarah, retak mikro dan retak makro, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



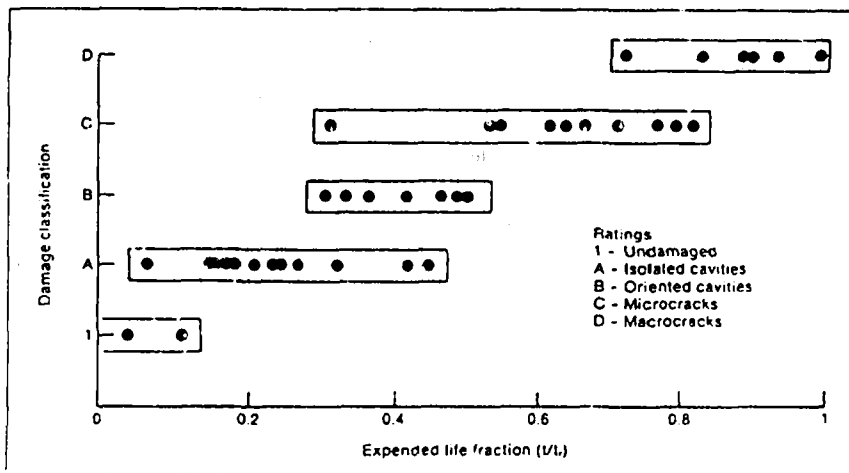
Gambar 2. Perkembangan jenis rongga (cavity) pada paduan baja [sumber ASM]

Untuk cacat rongga terisolasi atau tingkat A, tidak perlu adanya tindakan perbaikan secara segera. Cacat terjadinya rongga-rongga yang sudah tersambung dan terarah atau tingkat B, maka komponen perlu diperiksa setiap kurun waktu 1 ½ hingga 3 tahun. Cacat retak mikro atau tingkat C, perlu perbaikan bahkan penggantian komponen dalam kurun waktu tidak lebih dari 6 bulan. Untuk cacat retak makro atau tingkat D, maka perlu dilakukan perbaikan atau penggantian komponen segera mungkin.

Hubungan waktu sisa umur (t_{rem}) dan waktu operasi yang telah digunakan (t_{exp}) adalah:

$$t_{rem} = t_{exp} \left(\frac{t_r}{t_{exp}} - 1 \right)$$

Dengan t_{rem} adalah waktu sisa umur suatu komponen yang diharapkan masih dapat dipergunakan, sedang t_{exp} adalah waktu operasi yang telah digunakan dan t_r adalah waktu komponen digunakan hingga mengalami kerusakan. Perbandingan t_{exp} / t_r yang kadang-kadang ditulis sebagai t / t_r , merupakan perbandingan umur dengan waktu operasi yang telah digunakan (*expended-life-fraction*) yang berkaitan dengan cacat tingkat A, B, C dan D untuk baja Khrom Molibdenum, yang ditunjukkan pada Gambar 3. Dari Gambar 3 tersebut, untuk cacat tingkat A mempunyai perbandingan t / t_r maksimum adalah 0,46; tingkat B adalah 0,5; tingkat C adalah 0,84 dan tingkat D adalah 1.



Gambar 3. Hubungan klasifikasi cacat dengan perbandingan umur penjaralan untuk baja khrom molybdenum [sumber ASM]

BAHAN DAN TATA KERJA

Bahan dan Alat

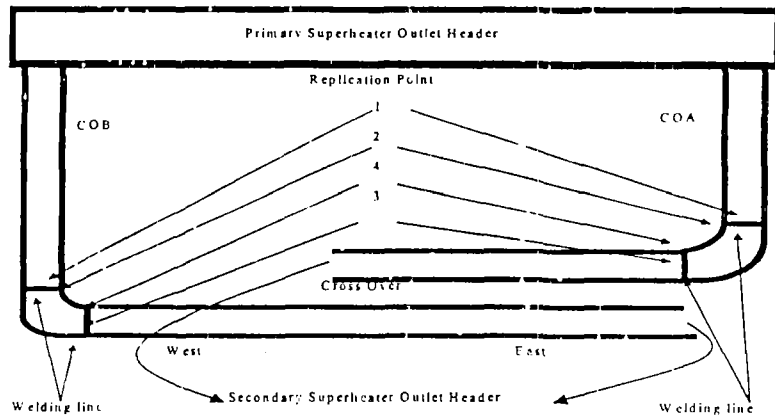
- Kertas amplas dengan kekasaran 60 # hingga 1200# (mesh);
- Kain poles, dan pasta intan 1 dan ½ mikron;
- larutan 3% Nitral, larutan tersebut adalah campuran 97 ml. ethanol atau ethyl alcohol yang ditambah 3 ml. asam nitrat (HNO₃);
- Bahan pencuci permukaan benda yang telah dipoles dan di etsa yang berupa ethyl alcohol murni 99,98 %;
- film replika transcopy atau cellulose acetate;
- mikroskop PSM-2 Olympus, dengan pembesaran 100 x hingga 200x;
- peralatan uji kekerasan equotip.

TATA KERJA

- Permukaan benda uji digerinda berkali-kali dari kekasaran 60 mesh hingga 1500 mesh. Cara penggerindaan untuk setiap pergantian kekasaran gerinda dalam satuan mesh, dilakukan saling tegak lurus untuk menghindari terjadinya goresan (*scratch*). Bahan yang terbuang dari seluruh pekerjaan menggerinda sekitar 0,1 mm hingga 0,4 mm ketebalannya [5].

- Selanjutnya diuji kekerasannya dengan EQUOTIF untuk mengetahui masih ada tidaknya lapisan dekarburasi.
- Setelah permukaan kelihatan mengkilap seperti cermin, lalu dilakukan pemolesan dengan pasta intan dengan tingkat kekasaran 1 mikron dan ½ mikron;
- Dengan pengerjaan yang penuh ketelitian dan kebersihan yang tinggi, permukaan benda uji selanjutnya dietsa (*etched*) berkali-kali dengan larutan nital. Larutan tersebut adalah campuran 97 ml. ethanol atau *ethyl alcohol* yang ditambah 3 ml. asam nitrat (HNO_3);
- Setiap kali selesai dietsa dibersihkan lagi dengan etnyl alcohol murni 99,98 % hingga nampak batas-batas butir struktur mikro dari objek komponen *header* yang diuji dengan jelas;
- Segera setelah butiran struktur mikro nampak dengan jelas, baru dilakukan replika yang menggunakan film replika atau *cellulose acetate* atau dalam merk dagang disebut Transcopy;
- Hasil replika selanjutnya diamati di bawah mikroskop dengan pembesaran 100 x hingga 200x;
- Selanjutnya dipfoto untuk dianalisa ada/tidaknya cacat, degradasi butiran, pertumbuhan butir dan lain sebagainya;
- Dari hasil analisa dapat diperhitungkan berapa lama lagi komponen *header* pipa silang dapat dipergunakan lagi.

Skema *header* ketel uap bagian pipa silang dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 tersebut untuk pipa silang A diambil 4 titik replika dan dari pipa silang B diambil juga 4 titik, sehingga untuk satu unit pipa silang diambil 8 titik pengujian [4]. Hal tersebut untuk mengetahui asal-usul terjadinya suatu degradasi bahan, apakah dari bagian las-lasan atau dari bagian logam induk. Degradasi tersebut juga dapat dideteksi, apakah berasal dari *header* pemanas lanjut keluaran primer atau sekunder.



Gambar 4. Skema dari header ketel uap bagian pipa silang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi pipa silang pada ketel uap PLTU Suralaya II yang diuji secara replika terlihat pada Gambar 5. Pipa tersebut telah dioperasikan selama 14 tahun dan dirancang secara keseluruhan dapat dioperasikan selama 20 tahun hingga 40 tahun.



Gambar 5. Pipa Silang PLTU Suralaya II setelah 14 tahun operasi [sumber Dardjo]

Pipa silang tersebut semula masih banyak bercak-bercak dekarburisasi. Bagian tersebut terjadi karena kehilangan unsur karbon pada lapisan permukaan paduan akibat adanya reaksi dengan salah satu atau beberapa zat kimiawi pada suatu medium tertentu yang kontak dengan permukaan pipa silang. Dekarburisasi dapat dideteksi melalui jejak pengujian kekerasan dengan menggunakan peralatan EQUOTIP seperti yang tertera pada Tabel 1.

Uraian	L _D 1	L _D 2	L _D 3	L _D Rata-rata	HV
Catatan: L _D = satuan Leeb Dynamic, HV = Vickers					
Daerah las-lasan	451	435	450	445	174
Daerah terpengaruh panas	446	462	522	477	202
Daerah logam induk yang sudah dipoles	391	404	518	466	194
Daerah logam induk yang mengalami dekarburisasi	537	538	469	515	239

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan pada pipa silang dengan equotip

Dekarburisasi dari suatu permukaan logam yang dikenai panas akan menimbulkan kerugian seperti timbulnya gejala kelelahan. Bahan yang mengalami dekarburisasi akan menurun sifat mekaniknya.

Harga kekerasan pada daerah las-lasan adalah 174 HV; daerah terpengaruh panas adalah 202 HV; daerah logam induk adalah 194 HV dan daerah dekarburisasi adalah 239 HV.

Dari Tabel 1, harga-harga dari L_D 1, L_D 2, L_D 3 adalah harga kekerasan dinamik dalam satuan Leeb Dynamic yang disingkat dengan L_D untuk setiap tumbukan, yang secara otomatis oleh alat Equotip akan dihitung secara otomatis harga rata-ratanya serta dikonversikan secara langsung dalam satuan kekerasan Vickers atau HV.

Beberapa hasil replika pipa silang tersebut dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar 6a adalah hasil uji replika pada lokasi titik COB4, dari pipa silang bagian barat untuk daerah logam induk, dengan perbesaran 100x, dan etsa 3% Nital. Dari Gambar 6 tersebut nampak adanya korosi sumuran berdiameter 0,5 mm yaitu satu korosi lubang setempat yang menembus benda secara tidak teratur. Gambar 6b adalah hasil uji replika pada lokasi titik COA1, dari pipa silang timur merujuk header pemanas lanjut keluaran primer, untuk daerah logam induk, perbesaran 100x, dengan etsa 3% Nital, dan tampak adanya dekarburisasi serta penambahan besaran butir, dimana butir struktur mikro kiri bawah lebih besar dari kanan atas).



Gambar 6. Hasil replika dari pipa silang (sumber Dardjo)

Berdasarkan pengamatan struktur mikro hasil replika komponen *header* ketel uap di bawah mikroskop menunjukkan bahwa dari komponen *header* ketel uap belum diketemukan indikasi terjadi rongga atau *cavity*, deformasi mikro butiran dan retak mikro. Indikasi yang diketemukan pada bagian pipa silang dari Gambar 6 antara lain korosi sumuran, dekarburisasi serta penambahan besaran butir dikategorikan kedalam bentuk cacat kelas A berdasarkan klasifikasi kerusakan dari Neubauer dan Wedel.

Korosi sumuran yang diameternya sekitar 0,5 mm tersebut belum begitu membahayakan pipa silang tersebut. Dekarburisasi sulit dihindari karena adanya reaksi antara gas batubara dengan logam pipa silang yang terjadi pada sisi uap, yaitu reaksi antara karbon dan uap membentuk karbon monoksida dan hidrogen, dengan reaksi $H_2O + C = H_2 + CO$. karbon berasal dari dalam pipa silang menuju permukaan pipa, bereaksi dengan gas batu bara, lalu lepas dari bahan ferit murni. Bahan yang terdekarburisasi mempunyai sifat mekanik yang menurun. Kecuali pada kondisi ekstrem dimana lapisan dekarburisasi tersebut cukup tipis maka tidak akan menimbulkan sifat yang buruk terhadap bahan.

Pertambahan butir pada sisi kiri bawah menunjukkan komponen pipa silang beroperasi pada suhu tinggi sekitar 580°C. Pertambahan butir tersebut dapat mengakibatkan komponen relatif lebih getas atau mudah retak, dikarenakan perambatan retak akan relatif mudah berlangsung jika hanya melalui batas butir yang relatif sedikit.

Berdasarkan hubungan waktu sisa umur (t_{rem}) dan waktu operasi yang telah digunakan (t_{exp}), Gambar 2 dan 3, diperoleh perbandingan umur biaya yang telah digunakan sebesar 0,46. Dari rumus $t_{rem} = t_{exp} [(t_r/t_{exp}) - 1]$, dimana harga (t_r/t_r) = 0,45 dan $t_{exp} = 14$ tahun, maka $t_{rem} = 14$ tahun $[(100/46) - 1] = 14$ tahun $[54/46] = 16,434$ tahun. Sehingga waktu sisa umur untuk pengoperasian pipa silang tersebut sekitar 16,5 tahun lagi. Karena pipa silang tersebut telah dioperasikan lebih dari 14 tahun, maka rencana operasi pipa silang tersebut sekitar 20 tahun hingga 40 tahun akan dipenuhi.

KESIMPULAN

Komponen *header* ketel uap dari PLTU Suralaya II yang berupa pipa silang telah diuji dengan metoda replika. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ada beberapa kondisi tidak sempurna seperti korosi sumuran, dekarburisasi serta penambahan besaran butir yang masih dikategorikan dalam taraf tidak perlu

adanya tinuakan perbaikan secara segera. Dengan hasil uji replika tersebut menunjukkan bahwa rencana operasi pipa silang akan dipenuhi sekitar 30 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

1. HITACHI Ltd. "Deterioration and Countermeasure of boiler pressure parts", Tokyo, 1994, hal. 8.
2. ASM Handbook, "Mechanical Testing", Volume 8, ASM International, 1995, halaman 4, 83, 373.
3. R. Viswanathan, "Damage Mechanisms and Life assessment of High-Temperature component, ASM international", Ohio, 1989, halaman 183 hingga 263.
4. BABCOCK & WILCOX A MC. DERMOTT COMPANY R&D DIVISION, "Material Condition Assessment of Boiler Tubes and Field Metallography (Replication) of Boiler Components" 1562 Benson Street Alliance, OHIO 44601 (216) 821-9110 December 1990.
5. KNUD G. BOVING, "Non Distructive examination methods for conditioning monitoring", Butterworths, London, 1989, hal. 276 hingga 285.