

Analisa Properties Material Pipa Economizer PLTU Jateng 2 Adipala 1 x 660 MW

M.C. Fatah¹; Rafsanjani²; D.J. Damiri³; H. Rusjdi⁴
^{1,2,4}Departemen Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik PLN
³Departemen Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN
¹martin@sttpln.ac.id

ABSTRACT

A leaking of welding joint in the economizer tube was observed at PLTU Adipala. The tube was just operated for 2 months (1440 hours) since the commissioning. The leaking might be caused by the aggressive working environment of the tube. This aggressive environment might also decrease the performance of material properties. The objective of the research is to investigate the tube material properties after 2 months operation. The material properties was analysed using mechanical, visual and metallography test, i.e. tensile test, hardness test, optical microscope as well as SEM/EDX. It is observed that the yield strength and UTS of the tube are within SA210 C carbon steel standard. Hardness of the tube is slightly lower than SA210 C standard.. Visual inspection both on fireside and waterside shows corrosion attack. SEM shows pitting corrosion on the inner surface. However, EDX doesn't show any corrosive species in the inner surface of the tube.

Keywords: *economizer tube, leakage, properties analysis*

ABSTRAK

Di PLTU Adipala, terdapat sebuah pipa economizer yang mengalami kebocoran pada sambungan pengelasan. Pipa ini baru beroperasi selama 2 bulan atau (1440 jam). Kebocoran ini dapat diakibatkan oleh lingkungan kerja yang agresif. Secara tidak langsung, lingkungan kerja tersebut dapat berdampak terhadap penurunan properties material pipa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui properties dari material pipa setelah beroperasi selama dua bulan. Analisa properties material ini dilakukan dengan beberapa pengujian antara lain pengujian tarik, pengujian kekerasan, pengamatan metalografi, visual dan pengamatan SEM yang disertai dengan pengujian EDX. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik dan UTS material berada dalam standard carbon steel SA210 C. Kekerasan material sedikit lebih rendah dibandingkan standard carbon steel SA210 C. Pemeriksaan secara visual menunjukkan adanya korosi pada bagian dalam dan luar pipa economizer. SEM memperlihatkan adanya pitting pada permukaan dalam pipa. Akan tetapi, EDX tidak menunjukkan adanya unsur yang bersifat korosi pada permukaan dalam pipa.

Kata kunci: *pipa economizer, kebocoran, analisa properties*

1. PENDAHULUAN

Economizer merupakan salah satu bagian alat penukar panas pada boiler yang menentukan efisiensi thermal boiler secara keseluruhan. Semakin baik proses penyerapan panas di *economizer* maka semakin meningkat pula efisiensi pada boiler [1]. *Economizer* bekerja dengan cara mengambil *heat recovery gas* dari sisa *flue gas* yang keluar pada boiler sebelum dibuang ke cerobong *stack*. Untuk meningkatkan efisiensi boiler, air pengisi yang berasal dari BFP (*Boiler Feed Pump*) perlu di panaskan lagi. Pemanasan ini dapat di lakukan menggunakan gas buang yang berasal dari boiler, mengingat suhu gas buang ini masih tinggi. Air pengumpan yang berasal dari BFP dialirkan melewati pipa *economizer* bagian dalam, sedangkan bagian luar pipa *economizer* adalah gas buang boiler yang mempunyai temperatur cukup tinggi. Adanya perbedaan suhu antara bagian dalam dan luar pipa *economizer*, akan menghasilkan pertukaran panas. Suhu air umpan boiler sisi keluar *economizer* akan lebih tinggi dari suhu air umpan boiler sisi masuk *economizer*. Sebaliknya, pada gas buang boiler, temperatur gas buang boiler sisi keluar *economizer* akan lebih rendah dari pada suhu gas buang sisi masuk *economizer*.

Properties material pipa *economizer* dapat berubah akibat interaksi antara tekanan dan temperatur tinggi pada saat beroperasi. Perubahan *properties* ini adalah suatu fenomena dimana material mengalami deformasi secara permanen karena tegangan yang bekerja pada temperatur tinggi dan rentang waktu yang lama. Adanya perubahan *properties* dapat mengakibatkan umur pakai komponen pipa *economizer* menjadi lebih pendek dari umur *design* yang telah di tetapkan.

Selain itu, pipa *economizer* menggunakan air sebagai fluida untuk media kerja. Fluida tersebut membawa berbagai macam unsur maupun senyawa yang terkandung di alam. Meskipun telah dilakukan perlakuan (*treatment*) untuk meminimalisir kandungan unsur dan senyawa yang bersifat korosif, akan tetapi masih ada senyawa senyawa korosif yang terdapat pada fluida tersebut. Reaksi yang terjadi antara fluida dengan permukaan pipa *economizer*, dapat menyebabkan perubahan - perubahan sifat (*properties*) pada material komponen pipa *economizer* [2].

Pada tahun 2016 pipa *economizer* di PLTU Adipala mengalami kebocoran di *welding joint*. Kebocoran *welding joint* ini dapat diakibatkan oleh proses pengelasan yang tidak sempurna ataupun *aggressivenya* lingkungan kerja *economizer*. Pada penelitian ini, analisa untuk mengetahui kegagalan pada *welding joint* tidak dapat dilakukan oleh pihak ketiga karena adanya oleh perjanjian kerja antara pemilik dan kontraktor. Bagaimana pun juga, faktor lingkungan seperti fluida kerja, tekanan dan temperatur memiliki peran penting sebagai penyebab kegagalan sambungan las pipa *economizer*. Oleh karena itu, penulis ingin mengetahui apakah ada pengaruh lingkungan kerja terhadap *properties* dari material pipa *economizer* setelah beroperasi selama dua bulan.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Analisa *properties* material pipa *economizer* dilakukan dalam dua kelompok pengujian, yaitu pengujian sifat mekanik, visual dan *metallography*.

2.1. Uji Sifat Mekanik

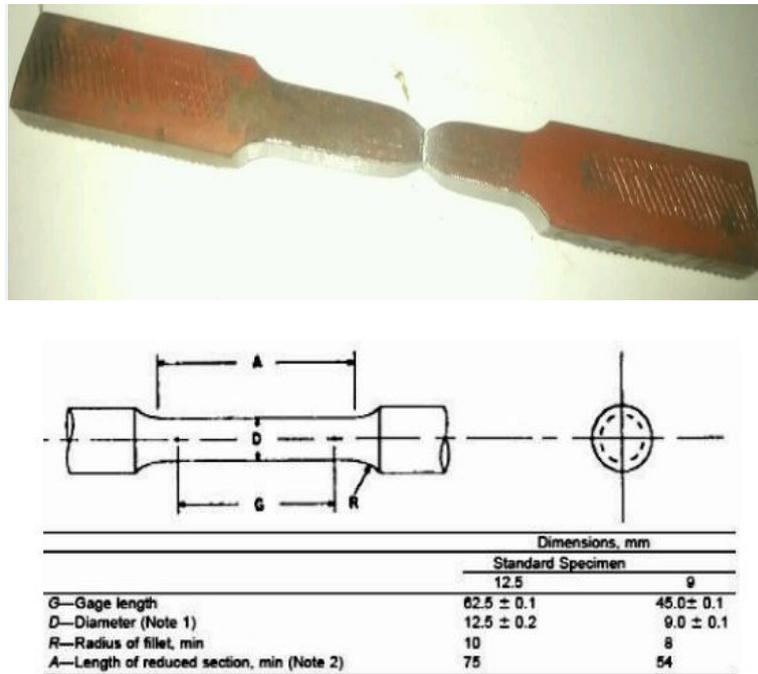
Uji sifat mekanik yang dilakukan adalah:

1. Uji Tarik.
2. Uji kekerasan *Rockwell*.

2.1.1. Uji Tarik

Pengujian ini dilakukan dengan sampel berbentuk lembaran menggunakan mesin uji tarik Shimadzu EHP-EB20 dengan beban tarik sebesar 500 kg. Bentuk dan ukuran spesimen pengujian

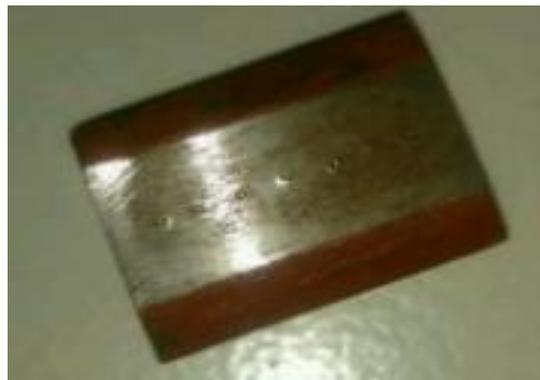
tarik menggunakan standar ASTM E 8 (*Standard Test Method For Tension Testing of Metallic Materials*) yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Spesimen uji tarik

2.1.2. Uji Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan Rockwell dilakukan dengan indenter bola baja (*Diamond Cone Indenter*) dengan skala pembebanan 100 kgf. Titik pengujian di ambil sebanyak 5 lokasi. Sampel yang digunakan adalah round bar dan baja ASTM E 18 seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Benda uji kekerasan

2.2. Uji Visual dan Metallography

Pengujian *visual* dilakukan dengan mengamati potongan pipa *economizer* pada bagian luar dan dalam pipa. Sedangkan pengujian *metallography* dilakukan menggunakan *optical microscope* dan SEM. *Optical microscope* yang digunakan adalah Olympus BX41M-LED. Sedangkan pengujian SEM dan EDX menggunakan peralatan LEO 420 i model 6599.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Sifat Mekanik

3.1.1. Pengujian Tarik

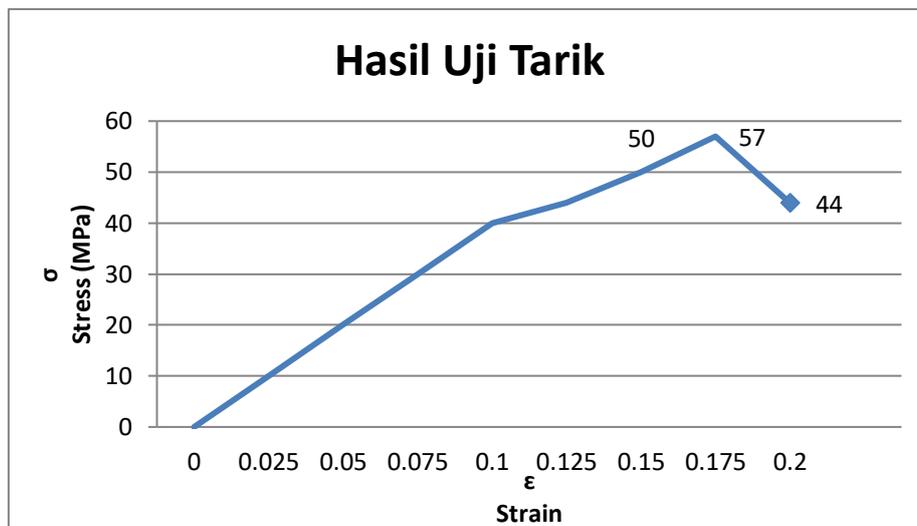
Hasil uji tarik material pipa *economizer* dapat dilihat pada grafik *stress vs strain* di Gambar 3. Dari grafik tersebut, dapat diketahui besarnya nilai *yield strength* dan *ultimate tensile strength* (UTS), yaitu:

$$\sigma_{\text{yield}} = 44 \text{ kg/mm}^2 \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\sigma_{\text{yield}} = 431 \text{ MPa}$$

$$\text{UTS} = 57 \text{ kg/mm}^2 \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{UTS} = 559 \text{ Mpa}$$



Gambar 3. Grafik *stress vs strain*

Berdasarkan perhitungan nilai *yield strength* (431 MPa) dan *ultimate tensile strength* (559 MPa) dari material pipa *economizer*, di dapat bahwa nilai tersebut masih berada dalam batas standar normal spesifikasi material SA 210 C. Hal ini menunjukkan bahwa material yang digunakan memiliki kekuatan tegangan tarik dan kemampuan bentuk maupun las yang baik pula [3].

Gambar 4 dibawah ini merupakan spesimen hasil sampel yang telah putus dari uji tarik. Berdasarkan gambar sampel uji tarik tersebut dapat di tarik kesimpulan bahwa:

- 1 Permukaan patahan berserabut (*fibrous*) dan gelap (*dull*)
- 2 Pada umumnya patahan membentuk *cup and cone*
- 3 Perpatahan ulet umumnya lebih disukai karena lebih tangguh dan memberikan peringatan terlebih dahulu sebelum terjadi kerusakan.



Gambar 4. Sampel Uji Tarik

3.1.2. Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Data Hasil Uji Kekerasan Dengan Metode *Rockwell*

Test	Kekerasan Rockwell	Keterangan
I	85.5	Nilai titik pada uji ke – 4 yaitu 85.2 menunjukkan bahwa daya tahan material berkurang
II	85.5	
III	85.3	
IV	85.2	
V	85.7	
Rata – rata	85 HRB	

Dari Tabel 1 diatas, terlihat nilai rata rata kekerasan adalah HRB 85 Kgf/mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwasannya hasil kekerasan yang didapat lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai standar kekerasan normal pipa SA210 C, yaitu 89 HRB [3]. Hal ini dapat menyebabkan material menjadi tidak tahan penetrasi (penekanan) goresan maupun keausan.

3.2. Uji *Visual* dan *Metallography*

Gambar 5 menunjukkan pengamatan *visual* dari potongan pipa *economizer* yang sudah beroperasi selama 2 bulan. Dari gambar tersebut, terlihat adanya korosi pada permukaan pipa bagian luar (*fire side*). Korosi pada bagian luar pipa *economizer* dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu: kandungan sulfur, kelembaban, suhu, dan metode pengapian. Akan tetapi, korosi pada bagian luar pipa secara umum disebabkan oleh uap air dari gas buang [4]. Pada pipa bagian dalam terlihat adanya deposit berwarna hitam yang mengindikasikan terjadinya korosi. Korosi ini dapat terjadi akibat kandungan oksigen dan derajat keasaman yang tidak tepat dari fluida kerja di dalam pipa [5].

Selanjutnya, Gambar 6 menunjukkan hasil uji *metallography* pada spesimen material pipa *economizer* PLTU Adipala. Dari hasil uji *metallography* tidak terlihat adanya perubahan *phase* dari material *economizer*. *Phase* material terdiri dari *ferrite* dan *pearlite*, dimana *ferrite* (berwarna terang)

lebih dominan daripada *pearlite* (berwarna hitam). Hal ini mengindikasikan bahwa pipa *economizer* memiliki sifat magnetis, ulet dan kuat.

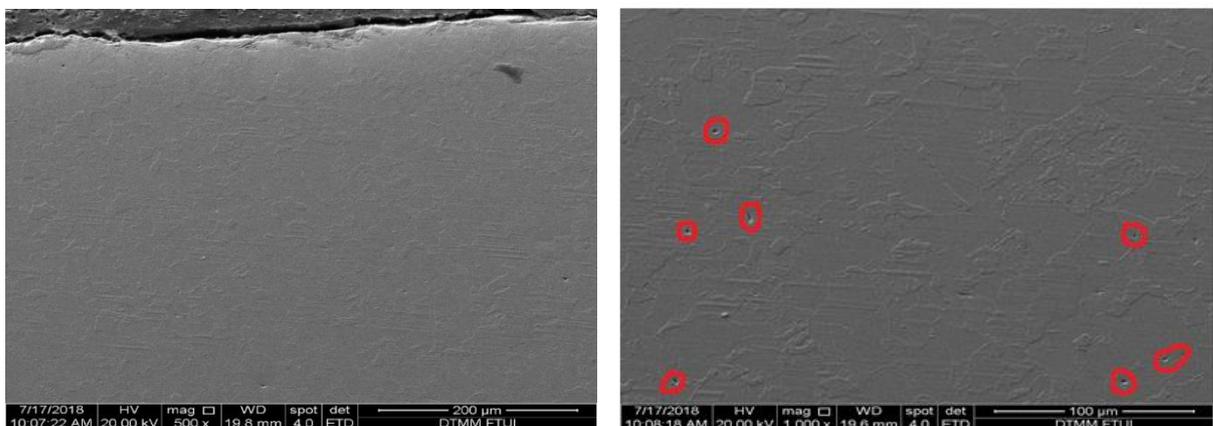


Gambar 5. Potongan pipa *economizer*

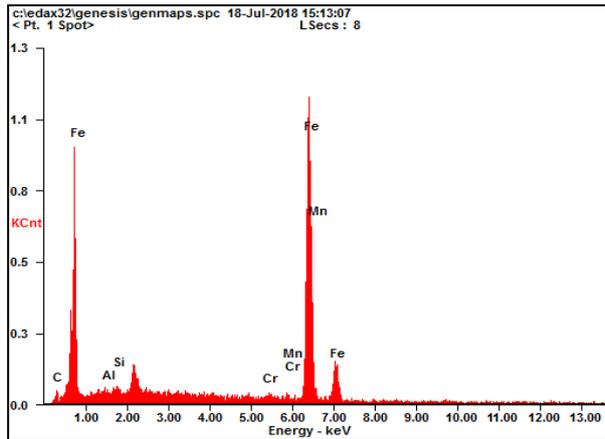


Gambar 6. Struktur mikro pipa *economizer*

Hasil pengujian SEM dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil uji SEM menunjukkan adanya beberapa *pitting* yang terjadi pada permukaan pipa. *Pitting* ini disebabkan oleh oksigen di dalam fluida kerja. Adanya oksigen ini dapat disebabkan oleh kurang maksimalnya fungsi kerja dari *dearator* [4]. *Pitting* dapat menyebabkan menipisnya ketebalan dinding pipa dan mengakibatkan kebocoran pipa.



Gambar 7. Hasil pengujian SEM pipa *economizer*



Element	Wt%	At%
CK	05.64	21.42
AlK	00.60	01.01
SiK	01.13	01.83
CrK	01.20	01.06
MnK	01.00	00.83
FeK	90.43	73.85
Matrix	Correction	ZAF

Gambar 8. Hasil uji EDX material pipa *economizer*

Hasil uji EDX pada permukaan bagian dalam pipa *economizer*, hanya mendeteksi adanya unsur unsur penyusun logam antara lain C, Al, Si, Cr, Mn dan Fe. Sementara unsur unsur yang bersifat korosif, seperti *sulfur*, *vanadium*, dan oksigen tidak ditemukan. Hal ini dapat terjadi, dimungkinkan karena sebetulnya waktu exposure dari logam dengan lingkungan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Berdasarkan perhitungan nilai *yield strength* (431 MPa) dan *ultimate tensile strength* (559 MPa) dari material pipa *economizer*, di dapat bahwa nilai tersebut masih berada dalam batas standar normal spesifikasi material SA 210 C.
2. Hasil uji kekerasan material pipa *economizer* (85 HRB) lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai standar kekerasan normal pipa SA210 C, yaitu 89 HRB
3. Pengamatan visual pada bagian luar dan dalam pipa menunjukkan terjadinya korosi. Korosi pada bagian luar pipa dapat disebabkan oleh sulfur dan kelembaban, suhu pipa dan metode pengapian. Sementara korosi bagian dalam dapat disebabkan oleh adanya oksigen di dalam fluida kerja.
4. Hasil uji *metalography* tidak menunjukkan adanya perubahan *phase* dari material pipa *economizer*. *Phase* material terdiri dari *ferrite* dan *pearlite*, dimana *ferrite* (berwarna terang) lebih dominan daripada *pearlite* (berwarna hitam).
5. Hasil uji EDX pada permukaan bagian dalam pipa *economizer*, hanya mendeteksi adanya unsur unsur penyusun logam antara lain C, Al, Si, Cr, Mn dan Fe. Sementara unsur unsur yang bersifat korosif, seperti sulfur, vanadium, dan oksigen tidak ditemukan.

DAFTAR PUSAKA

- [1] A. Wagiman and G. Gundara, "Study Kegagalan Akibat Korosi pada Pipa Economizer," Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro, vol. 6, no. 2, 2017.
- [2] L. U. Ratna, "Analisis limit momen pada pipa elbow akibat in plane bending," Universitas Lampung, 2010.
- [3] L. Kurniawan, "Analisis Kegagalan Pipa Pemanas Lanjut (Superheater) Pada Ketel Uap," Universitas Indonesia, Depok, 2007.

- [4] A. U. Malik, S. A. Al-Fozan, M. M and M. Al-Hajri, "Studies on the Failure of Economizer Tubes Involving Acid Dew-Point Corrosion in High Pressures Boilers," *International Journal of Scientific & Engineering Research*, pp. 1726-1736, 2013.
- [5] R. Siavash, M. Mehdipour, M. Ghorbani, B. Koohbor and M. Mohebbali, "Investigations of the Failure in Boilers Economizer Tubes Used in Power Plants," *Journal of Materials Engineering and Performance*, pp. 2691-2697, 2013.