

ANALISIS PERBANDINGAN SIFAT MEKANIS PIPA TEMBAGA AC BARU DAN BEKAS

R.N. Akhsanu Takwim, Kris Witono, dan Bambang Irawan

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang

Email: akhsanu140474@polinema.ac.id, k_witono@polinema.ac.id

ABSTRACT

In the repair of the installation of air conditioners or refrigeration are often found refrigeration (ACR) tube that must be replaced because the old copper tube leaked on the connection. Replacement is done because the repair of the connection by cutting and flaring the connection usually fails in the form of a tear on the flared part. The cause of flaring failure in the used air conditioner tube by testing the mechanical properties and the microstructure of the material and compared with the mechanical properties and the microstructure of the new tube material. Knowing the causes of the failure can be searched for the prevention and repair solutions so that the old tube can be used without replacement.

The tensile test results showed that the average ultimate strength of the used ACR copper tube has increase in strength of 18188.65 N/mm² comparing with the ultimate strength of the new copper tube which was only 14615.15 N/mm². The micro Vickers test results show the same phenomenon from the tensile test results, where the hardness value of used ACR tube has 42.7 HV while the new ACR tube is 37.8 HV. Microstructure testing with SEM shows the changing in grain structure from a longitudinal shape with a large enough grain size and tenuous in a new tube, to more flat and dense longitudinal grain structure for used tube.

Keywords: used ACR copper tube, Mechanical Properties, Micro Structures.

1. PENDAHULUAN

Pemakaian pengkondisi udara (AC) saat ini, menjadi kebutuhan yang tidak bisa dihindari, karena perubahan iklim yang semakin panas sehingga hampir setiap gedung menggunakan instalasi pengkondisian udara. Jasa perawatan dan perbaikan AC juga menjadi kebutuhan yang harus dipenuhi.

Dalam perbaikan instalasi AC seringkali ditemukan pipa saluran referigeran yang harus diganti karena pipa mengalami kebocoran pada bagian sambungan. Penggantian dilakukan karena perbaikan sambungan dengan cara memotong dan mem-*flaring* kembali bagian sambungan biasanya mengalami kegagalan berupa sobekan pada bagian yang di-*flaring*. Untuk mendapatkan hasil *flaring* yang baik, selain keahlian dari teknisi, juga dibutuhkan kualitas pipa tembaga yang cukup ulet sehingga pipa tidak mudah sobek pada saat diproses.

Perlu diketahui penyebab kegagalan *flaring* pada pipa AC bekas dengan cara menguji sifat mekanis dan struktur mikro dari material tersebut dan dibandingkan dengan sifat mekanis dan struktur mikro dari material pipa AC yang baru.

Dengan mengetahui penyebab-penyebab kegagalan tersebut dapat dicari solusi pencegahan dan perbaikannya sehingga pipa bekas tersebut tetap dapat digunakan tanpa harus melakukan penggantian. Dengan demikian secara ekonomis biaya perawatan dan perbaikan AC dapat dikurangi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tembaga merupakan salah satu logam ringan yang paling banyak dimanfaatkan oleh manusia selain karena kelimpahannya yang besar di alam juga disebabkan sifat-sifat yang dimiliki oleh tembaga. Tembaga mempunyai sifat-sifat unggul antara lain mempunyai laju korosi yang lambat, konduktivitas termal dan elektrik yang baik, relatif lunak dan mudah dikerjakan misalnya dengan pengecoran, ekstrusi, *drawing*, dipres, tempa dan dirol.

Salah satu produk olahan tembaga adalah pipa tembaga *Kembla Copper* yang banyak digunakan untuk instalasi AC dan refrigerasi (ACR). Merupakan pipa tembaga yang mengacu pada standar ASTM, minimal 99.9% tembaga murni. Tembaga yang digunakan untuk spesifikasi ini biasanya dilakukan proses *deoxidasi* dengan phosphor dan disebut dengan tembaga UNS C12200 atau tembaga DHP.

2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

Tembaga dan paduan tembaga mempertahankan keuletan dan ketangguhan tingkat tinggi pada temperatur di bawah nol. Sebenarnya, paduan tembaga menjadi

lebih kuat dan lebih ulet saat temperatur turun, ketahanan impact bertahan sangat baik hingga 20 K (-253 oC atau -424 F). (Thompson, dkk, 1990)

Paduan tembaga menjadi lebih kuat dan lebih ulet karena temperatur turun. Tembaga juga mempertahankan ketahanan impact yang sangat baik sampai 20 K. Karakteristik umum ini telah terungkap dalam pengujian pada 15 paduan tembaga, termasuk kuningan, perunggu dan tembaga murni komersial. Pengujian dilakukan oleh *Cryogenics Div, National Bureau of Standards, for copper and Brass Industry* untuk memeriksa kekuatan tarik, kekuatan tarik takik, *modulus Youngs*, dan sifat impact pada temperatur rendah sampai 4 K (-454 F). (Reed, 1990) .

2.2 Struktur Mikro Tembaga

Ketika tembaga coran hasil pemurnian dirol panas, struktur eutektik benar-benar hancur. Struktur mikro tembaga yang dirol panas mengandung banyak butiran kecil. Garis lurus paralel yang membentang di banyak butir disebut anil kembar. Garis ini muncul setelah logam diproses secara mekanis pada temperatur tinggi, yang disebut anil dan dideformasi. Jaringan interdendritik partikel oksida tembaga dihancurkan oleh pengerolan panas. Setelah dirol panas, partikel oksida tembaga berubah bentuk, dan hadir sebagai barisan sejajar partikel gelap. Partikel oksida jauh lebih besar dan jumlahnya lebih sedikit daripada pada struktur mikro cor.

3. METODOLOGI

3.1 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah:

- Kondisi pipa: Baru atau bekas

Sedangkan variabel terikatnya adalah:

- Sifat kekuatan Tarik dan Kekerasan
- Struktur Mikro

3.2 Rancangan Penelitian

Eksperimen akan diawali dengan membuat instalasi uji vakum venturi dengan 3 ukuran dimensi diffuser venturi dengan sudut divergen berbeda-beda. Instalasi ini terdiri dari rangkaian pompa sentrifugal di mana inletnya terhubung dengan reservoir

yang berisi fluida yang viskositasnya akan divariasikan. Outlet pompa terhubung dengan inlet venturi melalui pipa 1,5 inci yang telah dipasang manometer dan sensor *flowmeter*. Outlet venturi terhubung kembali ke reservoir melalui pipa 1,5 inci yang sudah terpasang manometer dan sensor *flowmeter*. Pada bagian leher venturi dihubungkan dengan tabung vakum yang dilengkapi dengan vakum meter dan katup, melalui selang hisap $\frac{3}{4}$ inci. Pada selang hisap dipasang sensor *flowmeter* untuk mengukur debit hisap venturi. Katup pada tabung vakum berfungsi untuk mengembalikan tekanan dalam tabung menjadi tekanan atmosfer.

3.2.1 Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa tembaga untuk AC yaitu jenis yang fleksible (annealed) yang disebut dengan Kembla Copper atau UNS C12200 dengan ukuran diameter $\frac{1}{2}$ inci, dengan kondisi baru maupun yang sudah pernah dipakai dalam instalasi AC selama 1 tahun.

3.2.2 Peralatan yang dipakai

1. Mesin Uji Tarik Tarno Grocki.

Mesin uji tarik Tarno Grocki yang dipakai dalam penelitian ini adalah mesin uji tarik yang terletak di Laboratorium Uji Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang.



Gambar 1. Mesin Uji Tarik

2. Scanning Electron Microscope (SEM)

Mikroskop electron yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop electron di Laboratorium SEM, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya. SEM yang digunakan sebagaimana tampak pada gambar 2.



Gambar 2. Scanning Electron Microscope

3. Mesin uji Micro hardness

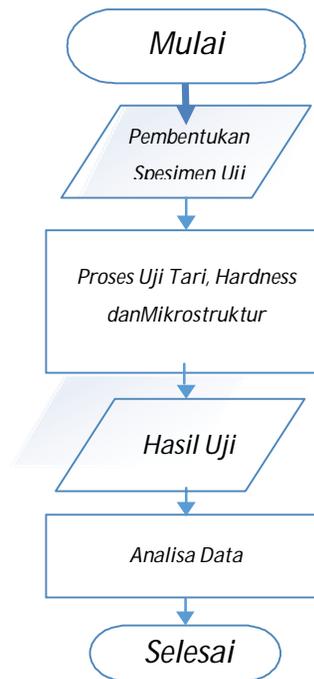
Pengujian micro hardness dilakukan di lab uji mekanik jurusan teknik mesin Universitas Negeri Malang.



Gambar 3. Vickers Micro hardness

a. Metode Pelaksanaan

Urutan proses dalam penelitian, sebagaimana terlihat pada diagram alir berikut (gambar 4) :



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

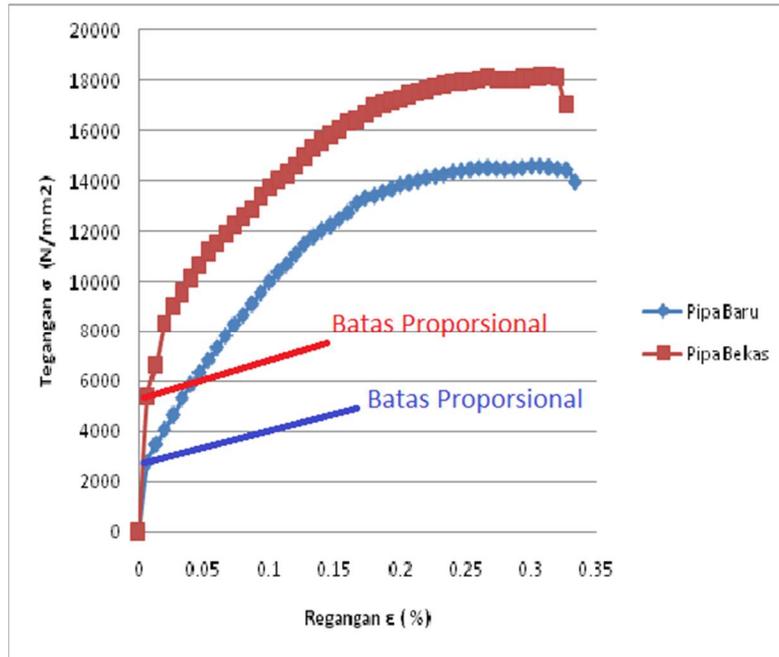
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil

Hasil pengujian disajikan dalam bentuk grafik untuk masing-masing kondisipipa.

i. Pengujian Tarik

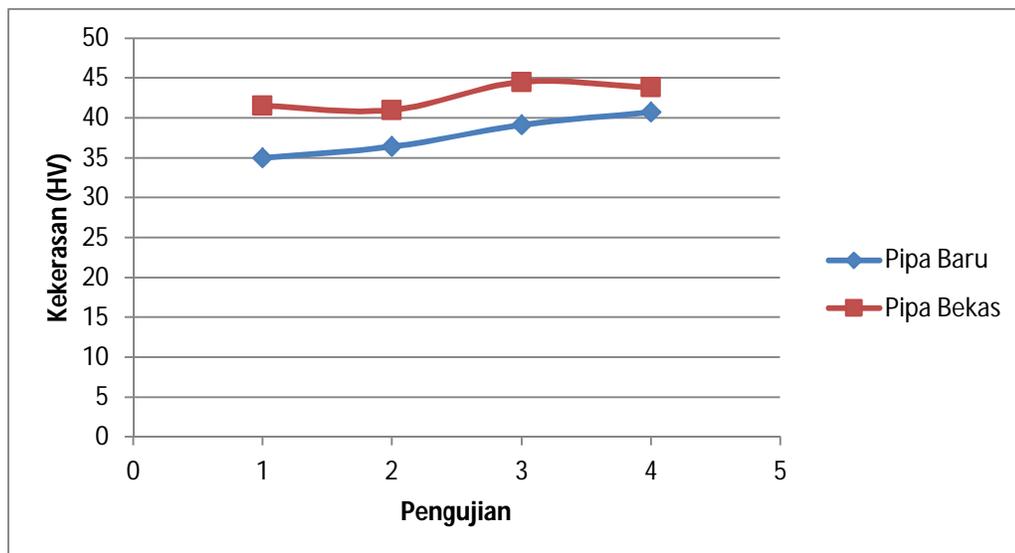
Untuk Pipa tembaga A Hasil uji tarik disajikan dalam bentuk grafik tegangan-regangan sebagaimana tampak pada gambar 5 berikut:



Gambar 5. Grafik Perbandingan Tegangan-Regangan pipa AC Baru dan Bekas

ii. Pengujian Kekerasan

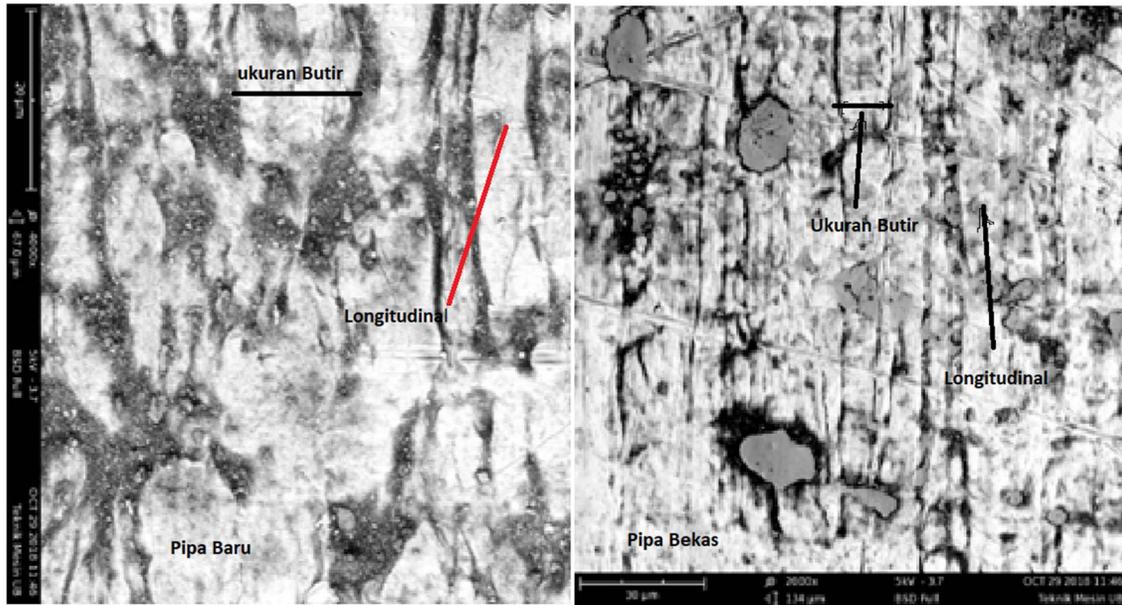
Hasil pengujian kekerasan menggunakan mikro Vickers sebagaimana tampak pada gambar 6 berikut:



Gambar 6. Grafik Perbandingan Kekerasan Pipa Tembaga Baru dan Bekas

iii. Struktur Mikro

Foto mikro specimen pipa tembaga AC baru dan Bekas sebagaimana tampak pada gambar 7 berikut:



Gambar 7. Perbandingan Struktur Mikro Pipa Tembaga Baru dan Bekas

b. Pembahasan

i. Kekuatan Tarik

Dalam grafik tegangan-regangan pada gambar 5 terlihat bahwa kekuatan tarik pipa tembaga AC bekas mengalami peningkatan mencapai 18188.65 N/mm^2 jauh lebih besar dibandingkan kekutan tarik rata-rata pipa tembaga AC baru, yang hanya 14615.15 N/mm^2 . Pipa tembaga AC bekas lebih kaku dibandingkan pipa tembaga baru. Hal ini terlihat dari batas proporsional pada pipa AC bekas yang lebih tinggi dibandingkan batas proporsional pada pipa AC baru.

ii. Kekerasan

Perbandingan kekerasan antara pipa tembaga bekas AC dan pipa tembaga AC yang baru dapat digambarkan dalam grafik perbandingan kekerasan sebagaimana tampak pada gambar 6. Dalam grafik tampak bahwa kekerasan pipa tembaga bekas menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kekerasan pipa tembaga baru. Pada umumnya sifat keras pada logam biasanya diikuti dengan sifat rapuh,

sehingga demikian berdasarkan sifat kekerasannya pipa tembaga bekas cenderung lebih rapuh dibandingkan dengan pipa tembaga AC baru. Maka wajar jika pada saat dilakukan proses flaring pada pipa tembaga bekas cenderung mengalami kegagalan.

iii. Struktur Mikro

Dari gambar 7 perbandingan struktur mikro hasil SEM antara pipa tembaga AC bekas dan pipa tembaga AC baru, menunjukkan adanya perbedaan struktur pada pipa tembaga AC bekas dibandingkan dengan pipa AC yang masih baru, di mana pada pipa bekas menunjukkan bentuk butiran yang longitudinal pipih dengan formasi yang rapat, sedangkan pada pipa baru bentuk butiran cenderung longitudinal tetapi dengan ukuran lebih besar dengan batas butir yang lebih renggang. Arah butiran longitudinal dihasilkan oleh proses pengerjaan secara mekanis mengikuti arah proses.

Pada pipa tembaga AC baru, ukuran butir yang lebih besar dihasilkan oleh proses perlakuan panas yang diberikan pasca cold working, dimana struktur butir akan berkembang kembali sesuai temperatur perlakuan panas yang diberikan.

Struktur butiran yang rapat pada pipa AC bekas menyebabkan kekuatan tarik dan kekerasannya semakin meningkat. Sebaliknya pada pipa baru dengan ukuran lebih besar dan struktur butir yang lebih renggang menyebabkan kekuatan tarik dan kekerasannya menjadi lebih rendah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

1. Pipa tembaga AC bekas yang pernah dipakai akan mengalami perubahan sifat-sifat mekanis, dimana kekuatan tarik dan kekerasannya meningkat dibandingkan dengan pipa tembaga AC yang baru. Kekuatan tarik pada pipa bekas rata-rata sebesar, 18188.65 N/mm² sedangkan pada pipa baru sebesar 14615.15 N/mm². Untuk kekerasan pipa bekas sebesar 42.7 HV sedangkan untuk pipa baru memiliki nilai kekerasan sebesar 37.8 HV
2. Dari gambar struktur mikro dengan SEM, menunjukkan perubahan struktur pada pipa tembaga AC bekas dibandingkan dengan pipa AC yang masih baru, di mana pada pipa bekas menunjukkan bentuk butiran yang longitudinal dengan formasi

yang rapat, sehingga hal ini berpengaruh pada kekuatan tarik dan kekerasan pipa semakin meningkat. Sedangkan pada pipa baru bentuk butiran cenderung equaxial dengan batas butir yang jelas. Sehingga dengan bentuk butiran yang demikian kekuatan tarik dan dan kekerasannya menjadi lebih rendah.

b. **Saran**

1. Berdasarkan hasil pengujian mikro struktur pada pipa tembaga bekas AC terlihat beberapa bentuk endapan yang belum diketahui dengan pasti unsur/partikel penyusunnya. Sehingga disarankan untuk dilakukan pengujian lebih lanjut dengan XRD untuk mengetahui komposisinya.
2. Untuk mendapatkan solusi dari proses perubahan sifat mekanis pada tembaga bekas AC perlu juga studi terhadap pengaruh pemberian perlakuan panas terhadap sifat mekanis dari pipa tembaga bekas AC tersebut. Sehingga memungkinkan untuk pemanfaatan kembali pipa bekas AC tersebut tanpa melakukan daur ulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, *THE COPPER TUBE HANDBOOK*. Copper Development Association, 260 Madison Avenue New York, 2010
- Anonim, *Over View*. Copper Development Association, 260 Madison Avenue New York, 2017
- C.A. Thompson, W. M. Manganaro dan F.R. Fickett, Institut Nasional Standar dan Teknologi (NIST), International Copper Association, Ltd. oleh Boulder, Colorado, Juli 1990.
- Ludvík Kunz ,*Mechanical Properties of Copper Processed by Severe Plastic Deformation . Copper Alloys – Early Applications and Current Performance – Enhancing Processes*, InTech March, 2012
- R. P. Reed, *Mechanical Properties Low Temperature Copper and Alloy*, NBS Monograph 101, Institute for Materials Research, National Bureau of Standards, Boulder, Colorado 80302.