

## PENGARUH TEMPERATUR ANELING TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN PIPA TEMBAGA AC BEKAS

R.N. Akhsanu Takwim, Kris witono, dan Pondi Udianto

*Politeknik Negeri Malang*

*E-mail : akhsanu140174@gmail.com, k\_witono@yahoo.com, pondi\_udianto@yahoo.co.id*

### ABSTRACT

During the installation process, copper pipes for air conditioning will experience a very large deformation due to straightening and bending following the installation path. Hardening strains occur that result in changes in mechanical properties in this case decreases ductility making it difficult to do the connecting process with flaring.

Studies need to be carried out to restore the mechanical properties of copper pipes that have been used, including the heat treatment process on copper pipes, so that used copper pipes have a better benefit value than having to be recycled. The temperature of the heat treatment is varied from 400°C, 500 °C and 600 °C.

Tensile test results show that at annealed temperature of 400 °C has the highest tensile strength of 125.81 N / mm<sup>2</sup> and proportional limit stress of 40.52 N / mm<sup>2</sup>. Whereas in the microhardness test, the highest hardness occurs also at annealed temperature of 400 °C which is equal to 50.8 HV.

Keywords: used copper pipe, mechanical properties, and heat treatment.

### 1. PENDAHULUAN

Biasanya pipa tembaga disambung dengan proses *soldering* atau *brazing*, walaupun terkadang dibutuhkan sambungan mekanis dengan proses *flaring*. Sambungan *flaring* merupakan alternatif jika sambungan dengan menggunakan nyala api tidak diperbolehkan. Instalasi pemanas air pada umumnya menggunakan sambungan *flaring* untuk menghubungkan antara pipa tembaga dengan pipa besi. Selain itu sambungan *flaring* diterapkan pada pipa-pipa instalasi refrigerasi dan pengkondisi udara termasuk juga pada instalasi pipa LPG dan *gas propane*.

Pipa tembaga biasanya dijual dalam bentuk lonjoran atau gulungan. Dalam proses instalasinya, pipa tembaga terkadang harus ditekuk atau diluruskan kembali mengikuti kondisi instalasi. Akibatnya terjadi strain hardening yang mengakibatkan perubahan sifat mekanis dalam hal ini mengalami penurunan keuletan sehingga sulit

untuk dilakukan proses penyambungan dengan flaring .

Perlu dilakukan studi untuk mengembalikan sifat-sifat mekanis dari pipa tembaga yang sudah pernah dipakai diantaranya dengan proses perlakuan panas (heat treatment) pada pipa tembaga, sehingga pipa tembaga bekas memiliki nilai manfaat yang lebih baik daripada harus dilakukan daur ulang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pipa tembaga jenis Kembla atau jenis paduan C19400. biasa digunakan untuk air conditioning dan refrigerasi. Pipa tembaga ini tersedia dalam dua jenis, yaitu yang berbentuk melingkar dan lurus. Merupakan tembaga paduan dengan komposisi 97,0 % Cu, 0-0,03% Pb, 0,05-0,20 Zn, 2,1-2,6% Fe dan 0.015% P (Anonim, 2010). Pipa tembaga AC dapat menahan tekanan dari 90 bar sampai 130 bar pada temperatur 300 °F.

Paduan tembaga menjadi lebih kuat dan lebih ulet karena suhu turun. Ketahanan impact juga dapat dipertahankan sangat baik sampai temperatur 20 K. Karakteristik umum ini telah terungkap dalam pengujian pada 15 paduan tembaga, termasuk kuningan, perunggu dan tembaga murni komersial oleh Cryogenics Div, National Bureau of Standards, untuk memeriksa kekuatan tarik, kekuatan tarik takik, modulus Youngs, dan sifat impak pada suhu rendah sampai 4 K (-454 F). (Reed dan Mikesell, 1990) .

Tembaga memiliki struktur kristal Face Center Cubic (FCC) yang menjadikannya sangat ulet. Proses penekukan pada tembaga menyebabkan terjadinya *strain hardening* karena kerja atau peregangan pada tembaga menghasilkan cacat, yang disebut dislokasi, di dalam struktur kristal. Cacat ini ditambah dengan deformasi lebih lanjut, menjadikan tembaga lebih kuat dan keras, sehingga lebih sulit untuk di tekuk kembali (Stoebe, 2007).

Annealing tembaga membutuhkan temperatur cukup tinggi. Temperatur lebur Tembaga pada 1357 K dan proses anil umumnya terjadi pada lebih dari setengah titik lebur dalam derajat K; temperatur yang lebih tinggi (tetapi tidak melewati temperatur lebur), menyebabkan proses anil lebih cepat. Temperatur yang umum digunakan adalah 400 °C atau 700 °F. Annealing menyebabkan struktur membuat dan menumbuhkan *grain*/butiran baru yang bebas dari tegangan sisa akibat pengerjaan. Butir baru menghapus semua dislokasi dan cacat lainnya yang disebabkan oleh deformasi,

sehingga meninggalkan material di dalamnya kondisi lunak asli, walaupun bukan dalam bentuk aslinya — bentuknya tetap sama seperti setelah deformasi, tetapi dapat dengan mudah ditekuk lagi.

### **3. METODE PENELITIAN**

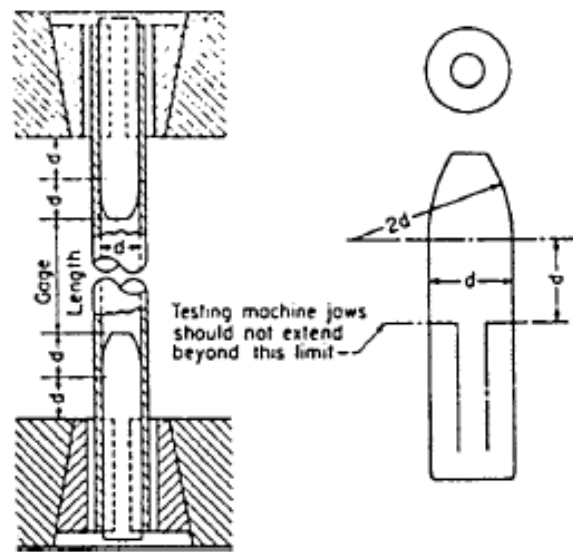
Eksperimen diawali dengan membuat spesimen uji dengan mengambil material tembaga berupa pipa tembaga AC bekas dengan ukuran diameter 10 mm, serta tebal 0.6 mm sepanjang 20 cm mengikuti standar ASTM untuk tube. (gambar 1)



Gambar 1. Spesimen Uji Tarik Pipa tembaga Ac bekas

Khusus untuk Spesimen Pipa dan tube, semua tube kecil , terutama ukuran 25 mm [1 in.] dan di bawah diameter luar nominal, tetapi bisa juga untuk ukuran yang lebih besar, kecuali dibatasi oleh peralatan pengujian, menggunakan spesimen

uji tarik dari bagian tube ukuran penuh. Sumbat logam penarik harus dimasukkan cukup jauh ke dalam ujung spesimen tabung untuk memungkinkan rahang mesin uji untuk mencengkeram spesimen dengan benar. Sumbat tidak boleh sampai ke bagian spesimen di mana elongasi diukur. Elongasi diukur lebih dari empat kali diameter ketika mengikuti E8 atau lima kali diameter ketika mengikuti E8M kecuali dinyatakan lain dalam spesifikasi produk. Gambar 2. sesuai bentuk plug, lokasi sumbat pada spesimen, dan lokasi spesimen pada cengkeraman mesin pengujian.



Gambar 2. Bentuk sumbat dan pencekaman tube pada mesin uji tarik menurut standard ASTM

Selanjutnya specimen dilakukan perlakuan panas pada tungku listrik dengan variasi temperatur 400 °C, 500 °C, dan 600 °C dan ditahan selama 5 menit yang dilanjutkan dengan pendinginan udara sebelum dilakukan pengujian (gambar 3.).



Gambar 3. Tungku Listrik untuk Perlakuan Panas dan pendinginan specimen setelah perlakuan panas

Spesimen juga akan diuji dengan *micro hardness* untuk mengetahui kekerasan masing masing bahan. Sebelumnya specimen uji mikrohardness dibuat dari potongan pipa dan dituangkan resin sebagai *holder* (gambar 4)

Pengujian tarik dilakukan dengan kecepatan *crosshead* konstan. Hasil uji tarik meliputi modulus elastisitas, ultimate point, dan total elongasi.

Pengujian microvikers dilakukan dengan gaya tekan sebesar 200 gram dengan *dwelling time* sebesar 10 detik.



Gambar 4. Spesimen untuk Microhardness

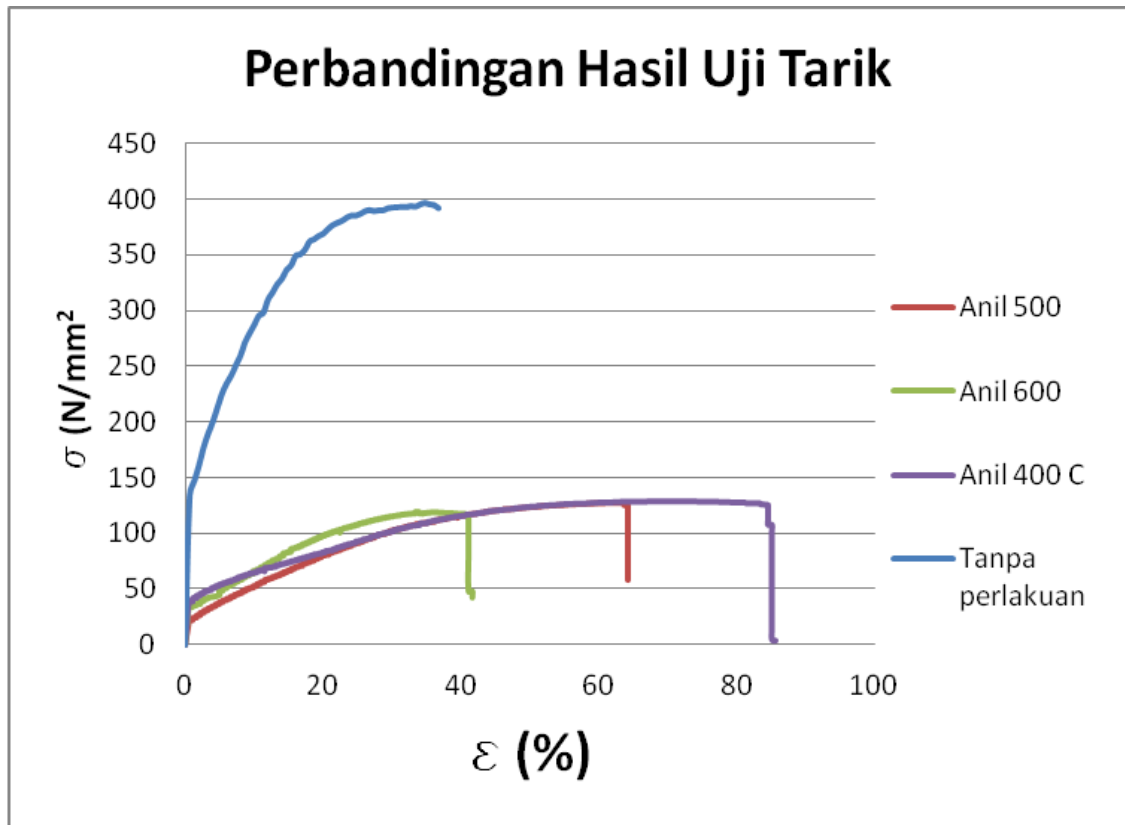
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian tarik untuk specimen pipa tembaga AC baru menunjukkan tegangan tarik ultimat sebesar 299.46 N/mm<sup>2</sup> dan tegangan batas elastis sebesar 55,76 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan pada pipa bekas, terjadi peningkatan nilai tegangan tarik ultimat dan tegangan batas elastis masing-masing sebesar 372,31 N/mm<sup>2</sup> dan 110,27 N/mm<sup>2</sup>. Perlakuan anil dengan temperatur 400-600 °C pada pipa tembaga bekas dapat mengurangi tegangan ultimate dan batas elastis sebagaimana terlihat pada tabel 1. di bawah ini.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Uji Tarik Pipa AC

No	Perlakuan	Batas Elastis (N/mm <sup>2</sup> )	Ultimate (N/mm <sup>2</sup> )
1.	Pipa Baru	55,76	299.46
2.	Pipa Bekas Tanpa Perlakuan	110,27	372,31
3.	Pipa Bekas Anil 400°C	39,84	135,55
4.	Pipa Bekas Anil 500°C	28,25	125,86
5.	Pipa Bekas Anil 600°C	25,19	119,04

Dari grafik tegangan-regangan yang terjadi pada semua perlakuan anil, menunjukkan pertambahan panjang ( $\Delta L$ ) yang lebih besar dibandingkan pada kondisi tanpa perlakuan yang ditunjukkan dengan prosentase regangan ( $\varepsilon$ ) yang terjadi (gambar 5).



Gambar 5. Perbandingan Hasil Uji Tarik

Perbandingan kekerasan antara AC yang baru, pipa tembaga bekas tanpa perlakuan dan pipa tembaga bekas yang dianil sebagaimana tampak pada tabel 2.

Dari tabel tampak bahwa kekerasan pipa tembaga bekas menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kekerasan pipa tembaga baru. Sedangkan pipa tembaga bekas yang sudah diperlakukan anil mengalami penurunan kekerasan yang cukup signifikan dibandingkan dengan yang baru maupun yang bekas tanpa perlakuan. Penurunan kekerasan pipa tembaga bekas setelah dianil biasanya diikuti oleh semakin naiknya keuletannya sehingga wajar jika dalam uji tarik terjadi regangan plastis yang cukup besar.

Tabel 2. Hasil Pengujian Microvickers

No.	Nama Spesimen	Pengulangan	Nilai Kekerasan (HV)	Nilai Kekerasan Rata-rata (HV)
1.	Pipa Baru	1	35.0	<b>36.8</b>
2.		2	36.4	
3.		3	39.1	
5.	Pipa Bekas	1	48.3	<b>49.8</b>
6.		2	49.5	
7.		3	51.6	
8.	Pipa bekas Anil 400 °C	1	41.0	<b>43.1</b>
9.		2	44.5	
10.		3	43.8	
11.	Pipa bekas Anil 500 °C	1	36.9	<b>36,1</b>
12.		2	35.8	
13.		3	35.6	
14.	Pipa bekas Anil 600 °C	1	36.7	<b>36,0</b>
15.		2	35.4	
16.		3	35.9	

## 5. KESIMPULAN

Perlakuan panas pada pipa tembaga AC bekas dapat merubah sifat mekanis pipa dimana pipa tembaga AC bekas yang sebelumnya mengalami strain hardening akibat proses pembengkokan dan pelurusan pada saat instalasi, akan melunak dan ulet kembali ketika dilakukan heat treatment pada temperatur di atas 400 °C, dengan penahanan selama 5 menit. Pada perlakuan panas 400 °C, pipa mengalami penurunan kekerasan dari semula 49,8 HV menjadi 43,1 HV, sedangkan pada temperatur perlakuan 500 °C dan 600 °C masing-masing sebesar 36,1 HV dan 36,0 HV.

Untuk kekuatan tariknya menurun dari 372,31 N/mm<sup>2</sup> menjadi 135,55 N/mm<sup>2</sup> pada temperatur perlakuan 400 °C. Kemudian tegangan tarik semakin menurun masing-masing sebesar 125,86 N/mm<sup>2</sup> dan 119,04 N/mm<sup>2</sup> pada temperatur perlakuan 500 °C dan 600 °C



**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.
- Thomas Stoebe, Work Hardening and Annealing of Copper, University of Washington, Seattle, WA 2007

Halaman ini sengaja dikosongkan