

# Perilaku Mekanik Tembaga Fosfor C1220T-OL Pada Proses *Annealing* dan *Normalizing*

R. Henny Mulyani<sup>1,a)</sup>, Ade Angga Bastian<sup>2)</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Jenderal Achmad Yani  
Teknik Metalurgi Fakultas Teknik  
Jl. Jenderal Gatot Subroto Tromol Pos 807, Bandung

<sup>a)</sup>hennyferdiana@gmail.com(corresponding author)

## Abstrak

*Perilaku mekanik tembaga fosfor C1220T-OL dipelajari dengan memvariasikan temperatur dan waktu annealing dan normalizing. Dalam penelitian ini temperatur divariasikan 300°C, 350°C, 400°C dengan waktu penahanan 5, 10, 15 menit. Hasil pengujian pada kondisi optimal yaitu temperatur 350°C dan waktu 10 menit, kekuatan tarik 21,92 kgf/mm<sup>2</sup> dengan kekerasan 71,64 VHN.*

*Kata-kata kunci: Perilaku mekanik, Annealing, Normalizing*

## PENDAHULUAN

Perkembangan material saat ini sudah mencapai tingkat *advance* yang banyak di aplikasikan dalam hal khusus yang memerlukan modifikasi dari material untuk kondisi tertentu. Tembaga adalah salah satu logam pertama yang diketahui oleh masyarakat. Masyarakat mesir telah membuat pisau dan senjata dari tembaga sejak 8000 tahun yang lalu. Nenek moyang kita akhirnya mempelajari bagaimana memadukan tembaga dengan logam lainnya untuk memperbaiki kekuatan dan kekerasannya.

*Sample* yang digunakan adalah komponen pengatur panas yang terbuat dari material tembaga murni yang belum mengalami perlakuan panas.

Pipa kapiler yang terbuat dari tembaga sangat berpengaruh dalam penggunaan di *refrigerator*. Pipa kapiler berfungsi sangat vital karena menghubungkan dua bagian tekanan yang berbeda sebagai alat untuk menurunkan tekanan, merubah bentuk dari gas menjadi bentuk cairan dan mengatur cairan *refrigerant* yang berasal dari pipa kondensor.

## TEORI DAN EKSPERIMEN

### Keunggulan Tembaga

**Multi Aplikasi:** dapat digunakan untuk beberapa aplikasi seperti *AC&Refrigeration, hot and cold water, gas reticulation, sanitary and drainage, heating and general plumbing applications.*

**Kuat :** Pipa Tembaga memiliki kekuatan sehingga bisa tahan terhadap kerusakan external, tusuk, abrasi, getaran, tekanan dan vakum.

**Tahan:** Pipa tembaga tahan terhadap oksigen, insektisida, pelarut dan racun.

**Tidak mudah terbakar:** Pipa Tembaga tidak mudah terbakar dan tidak berasap saat kebakaran.

**Aliran Tidak Terhambat:** Pada sambungan tidak mengurangi lubang pipa, sehingga memberikan kinerja aliran tinggi.

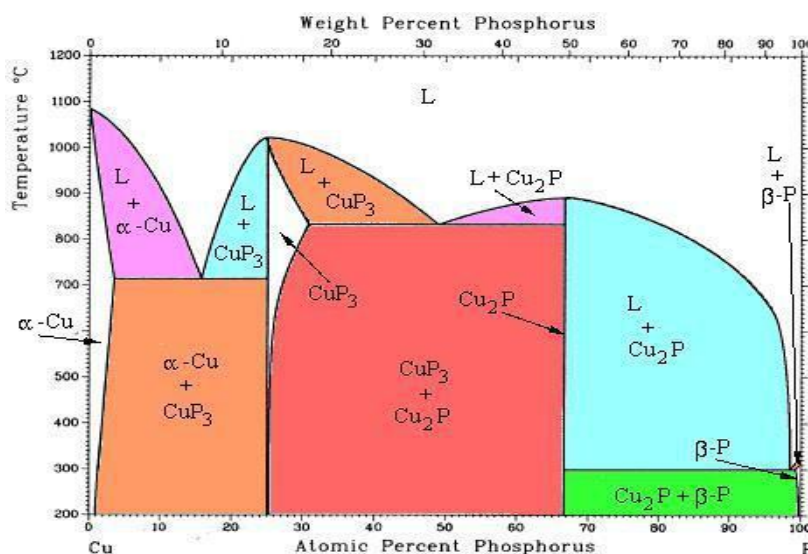
**Tahan UV:** Pipa tembaga tidak berdampak jika terkena sinar matahari langsung dan tidak mudah rapuh dengan usia.

**Diagram Fasa Tembaga Fosfor**

Tembaga mempunyai titik cair 1064°C bisa dilihat dari diagram fasa tembaga fosfor seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.1.

Pada penelitian kali ini paduan tembaga yang digunakan ASTM C12200 yang mempunyai komposisi kimia tembaga 99,9% dan fosfor 0.015 – 0.40%. Komposisi fosfor dalam penelitian kali ini diabaikan, karena paduan ASTM C12200 masuk dalam katagori *pure copper* dan persentase fosfor ini tidak berpengaruh besar terhadap sifat mekanik.

Gambar 2.1 dibawah ini menunjukkan bahwa paduan tembaga fosfor C1220T-OL ini mempunyai fasa  $\alpha$ -Cu, dimana bila setelah dilakukan perlakuan panas fasa yang terbentuk akan tetap sama atau sama dengan seratus persen fasa  $\alpha$ -Cu.



Gambar 2.1 Diagram fasa tembaga-fosfor[5]

Diagram fasa tembaga fosfor tersebut merupakan dasar untuk proses perlakuan panas. Temperatur pemanasan yang dilakukan yaitu 300°C , 350°C , 400°C.

**Proses Perlakuan Panas**

Proses perlakuan panas adalah suatu proses merubah sifat logam dengan jalan merubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia yang bersangkutan, dengan tujuan mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan sesuai dengan yang direncanakan.

Melalui proses perlakuan panas yang tepat tegangan sisa dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras di sekeliling inti yang ulet. Untuk proses perlakuan panas yang tepat, komposisi kimia logam harus diketahui.

Pada penelitian ini proses perlakuan panas yang dilakukan pada pipa kapiler tembaga menggunakan proses *annealing* dan *normalizing*.

**Annealing**

Proses *annealing* yang dilakukan pada material tembaga ini dipanaskan sampai temperatur 300°- 650° C dan media pendinginannya dilakukan dalam tungku. Tujuan proses *annealing* adalah untuk menurunkan kekerasan, menghilangkan tegangan sisa, memperbaiki sifat mekanik, menghilangkan terjadinya retak panas, menurunkan atau menghilangkan ketidakhomogenan struktur, memperhalus ukuran butir.

**Normalizing**

Pada dasarnya, *normalizing* hampir sama dengan proses *annealing*. Proses *normalizing* adalah jenis perlakuan panas yang umum diterapkan pada hampir semua produk cor, *over-heated forging* dan produk-produk tempa yang besar. Tujuan proses *normalizing* untuk memperhalus butir, menghilangkan tegangan sisa dan juga memperbaiki sifat mekanik. *Normalizing* pada tembaga biasanya di lakukan pada temperatur dibawah rekristalisasi antara 375°- 650°C. *Normalizing* dengan media pendinginannya dilakukan di udara.

**Ekperimen**

**Pengujian Komposisi Kimia**

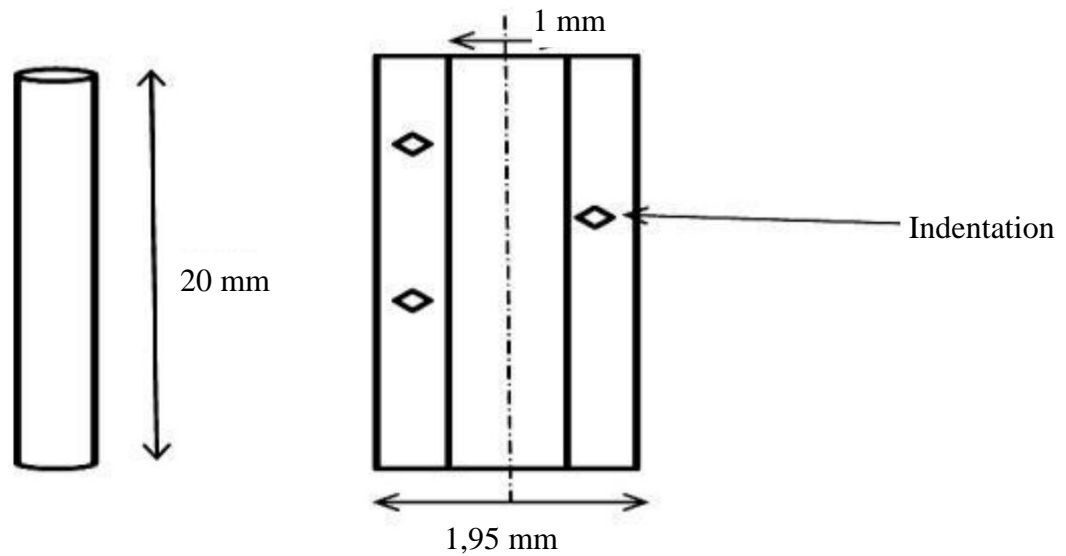
Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan *Spectrometri* dengan hasil 99,90% Cu dan 0,028 % P.

**Proses Annealing dan Normalizing**

Tabel 1. Proses Perlakuan Panas yang Dilakukan

Temperatur (°C)	Holding Time (minute)	
	Normalizing	Annealing
25	-	-
300	5	5
	10	10
	15	15
350	5	5
	10	10
	15	15
400	5	5
	10	10
	15	15

## Pengujian Tarik dan Kekerasan



Gambar 2.2 Spesimen uji tarik dan uji keras

## Pemeriksaan metalografi

Bertujuan untuk melihat struktur mikro sebelum dan sesudah proses perlakuan panas. Pengetsaan dilakukan dengan menggunakan larutan  $\text{FeCl}_3$ .

## PEMBAHASAN

### Komposisi Kimia

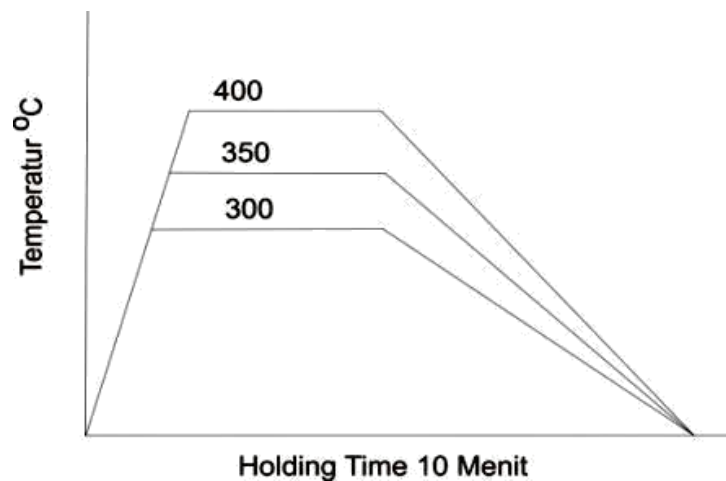
Hasil uji komposisi kimia material yang digunakan termasuk ASTM C12200 dengan nomor paduan C1220T-OL. Tembaga ini termasuk dalam paduan *phosphorus-deoxidized copper*.

### Proses Annealing dan Normalizing

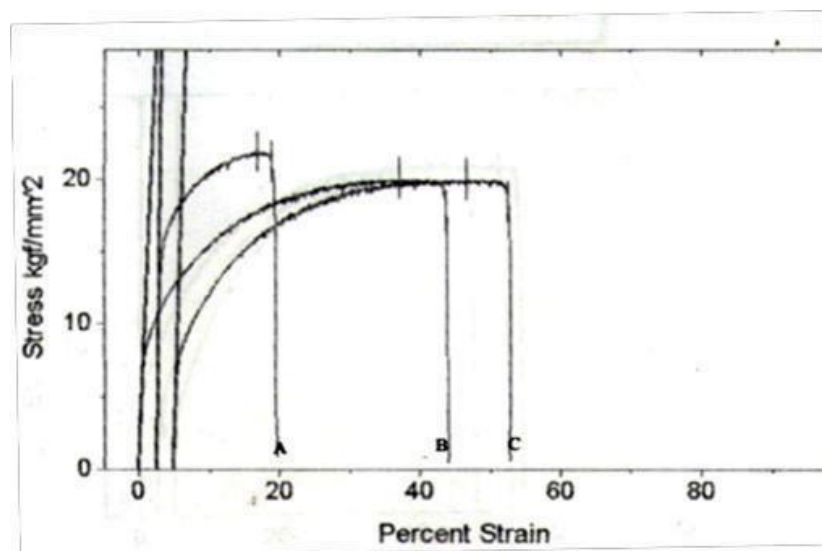
Pipa kapiler hasil proses dari *tube drawing* mempunyai kekerasan yang tinggi dan keuletan yang rendah. Sehubungan dengan fungsinya penggunaannya pada *refrigerator* dan pendingin ruangan (AC) sebagai alat untuk menurunkan tekanan merubah bentuk dari gas menjadi bentuk cairan dan mengatur cairan *refrigerant* yang berasal dari pipa kondensor. Untuk itu diperlukan sifat mekanik yang sesuai dengan fungsi tersebut yang dilakukan dengan proses *annealing* dan *normalizing*.

Pada Proses *annealing* yang sesuai untuk pipa kapiler dengan temperatur pemanasan  $400^\circ\text{C}$  *holding time* 10 menit dan kekerasan yang dihasilkan 55,49 VHN.

Sedangkan pada proses *normalizing* yang sesuai untuk pipa kapiler dengan Temperatur pemanasan  $350^\circ\text{C}$ , *holding time* 10 menit dan kekuatan tariknya  $21,92 \text{ kgf/mm}^2$ .



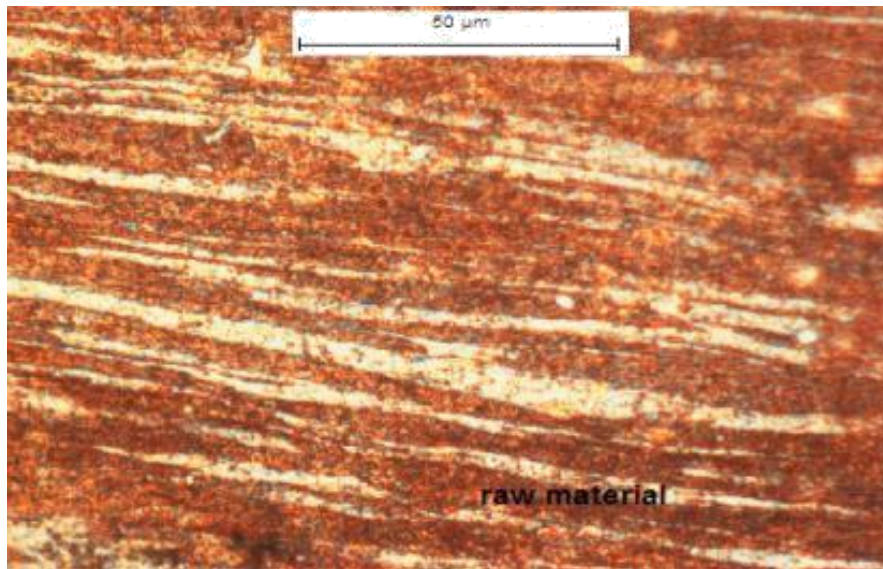
Gambar 3.1 Diagram perlakuan panas antara temperatur dan waktu



Gambar 3.2 Kurva hasil uji tarik

**Proses Metalografi**

Perbedaan antara hasil struktur mikro yang terjadi hanyalah orientasi dari bentuk butir material itu sendiri, dimana bila pada material awal terjadi orientasi akibat deformasi hasil proses *tube drawing* yang berbentuk pipih dan searah. Perbedaannya hanya pada daerah yang dikenai deformasi. Warna cokelat merupakan daerah yang terkena deformasi lebih besar dari pada yang berwarna putih



Gambar 3.3 Struktur mikro hasil proses tube drawing

Tetapi seiring dengan bertambahnya temperatur pemanasan dan waktu penahanan perubahan struktur mikro ini berubah orientasinya.

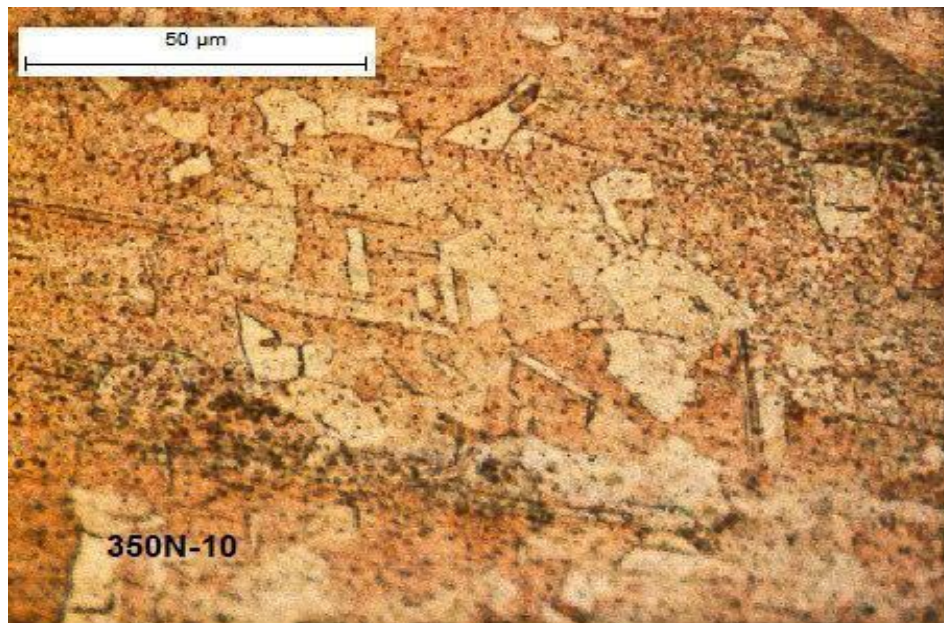
Dari hasil pengujian struktur mikro pada hasil pemanasan temperatur 300°C *annealing* ataupun *normalizing* masih terlihat butir-butir yang berbentuk pipih dan kasar. Ini akan berakibat material pada ini masih getas dan mempunyai keuletan yang lebih rendah dibandingkan temperatur pemanasan 350°C ataupun 400°C, sedangkan pada temperatur 350°C ataupun 400°C sudah berubah strukturnya menjadi lebih halus dengan fasa yang sama yaitu  $\alpha$ -Cu.

Hasil pengujian struktur mikro proses *annealing* pada temperatur 400°C dan *holding time* 10 menit terbentuk butir-butir yang bulat dengan kekerasan 55,49 VHN.



Gambar 3.4 Struktur mikro hasil *annealing* pada 400°C dengan *holding time* 10 menit

Hasil pengujian struktur mikro proses *normalizing* pada temperatur 350°C dan *holding time* 10 menit terbentuk butir-butir yang bulat dengan kekuatan tariknya 21,92 kgf/mm<sup>2</sup>.



Gambar 3.5 Struktur mikro hasil *normalizing* pada 350°C dan *holding time* 10 menit

Sesuai dengan hukum *Hall-Petch* yang menyebutkan bahwa material dengan butir yang semakin kecil mempunyai kekuatan dan kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan material dengan struktur butir yang besar.

## KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil pengujian tarik, material pipa kapiler tembaga C1220T-OL yang telah dilakukan proses perlakuan panas pada temperatur 350°C dengan waktu penahanan 10 menit mendapatkan kekuatan tarik yang mendekati material referensi, yaitu 21,92 kgf/mm<sup>2</sup> dengan metoda *normalizing*.
2. Kekerasan yang mendekati material referensi adalah dengan proses *annealing* pada temperatur 400°C lamanya waktu penahanan 10 menit nilai kekerasan yang dihasilkan adalah 55,49 VHN.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Jenderal Achmad Yani atas dukungan finansialnya pada penelitian ini dan I. Gede Rawi dari PT. Kayo Surya Utama atas dukungan dan keikutsertaan dalam kegiatan ilmiah ini. Penulis juga berterima kasih kepada Dr. Ir. Sutarno, MT atas diskusinya yang bermanfaat.

## REFERENSI

1. ASTM B 42. "Standard Specification for Seamless Copper Pipe, Standard Sizes". ASTM International.
2. ASTM E 8. "Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials". ASTM International.
3. ASTM E 92. "Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials". ASTM International.
4. ASM Metals Handbook, Vol2 – "Properties and Selection - Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials". ASM International.
5. ASM Handbook, Vol-3 – "Alloy Phase Diagram". ASM International.
6. ASM Metals Handbook, Vol-4 - "Heat Treating of Copper Alloys". ASM International.

7. ASM Metals Handbook, Vol-9 – “Metallography and Microstructure”. ASM International.
8. Beddoes, J. and Bibbly M.J., (1999): Principles of Metal Manufacturing Process, Arnold, ISBN 0-470-35241-8
9. Dieter, G.E., (1988): Mechanical Metallurgy, SI metric edition, McGraw-Hill, ISBN 0-07-100406-8.
10. Edwards, L. and Endean, M., (1990): Manufacturing With Materials, Butterworth Heinemann, ISBN 0-7506-2754-9.
11. Parkins, R.N., (1968): Mechanical Treatment of Metals, George Allen an Unwin, London.
12. Smallman, R.E., (1976): Modern Physical Metallurgy, Butterworth, London.