

KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH PADUAN TIMAH AKI (10%, 15%, 20%, 25%) PADA CORAN TEMBAGA PIPA AC (AIR CONDITIONER) BEKAS TERHADAP SIFAT MEKANIK

H. Alian⁽¹⁾, Ibrahim⁽²⁾

^{(1),(2)} Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Prabumulih Km.32

Inderalaya-30662

E-Mail : ⁽¹⁾helmyalian@yahoo.co.id

⁽²⁾Ibrahim.7ulu@yahoo.co.id

Ringkasan

Proses pengecoran adalah salah satu teknik pembuatan produk, dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan ke dalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat. Pengaruh penambahan timah aki (10%,15%,20%, dan 25%) pada coran tembaga terhadap sifat mekanik akan berbeda sesuai dengan jumlah variable persentase timah. Hasil coran tembaga paduan timah tersebut, akan dilakukan pengujian untuk mengetahui sifat mekanik material hasil coran tersebut. Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian kekerasan brinell, pengujian impak, dan pengujian tarik. Hasil pengujian terhadap coran tembaga-timah menunjukkan bahwa pengaruh persentase kandungan timah pada nilai kekerasannya mengalami penurunan yakni pada tembaga paduan timah 10% nilai kekerasan rata-ratanya 51,211 BHN, untuk tembaga paduan timah 15% nilai kekerasannya rata-ratanya 46,147 BHN, untuk tembaga paduan timah 20% nilai kekerasannya 44,583 BHN, sedangkan untuk tembaga paduan timah 25% adalah 41,183 BHN. Pada pengujian Impak, Energi (E) pada tembaga paduan timah 10% adalah 9,03 Joule, sedangkan untuk tembaga paduan timah 15%,20%, dan 25% mengalami penurunan nilai energy (E). Pada pengujian tarik yang telah dilakukan didapatkan regangan (ϵ) pada tembaga paduan timah 10% sebesar 3,750, untuk tembaga paduan timah 15% sebesar 4,375, untuk tembaga paduan timah 20% sebesar 5,625, sedangkan untuk tembaga paduan timah 25% yakni 5,625.

Kata kunci : Pengecoran, tembaga paduan timah, pengujian kekerasan, pengujian impak, pengujian tarik.

Abstract

Casting process is one of the techniques of manufacture of the product, where the metal is melted in a melting furnace and then poured into the mold cavity which is similar to the original form of cast products to be made. Influence of addition of lead battery (10%, 15%, 06% and 25%) on mechanical properties of copper castings will be different according to the amount of a variable percentage of Tin. Copper tin alloy castings results, testing will be performed to determine the mechanical properties of material results of castings. Testing will be done is test brinell hardness, impact testing, and testing of pull. The test results of castings of copper-Tin showed that the percentage of lead content influence on the value of violence decline in copper tin alloy 10% the value of the average hardness BHN 51,211, for copper alloy lead 15% average hardness values 46,147 BHN, for copper alloy lead 20% value violence 44,583 BHN, while for Copper tin alloy 25% BHN 41,183. On testing the impact, energy (E) on copper alloy Tin is 10%, whereas Joule 9,03 for copper alloy of Tin, 06%, 15% and 25% decline the value of energy (E). On testing the tensile strain is obtained (ϵ) on copper alloy lead 10% of copper alloy for 3,750, Tin 15% of mortgages start at 4.375, to copper tin alloy 20% of 5,625, while for Copper tin alloy 25% which is 5,625.

Keywords: Casting, copper tin alloy, hardness testing, impact testing, tensile testing.

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan teknik dapat dibagi menjadi dua, yaitu bahan logam dan bahan non logam. Logam dapat dibagi dalam dua golongan yaitu logam *ferro* atau logam besi dan logam *nonferro* yaitu logam bukan besi. Logam adalah unsur kimia yang memiliki sifat-sifat kuat, liat, keras, penghantar listrik dan panas, serta memiliki titik cair yang tinggi. Biji logam ditemukan dengan cara penambangan yang terdapat dalam keadaan murni atau bercampur. Biji logam yang ditemukan dalam keadaan murni yaitu emas, perak, bismuth, platina dan ada yang tercampur dengan unsur-unsur seperti karbon, sulfur, fosfor, silikon, serta kotoran seperti tanah liat, pasir dan tanah, maka untuk definisi logam besi (*Ferro*) adalah suatu logam paduan yang terdiri dari unsur karbon dengan besi. Untuk menghasilkan suatu logam paduan yang mempunyai sifat berbeda dengan besi dan karbon maka dicampur dengan bermacam logam lainnya, misalnya besi tuang, besi tempa, besi lunak, baja karbon sedang, baja karbon tinggi, dan baja karbon tinggi dengan campuran. Sedangkan definisi logam bukan besi (*nonferro*) yaitu logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe). Logam *nonferro* antara lain sebagai berikut, tembaga (Cu), aluminium (Al), timbal (Pb), timah (Sn), dan lainnya. Bahan bukan logam adalah suatu bahan teknik yang tidak termasuk ke dalam kelompok logam yang didapat dari bahan galian, tumbuhan, atau hasil dari proses pengolahan minyak bumi. Bahan-bahan non logam antara lain asbes, karet, dan plastik. Penggunaan bahan nonlogam seperti asbes yang dipakai untuk melapisi rem mobil dan serat asbes yang murni digunakan untuk keperluan kimia. Dalam penggunaannya serta pemakaiannya, logam pada umumnya tidak merupakan senyawa logam, tetapi paduan. Logam dan Paduannya merupakan bahan teknik yang penting, dipakai untuk konstruksi mesin, kendaraan, jembatan, bangunan, dan sebagainya. Sehubungan dengan pemakaiannya pada teknik mesin, sifat logam yang penting adalah sifat mekanis, fisik, dan kimia yang sangat menentukan kualitasnya.

Pada saat ini penggunaan bahan logam *ferro* seperti besi dan baja masih menjadi bahan industri yang dominan untuk perencanaan komponen-komponen mesin ataupun untuk bidang konstruksi, sedangkan untuk pemakaian bahan *nonferro* yang semakin meningkat setiap tahunnya seperti aluminium dan tembaga yang digunakan untuk kebutuhan komponen-komponen otomotif yang terbuat dari bahan tersebut dengan logam paduan. Seperti tembaga (Cu) yang dapat dipadukan dengan seng (Zn), timah (Sn), timbal (Pb) dan sebagainya. Tembaga yang dipadukan dengan timah akan menghasilkan perunggu. Perunggu merupakan paduan antara tembaga dan timah dalam arti yang

sempit, tetapi dalam arti yang luas perunggu berarti paduan tembaga dengan unsur logam lainnya selain seng. Dibandingkan dengan tembaga murni, perunggu merupakan paduan yang mudah dicor dan memiliki keuletan yang lebih tinggi, demikian juga dengan kekuatan ausnya dan ketahanan korosinya, oleh karena itu perunggu banyak digunakan berbagai macam komponen mesin, alat-alat instrument musik, medali, selongsong peluru dan sebagainya. (Amanto, Hari dan Daryanto., *Ilmu Bahan*, 1999)

Mengolah biji tembaga menjadi logam tembaga memerlukan energi yang besar dan biaya yang mahal untuk mendapatkan logam tembaga. Masalah yang utama pada keterbatasan biji tembaga di alam dikarenakan biji tembaga merupakan salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Untuk kebutuhan industri maka berbagai macam jenis material telah diteliti dan dikembangkan untuk dimanfaatkan kembali menjadi bahan logam yang telah dibentuk dan dipakai, sebagai cara penanggulangan pemakaian sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Secara industri sebagian besar pengguna tembaga dipakai sebagai kawat atau bahan untuk penukar panas dalam memanfaatkan hantaran listrik dan panasnya yang baik, namun tembaga juga dapat digunakan dengan melihat sifat tembaga yang memiliki ketahanan ausnya dan ketahanan korosi dan mempunyai kekuatan yang cukup tinggi serta banyak digunakan untuk berbagai komponen mesin, bantalan, pegas, dan coran artistik. Dengan melakukan proses peleburan tertentu maka akan didapat sifat mekanik yang sesuai dengan sifat coran yang diinginkan, selain itu pemilihan perencanaan proses peleburan juga dapat mempengaruhi dan menentukan sifat-sifat dari hasil coran.

Pada penelitian ini yang dilakukan adalah teknik pengecoran logam, yaitu tembaga yang dipadukan dengan Timah dengan menggunakan variable jumlah persentase paduan timah pada temperatur 1150⁰C. Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini mengambil judul :**“Kajian Eksperimental Pengaruh Paduan Timah Aki (10%, 15%, 20%, 25%) Pada Coran Tembaga Pipa AC (Air Conditioner) Bekas Terhadap Sifat Mekanik”**.

1.2 Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan bahan tembaga dengan paduan timah aki, pada proses peleburan dilakukan pada temperatur 1150⁰C untuk melihat pengaruh timah pada coran tembaga terhadap sifat mekaniknya. Spesimen hasil coran tembaga-timah akan diuji tarik, kekerasan dan pengujian impak di lab Metalurgi Fisik yang ada di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya guna untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik material yang baru dibentuk.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan skripsi mengenai pengecoran tembaga paduan timah ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui mekanisme teknik pengecoran tembaga paduan timah.
2. Untuk mengetahui pengaruh persentase paduan timah pada coran tembaga terhadap sifat mekanik.
3. Sebagai salah satu syarat untuk mengikuti sidang sarjana.

1.4 Metode Penelitian

1. Desain Penulisan

Dalam hal ini penulis memaparkan suatu masalah secara jelas dan mengemukakan alasan-alasan dengan disertai bukti-bukti yang diperoleh dari studi literatur dan hasil-hasil dari pengujian-pengujian di laboratorium.

2. Metode Pengambilan Data

Metode yang digunakan dalam mengumpulkan dan mendapatkan data dalam penulisan skripsi ini adalah :

a. Studi Literatur dan Internet Browsing

Penulis mendapatkan informasi dengan cara membaca dan mempelajari buku-buku dan juga mencari informasi dari internet yang berkaitan dengan objek penelitian untuk mendapatkan dasar teori yang berkaitan dengan penulisan skripsi ini.

b. Proses pembuatan sampel untuk dilakukan pengujian di laboratorium.

c. Metode pengkajian dan pemeriksaan

Melakukan pengkajian dan pemeriksaan terhadap spesimen yang telah dilakukan proses pengecoran tembaga paduan timah dengan persentase yang berbeda untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik antara spesimen tersebut. Metode pengujian yang dilakukan :

1. Pengujian Kekerasan
2. Pengujian Impak
3. Pengujian Tarik

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

1 PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang penulisan, batasan masalah, tujuan penulisan, metode penelitian serta sistematika penulisan.

2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan definisi pengecoran, klasifikasi pengecoran, pengertian tembaga, sifat-sifat

tembaga, unsur-unsur paduan tembaga, analisa sifat mekanik, serta dasar teori pengujian tarik, impak dan kekerasan.

3 METODE PENELITIAN

Berisikan diagram alir penelitian serta prosedur penelitian.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan data-data hasil pengujian, analisa dan pembahasan mengenai hasil-hasil yang didapat dari pengujian tersebut.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan kesimpulan dan saran.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Pengecoran

Proses pengecoran logam (*casting*) adalah salah satu teknik pembuatan produk dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan ke dalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat. Sebagai suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan, pengecoran digunakan untuk menghasilkan bentuk asli produk jadi. Dalam proses pengecoran, ada empat faktor yang berpengaruh atau merupakan ciri dari proses pengecoran, yaitu :

1. Adanya aliran logam cair ke dalam rongga cetak.
2. Terjadi perpindahan panas selama pembekuan dan pendinginan dari logam dalam cetakan.
3. Pengaruh material cetakan.
4. Pembekuan logam dari kondisi cair.

2.2 Klasifikasi Metode Pengecoran

Klasifikasi pengecoran berdasarkan umur dari cetakan, ada pengecoran dengan cetakan nonpermanen/cetakan sekali pakai yang terbuat dari bahan pasir (*expendable mold*) dan ada pengecoran dengan cetakan permanen atau cetakan yang dipakai berulang-ulang kali yang biasanya dibuat dari logam (*permanent mold*) yang memiliki kegunaan dan keuntungan yang berbeda.

2.2.1 Pengecoran Permanen

Pengecoran permanen menggunakan cetakan permanen (*permanent mold*) yaitu cetakan yang dapat digunakan berulang-ulang dan biasanya dibuat dari logam. Cetakan permanen yang digunakan adalah cetakan logam yang biasanya digunakan pada pengecoran logam dengan suhu cair rendah. Coran yang dihasilkan mempunyai bentuk yang tepat dengan permukaan licin sehingga pekerjaan pemesinan berkurang. Pengecoran permanen antara lain:

1. Pengecoran Gravitasi (*Gravity Permanent Mold Casting*)

Pengecoran gravitasi adalah pengecoran dimana logam cair yang dituangkan ke dalam saluran masuk menggunakan gravitasi. Karena adanya tekanan gravitasi, cairan logam mengisi ke seluruh ruang dalam rongga cetakan.

2. Pengecoran Cetak Tekan (*Pressure Die Casting*)

Pengecoran cetak tekan/tekanan adalah pengecoran dimana logam cair yang dituangkan ke dalam saluran masuk menggunakan bantuan tekanan dari luar.

3. Pengecoran Sentrifugal (*Centrifugal Die Casting*)

Pengecoran sentrifugal adalah pengecoran yang menggunakan cetakan berputar, cetakan yang berputar akan menghasilkan gaya sentrifugal yang akan mempengaruhi kualitas coran. Coran yang dihasilkan akan memiliki bentuk padat, permukaan halus dan sifat fisik struktur logam yang unggul. Pengecoran sentrifugal biasanya digunakan untuk benda coran yang berbentuk simetris.

2.2.2 Pengecoran Non Permanen

Pengecoran *expendable mold* menggunakan cetakan yang tidak permanen, hanya dapat digunakan satu kali. Perbedaan antara cetakan permanen dengan cetakan non-permanen terletak pada penggunaan bahan cetakan dimana cetakan permanen menggunakan logam dan cetakan non-permanen menggunakan pasir. Pengecoran cetakan pasir memberikan fleksibilitas dan kemampuan yang tinggi jika dibandingkan dengan cetakan logam. Pengecoran cetakan pasir memiliki keunggulan antara lain mudah dalam pengoperasiannya, biayanya relatif lebih murah dan dapat membuat benda dengan ukuran yang besar.

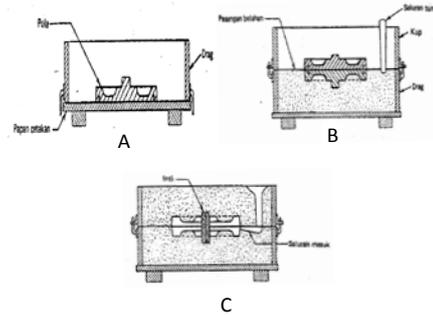
Cetakan biasanya dibuat dengan memadatkan pasir. Pasir yang dipakai biasanya pasir alam atau pasir buatan yang mengandung tanah lempung. Cetakan pasir mudah dibuat dan tidak mahal. Pasir yang digunakan kadang-kadang dicampur pengikat khusus, misalnya air-kaca, semen, resin furan, resin fenol atau minyak pengering, karena penggunaan zat-zat tersebut memperkuat cetakan atau mempermudah operasi pembuatan cetakan. Logam yang dapat digunakan pada pengecoran ini adalah besi, baja, tembaga, perunggu, kuningan, aluminium ataupun logam paduan. Pengecoran non-permanen antara lain:

1. Cetakan pasir basah (*Green-Sand Mold*)

Cetakan ini dibuat dari pasir cetak basah. Cetakan pasir basah merupakan cetakan yang paling banyak digunakan. Prosedur pembuatan cetakan pasir basah dapat dilihat pada Gambar 2.1

2. Cetakan kulit kering

Cetakan kulit kering merupakan cetakan pasir yang menggunakan campuran pengikat. Cetakan ini dapat memiliki kekuatan yang meningkat jika permukaan dalam cetakan dipanaskan atau dikeringkan sebelum dituangkan logam cair, cetakan kuit kering dapat diterapkan pada pengecoran produk-produk yang besar.



gambar 2. 1 : pembuatan cetakan pasir (Prof.Ir.Tata Surdia, M.S. Met.E teknik pengecoran logam)

Dari gambar 2.1 dapat terlihat pada gambar 2.1 A. Belahan pola diletakkan di atas papan cetakan, drag siap diisi pasir. Gambar 2.1.B. Drag telah dibalik dan pasakan belahan pola diletakkan di atasnya. Kup siap untuk diisi Pasir. Gambar 2.1.C. Cetakan telah siap pakai lengkap dengan inti kering ditempatnya.

3. Cetakan pasir kering (*Dry-sand molds*)

Cetakan dibuat dari pasir yang kasar dengan campuran bahan pengikat. Sebelum digunakan, cetakan ini harus dipanaskan di dalam dapur karena tempat cetakan terbuat dari logam. Cetakan pasir kering tidak menyusut jika terkena panas dan bebas dari gelembung udara. Cetakan pasir kering banyak digunakan pada pengecoran baja.

4. Cetakan Lempung (*Loam molds*)

Cetakan lempung digunakan untuk benda cor yang besar. Kerangka cetakan terdiri dari batu bata atau besi yang dilapisi dengan lempung dimana permukaannya diperhalus. Selanjutnya cetakan dikeringkan agar kuat menahan beban logam cair. Pembuatan cetakan lempung memakan waktu yang lama sehingga agak jarang digunakan.

5. Cetakan furan (*Furan molds*)

Pada cetakan ini, pasir kering dan tajam dicampur dengan asam fosfor. Kemudian resin furan ditambahkan secukupnya dan campuran diaduk hingga mesin merata. Langkah selanjutnya, pasir dibentuk dan dibiarkan mengeras, biasanya dibutuhkan waktu 1 atau 2 jam agar bahan cukup keras. Pasir resin furan dapat digunakan sebagai dinding atau permukaan pada pola sekali pakai.

6. Cetakan CO₂

Pasir yang bersih dicampur dengan natrium silat dan campuran dipadatkan di sekitar pola. Kemudian dialirkan gas CO₂ dan campuran tanah akan mengeras. Cetakan CO₂ diterapkan untuk bentuk yang rumit dan dapat menghasilkan permukaan yang licin. Pasir cetak yang digunakan harus memiliki bentuk dan ukuran yang halus dan bulat serta memiliki syarat-syarat sebagai berikut :

- Kemampuan pembentukan adalah sifat ini memungkinkan pasir cetak bisa mengisi semua sisi dan ujung dari pola sehingga menjamin bahwa hasil coran memiliki dimensi yang benar.
- Plastisitas adalah bisa bergerak naik maupun turun mengisi rongga-rongga yang kosong.
- Kekuatan basah adalah kekuatan ini menjamin cetakan tidak hancur/rusak ketika diisi dengan cairan logam ataupun ketika dipindah-pindahkan.
- Kekuatan kering adalah kekuatan yang diperlukan pada saat cetakan mengering karena perpindahan panas dengan cairan logam.
- Permeabilitas adalah kemampuan cetakan untuk membebaskan udara panas dan gas dari dalam cetakan selama operasi pengecoran melalui celah-celah pasir cetak. (Surdia, Tata., *Teknik Pengecoran Logam*, 1992)

2.2.3 Klasifikasi Tembaga

Tembaga biasanya diambil dari bijih dasar pada Copperpyrites (tanah tambang dimana tembaga bereaksi secara kimia dengan besi dan belerang = CuFeS₂). Proses pengolahan logam agak rumit, akan tetapi yang terpenting sebagai berikut :

- Bijih-bijih logam dikonsentrasikan, yaitu dilakukan proses basah untuk menghilangkan lumpur sebanyak mungkin.
- Konsentrasi ini lalu dipanaskan pada arus udara, sehingga banyak menghilangkan belerang, lalu dioksidasikan menjadi terak yang mengapung diatas cairan murni tembaga sulfide (Cu₂S).
- Tembaga sulfide cair dipisahkan dari terak. Sejumlah tembaga sulfide dioksidasikan, lalu

membentuk reaksi kimia dengan sisa sulfide menghasilkan tembaga kasar. Tembaga kasar lalu diolah dengan dua cara, yaitu dicairkan lagi dalam dapur sehingga kotoran lepas dan dengan cara elektrolisis. Elektrolisis yang menggunakan sebatang tembaga kasar sebagai anoda dan lempengan tipis tembaga murni sebagai katoda. Selama elektrolisis, tembaga anoda berkurang perlahan-lahan dan tembaga dengan kemurnian tinggi termuat pada katoda. Tembaga katoda yang terbentuk adalah 99,97% murni.



Gambar 2. 2 : tembaga (<http://google/copper.jpg>)

Tembaga ialah salah satu logam penting sebagai bahan teknik yang pemakaiannya sangat luas baik digunakan dalam keadaan murni maupun dalam bentuk paduan. Tembaga memiliki kekuatan Tarik 150 N/mm² sebagai tembaga cor dan dengan proses pengerjaan dingin kekuatan tarik tembaga dapat ditingkatkan hingga 390 N/mm² demikian pula dengan angka kekerasannya dimana tembaga cor memiliki angka kekerasan 45 HB dan meningkat hingga 90HB melalui proses pengerjaan dingin, dengan demikian juga akan diperoleh sifat tembaga, serta dapat dipertahankan walaupun dilakukan proses perlakuan panas misalnya dengan Tempering. Sifat listrik dari tembaga sebagai penghantar panas yang baik (*Electrical and Thermal Conductor*). Salah satu sifat yang baik dari tembaga ini juga adalah ketahanannya terhadap korosi *atmospheric* bahkan jenis korosi yang lainnya . (Amanto. Hari dan Daryanto, *Ilmu Bahan*, 1999)

Tabel 2. 1 : sifat fisis dan mekanik dari tembaga murni

Sifat fisis	Satuan
Densitas	8.94 g/cc
Sifat mekanik	Satuan
Modulus elastisitas	120-128 Gpa
Poisson ratio	0.340
Modulus geser	48.0 Gpa

(sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Tembaga>)

2.3 Unsur-unsur paduan tembaga

Tembaga Paduan (*Copper Alloy*) paling banyak digunakan sebagai bahan teknik karena memiliki berbagai keuntungan, antara lain :

1. Memiliki sifat mekanik yang baik, sifat penghantar listrik yang tinggi, serta ketahanan aus.
2. Mudah dibentuk melalui permesinan.
3. Mudah dibentuk melalui pengerjaan panas (*hot working*) dan pengerjaan dingin (*Cold Working*).
4. Mudah disambung melalui penyoderan, *brazing*, dan pengelasan.
5. Mudah dipoles atau diplating jika dikehendaki. Serta *Pressing* dan *forging* temperatur lebih rendah dibanding dengan pemakaian bahan logam ferro.

Tembaga paduan (*copper Alloy*) dapat dikelompokkan menjadi ;

1. Tembaga paduan rendah yang termasuk dalam kelompok ini adalah perak-tembaga, kadmium-tembaga, telurium-tembaga, Berylium-tembaga dan paduan tembaga-nikel-silikon.
2. Tembaga paduan dengan kadar tinggi, yaitu kuningan dan perunggu.

2.3.1 Tembaga Paduan Dengan Kadar Rendah

Tembaga paduan rendah diantaranya sebagai berikut, yaitu :

1. Perak-tembaga, temperatur pelunakan dari jenis ini dapat ditingkatkan dari 200^o hingga 350^o melalui penambahan unsur nikel dengan 0,08%. Tembaga ini akan menjadi lebih keras dan tegangan yang tidak dapat direduksi oleh temperatur penyoderan, penimahan, atau proses lain yang menggunakan temperatur rendah. Unsur perak dengan kadar rendah ini hanya sedikit sekali terjadi efek penyimpangan dan tergantung pada nilai konduktifitas dari tembaga itu sendiri. Tembaga paduan ini digunakan sebagai bagian dari komutator komponen radiator serta berbagai penerapan yang memerlukan kekerasan dan tegangan stabil tanpa dipengaruhi oleh panas akibat pengaruh proses penyambungan.
2. Kadmium-tembaga, kadar kadmium sebesar 1% pada tembaga akan meningkatkan *softening Tempertur*, demikian pula ketahanan, tegangan dan keuletan serta kelelahannya akan meningkat. Kadmium tembaga digunakan dalam konduktor untuk memperpanjang garis rentang *overhead* kabel hantaran arus listrik serta untuk ketahanan pada elektroda las. Sifat lembut dari kabel tersebut digunakan dalam kawat listrik dari pesawat terbang karena sifatnya yang flexible serta tahan terhadap getaran. Kadar kadmium yang rendah hanya akan terjadi

kerusakan memanjang tergantung pada konduktifitas tembaga itu sendiri.

3. Khronium-tembaga, unsur khronium hingga 0,5% pada tembaga akan memperkecil pengaruh konduktifitasnya, namun kekerasan serta tegangannya akan meningkat serta akan menerima reaksi perlakuan panas. Analisis terhadap diagram keseimbangan paduan antara khronium dengan tembaga memberikan indikasi bahwa hanya sedikit saja kuantitas khronium yang dapat tercampur dalam larutan pada (*solid solution*). Larutan padat dari khronium akan meningkat sesuai dengan peningkatan temperaturnya dan semua unsur khronium akan masuk didalam larutan padat pada temperatur 1000^oC. jika paduan ini diquenching dari temperature ini akan terjadi solution treated sehingga semua sisa khronium akan tetap berada didalam larutan padat dan menghasilkan paduan yang ulet dan liat. Proses pengendapan dilakukan untuk memperbaiki keseimbangan serta perbaikan sifat mekaniknya yaitu dengan memberikan pemanasan ulang dengan temperatur hingga 500^oC dengan waktu (*holding time*) selama 2 jam dan kemudian didinginkan.
4. Tellurium-tembaga, telurium pada tembaga hingga sebesar 0,5% akan menghasilkan paduan tembaga yang dapat dibentuk dengan baik dalam proses permesinan. Tellurium tidak dapat larut didalam tembaga namun akan menyebar seluruhnya ketika paduan ini dilebur dan tersisa didalam bentuk partikel-partikel halus, dimana paduan dalam keadaan padat, dengan demikian akan diperoleh paduan tembaga yang dapat dengan mudah dibentuk melalui permesinan dan menghasilkan chip yang mudah terlepas.
5. Berelium-tembaga, berelium digunakan sebagai unsur paduan pada tembaga jika kekuatannya lebih penting daripada konduktifitasnya. Berelium memberikan indikasi bahwa hanya sedikit unsur berelium yang masuk kedalam larutan padat dari tembaga dan sisa berelium akan tersusun dengan unsur tembaga hingga mencapai temperatur ruang dalam bentuk γ .
6. Paduan Tembaga-nikel-silikon, jika nikel dan silicon dalam perbandingan 4 berbanding 1, yaitu 4 bagian nikel dan 1 bagian silicon dipadukan di dalam tembaga pada temperatur tinggi maka akan terbentuk sebuah unsure yang disebut nikel silisida (Ni_2Si) dan pada temperatur rendah paduan ini akan sesuai untuk pengendapan dala perlakuan panas, dimana proses pelarutan akan diperoleh dalam proses *quenching* dari temperatur 700^oC dan akan diperoleh sifat paduan tembaga yang lunak dan ulet, kemudian dilanjutkan dengan memberikan pemanasan pada temperature 450^oC maka akan

meningkatkan kekerasan serta tahanan dari paduan tembaga tersebut. Persentase kadar nikel dan silikon ini disesuaikan dengan kebutuhan dari sifat yang dihasilkan, biasanya antara 1% hingga 3%. Paduan tembaga ini akan memiliki sifat *thermal dan electrical conductivity* yang baik dan tahan terhadap pembentukan kulit dan oksidasi serta dapat mempertahankan sifat mekaniknya pada temperature tinggi dalam jangka waktu yang lama.

2.3.2 Tembaga Paduan Tinggi

Tembaga paduan tinggi diantaranya sebagai berikut:

1. Kuningan (*brasses*)

Kuningan adalah paduan tembaga dengan lebih dari 50% seng, namun seringkali ditambah dengan timah putih dan timah hitam serta aluminium serta silikon. Analisis terhadap diagram keseimbangan dari paduan tembaga seng memperlihatkan bahwa paduan tembaga seng, kadar seng diatas 37% dapat diterima dalam tembaga dan akan membentuk larutan padat yang disebut (α). Proses larutan seng didalam tembaga tidak berkembang oleh perubahan temperatur, dengan demikian kuningan kuningan bukan paduan yang terbentuk oleh pendedapan. Kuningan dengan kandungan seng diatas 37% disebut kuningan α , yang merupakan paduan mampu pengerjaan dingin karena terbentuk dari struktur larutan padat. Paduan ini tidak cocok terhadap pengerjaan panas. Jika kadar seng pada paduan tembaga melebihi 37% maka akan terjadi fase kedua yaitu fase $\alpha + \beta$ dengan keuletan seimbang pada temperatur ruangan sebab keuletan dari Kristal α mengganti kerapuhan dari Kristal β . Kuningan dari jenis ini memiliki sifat mampu pengerjaan panas, hal ini disebabkan karena atom β tersebar pada temperature tinggi dan akan membentuk keuletan pada fase β dan pada saat yang bersamaan kristal α akan menjadi rapuh pada temperatur tinggi dan larut kedalam fase β sehingga paduan akan bersifat ulet pada temperatur yang lebih tinggi. Kuningan dengan kadar seng 45% komposisinya terdiri atas Kristal secara menyeluruh dengan sifat yang sangat rapuh pada temperatur ruangan, hal ini terlihat pada diagram kesetimbangan tembaga seng, dimana temperature titik cair seng lebih rendah dibandingkan titik cair dari tembaga. (Sudjana Hardi, *Teknik Pengecoran Jilid I*, 2008)

2. Perunggu

Paduan ini dikenal oleh manusia sejak lama sekali. Perunggu merupakan paduan antara tembaga dan timah dalam arti sempit, tetapi dalam arti yang luas perunggu berarti paduan antara tembaga dengan unsur logam lainnya

selain dari seng. Dibandingkan dengan tembaga murni, perunggu merupakan paduan yang mudah dicor dan mempunyai kekuatan yang lebih tinggi, demikian juga dengan ketahanan ausnya dan ketahanan korosinya, oleh karena itu banyak digunakan berbagai komponen mesin, penahan bantalan, pegas, coran artistik, dan sebagainya.

Berikut ini beberapa contoh dari pengecoran tembaga paduan, diantaranya ;

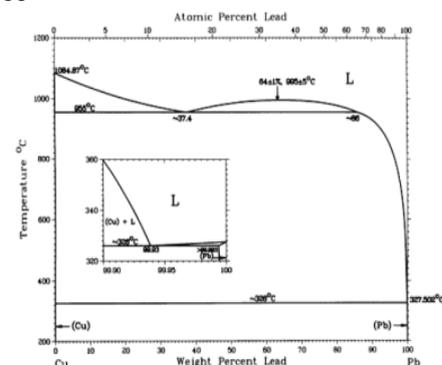
a. Perunggu posfor

Pada paduan tembaga posfor berguna sebagai penghilang oksida, oleh Karena itu penambahan posfor 0,05 sampai 0,5% pada paduan akan memberikan kecairan logam yang lebih baik. Perunggu posfor mempunyai sifat-sifat lebih baik dalam keelastisannya, kekuatan, dan ketahanan terhadap aus. Ada tiga macam perunggu posfor yang dipergunakan dalam industri yaitu perunggu biasa yang tidak mempunyai kelebihan P yang dipakai dalam proses menghilangkan oksida, perunggu posfor untuk pegas dengan kadar 0,05 sampai 0,15% yang ditambahkan kepada perunggu yang mengandung Sn kurang dari 10% dan perunggu posfor untuk bantalan yang mengandung 0,3 sampai 1,5% posfor ditambahkan kepada perunggu yang mengandung lebih 10% timah.

b. Perunggu aluminium

Paduan yang dipergunakan dalam industri mengandung 6 samapi 7% Al yang digunakan untuk pabrikan dan paduan dengan 9 sampai 10% dipergunakan untuk coran. Paduan ini mempunyai kekuatan yang baik daripada perunggu timah putih dengan sifat mampu bentuk yang lebih dan ketahanan korosi yang baik, sehingga penggunaannya lebih luas, akan tetapi mampu cornya kurang baik sehingga memerlukan teknik yang khusus pada proses pengecorannya.

c. Perunggu Timbal (*leaded bronzes*)



Gambar 2. 3: Diagram Fasa Cu-Pb (ASM Metal Handbook Vol.3, Alloy Phase Diagram)

2. Pengujian Tekan (*Compressed Test*)
3. Pengujian Bengkok (*Bending Test*)
4. Pengujian Pukul (*Impact Test*)
5. Pengujian Puntir (*Torsion Test*)
6. Pengujian Lelah (*Fatigue Test*)
7. Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*).

Pengujian tanpa merusak (*non destructive test*) terdiri dari:

1. *Dye Penetrant Test*
2. *Electro Magnetic Test*
3. *Ultrasonic Test*
4. Sinar Rongent

2.5.1 Pengujian Kekerasan

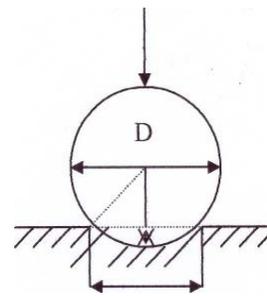
Kekerasan (*Hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*). Untuk mendapatkan nilai kekerasan yang merata maka dalam uji kekerasan dilakukan di 3 titik pada setiap daerah yang akan diuji. Kekerasan suatu material dapat diketahui/diukur dengan dengan 3 metode yaitu :

1. Metode goresan/*mohs*
2. Metode pantulan
3. Metode penekanan/identasi

Pengujian yang paling banyak dipakai adalah dengan menekan penekan tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan dengan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk diatasnya, cara ini dinamakan cara kekerasan dengan penekanan. Kekerasan juga didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban identasi atau penetrasi (penekanan). Didunia teknik, umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan, yakni :

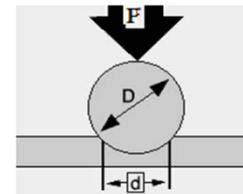
1. Metode Brinell (*Brinell Hardness Test*)

Pengujian kekerasan Brinell menggunakan penumbuk (*penetrator*) yang terbuat dari bola baja yang diperkeras (*tungsten carbide*). Selama pembebanan, beban ditahan 10 sampai 30 detik. Pemilihan beban tergantung dari kekerasan material, semakin keras material maka beban yang diterapkan juga semakin besar.



Gambar 2. 5 : metode penekanan Brinell

Pada pengujian brinell permukaan spesimen harus benar-benar bersih dari lapisan korosi, kerak, dll, agar tidak terjadi kesalahan dalam pengukuran. Permukaan benda uji harus benar-benar rata, tidak boleh miring karena kalau ini terjadi maka akan terjadi kesalahan dalam pengukuran luas permukaan bekas penekanan, sehingga ketepatan dalam ketelitian akan berkuang. Angka kekerasan brinell disimbolkan dengan *HBN (Brinell Hardness Number)*.



Gambar 2. 6 : dasar pengukuran angka kekerasan Brinell

$$BHN = \frac{P}{(\pi D/2)(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

dimana :

P = Beban/gaya penekan (kg/N)

D = Diameter bola baja (mm)

d = Diameter bekas penekanan (mm)

2.5.2 Pengujian Impak

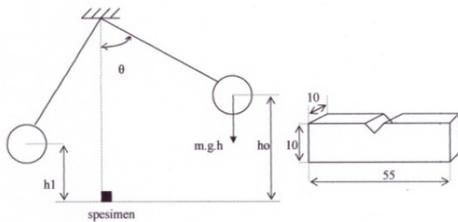
Material yang ulet dapat menjadi patah getas bila disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu :

- a. Terdapatnya takikan (*notch*) pada material tersebut.
- b. Adanya kecepatan pembebanan yang tinggi menyebabkan regangan yang tinggi.
- c. Adanya temperatur atau suhu yang rendah, seperti pada air es atau dengan diberi nitrogen cair.

Energi dari pengujian impak adalah energi potensial dari pendulum (*hammer*) yang mengenai benda pada temperatur tertentu dan hasil dari pengujian impak berupa sudut akhir dan sudut mula-mula, kemudian hasil dari pengujian tumbuk yang berupa sudut tersebut dihitung dengan formula $\sigma_i = P_{max} / A_o$ kemudian hasil yang didapat dari perhitungan

tersebut dimasukkan dalam satuan Joule. Berdasarkan hasil pengujian impact, dapat ditentukan temperatur transisi dari sifat ulet ke sifat getas dari suatu material paduan. Sehingga dapat diketahui berapa besar kekuatan material paduan dapat menahan beban Impact.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *Charpy Impact Testing Machine* dengan $P= 25,68$ kg, $D= 0,6490$ dan spesimen dengan standar JIS diuji dengan sudut angkat palu $\alpha = 146,5^{\circ}$.



Gambar 2.7 : spesimen pengujian impact

Pada uji impact kita mengukur energi yang diserap untuk mematahkan benda uji. Setelah benda uji patah, bandul berayun kembali. Makin besar energi yang diserap, makin rendah ayunan kembali dari bandul. Energi impact dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E_1 = P (D - D \cos \alpha)$$

$$E_2 = P (D - D \cos \phi)$$

$$E = E_1 - E_2 = P D (\cos \phi - \cos \alpha)$$

Dimana :

E_1 = Energi potensial yang ditahan pada sudut

angkat (α) dari palu.

E_2 = Energi energi yang ditahan pada sudut ayun

(ϕ) dari palu.

P = Berat palu (kg)

D = Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat gravitasi (m).

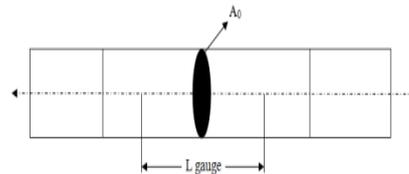
α = Sudut angkat palu.

ϕ = Sudut ayun setelah palu mengenai spesimen.

2.5.3 Pengujian Tarik

Kekuatan tarik bahan paduan diartikan sebagai kemampuan bahan paduan menahan deformasi (perubahan panjang). Perubahan panjang yang terjadi direkam oleh alat pencatat dalam bentuk diagram tarik antara beban-beban (P) dan dan

pertambahan panjang (Δl). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui beberapa sifat mekanik dari spesimen diantaranya kekuatan tarik, *elastisitas stiffness* (kekakuan), maupun keuletan dari komposit tersebut. Bentuk dan ukuran spesimen uji tarik ini dibuat sesuai dengan standar JIS Z 2201. Pada pengujian tarik diberikan beban gaya tarik searah sumbu yang bertambah besar secara continue, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai pertambahan panjang yang dialami benda uji tarik tersebut. Bentuk dan besaran pada kurva tegangan-regangan suatu material tergantung pada sifat-sifat dari material tersebut.



Gambar 2.8 : spesimen uji tarik

Spesimen yang telah dipersiapkan dilakukan uji tarik dengan menggunakan *Universal Testing Machine Rat - 30P* dengan kapasitas 30TF. Pada pengujian ini beban yang digunakan adalah beban minimum yaitu 3TF. Pada pengujian tarik *cross head* tetap selama pengujian. Besar beban yang diperlukan serta perubahan panjang yang terjadi direkam oleh alat pencatat dalam bentuk diagram tarik antara beban (P) dan pertambahan panjang (Δl). Berdasarkan beban tarik *versus* pertambahan panjang dapat dihitung :

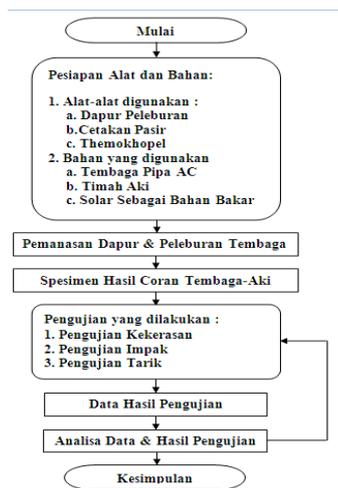
$$\text{Tegangan tarik } (\sigma) = P/A$$

$$\text{Kekuatan tarik } (\sigma_u) = F_{\max}/A_0$$

3 METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada proses penelitian ini terdapat beberapa tahapan-tahapan atau langkah kerja untuk mendapatkan hasil dari penelitian.



Gambar 3. 1 : Diagram Alir

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pengecoran tembaga timah dengan cara teknik pengecoran logam (*Casting*) terdiri dari beberapa tahapan, yaitu :

1. Tahapan Persiapan
2. Tahapan Percobaan dan Pengecoran Spesimen uji
3. Tahapan Pembuatan sample pengujian
4. Tahapan Pengujian

3.2.1 Tahap Persiapan

Tahapan persiapan adalah langkah kerja untuk mempersiapkan sesuatu yang berhubungan dengan percobaan, diantaranya :

1. Persiapan bahan baku

Bahan yang digunakan dalam proses pengecoran :

- a. Tembaga
- b. Timah
- c. Solar sebagai Bahan bakar tungku peleburan

Persiapan bahan dilakukan dengan cara memotong sejumlah tembaga dan timah menjadi potongan kecil agar mempermudah pemasukan bahan ke dalam kowi, kemudian bahan tersebut ditimbang dengan komposisi yang diinginkan. Pada peleburan ini, total berat paduan tembaga timah adalah 2000 gram (100%), dengan perincian persentase penambahan timah (10%, 15%, 20%, 25%) adalah sebagai berikut :

Timah 10% : 200 gram Timah - 1800 gram tembaga = 2000 gram

Timah 15% : 300 gram Timah - 1700 gram tembaga = 2000 gram

Timah 20% : 400 gram Timah - 1600 gram tembaga = 2000 gram

Timah 25% : 500 gram Timah - 1500 gram tembaga = 2000 gram

2. Persiapan alat-alat yang digunakan

- a. Dapur peleburan
- b. Cetakan spesimen
- c. Ladel/alat pengaduk
- d. Gerinda dan gergaji besi
- e. Kikir dan amplas
- f. Thermokopel
- g. Jangka sorong
- h. Alat uji kekerasan, Impak, dan tarik

3.2.2 Tahap percobaan dan pengecoran spesimen uji

Tahap percobaan merupakan rangkaian proses yang dilakukan untuk memperoleh suatu produk paduan yang berasal dari paduan tembaga dan timah. Berikut beberapa tahapan proses pengecoran :

1. Mempersiapkan tungku krusibel

Persiapan awal percobaan yakni dengan menyiapkan tungku yang akan digunakan. Tungku yang digunakan adalah tungku krusibel dengan menggunakan bahan bakar solar serta menyiapkan peralatan lainnya seperti ladel

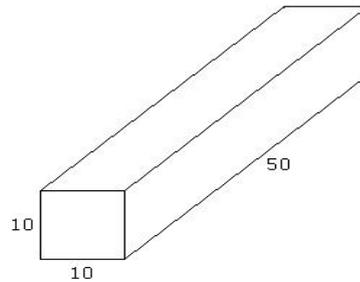
2. Persiapan cetakan

Pada tahapan persiapan cetakan, yang dilakukan penulis adalah membuat pola cetakan yang terbuat dari kayu dengan bentuk balok dengan ukuran 28cm, tinggi 1,5 cm, dan lebar 2cm. pola tersebut akan dibentuk pada media pasir, sebelum pasir digunakan sebaiknya keadaan pasir tersebut telah diberi zat pengikat, sebelum pasir dimasukkan kedalam cetakan, sebaiknya kita melakukan pengayakan yang bertujuan agar memisahkan kotoran dan butir-butir pasir yang sangat kasar. Zat pengikat yang diberikan adalah sebanyak 5 persen dari jumlah pasir yang akan digunakan. Setelah itu, pasir di masukan kedalam cetakan dan apabila telah memenuhi bingkai cetakan, maka pasir cetak harus dipadatkan. Proses pemadatan dilakukan agar pasir tidak runtuh saat pola kayu diangkat dari cetakan. Gaya yang diberikan pada proses tersebut ialah gaya tumbukan dari arah vertical hingga mencapai kepadatan tertentu karena apabila gaya tidak benar-benar lurus maka dapat membuat pola bergeser sehingga ukuran cetakan tidak sesuai dengan pola.

3. Proses peleburan

Proses peleburan ini menggunakan tungku krusibel dengan menggunakan solar sebagai bahan bakarnya. Berikut tahapan-tahapan proses peleburan tembaga paduan timah :

- Tungku krusible dinyalakan dalam waktu yang cukup agar temperatur pembakaran dapat mencapai suhu yang di inginkan.
- Setelah itu tembaga dimasukkan ke dalam kowi secara bertahap dengan tujuan agar mempermudah tembaga tersebut mencair dengan cepat.
- Apabila tembaga telah mencair, maka kita dapat mencampurkan timah kedalam kowi sebagai unsur paduan serta melakukan proses pengadukan dengan menggunakan ladell yang terbuat dari baja.
- Selama proses peleburan, slag atau kotoran ampas yang dihasilkan dari bahan tembaga dan paduannya timah dibuang dengan menggunakan ladell agar pada saat proses penuangan, hasil coran tembaga paduan timah dapat mengalir dengan sempurna dan dapat mengurangi resiko cacat coran pada hasil coran tersebut.
- Jika tembaga dan timah telah mencair maka dapat dilakukan proses penuangan ke dalam cetakan.



Gambar 3. 2 : dimensi spesimen

1 Uji Kekerasan (modul pratikum material teknik 2008)

- Pemilihan diameter *steel ball* yang sesuai berdasarkan *hardness* dari spesimen dan letakan didalam *ball holder*.
- Tentukan juga *test load weight* yang sesuai dan letakan pada *weight sourceer*.
- Letakan *test specimen* yang akan diuji pada *sample bearer (7)* dan naikan dengan muatan *hard wheel* hingga sampai menyentuh *steel ball indenter*.
- Tutup relief valve dan naikan tekanan dalam silinder utama dengan *hand pump*, tekanan yang dihasilkan akan mengangkat beban dan keseimbangan beban terhadap hidroulik piston akan dapat dibaca pada *pressure gauge*.
- Tunggu sampai kira-kira tiga puluh detik (tergantung bahan dari spesimen) hingga *indentation* sempurna.
- Buka kembali *relief valve* dimana tekanan oli akan berkurang sampai ketitik nol.
- putar kembali *hand wheel* dan ukur *indentation* diameter dengan *measuring microscope*. Dalam melakukan pengukuran dianjurkan dilakukan masing-masing dua kali dari sudut yang berlawanan.
- Baca angka *hardness* pada *Hardness* tabel.

3.2.3 Tahap Pembuatan Spesimen

Tahapan pembuatan spesimen pengujian dapat dilakukan setelah memperoleh hasil coran, yakni dengan cara melakukan proses permesinan atau pembubutan terhadap hasil coran tembaga paduan timah dengan membentuk ukuran sesuai dengan ketentuan pada setiap pengujian yang akan dilakukan

Sampel uji yaitu Tembaga-Timah berjumlah 12 sampel, diantaranya sebagai berikut :

- Uji Kekerasan : 4 sampel
- Uji Tarik : 4 sampel
- Uji Impak : 4 sampel

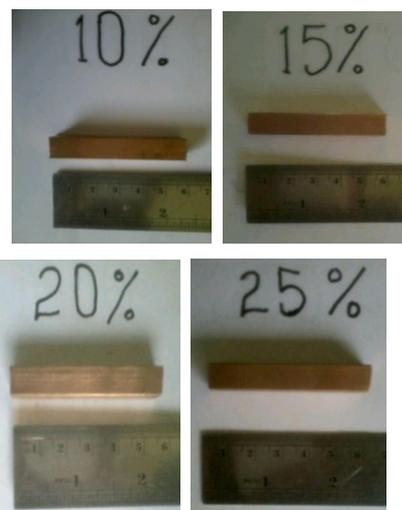
3.2.4 Tahap Pengujian

Sebagai kelanjutan dari proses percobaan adalah melakukan pengujian. Sampel yang telah diproses kemudian dilakukan pengujian-pengujian yang meliputi :

- Uji Kekerasan
- Uji Impak
- Uji Tarik

1. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan dari Tembaga-timah, berikut adalah urutan proses pengujian kekerasan dengan menggunakan metode brinell :

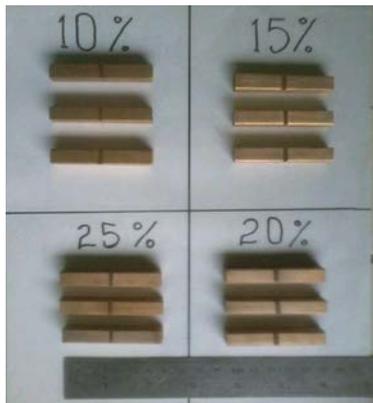


Gambar 3. 3: bentuk spesimen uji kekerasan

2. Uji Impact

Pengujian impact memiliki beberapa tahapan, antara lain :

- Siapkan spesimen untuk dilakukan uji impact
- Lakukan Kalibrasi alat ukur
- Letakkan spesimen pada meja pengujian
- Putar handle untuk melepaskan *hammer* dari pengunci sehingga *hammer* memukul spesimen secara tiba-tiba
- Setelah beban diberikan catat berapa besar sudut yang ditunjuk oleh jarum penunjuk.
- Ambil spesimen untuk diteliti.



Gambar 3.4 : spesimen uji impact

3. Uji Tarik

Uji Tarik Rekayasa Banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rencana dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada pengujian tarik, benda yang di uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami oleh benda uji. Tegangan yang digunakan pada kurva adalah tegangan yang membujur, rata-rata dari pengujian tarik memperoleh tegangan dengan membagi beban dengan luas penampang benda uji.

$$\sigma = P / A_0 \text{ (kgf/mm}^2\text{)}$$

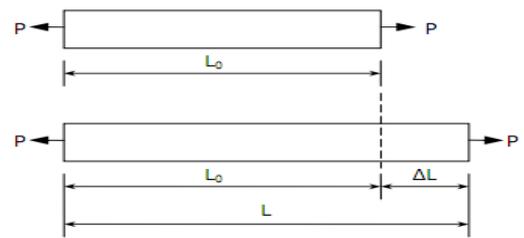
Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan rekayasa adalah regangan linear rata-rata, yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur benda uji, dengan membagi ukuran panjang awalnya.

$$e = (\Delta L / L_0) \text{ (%)}$$

Pada waktu menentukan regangan harus diperhatikan :

- Pada spesimen hasil coran tembaga-timah yang lunak sebelum patah terjadi pengerutan (pengecilan penampang) yang besar.
- Regangan terbesar (tegangan ultimated) terjadi pada tempat patahan tersebut,

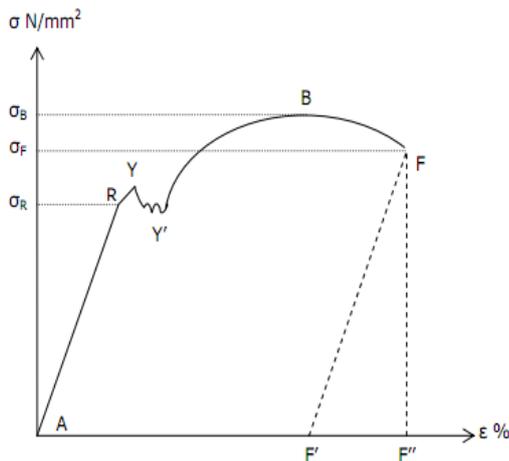
sedang pada kedua ujung benda uji paling sedikit meregang..



Gambar 3.5 : benda kerja bertambah panjang ketika diberi beban

Kurva tegangan tarik hasil pengujian tarik umumnya tampak pada gambar. Dari gambar tersebut dapat dilihat :

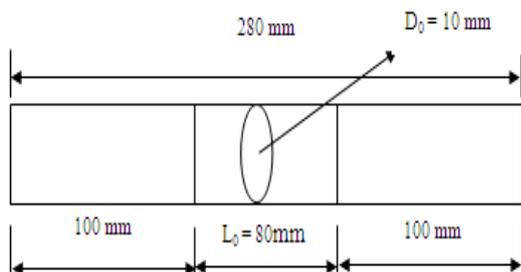
- AR garis lurus pada bagian ini, penambahan panjang sebanding dengan penambahan beban yang diberikan. Pada bagian ini berlaku hukum Hooke.
$$\Delta L = p/a \times L_0/E \text{ (mm)}$$
$$E = \sigma/E \text{ (N/mm}^2\text{)}$$
- Y disebut titik luluh.
- Y' disebut titik luluh bawah.
- Pada daerah YY' benda kerja seolah-olah mencair dan beban naik turun disebut daerah luluh.
- Pada titik B beban mencapai maksimum dan titik ini biasa disebut tegangan tarik maksimum. Pada titik ini terlihat jelas benda kerja mengalami pengecilan penampang (*necking*).
- Setelah titik B, beban mulai turun dan akhirnya patah di titik F (*failur*).
- Titik R disebut batas proposional, yaitu batas daerah elastis dan daerah AR disebut daerah elastis. Regangan yang diperoleh pada daerah ini disebut regangan elastis.
- Melewati batas proposional sampai dengan benda kerja putus, biasa dikenal dengan daerah plastis dan regangan disebut regangan plastis.
- Jika setelah benda kerja putus dan disambung lagi, kemudian diukur pertambahan panjangnya, maka regangan yang diperoleh dari hasil pengukuran ini adalah regangan plastis (AF').



Gambar 3.6 : kurva umum tegangan regangan uji tarik

Tegangan luluh adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan, definisi yang sering digunakan untuk sifat ini adalah kekuatan luluh ditentukan oleh tegangan yang berkaitan dengan perpotongan antara kurva tegangan-regangan dengan garis yang sejajar dengan elastic offset kurva oleh regangan tertentu. Di Amerika, metode offset biasanya ditentukan sebagai regangan 0,2 atau 1% ($e = 0,002$ atau $0,001$)

Cara yang baik untuk menentukan tegangan luluh offset adalah setelah benda uji diberi pembebanan hingga 0,2% keakuan luluh offset dan kemudian pada saat beban diiadakan maka benda ujinya akan bertambah panjang 0,1% sampai dengan 0,2%, lebih panjang daripada saat keadaan diam. Tegangan offset sering dinyatakan sebagai tegangan uji, dimana harga ofsetnya 0,1%. Kekuatan luluh yang diperoleh dengan metode offset biasanya digunakan untuk perencanaan dan keperluan spesifikasi, karena metode tersebut terhindar dari kesukaran dalam pengukuran batas elastis atau batas proposional.



Gambar 3.7 : dimensi spesimen uji tarik

Bentuk spesimen uji tarik dari hasil pengecoran sebagai berikut :



Gambar 3.8 : spesimen uji tarik

Berikut langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian tarik, antara lain :

1. Ukur keakuratan spesimen tarik.
2. Ukur panjang dan diameter spesimen mula-mula, untuk spesimen yang berbentuk plat, ukur tebal dan lebarnya.
3. Perkirakan beban tertinggi yang dapat di terima oleh spesimen.
4. Siapkan mesin tarik yang akan digunakan.
5. Catat skala beban pada mesin tarik.
6. Jalankan mesin tarik dan catat diameter spesimen setiap penambahan beban.
7. Setelah terjadi pengecilan setempat, catat diameter spesimen setiap pengurangan beban.
8. Setelah percobaan ukur diameter pada bagian yang putus.
9. Ukur kekerasan pada bagian yang mengalami pengecilan penampang seragam.

4 HASIL PENGUJIAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Data Pengujian Kekerasan

Jenis Mesin : *Brinell Hardness Tester Type BH-3CF*

Standar Pengujian : JIS Z 2243

Material yang Diuji : Tembaga-timah

Dari percobaan uji kekerasan brinell didapatkan data hasil percobaan, kemudian dihitung dengan perumusan sebagai berikut:

Diketahui : $P = 500$ kgf
 $D = 5$ mm
 $d = 3,25$ mm

Setelah nilai d didapatkan maka dapat menghitung nilai kekerasan (BHN) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 BHN &= \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\
 &= \frac{500}{\frac{3,14 \times 5}{2} (5 - \sqrt{25 - 10,5625})} \\
 &= 53,0610
 \end{aligned}$$

Data hasil pengujian kekerasan pada material Tembaga-timah dapat di lihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 1 Hasil pengujian kekerasan Tembaga-Timah 10%

No	Beban(kgf)	D(mm)	d(mm)	Kekerasan Brinell(BHN)
1	500	5	3,25	53,0610
2	500	5	3,30	51,2113
3	500	5	3,20	54,9982

Kekerasan tertinggi : 54,9982 BHN
 Kekerasan terendah : 51,2113 BHN
 Kekerasan rata-rata : 53,0910 BHN

Tabel 4. 2 Hasil pengujian kekerasan Tembaga-timah 15%

No	Beban(kgf)	D(mm)	d(mm)	Kekerasan Brinell(BHN)
1	500	5	3,40	47,7468
2	500	5	3,50	44,5632
3	500	5	3,45	46,1220

Kekerasan tertinggi : 47,7468 BHN
 Kekerasan terendah : 44,5632 BHN
 Kekerasan rata-rata : 46,1473 BHN

Tabel 4. 3 Hasil pengujian kekerasan Tembaga-timah 20%

No	Beban(kgf)	D(mm)	d(mm)	Kekerasan Brinell(BHN)
1	500	5	3,50	44,5632
2	500	5	3,45	46,1220
3	500	5	3,55	43,0660

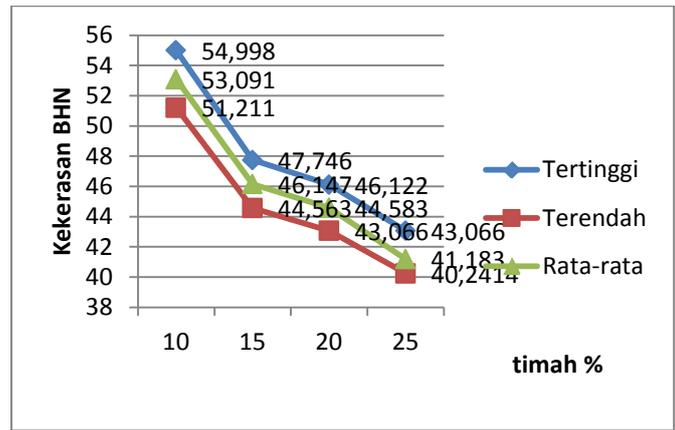
Kekerasan tertinggi : 46,1220 BHN
 Kekerasan terendah : 43,0660 BHN
 Kekerasan rata-rata : 44,5837 BHN

Tabel 4. 4 Hasil pengujian kekerasan Tembaga-timah 25%

No	Beban(kgf)	D(mm)	d(mm)	Kekerasan Brinell(BHN)
1	500	5	3,65	40,2414
2	500	5	3,65	40,2414
3	500	5	3,55	43,0660

Kekerasan tertinggi : 43,0660 BHN
 Kekerasan terendah : 40,2414 BHN
 Kekerasan rata-rata : 41,1830 BHN

Dapat diperoleh grafik perbandingan antara kekerasan rata-rata pada setiap persentase timah sebagai berikut :



Gambar 4. 1 : Grafik hasil uji kekerasan rata-rata

Keterangan :

P = Beban (kgf)

D = Diameter bola (mm)

d = Diameter bekas penekanan(mm)

BHN = Kekerasan brinell (*Brinell hardness number*)

4.1.1 Sampel Tembaga Paduan timah 10%

Tabel 4. 5 Perhitungan Standar Deviasi untuk sampel tembaga paduan timah 10% Tabel 4.5

Titik (n)	BHN (X)	BHN ² (X ²)
1	53,0610	2815,4697
2	51,2113	2622,5972
3	54,9982	3024,8020
Σ	159,2705	8462,8689

$$S = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{8462,8689 - \frac{(159,2705)^2}{3}}{3-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{8462,8689 - \frac{(25367,0921)}{3}}{2}}$$

$$S = \sqrt{\frac{8462,8689 - 8455,6973}{2}}$$

$$S = \sqrt{\frac{7,1716}{2}}$$

$$S = \sqrt{3,5858}$$

$$S = 1,8936$$

4.1.2 Sampel Tembaga Paduan timah 15%

Tabel 4. 6 Perhitungan Standar Deviasi untuksampel tembaga paduan timah 15%

Titik (n)	BHN (X)	BHN ² (X ²)
1	47,7468	2279,7569
2	44,5632	1985,8787
3	46,1120	2126,3165
Σ	138,4220	6391,9521

$$S = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{6391,9521 - \frac{(138,4220)^2}{3}}{3-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{6391,9521 - \frac{(19160,6500)}{3}}{2}}$$

$$S = \sqrt{\frac{6391,9521 - 6386,8833}{2}}$$

$$S = \sqrt{\frac{5,0688}{2}}$$

$$S = \sqrt{2,5344}$$

$$S = 1,5919$$

4.1.3 Sampel Tembaga Paduan timah 20%

Tabel 4. 7 Perhitungan Standar Deviasi untuk sampel tembaga paduan timah 20%

Titik (n)	BHN (X)	BHN ² (X ²)
1	44,5632	1985,8787
2	46,1220	2127,2388
3	43,0660	1854,6803
Σ	133,7512	5967,7978

$$S = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{5967,7978 - \frac{(133,7512)^2}{3}}{3-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{5967,7978 - \frac{(17889,3835)}{3}}{2}}$$

$$S = \sqrt{\frac{5967,7978 - 5963,1278}{2}}$$

$$S = \sqrt{\frac{4,6702}{2}}$$

$$S = \sqrt{2,3351}$$

$$S = 1,5281$$

4.1.4 Sampel Tembaga Paduan timah 25%

Tabel 4. 8 Perhitungan Standar Deviasi untuk sampel tembaga paduan timah 25%

Titik (n)	BHN (X)	BHN ² (X ²)
1	40,2414	1619,3702
2	40,2414	1619,3702
3	43,0660	1854,6803
Σ	123,5488	5093,4207

$$S = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{5093,4207 - \frac{(123,5488)^2}{3}}{3-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{5093,4207 - \frac{(15264,3059)}{3}}{2}}$$

$$S = \sqrt{\frac{5093,4207 - 5088,1016}{2}}$$

$$S = \sqrt{\frac{5,3191}{2}}$$

$$S = \sqrt{2,6595}$$

$$S = 1,6308$$

Keterangan :

P = Beban (kgf)

D = Diameter bola (mm)

d = Diameter bekas penekanan (mm)

BHN = Kekerasan brinell (*Brinell hardness number*)

4.1.5 Analisa Hasil Pengujian kekerasan

Dari tabel hasil pengamatan, maka dapat menganalisa perbandingan hasil pengecoran antara tembaga-timah (10%,15%,20%, dan 25%), serta kita menarik kesimpulan dari pengujian tersebut. Nilai kekerasan tembaga paduan timah mengalami penurunan kekerasan, nilai kekerasan yang dihasilkan oleh tembaga paduan timah 10% adalah 53,0910 BHN, tembaga paduan timah 15% adalah 46,1473 BHN, tembaga paduan timah 20% adalah

44,5837, sedangkan untuk tembaga paduan timah 25% adalah 41,1830. Penurunan nilai kekerasan ini juga dikarenakan pengaruh kadar persentase campuran timah ke dalam tembaga.

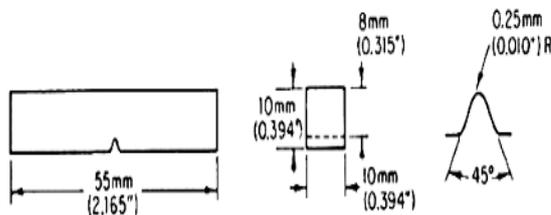
Dari uraian diatas terjadi penurunan sifat mekanik yang cukup besar nilai kekerasannya, yang dikarenakan pengaruh persentase timah terhadap tembaga yang berbeda-beda.

4.2 Data Pengujian Impak

Mesin Uji : Charpy Impact Testing
Machine Type CI-30

Jenis Takikan : V-notched Charpy Type

Material Yang Diuji : Tembaga paduan Timah
(10%,15%,20%,25%)



Simple beam V-notched Charpy type

Gambar 4.2 Dimensi spesimen uji impact

Dari percobaan uji impact didapatkan data hasil percobaan, kemudian dihitung dengan perumusan sebagai berikut:

Diketahui :

$$P = 26.68 \text{ kg} = 25.68 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 = 251.92 \text{ N}$$

$$D = 0.6490 \text{ m}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\theta = 89,5^\circ$$

Setelah didapat hasil diatas maka dapat dihitung energi impact dan permukaan patah dengan penyelesaian sebagai berikut:

$$E_1 = P (D - D \cos \alpha) = P D (1 - \cos \alpha)$$

$$E_2 = P (D - D \cos \Phi) = P D (1 - \cos \Phi)$$

$$E = E_1 - E_2 = P D (\cos \Phi - \cos \alpha)$$

$$E_1 = P (D - D \cos \alpha) = P D (1 - \cos \alpha)$$

$$= 251,92 \cdot 0.6490 (1 - \cos 90^0)$$

$$= 163,49 (1)$$

$$= 163,49 \text{ Joule}$$

$$E_2 = P (D - D \cos \Phi) = P D (1 - \cos \Phi)$$

$$= 251,92 \cdot 0.6490 (1 - \cos 86,5^0)$$

$$= 163,49 (0,939)$$

$$= 153,51 \text{ Joule}$$

$$E = E_1 - E_2$$

$$= 163,49 \text{ Joule} - 153,51 \text{ Joule} = 9,98 \text{ Joule}$$

Luas total permukaan patah:

$$A = P \times L = 8 \times 10 = 80 \text{ mm}^2$$

Data hasil pengujian impact pada material tembaga paduan timah 10%,15%,20%, dan 25% dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Impact Tembaga Paduan Timah 10%

No	Spesimen	P (N)	D (m)	Sudut (°)		Energi (Joule)
				A	Φ	
1	Tembaga-timah 10%	251,920	0,6490	90	86,5	9,98
2	Tembaga-timah10%	251,920	0,6490	90	87,0	8,55
3	Tembaga-timah 10%	251,920	0,6490	90	87,0	8,55

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Impact Tembaga Paduan Timah15%

No	Spesimen	P (N)	D (m)	Sudut (°)		Energi (Joule)
				A	Φ	
1	Tembaga-timah 15%	251,920	0,6490	90	88,0	5,69
2	Tembaga-timah15%	251,920	0,6490	90	87,0	8,55
3	Tembaga-timah 15%	251,920	0,6490	90	87,5	7,13

Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Impact Tembaga PaduanTimah 20%

No	Spesimen	P (N)	D (m)	Sudut (°)		Energi (Joule)
				A	Φ	
1	Tembaga-timah 20%	251,920	0,6490	90	88,0	5,69
2	Tembaga-timah20%	251,920	0,6490	90	87,5	7,13
3	Tembaga-timah 20%	251,920	0,6490	90	87,5	7,13

Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Impact Tembaga Paduan Timah 25%

No	Spesimen	P (N)	D (m)	Sudut (°)		Energi (Joule)
				A	Φ	
1	Tembaga-timah 25%	251,920	0,6490	90	88,0	5,69
2	Tembaga-timah25%	251,920	0,6490	90	87,5	7,13
3	Tembaga-timah 25%	251,920	0,6490	90	88,5	4,42

Tabel 4. 13 Rata-rata Energi (E) Impact

Sampel	E (joule)
Tembaga timah 10%	9,03
Tembaga timah 15%	7,12
Tembaga timah 20%	6,65
Tembaga timah 25%	5,78

Keterangan : P = Beban (N)

D = Diameter pendulum (m)

E = Energi (Joule)

B = Permukaan patah getas (%)

F = Permukaan patah ulet (%)

Dari tabel hasil pengamatan impact, maka dapat menganalisa perbandingan hasil antara material Tembaga Paduan Timah dengan persentase yang berbeda-beda (10%, 15%, 20%, dan 25%).

4.2.1 Analisa Hasil Pengujian Impact

Berdasarkan data yang diperoleh pada pengujian impact, besarnya energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen tembaga paduan timah 10% berkisar antara 9,03 Joule. Sampel tembaga paduan timah 15% besarnya energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen 7,12 Joule. Sampel tembaga paduan timah 20% besar energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen 6,65 Joule, sedangkan untuk sampel tembaga paduan timah 25% memerlukan energy sebesar 5,78 Joule.

Dari hasil di atas menunjukkan semakin banyak kadar campuran persentase timah ke dalam tembaga maka energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen akan semakin kecil. Material tembaga dengan kadar campuran persentase timah lebih banyak akan semakin berkurang menahan beban impact yang diberi.

4.3 Data Pengujian Tarik

Pengujian Tarik dilakukan di laboratorium metalurgi jurusan teknik mesin fakultas teknik universitas sriwijaya. Data yang diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya dianalisa dan disimpulkan.

Jenis Mesin tarik : *Universal Testing Machine Type RAT-30P*

Jenis Material yang Diuji : Tembaga Paduan Timah

Dari percobaan uji tarik didapatkan data hasil percobaan, kemudian dihitung dengan menggunakan perumusan sebagai berikut:

Diketahui : L_0 : 80 mm L_1 : 84 mm
 D_0 : 10 mm P_u : 1585 kgf
 A_0 : 78,5 mm² P_y : 1015 kgf
 P_f : 1100 kgf

1. Batas Luluh (σ_y)
 $\sigma_y = P_y / A_0 = 1015 / 78,5 = 12,93$ kgf/mm²
2. Kekuatan Tarik (σ_u)
 $\sigma_u = P_u / A_0 = 1585 / 78,5 = 20,19$ kgf/mm²
3. Batas patah (σ_f)
 $\sigma_f = P_f / A_0 = 1100 / 78,5 = 14,01$ kgf/mm²
4. Regangan (ϵ)
 $e = (\Delta L / L_0) \times 100\% = (4,5 / 80) \times 100\% = 5,625\%$

Data hasil pengujian tarik pada material Tembaga paduan timah dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 14 Hasil pengujian tarik

Sampel	L_0 (mm)	A_0 (mm ²)	L_1 (mm)	P_y (kgf)	P_u (kgf)
1 Tembaga Timah10%	80	78,5	83,0	1015	1585
2 Tembaga Timah15%	80	78,5	83,5	1012	1460
3 Tembaga Timah20%	80	78,5	84,5	851	1300
4 Tembaga Timah25%	80	78,5	84,5	831	1225

Tabel 4. 15 Hasil perhitungan pengujian tarik

No.	Sampel	σ_y (kgf/mm ²)	σ_u (kgf/mm ²)	σ_f (kgf/mm ²)	ϵ (%)
1	Tembaga Timah10%	12,93	20,19	14,01	3,750
2	Tembaga Timah15%	12,89	18,59	13,79	4,375
3	Tembaga Timah20%	10,84	16,56	12,56	5,625
4	Tembaga Timah25%	10,58	15,60	12,25	5,625

Keterangan :

- D_0 : Diameter awal (mm)
- L_0 : Panjang batang awal (mm)
- A_0 : Luas penampang awal (mm²)
- L_1 : Panjang setelah patah (mm)
- P_y : *Yield Point* (kgf)
- P_u : *Ultimate Point* (kgf)
- P_f : *Fracture Point* (kgf)
- σ_y : Batas luluh (kgf/mm²)
- σ_u : Kekuatan tarik (kgf/mm²)
- σ_f : Kekuatan patah (kgf/mm²)
- ϵ : Regangan (%)

4.3.1 Analisa Hasil Pengujian Tarik

Pada pengujian tarik, tegangan ultimed tertinggi terdapat pada tembaga paduan timah 10% dengan nilai 20,19 kgf/mm², sedangkan untuk tembaga paduan timah 15%, 20%, dan 25% mengalami penurunan nilai tegangan ultimed, akan tetapi nilai ϵ pada tembaga paduan timah 10% hanya 3,750 %, untuk tembaga paduan timah 15% ialah 4,375%, dan tembaga paduan timah 20% dan 25% memiliki nilai $\epsilon = 5,625$.

5 KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan pada analisa dan perhitungan dari data-data yang diperoleh dari hasil pengujian tentang “Kajian Eksperimental Paduan Timah Aki (10%,15%,20%, dan 25%) Pada Coran Tembaga Pipa AC (*Air Conditioner*) Bekas Terhadap Sifat Mekanik”.

Maka dapat diambil suatu simpulan :

1. Pada Pengujian Kekerasan, kekerasan tertinggi terdapat pada hasil pengecoran Tembaga paduan timah 10% dengan nilai kekerasan 53,0610 BHN. Pada hasil coran tembaga dengan paduan timah 15%, 20%, dan 25%, nilai kekerasannya semakin kecil.
2. Pada pengujian dampak, energi terbesar terdapat pada tembaga paduan timah 10% dengan nilai energi untuk mematahkan spesimen 9,03 Joule.
3. Pada pengujian tarik, tegangan ultimed tertinggi terdapat pada tembaga paduan timah 10% dengan nilai 20,19 kgf/mm², sedangkan untuk tembaga paduan timah 15%, 20%, dan 25% mengalami penurunan nilai tegangan ultimed, akan tetapi nilai ϵ pada tembaga paduan timah 10% hanya 3,750 %, untuk tembaga paduan timah 15% ialah 4,375%, dan tembaga paduan timah 20% dan 25% memiliki nilai $\epsilon = 5,625$.

6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amanto. Hari dan Daryanto., *"Ilmu Bahan"*, Bumi Aksara, Jakarta, 1999
- [2] Surdia.Tata., Chijiwa,.K., *"Teknik Pengecoran"*. PT. Pradya Paramita, Jakarta, 1992
- [3] [Http://id.wikipedia.org/wiki/Tembaga](http://id.wikipedia.org/wiki/Tembaga), Dikutip Desember 2011
- [4] Sudjana Hardi, *"Teknik Pengecoran Jilid I"*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan DepDikNas, Jakarta, 2008
- [5] ASM Handbook Vol.3, *"Alloy Phase Diagram"*
- [6] Pratiwi,DK, Chandra, H., *"PanduanPratikumMaterial Teknik"*. Laboratorium Metallurgi Universitas Sriwijaya
- [7] *intruction mawal charpy impact testing machine tokyo testing machine MFG. co. LTD.*
- [8] ASM Handbook Vol.2., *"Properties And Selection: Nonferrous Alloys And Spesial Purpose Materials"*
- [9] Sastranegara, Azhari, *Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam*, 2010.