



# **MONOGRAF**

## **REKAYASA MATERIAL PADA PENGECORAN PROPELER KAPAL PERIKANAN**

**DWISITIONO**

**HANG TUAH UNIVERSITY PRESS 2019**

**ISBN : 978-602-5595-18-9**

**REKAYASA MATERIAL  
PADA PENGECORAN PROPELER KAPAL PERIKANAN**

**DWISITIONO**



**HANG TUAH UNIVERSITY PRESS  
2019**

# **REKAYASA MATERIAL PADA PENGECORAN PROPELER KAPAL PERIKANAN**

**Penyusun :  
Dwisetiono**

**Perancang Sampul :  
Dwisetiono**

**Reviewer :  
Dr. Viv Djanat Prasita, M.App.Sc.**

**Penerbit :  
Hang Tuah University Press  
Universitas Hang Tuah  
Jl. Arif Rahman Hakim No. 150 Surabaya  
Telp. 031-5945864  
Fax. 031-5946261**

**Cetakan :  
I. Juni 2019**

**Katalog Dalam Terbitan (KDT)  
Dwisetiono  
Rekayasa Material Pada Pengecoran Propeler Kapal Perikanan  
– Cet. 1 – Surabaya, Hang Tuah University Press 2019  
vi + 65 hlm. 15 x 23 cm  
ISBN : 978-602-5595-18-9**

## **PRAKATA**

Puji dan syukur kami panjatkan ke Hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terselesaikannya penulisan monograf Rekayasa Material pada Pengecoran Propeler Kapal Perikanan ini. Monograf Rekayasa Material pada Pengecoran Propeler Kapal Perikanan ini diharapkan dapat mendukung pemahaman mahasiswa terhadap mata kuliah mata kuliah Ilmu Bahan dan Mesin Perkakas, mata kuliah Pengerjaan Logam dan mata kuliah lain yang berkaitan.

Dengan terselesaikannya monograf ini diharapkan akan menambah khasanah pengetahuan tentang rekayasa material terutama untuk material paduan aluminium yang biasa dipakai untuk bahan dasar pengecoran Propeler, khususnya untuk kapal perikanan berukuran kecil.

Penulis sangat berterima kasih kepada Pimpinan Universitas Hang Tuah, yang melalui Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan (FTIK) serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) telah mendukung penelitian ini melalui hibah penelitian dosen internal Universitas Hang Tuah. Ucapan terima kasih juga kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian hingga terselesaikannya monograf ini.

Surabaya, Juni 2019

Penulis

## KATA PENGANTAR

Propeler adalah salah satu alat penggerak kapal yang pasti dimiliki oleh setiap kapal yang digerakkan oleh tenaga mesin, termasuk kapal-kapal perikanan. Dalam proses pembuatannya, propeler harus direncanakan dengan baik agar memiliki sifat-sifat mekanis yang diharapkan sehingga dapat berfungsi dengan baik dan memiliki usia pakai yang cukup lama.

Buku monograf ini memuat secara detil proses pembuatan propeler kapal perikanan, mulai dari material, proses pengecoran hingga *finishing*-nya. Proses pengecoran propeler ini sangat mendukung mata kuliah Pengerjaan Logam sehingga mahasiswa lebih mudah memahami proses pengecoran logam secara umum, dan khususnya untuk pengecoran propeler. Di samping itu hasil penelitian yang termuat dalam monograf ini juga mendukung mata kuliah Ilmu Bahan khususnya pengetahuan mengenai paduan aluminium dan unsur-unsurnya.

Monograf ini dilengkapi dengan gambar-gambar hasil penelitian sehingga mempermudah pembaca dalam memahami materi yang ditulis. Materi dari monograf ini didasarkan pada referensi dari pakar dan diharapkan dapat memfasilitasi mahasiswa dalam mengembangkan daya nalar dan keinginan untuk selalu mencari sumber informasi lain yang akan melengkapi pengetahuannya

Surabaya, Juni 2019

Dr. Viv. Djanat Prasita, M.App.Sc.

## DAFTAR ISI

BAB		Halaman
	Prakata	i
	Kata Pengantar	ii
	Daftar Isi	iii
	Daftar Gambar	iv
	Daftar Tabel	vi
I	Pendahuluan	1
II	Tinjauan Pustaka	3
III	Pengecoran Propeler dan Metode Pengujian	18
IV	Hasil Pengujian dan Pembahasan	44
V	Kesimpulan	64
	Daftar Pustaka	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1. Diagram Fase Al-Cu-Mg ( ASM 1994 )	9
Gambar 2.2. Gambar Uji Tarik	13
Gambar 2.3. Grafik Hasil Uji Tarik	14
Gambar 2.4. Uji <i>Impact</i> Standart ASTM E23-05	16
Gambar 3.1. Aluminium ingot	18
Gambar 3.2. Magnesium Ingot	19
Gambar 3.3. Tembaga	19
Gambar 3.4. Silikon	20
Gambar 3.5. Fluks Metalurgi	21
Gambar 3.6. Pasir Cetak	21
Gambar 3.7. Cetakan	22
Gambar 3.8. Tepung Pemisah	22
Gambar 3.9. Pola Mal Cetakan <i>Propeller</i>	23
Gambar 3.10. Tungku Krusibel	24
Gambar 3.11. <i>Blower</i>	24
Gambar 3.12. Ladel	25
Gambar 3.13. Gerinda Tangan	25
Gambar 3.14. Proses penimbangan	26
Gambar 3.15. Pembentukan Pola <i>Propeller</i>	27
Gambar 3.16. Pemberian tepung pemisah	27
Gambar 3.17. Proses penumbukan / Pematatan pasir	28
Gambar 3.18. Proses pelepasan mal	28
Gambar 3.19. Penuangan logam cair kedalam cetakan	29
Gambar 3.20. Hasil pengecoran	29
Gambar 3.21. Alat Uji Kekerasan	30
Gambar 3.22. Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Kekerasan	31
Gambar 3.23. Bentuk Spesimen Uji Kekerasan 3D	31
Gambar 3.24. Spesimen Uji Kekerasan	32
Gambar 3.25. Proses Pengujian Kekerasan	33
Gambar 3.26. Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Tarik Aluminium	33
Gambar 3.27. Bentuk Spesimen Uji Kekerasan 3D	33
Gambar 3.28. Proses <i>machining</i> menggunakan mesin frais	34
Gambar 3.29. Spesimen Uji tarik yang siap diuji	35
Gambar 3.30. Alat Uji Tarik	36
Gambar 3.31. Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji <i>impact</i>	37
Gambar 3.32. Bentuk Spesimen Uji Tarik 3D	37
Gambar 3.33. Proses <i>machining</i> menggunakan mesin bubut	38
Gambar 3.34. Spesimen uji <i>impact</i>	38

Gambar	Halaman
Gambar 3.35. Mesin Uji <i>Impact</i>	39
Gambar 3.36. Bentuk dan Ukuran Spesimen metalografi	40
Gambar 3.37. Bentuk Spesimen metalografi 3D	40
Gambar 3.38. Pemolesan Spesimen metalografi	41
Gambar 3.39. Mikroskop untuk pengamatan struktur mikro	41
Gambar 3.40. Bentuk dan ukuran <i>propeller</i>	42
Gambar 3.41. Spesimen makrografi	43
Gambar 4.1. Foto Makro <i>Propeller</i> paduan Al-Cu tampak belakang	45
Gambar 4.2. Foto Makro <i>Propeller</i> paduan Al-Cu tampak depan	46
Gambar 4.3. Foto Makro <i>Propeller</i> paduan Al-Cu potongan melintang	46
Gambar 4.4. Struktur Mikro 80%Al-20%Cu. Pembesaran 200 Kali	47
Gambar 4.5. Foto Makro <i>Propeller</i> paduan Al-Mg tampak depan	49
Gambar 4.6. Foto Makro <i>Propeller</i> paduan Al-Mg tampak belakang	50
Gambar 4.7. Foto Makro <i>Propeller</i> paduan Al-Mg potongan melintang	50
Gambar 4.8. Struktur Mikro 80%Al-20%Mg. Pembesaran 200 Kali	51
Gambar 4.9. Foto Makro Potongan melintang <i>Propeller</i> paduan Al-Cu-Mg-Si komposisi I	56
Gambar 4.10. Foto Makro Potongan melintang <i>Propeller</i> paduan Al-Cu-Mg-Si komposisi II	57
Gambar 4.11. Foto Makro Potongan melintang <i>Propeller</i> paduan Al-Cu-Mg-Si komposisi III	58
Gambar 4.12. Foto Makro Potongan melintang <i>Propeller</i> paduan Al-Cu-Mg-Si komposisi IV	59
Gambar 4.13. Foto Makro Potongan melintang <i>Propeller</i> paduan Al-Cu-Mg-Si komposisi V	60
Gambar 4.14. Stuktur Mikro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi I	61
Gambar 4.15. Stuktur Mikro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi II	61
Gambar 4.16. Stuktur Mikro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi III	62
Gambar 4.17. Stuktur Mikro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi IV	62
Gambar 4.18. Stuktur Mikro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi V	62

## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
Tabel 4.1.	Hasil Uji Tarik Spesimen AL - Cu	44
Tabel 4.2.	Hasil Uji <i>Impact</i> Spesimen AL – Cu	44
Tabel 4.3.	Hasil Uji Kekerasan Spesimen AL – Cu	45
Tabel 4.4.	Hasil Pengamatan Makrografi Spesimen AL – Cu	46
Tabel 4.5.	Hasil Uji Tarik Spesimen Al – Mg	47
Tabel 4.6.	Hasil Uji <i>Impact</i> Spesimen Al – Mg	48
Tabel 4.7.	Hasil Uji Kekerasan Spesimen Al – Mg	48
Tabel 4.8.	Hasil Pengamatan Makrografi Spesimen Al – Mg	49
Tabel 4.9.	Hasil Uji Tarik Spesimen Al – Cu – Mg	52
Tabel 4.10.	Hasil Uji <i>Impact</i> Spesimen Al – Cu – Mg	52
Tabel 4.11.	Hasil Uji Kekerasan Al – Cu – Mg	53
Tabel 4.12.	Hasil Uji Tarik Spesimen Al – Cu – Mg – Si	54
Tabel 4.13.	Hasil Uji <i>Impact</i> Al – Cu – Mg – Si	55
Tabel 4.14.	Hasil Uji Kekerasan Al – Cu – Mg – Si	56
Tabel 4.15.	Hasil Pengamatan Makro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi I	57
Tabel 4.16.	Hasil Pengamatan Makro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi II	58
Tabel 4.17.	Hasil Pengamatan Makro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi III	59
Tabel 4.18.	Hasil Pengamatan Makro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi IV	60
Tabel 4.19.	Hasil Pengamatan Makro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi V	60

# BAB I

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Industri pengecoran logam tumbuh seiring dengan perkembangan teknik dan metode pengecoran, berbagai model produk cor membanjiri pasar domestik. Produk cor banyak kita jumpai mulai dari perabotan rumah tangga, komponen otomotif, pompa air sampai *propeller* kapal (Disperindag Pati, 2008). Berdasarkan observasi di beberapa daerah pesisir yang merupakan sentra nelayan tradisional, semua kapal ikan pada umumnya menggunakan sistem propulsi (penggerak) menggunakan *propeller*. *Propeller* kapal merupakan faktor utama yang tentu saja membuat suatu kapal dapat bergerak. *Propeller* ini pada dasarnya menggunakan konsep merubah gerakan rotasi menjadi suatu tenaga yang dapat mendorong kapal. Pada umumnya *propeller* dibuat dengan bahan material logam cor *nonferro*, salah satunya adalah alumunium. Alumunium tidak begitu saja digunakan karna sifatnya yang lunak sehingga perlu beberapa campuran agar bisa dihasilkan sifat yang diinginkan.

Sifat mekanis yang harus dimiliki oleh *propeller* antara lain adalah kekuatannya tetapi dengan memperhatikan juga keuletannya agar tidak mudah pecah apabila terjadi benturan dan kekerasannya sehingga *propeller* tidak mudah menjadi aus akibat gesekan.

Kondisi saat ini cukup banyak industri rakyat yang memproduksi *propeller* kapal ikan atau kapal nelayan, di mana sifat mekanis dari produk hasil pengecorannya tidak pernah diketahui karena tidak dilakukan pengujian ataupun karena material bahan baku yang cenderung tidak terkontrol.

Untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik khususnya dalam hal kekuatan tarik, kekuatan *impact* dan kekerasan maka

dalam penelitian ini dilakukan penambahan unsur-unsur logam lain sehingga hasil coran dapat dipergunakan sesuai dengan kebutuhan dalam hal ini yaitu sebagai *propeller* kapal nelayan.

Dalam penelitian ini akan diamati pengaruh beberapa unsur paduan terhadap sifat mekanis hasil pengecoran, yaitu unsur-unsur antara lain Cu, Mg, dan Si sebagai unsur paduan dalam pengecoran *propeller* berbahan dasar aluminium *alloy*.

### **Rumusan Masalah**

Bagaimana pengaruh unsur paduan (Cu, Mg dan Si) terhadap sifat mekanis dari pada pengecoran *propeller* berbahan dasar paduan aluminium.

### **Tujuan**

Mengetahui pengaruh unsur paduan (Cu, Mg, dan Si) jika ditambahkan dalam pengecoran *propeller* berbahan dasar paduan aluminium.

### **Manfaat**

Manfaat penelitian ini sebagai pertimbangan dalam memilih unsur paduan yang akan ditambahkan dalam pengecoran *propeller* sehingga bisa didapatkan produk *propeller* sa didapatkan produk *propeller* dengan sifat mekanis yang diinginkan. Manfaat lain adalah memberikan wawasan pengetahuan tentang proses pengecoran logam untuk membuat *propeller* kapal perikanan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **Pengecoran**

Pengecoran (*casting*) merupakan salah satu proses pembentukan bahan baku/ bahan benda kerja dengan proses peleburan/pencairan logam di dalam tungku peleburan yang kemudian hasil peleburan di masukkan ke dalam cetakan atau *patern*.

#### **Jenis Material**

##### **A. Alumunium (Al)**

Aluminium merupakan logam yang lunak dengan tampilan menarik, ringan, tahan korosi, mempunyai daya hantar panas, dan daya hantar listrik yang relatif tinggi, dan mudah dibentuk serta cadangannya dikerak bumi melimpah melebihi cadangan besi (Fe). Aluminium murni mempunyai kekuatan dan sifat mekanis yang rendah. Kekuatan aluminium murni tidak dapat ditingkatkan secara langsung dengan proses perlakuan panas (*heat treatment, age hardening*) (TALAT Lecture 2202, 1994; Surdia dan Saito, 1995 ; Callister, 2000; Brown, 2001). Dilihat dari konduktivitas thermalnya adalah antara 50-60 % dari tembaga, bersifat *nonmagnetic* dan tidak beracun (Surdia.T., dan Saito, S., 1995).

##### **1. Aluminium murni**

Aluminium memiliki berat jenis 2,7 gram/cm<sup>3</sup>, kira-kira sepertiga dari berat jenis baja (7,83 gram/cm<sup>3</sup>), tembaga (8,93gram/cm<sup>3</sup>), atau kuningan. Selain itu aluminun menunjukkan ketahanan korosi yang baik pada kebanyakan lingkungan termasuk udara, air (air garam), petrokimia dan lingkungan kimia lainnya. Dilihat dari konduktivitas thermalnya adalah antara 50-60% dari tembaga, bersifat *nonmagnetic* dan tidak beracun. Kekerasannya sekitar 65 skala Brinel atau 65 HBN (Surdia, T., dan Saito, S., 1995).

## 2. Aluminium paduan

Aluminium secara umum dapat di klasifikasikan menjadi dua yaitu *heat treatable* dan *non heat treatable*. Pada paduan *non heat treatable* dapat diperkuat dengan pengerjaan dingin, dan perlakuan panas yang dapat dilakukan adalah *annealing* untuk memperlunak akibat dari proses pengerasan. Paduan ini terdiri dari Al-Mn, Al-Mg, dan Al-Si. Sedangkan pada paduan *heat treatable* adalah paduan yang mengandung Cu, Zn, dan Mg serta Si. Paduan *heat treatable* dapat diperkuat dengan memberikan perlakuan pengerasan penuaan, pengerasan presipitasi, dan proses perlakuan panas lainnya.

Unsur- unsur paduan dalam Aluminium antara lain:

### 1. Paduan Aluminium-Silikon

Paduan aluminium dengan silikon hingga 15% akan memberikan kekerasan dan kekuatan tensil yang cukup besar, hingga mencapai 525 Mpa pada aluminium paduan yang dihasilkan pada perlakuan panas. Jika konsentrasi silikon lebih tinggi dari 15%, tingkat kerapuhan logam akan meningkat secara drastis akibat terbentuknya *kristal granula silika*.

### 2. Paduan Aluminium-Magnesium

Keberadaan magnesium hingga 15,35% dapat menurunkan titik lebur logam paduan yang cukup drastis, dari 660°C hingga 450°C. Namun, hal ini tidak menjadikan aluminium paduan dapat ditempa menggunakan panas dengan mudah karena korosi akan terjadi pada suhu di atas 60°C. Keberadaan magnesium juga menjadikan logam paduan dapat bekerja dengan baik pada temperatur yang sangat rendah, di mana kebanyakan logam akan mengalami failure pada temperatur tersebut.

### 3. Paduan Aluminium-Tembaga

Paduan aluminium-tembaga juga menghasilkan sifat yang keras dan kuat, namun rapuh. Umumnya, untuk kepentingan penempaan, paduan tidak boleh memiliki konsentrasi tembaga di atas 5,6% karena akan membentuk senyawa  $\text{CuAl}_2$  dalam logam yang menjadikan logam rapuh.

### 4. Paduan Aluminium-Mangan

Penambahan mangan memiliki akan berefek pada sifat dapat dilakukan pengerasan tegangan dengan mudah (*work-hardening*) sehingga didapatkan logam paduan dengan kekuatan tensil yang tinggi namun tidak terlalu rapuh. Selain itu, penambahan mangan akan meningkatkan titik lebur paduan aluminium.

### 5. Paduan Aluminium-Seng

Paduan aluminium dengan seng merupakan paduan yang paling terkenal karena merupakan bahan pembuat badan dan sayap pesawat terbang. Paduan ini memiliki kekuatan tertinggi dibandingkan paduan lainnya, Aluminium dengan 5,5% seng dapat memiliki kekuatan tensil sebesar 580 MPa dengan elongasi sebesar 11% dalam setiap 50 mm bahan. Bandingkan dengan aluminium dengan 1% magnesium yang memiliki kekuatan tensil sebesar 410 MPa namun memiliki elongasi sebesar 6% setiap 50 mm bahan.

### 6. Paduan Aluminium-Lithium

Lithium menjadikan paduan aluminium mengalami pengurangan massa jenis dan peningkatan modulus elastisitas, hingga konsentrasi sebesar 4% lithium, setiap penambahan 1% lithium akan mengurangi massa jenis paduan sebanyak 3% dan peningkatan modulus elastisitas sebesar 5%. Namun aluminium-

lithium tidak lagi diproduksi akibat tingkat reaktivitas lithium yang tinggi yang dapat meningkatkan biaya keselamatan kerja.

#### 7. Paduan Aluminium-Skandium

Penambahan skandium ke aluminium membatasi pemuatan yang terjadi pada paduan, baik ketika pengelasan maupun ketika paduan berada di lingkungan yang panas. Paduan ini semakin jarang diproduksi, karena terdapat paduan lain yang lebih murah dan lebih mudah diproduksi dengan karakteristik yang sama, yaitu paduan titanium. Paduan Al-Sc pernah digunakan sebagai bahan pembuat pesawat tempur Rusia, MIG, dengan konsentrasi Sc antara 0,1-0,5% (Zaki, 2003, dan Schwarz, 2004).

#### 8. Paduan Aluminium-Besi

Besi (Fe) juga kerap kali muncul dalam aluminium paduan sebagai suatu "kecelakaan". Kehadiran besi umumnya terjadi ketika pengecoran dengan menggunakan cetakan besi yang tidak dilapisi batuan kapur atau keramik. Efek kehadiran Fe dalam paduan adalah berkurangnya kekuatan tensil secara signifikan, namun diikuti dengan penambahan kekerasan dalam jumlah yang sangat kecil. Dalam paduan 10% silikon, keberadaan Fe sebesar 2,08% mengurangi kekuatan tensil dari 217 hingga 78 MPa, dan menambah skala Brinell dari 62 hingga 70. Hal ini terjadi akibat terbentuknya kristal Fe-Al-X, dengan X adalah paduan utama aluminium selain Fe.

#### 9. Aluminium Paduan Cor

Komposisi utama aluminium paduan cor pada umumnya adalah tembaga, silikon, dan magnesium. Al-Cu memberikan keuntungan yaitu kemudahan dalam pengecoran dan memudahkan pengerjaan permesinan.

Al-Si memberikan kemudahan dalam pengecoran, kekuatan, ketahanan pada temperatur tinggi, dan pemuaiannya yang rendah. Sifat pemuaiannya merupakan sifat yang penting dalam logam cor dan ekstrusi, yang pada umumnya merupakan bagian dari mesin. Al-Mg juga memberikan kekuatan, dan lebih baik dibandingkan Al-Si karena memiliki ketahanan yang lebih tinggi. Hinggal logam mengalami deformasi plastis (elongasi). Namun konsentrasi lebih dari 10% dapat mengurangi kemudahan dalam pengecoran.

Setelah mengalami pencampuran dengan berbagai bahan yang mengubah dan memaksimalkan sifatnya, aluminium banyak digunakan dalam industri. Bahkan, penggunaan aluminium ini bisa dijumpai dalam benda sehari-hari seperti peralatan memasak. Aluminium foil yang biasa digunakan untuk membungkus makanan juga terbuat dari campuran aluminium alloy.

Meski dasarnya aluminium tidak memiliki sifat kuat dan keras, namun proses pencampuran dengan bahan lain membuatnya berubah sifat.

## B. Tembaga (Cu)

Tembaga adalah unsur kimia dengan nomor atom 29 dan nomor massa 63,54, merupakan unsur logam, dengan warna kemerahan. Unsur ini mempunyai titik lebur  $1.803^{\circ}$  Celcius dan titik didih  $2.595^{\circ}$ C. dikenal sejak zaman prasejarah. Tembaga sangat langka dan jarang sekali diperoleh dalam bentuk murni. Mudah didapat dari berbagai senyawa dan mineral. Penggunaan tembaga yaitu dalam bentuk logam merupakan paduan penting dalam bentuk kuningan, perunggu serta campuran emas dan perak. Banyak digunakan dalam pembuatan pelat, alat-alat listrik, pipa, kawat, pematrian, uang logam, alat-alat dapur, dan industry. Senyawa tembaga juga digunakan dalam kimia analitik dan penjernihan air, sebagai unsur dalam insektida, cat, obat-obatan dan pigmen. Kegunaan biologis untuk runutan dalam

organism hidup dan merupakan unsur penting dalam darah binatang berkulit keras.

Produksi tembaga sebagian besar dipergunakan dalam industri kelistrikan, karena tembaga mempunyai daya hantar listrik yang tinggi. Unsur tembaga pada aluminium akan meningkatkan kekerasannya dan kekuatannya karena tembaga bisa memperhalus struktur butir dan akan mempunyai kualitas pengerjaan mesin yang baik, mampu tempa, keuletan yang baik dan mudah dibentuk. Disisi lain keuntungan penambahan kuningan pada paduan aluminium adalah meningkatkan kekerasan bahan.

### C. Magnesium (Mg)

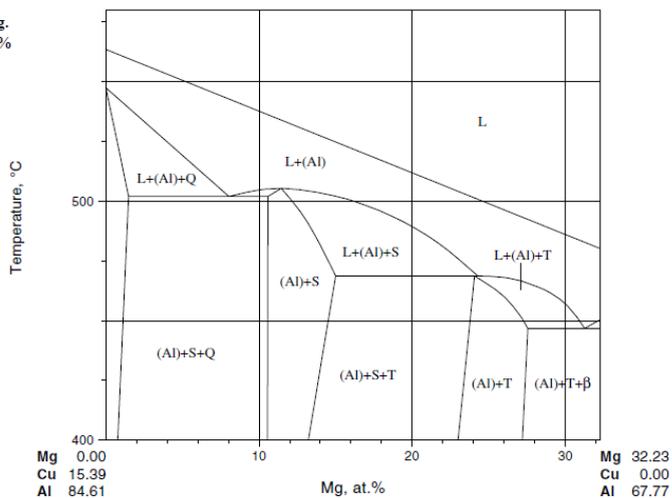
Magnesium adalah unsur kedelapan yang paling berlimpah dan merupakan unsur yang paling banyak ketiga terlarut dalam air laut. Magnesium adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31.

Logam alkali tanah ini terutama digunakan sebagai zat campuran (alloy) untuk membuat campuran aluminium - magnesium yang sering disebut "magnalium" atau "magnelium". Magnesium merupakan salah satu jenis logam ringan dengan karakteristik sama dengan aluminium tetapi magnesium memiliki titik cair yang lebih rendah dari pada aluminium. Seperti pada aluminium, magnesium juga sangat mudah bersenyawa dengan udara (Oksigen).

Magnesium (Mg) merupakan salah satu logam yang sering digunakan sebagai paduan dalam pengecoran aluminium. Kelebihan magnesium sebagai paduan dalam pengecoran aluminium dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada aluminium tanpa terlalu menurunkan keuletannya, namun besarnya persentase dari unsur paduan yang ditambahkan juga akan berpengaruh pada struktur mikro hasil coran (Kurnia Syahri El-Karomi., dan Budi Harjanto, Subagsono ; 2014).

Magnesium murni memiliki kekuatan tarik sebesar 110 N/mm<sup>2</sup> dalam bentuk hasil pengecoran (Casting), angka kekuatan tarik ini dapat ditingkatkan melalui proses pengerjaan. Magnesium bersifat lembut dengan modulus elastis yang sangat rendah. Magnesium memiliki perbedaan dengan logam - logam lain termasuk dengan aluminium, besi tembaga dan nikel dalam sifat pengerjaannya dimana magnesium memiliki struktur yang berada didalam kisi hexagonal sehingga tidak mudah terjadi slip. Disamping itu, presentase perpanjangannya hanya mencapai 5 % dan hanya mungkin dicapai melalui pengerjaan panas.

Fig. 9b: Al-Cu-Mg.  
Isopleth at 70 mass%  
Al



**Gambar 2.1.** Diagram Fase Al-Cu-Mg ( ASM 1994 )

Pada diagram fase di atas,  $\alpha$  (struktur kristal fcc) dan  $\theta$  (struktur kristal bcc) digunakan untuk menunjukkan 3 fasa yang berbeda masing-masing digunakan untuk menunjukkan fasa Al-Cu- Mg. Maka fasa yang terjadi selama proses pemanasan berlangsung adalah:

Suhu ruang hingga 550°C	$\alpha + \theta$
550°C hingga 600°C	$\alpha$
600°C hingga 660°C	$\alpha + \text{liquid}$
660°C hingga 1500°C	cairan

#### D. Silikon (Si)

Silikon (Si) merupakan unsur kedua terbanyak setelah oksigen (O) dalam kerak bumi dan Si juga berada dalam jumlah yang banyak pada setiap tanah. Porsi terbesar Si tanah dijumpai dalam bentuk kuarsa atau kristal silikon (Buol et. al.,1980). Pada umumnya tanah mengandung 5-40 % Si (Kovda, 1973). Dalam setiap kilogram tanah liat terkandung sekitar 200-320 g Si, sementara dalam tanah berpasir terdapat antara 450-480 g Si (Kovda, 1973).

Salah satu faktor yang cukup penting dalam menghasilkan produk aluminium cor dengan ukuran ketebalan yang relatif tipis dan bentuk yang rumit adalah sifat mampu cor nya (castability). Salah satu metode yang dapat dipakai untuk mengukur sifat ini adalah nilai fluiditas logam cair (sifat mampu alir). Logam cair dengan fluiditas yang baik pada umumnya juga ditujukan untuk menghindari cacat-cacat yang sering terjadi pada benda cor.

Fluiditas suatu paduan umumnya digunakan sebagai ukuran kemampuan mengisi cetakan dari suatu logam cair.

Proses modifikasi adalah salah satu cara yang digunakan untuk mendapatkan nilai fluiditas yang baik dari suatu logam cair (aluminium silikon). Modifikasi paduan aluminium silikon ini dilakukan dengan cara penambahan unsur-unsur modifier pada cairan paduan aluminium, seperti kalsium, stronsium, posfor, dan antimon yang bertujuan untuk menghambat kristal-kristal silikon di dalam fasa eutektik, sehingga akan menghasilkan partikel silikon yang semula berbentuk lamel-lamel (jarum-jarum kasar), secara bertahap menjadi berbentuk granular, dan akhirnya menjadi partikel yang lebih halus (modified) dan terdistribusi merata. Struktur paduan aluminium silikon akan menjadi lebih baik dengan partikel yang lebih halus dan rata, sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik paduan, mempermudah proses permesinan dan yang paling penting yaitu meningkatkan sifat mampu cor dari paduan aluminium silikon.

## ***Propeller***

Propulsor (alat gerak kapal) adalah alat yang dapat digunakan untuk memindahkan/menggerakkan kapal dari satu tempat ke tempat lainnya. Alat gerak kapal ini, kemudian dibedakan menjadi dua, yaitu alat gerak mekanik dan non mekanik. Alat gerak non mekanik biasanya digunakan pada kapal - kapal konvensional. Sedangkan pada kapal – kapal sekarang, banyak yang menggunakan alat gerak mekanik sebagai penggerakannya. Salah satu alat gerak mekanik dalam kapal adalah *propeller*.

*Propeller* pada umumnya diletakkan pada kedudukan serendah mungkin di bagian belakang kapal. *Propeller* harus mempunyai diameter sedemikian rupa sehingga bila kapal dalam keadaan bermatan penuh baling-baling dapat terbenam secara memadai sehingga dapat menghindari terjadinya fenomena terikutnya udara (*air drawing*) dan pemacuan baling-baling (*racing*) ketika kapal mengalami gerakan anguk. Ditafsirkan diameter baling-baling kapal harus lebih kecil dari dua pertiga sarat buritan.

## **Proses Pengecoran Logam**

Adapun proses dalam pembuatan propeller meliputi 7 tahapan proses sebagai berikut:

1. Pembuatan pola:  
Pola yang dibuat telah diperhitungkan kemungkinan penyusutan material logam (bahan coran) pada saat proses produksi
2. Pembuatan cetakan pasir (*sand mold*):  
Menentukan jenis pasir, penempatan saluran masuk pada cetakan, penempatan penambah (*riser*), penempatan cil bila dibutuhkan.
3. Mencairkan logam atau material:

Logam dicairkan sampai melampaui titik didih logam tersebut dengan bahan bakar minyak tanah atau bahan bakar alternatif lainnya.

4. Penuangan logam:  
Menuang logam cair ke cetakan yang telah disiapkan sampai logam membeku.
5. Pembongkaran cetakan:  
Membongkar cetakan untuk mengeluarkan hasil coran berupa baling-baling.
6. Pemeriksaan cacat:  
Hasil coran diperiksa kondisinya dari kemungkinan adanya cacat produksi
7. Penghalusan (*finshing*):  
Penghalusan permukaan (*finishing*) dilakukan melalui proses gerinda dan pengeboran untuk memenuhi standar yang diinginkan pasar. (Kondo., dan Yan., 2012)

## Uji Kekerasan

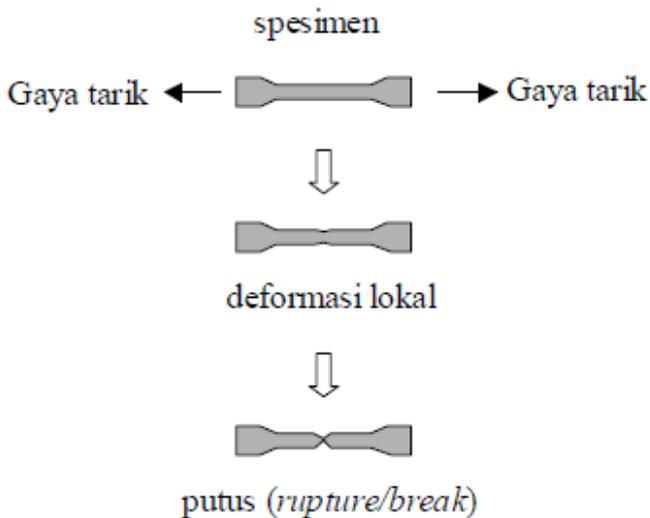
Pengujian kekerasan dengan metode *Brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditekan pada permukaan material uji. Idealnya, pengujian *Brinnell* diperuntukkan material yang memiliki kekerasan *Brinnell* sampai 400 HB, jika lebih dari nilai tersebut disarankan menggunakan metode *Rockwell* atau bisa juga menggunakan metode *Vickers*.

Angka kekerasan *Brinnell* (HB) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari bahan uji (F) dalam Newton (N) yang dikalikan dengan angka faktor 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan bola baja (A) dalam milimeter persegi (mm<sup>2</sup>). Identor bola baja biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten. Jika diameter identor 10 mm maka beban yang digunakan adalah 3000 N sedangkan jika

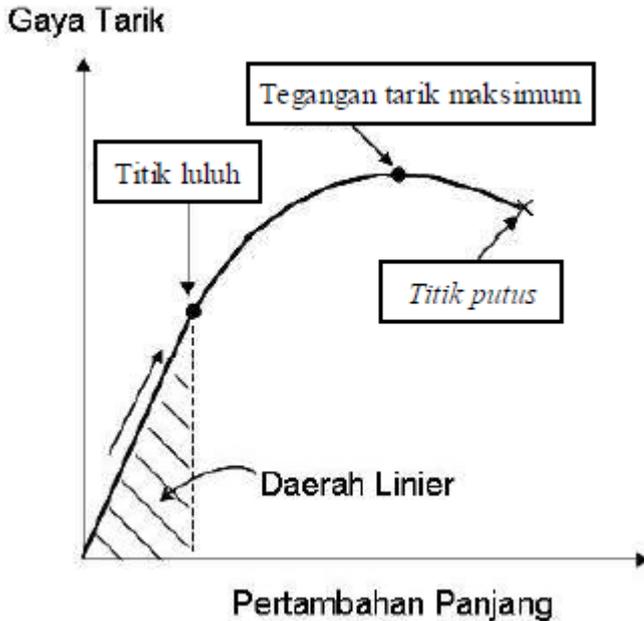
diameter idendor hanya 5 mm maka beban yang digunakan adalah 750 N. Dalam pengujian ini menggunakan standart ASTM E-10

## Uji Tarik

Uji tarik mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (grip) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*). Bila kita terus menarik suatu bahan (dalam hal ini suatu logam) sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan pada Gambar 2.3. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut. Pengujian ini Menggunakan ASTM B557.



**Gambar 2.2.** Gambar Uji Tarik



**Gambar 2.3.** Grafik Hasil Uji Tarik

Biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut "*Ultimate Tensile Strength*" disingkat dengan *UTS*, dalam bahasa Indonesia disebut tegangan tarik maksimum. Hukum Hooke (*Hooke's Law*)

Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau *linear zone*. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke sebagai berikut:

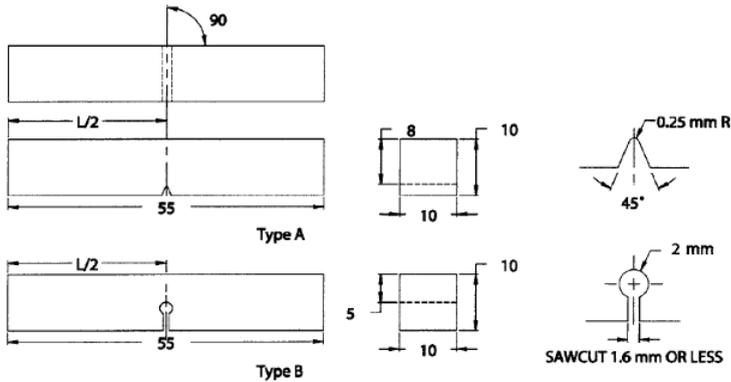
Rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan *Stress* adalah beban dibagi luas penampang bahan dan *strain* adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan.

## Uji Impact

Pengujian *impact Charpy* (juga dikenal sebagai tes *Charpy v-notch*) merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh bahan selama terjadi patahan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar bergantung pada suhu transisi ulet getas. Metode ini banyak digunakan pada industri dengan keselamatan yang kritis, karena mudah untuk dipersiapkan dan dilakukan. Kemudian hasil pengujian dapat diperoleh dengan cepat dan murah.

Tes ini dikembangkan pada 1905 oleh ilmuwan Perancis Georges Charpy. Pengujian ini penting dilakukan dalam memahami masalah patahan kapal selama Perang Dunia II. Metode pengujian material ini sekarang digunakan di banyak industri untuk menguji material yang digunakan dalam pembangunan kapal, jembatan, dan untuk menentukan bagaimana keadaan alam (badai, gempa bumi, dll) akan mempengaruhi bahan yang digunakan dalam berbagai macam aplikasi industri. Tujuan uji *impact charpy* adalah untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan (spesimen) yang akan diuji dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda yang akan diuji secara statik.

Dimana benda uji dibuat takikan terlebih dahulu sesuai dengan standar ASTM E23-05 dan hasil pengujian pada benda uji tersebut akan terjadi perubahan bentuk seperti bengkokan atau patahan sesuai dengan keuletan atau kegetasan terhadap benda uji tersebut. Percobaan uji *impact charpy* dilakukan dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda uji yang akan diuji secara statik, dimana pada benda uji dibuat terlebih dahulu sesuai dengan ukuran standar ASTM E23-05. Adapun perlengkapan yang digunakan dalam pengujian *impact* yaitu alat uji *impact* tipe *charpy* dan benda uji. (Ismail,fajar,2012)



Gambar 2.4. Uji *Impact* Standart ASTM E23-05

Notch length to edge	90 62°
Adjacent sides shall be at	90° 6 10 min
Cross-section dimensions	6 0.075 mm
Length of specimen	(L) +0, -2.5 mm
Centering of notch	(L/2) 6 1 mm
Angel of notch	61°
Radius of notch	60.025 mm
Ligament Length:	60.025 mm
Type A specimen	60.025 mm
Type B and C specimen	60.075 mm

## Metalografi

### Mikrografi

Pengamatan struktur mikro adalah suatu pengujian untuk mengetahui susunan struktur logam pada suatu benda uji atau spesimen dengan perbesaran tertentu. Struktur mikro dan sifat paduannya dapat diamati dengan berbagai cara tergantung pada

sifat yang dibutuhkan. Salah satu cara dalam mengamati struktur 4 suatu bahan yaitu dengan teknik *metalographic* (pengujian mikroskopik). Proses terjadinya perbedaan warna, besar butir, bentuk dan ukuran butir yang mendasari penentuan dari jenis dan sifat fasa pada hasil pengamatan foto mikro adalah diakibatkan adanya proses pengetsaan. Prinsip dari pengetsaan sebenarnya merupakan proses pengikisan mikro terkendali yang menghasilkan alur pada permukaan akibat *crystal faceting* yaitu orientasi kristal yang berbeda, akan terjadi reaksi kimia yang berbeda intensitasnya. Standar uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah ASTM E-3.

### Makrografi

Pengamatan struktur makro adalah suatu pengujian untuk mengetahui hasil proses pengecoran dalam skala makro. Pengujian ini tidak bertujuan untuk melihat struktur logam hasil pengecoran, menggunakan kamera digital pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah hasil pengecoran tersebut mengalami porositas (*Porosity*), berlubang (*Blow Hole*), ujung logam tidak terisi (*Unfill*).

## **BAB III PENGECORAN PROPELER DAN METODE PENGUJIAN**

### **Bahan dan Peralatan Penelitian**

#### **A. Bahan Penelitian**

Langkah awal dari penelitian ini adalah mempersiapkan bahan untuk pembuatan *propeller* dan spesimen sebagai berikut:

1. Aluminium 6063

Aluminium adalah bahan utama dalam proses pengecoran, aluminium merupakan bahan baku yang sudah di khususkan untuk pengecoran logam (rendy prasetyo, 2017). Aluminium 6063 adalah seri yang mengandung alumunium dengan tambahan kandungan magnesium, dan silikon alloy. Mengandung silikon dan magnesium antara 0,4-0,8. Aluminium di pasaran kandugannya tidak selalu 100% maka perlu sertifikat logam untuk mengetahui dilakukan uji kimia agar dapat mengetahui berapa persentase kandungan dalam aluminium tersebut.



**Gambar 3.1.** Aluminium

## 2. Magnesium Ingot



**Gambar 3.2.** Magnesium Ingot

Magnesium adalah logam yang ringan, magnesium juga merupakan unsur paduan dalam berbagai jenis logam nonferro. Karena tidak cukup kuat dalam bentuk yang murni, magnesium perlu dipadukan dengan logam lain agar memiliki sifat-sifat mekanik yang lebih baik. Unsur-unsur paduan dasar magnesium adalah aluminium, seng dan mangan. ( Lukman, 2008)

## 3. Tembaga

Penambahan tembaga pada aluminium akan meningkatkan kekerasannya dan kekuatannya karena tembaga bisa memperhalus struktur butir dan akan mempunyai kualitas pengerjaan mesin yang baik, mampu tempa, keuletan yang baik dan mudah dibentuk.



**Gambar 3.3.** Tembaga

#### 4. Silikon 441



**Gambar 3.4.** Silikon

Silikon adalah logam yang memiliki sifat *fluiditas* (mampu alir) yang tinggi. Silikon tipe 441 adalah silikon yang mengandung 95% silikon, 4% ferro, 4% karbon, 1% kalsium. . Unsur ini yang paling banyak digunakan dalam proses pengecoran aluminium karena dapat meningkatkan mampu alir dan juga menurunkan *shrinkage* sehingga secara langsung dapat menurunkan produk cacat. Silikon digunakan untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus pada aluminium, tetapi kadar paduan yang berlebih dapat menurunkan keuletan.

### **B. Peralatan Penelitian**

#### 1. Fluks Metalurgi

Fluks mempunyai fungsi sebagai bahan pembersih yaitu zat pereduksi yang mencegah oksida terbentuk di permukaan logam cair, dan sebagai pengangkat kotoran ke dalam terak yang bisa tergores dari logam cair. Selain itu fluks dapat menambah panas pada saat proses peleburan, karena panas dapat mengangkat kotoran yang ada pada proses peleburan.



**Gambar 3.5.** Fluks Metalurgi

## 2. Pola Cetakan Kayu dan Pasir cetak (*Sand Casting*)

Rangka cetak merupakan rangka yang terbuat dari kayu yang berbentuk segiempat memiliki soket agar rangka cetakan tidak bergeser. Pola kayu memiliki kelebihan dibanding bahan pola lainnya yaitu murah, proses pembuatannya cepat, dan umumnya dipakai untuk cetakan pasir (Surdia, 2006). Setelah logam dicor, selanjutnya akan dituangkan ke dalam cetakan. Cetakan dibuat dengan memadatkan pasir. Jenis pasir yang digunakan adalah pasir *silica* ( $\text{SiO}_2$ ), Pasir ini sangat cocok untuk cetakan karena tahan suhu tinggi tanpa terjadi penguraian.



**Gambar 3.6.** Pasir Cetak



**Gambar 3.7.** Cetakan

### 3. Tepung Pemisah

Tepung ini berfungsi sebagai pemisah permukaan pola dalam rangka cetakan agar pasir yang sudah di bentuk tidak menyatu dengan pola permukaan yang lain.(rendy )



**Gambar 3.8.** Tepung Pemisah

#### 4. Mal Cetakan



**Gambar 3.9.** Pola Mal Cetakan *Propeller*

Dalam proses pengecoran, salah satu hal yang diperlukan ialah mal cetakan. Mal cetakan digunakan untuk membentuk model hasil coran sesuai yang diinginkan.

#### 5. Tungku Krusibel

Krusibel merupakan tungku paling sederhana digunakan dalam pengecoran. Tungku krusibel ini menggunakan wadah tahan api yang berisi muatan logam. Tungku krusibel ini berjenis pot tetap yaitu tidak dapat dipindah logam cair diambil dengan menggunakan ladle besi. Tungku ini terbuat dari wadah tahan api dapat menahan logam cair sampai 1500°C.



**Gambar 3.10.** Tungku Krusibel

## 6. *Blower*



**Gambar 3.11.** *Blower*

*Blower* ini digunakan untuk menghembuskan udara agar api dapat membara pada tungku peleburan. Sehingga dapat mempercepat proses peleburan logam.

## 7. Ladel

Fungsi dari ladel ini untuk mengaduk logam cair yang ada dalam krusibel agar paduan pada logam dapat tercampur merata. Selain itu untuk mengambil kotoran yang ada pada logam cair.



**Gambar 3.12.** Ladel

## 8. Gerinda

Alat ini digunakan untuk menghaluskan permukaan logam cor setelah keluar dari cetakan. Proses ini dinamakan dengan *finishing*.



**Gambar 3.13.** Gerinda Tangan

## **Pembuatan *Propeller* dan Spesimen Uji**

Pembuatan *propeller* menggunakan bahan alumunium dengan campuran tembaga, magnesium, dan silikon. Berikut spesimen yang akan dibuat:

1. Propeller
2. Spesimen Uji Kekerasan

3. Spesimen Uji Uji Tarik
4. Spesimen Uji Impact
5. Spesimen Pengamatan Metalografi (mikro dan makro)

### **Proses Pengecoran *Propeller***

Sebelum melakukan pengecoran, semua bahan disiapkan dan ditimbang sesuai presentase terlebih dahulu.



**Gambar 3.14.** Proses penimbangan

Tahapan proses pengecoran sebagai berikut :

1. menghidupkan api pada tungku dengan membakar kayu
2. memasukkan logam kedalam krusibel, lalu meletakkan krusibel diatas tungku
3. menyalakan blower agar api membara dan mempercepat proses peleburan
4. menyiram sedikit bahan bakar pada kayu agar api tetap menyala dan mengamati apabila kayu sudah mulai habis, maka perlu ditambahkan kayu dan siram sedikit bahan bakar
5. krusibel ditutup agar logam cepat melebur
6. Sesekali melihat pada krusibel dan mengaduk logam cair menggunakan ladel agar logam dapat tercampur merata dan mengambil kotoran yang ada pada logam cair



**Gambar 3.15.** Pembentukan Pola *Propeller*

7. Sambil menunggu logam melebur, cetakan dibuat
8. pasir cetak dimasukkan ke rangka cetak drag terlebih dahulu lalu letakkan pola *propeller*
9. Berikan tepung pemisah pada cetakan agar pada saat penuangan logam tidak menyatu dengan pasir



**Gambar 3.16.** Pemberian tepung pemisah

10. Tumpuk rangka cetak drag dengan kup di atasnya, lalu masukan pasir lagi kedalamnya sampai memenuhi permukaan rangka cetak kup, padatkan dengan ditumbuk



**Gambar 3.17.** Proses penumbukan / Pematatan pasir

11. Angkat cetakan kayu dari cetakan lalu angkat perlahan rangka cetak kup, ambil mal *propeller* perlahan agar pasir tidak bergeser.



**Gambar 3.18.** Proses pelepasan mal

12. Setelah logam benar – benar mencair merata
13. Tuang cairan logam yang sudah dipadukan kedalam cetakan pasir, perhatikan saat penuangan tidak terlalu cepat agar pola pada cetakan pasir tidak rusak dan juga tidak terlalu lama saat penuangan agar tidak terjadi pembekuan yang tidak merata.



**Gambar 3.19.** Penuangan logam cair kedalam cetakan

14. Tunggu 10-15 menit kemudian bongkar cetakan dari pasir lalu dibiarkan sampai dingin



**Gambar 3.20.** Hasil pengecoran

### **Toleransi Penyusutan**

Semua logam yang digunakan dalam pengecoran ukurannya akan mengecil dan menyusut setelah pematangan dan pendinginan di dalam cetakan. Untuk mengimbangi hal ini maka pola dari cetakan harus dibuat lebih besar dari ukuran coran yang sebenarnya. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka pembuatan pola menggunakan pengukuran prinsip sekitar 1,3-1,6 mm tiap 1 meter lebih panjang dari ukuran konvensional

karena aluminium paduan akan menyusut 1,3-1,6 mm tiap 1 meter (Banga, 2012).

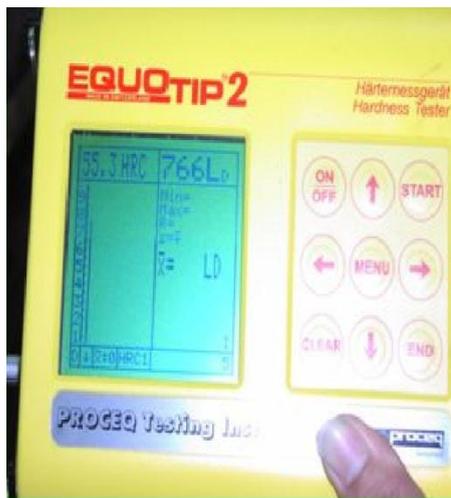
### Proses pembuatan spesimen yang akan diuji

Setelah hasil pengecoran sudah selesai, maka dilakukan proses *machining* sesuai dengan bentuk standard yang digunakan ASTM (*American Society for Testing and Mterial*) merupakan stndart dari amerika yag di pakai dalam penelitian. Standart ini meliputi cara pembuatan spesimen pengujian yang dilengkapi dengan dimensi ukuran serta perlakuan yang dilakukan pada specimen pengujian.

### Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari logam hasil pengecoran serta mengetahui berapa presentase kandungan logam aluminium, magnesium, tembaga, dan silikon dari logam tersebut. Dan mengetahui hasil struktur mikro dan makro dengan melakukan pengujian metalografi. Berikut adalah pengujiannya :

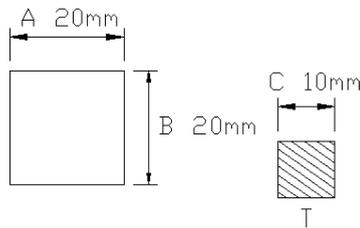
#### A. Uji Kekerasan



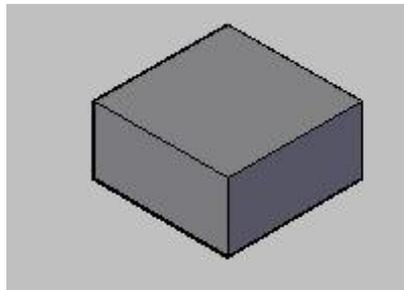
Gambar 3.21. Alat Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari suatu material akibat adanya pembebanan. Pengujian kekerasan dilakukan berdasarkan metode brinell dengan standart pengujian menggunakan ASTM E-10 dengan menggunakan alat Equotip 2 Hardness. Pengujian kekerasan menggunakan metode Brinell mempunyai cakupan yang luas sehingga dapat digunakan untuk material yang sangat lunak maupun material yang keras. (Budi C. Manik, 2017)

Indentasi dilakukan pada 3 titik di penampang vertikal sampel hasil coran. Indentasi dilakukan sebanyak 3 titik dimana hal ini dilakukan agar data yang dihasilkan mewakili kekerasan material secara merata. Hasil uji kekerasan tiap titik dijumlahkan dan dibagi banyaknya titik yang dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai kekerasan rata-rata spesimen uji.



**Gambar 3.22.** Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Kekerasan



**Gambar 3.23.** Bentuk Spesimen Uji Kekerasan 3D

Keterangan (dalam mm):

- Panjang (A) : 20 mm
- Lebar (B) : 20 mm
- Tebal (C) : 10 mm

Spesimen ini kemudian dilakukan pemotongan dengan menggunakan gerinda dan disesuaikan dengan ukuran yang sudah ditentukan. Selanjutnya meratakan permukaan spesimen dengan menggunakan amplas sampai dengan halus dan rata dengan tujuan mempermudah pada saat proses pengujian nantinya.



**Gambar 3.24.** Spesimen uji kekerasan

Langkah- langkah pelaksanaan pengujian kekerasan :

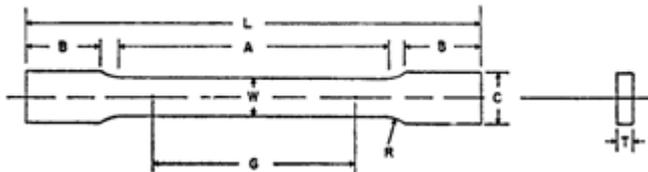
1. Menyiapkan spesimen yang akan dilakukan pengujian.
2. Proses pemerataan permukaan dengan cara digerinda.
3. Menentukan posisi indentasi dan dilakukan sebanyak 3 kali.



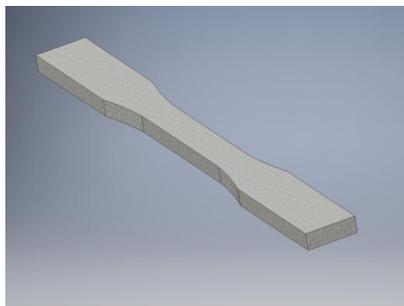
**Gambar 3.25.** Proses Pengujian Kekerasan

### B. Uji Tarik

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan suatu bahan, yaitu nilai tegangan tarik maksimum, nilai tegangan luluh, dan nilai regangan dari bahan tersebut. Pengujian ini dilakukan menggunakan standart ASTM B-557.



**Gambar 3.26.** Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji Tarik Aluminium



**Gambar 3.27.** Bentuk Spesimen Uji Kekerasan 3D

Keterangan (dalam mm):

- *Gage leght ( G )* : 50 mm
- *Widht ( W )* : 12,5 mm
- *Thickness ( T )* : 6,5 mm
- *Radius of fillet ( R )* : 12,5 mm
- *Overall length ( L )* : 200 mm
- *Length reduced section ( A )* : 57 mm
- *Lenght of grip Section ( B )* : 50 mm
- *Width of grip section ( C )* : 20 mm

Spesimen ini kemudian diproses pengerjaan *machining* dengan menggunakan mesin bubut sesuai dengan standar yang sudah ditentukan.



**Gambar 3.28.** Proses *machining* menggunakan mesin frais



**Gambar 3.29.** Spesimen Uji tarik yang siap diuji

Kekuatan suatu bahan dikatakan baik bila tidak mengalami deformasi jika menerima suatu pembebanan. Deformasi suatu bahan terjadi karena mengalami pembebanan yang melampaui batas maksimum yang diijinkan.

Untuk menghitung tegangan ( $\sigma$ ) pada benda uji dengan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

dimana  $\sigma$  = Tegangan ( $\text{N/mm}^2$  Mpa)

$P$  = Beban tarik (N)

$A_0$  = Luas penampang spesimen sebelum diuji ( $\text{mm}^2$ )

Nilai regangan ( $\epsilon$ ) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\epsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100 \%$$

dimana  $\epsilon$  = Regangan (%)

$L_0$  = Panjang mula-mula (mm)

$L_1$  = Panjang spesimen saat putus (mm)

Langkah-langkah melakukan proses uji tarik sebagai berikut :

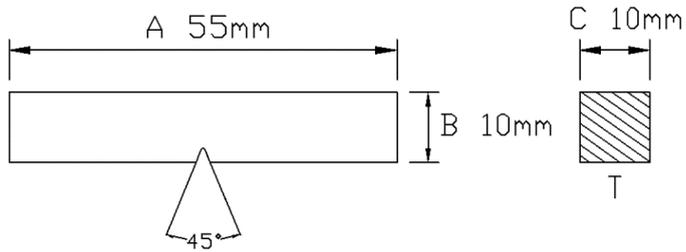


**Gambar 3.30.** Alat Uji Tarik

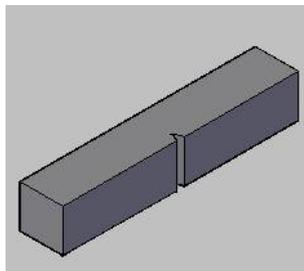
1. Menjepit ujung uji spesimen pada mesin uji tarik.
2. *Setting* komputer untuk melakukan pengujian dan mendapatkan data hasil pengujian.
3. Spesimen uji mendapat beban tarik mulai 0 kN sampai spesimen tersebut putus pada beban maksimum. Beban yang di terima dapat dilihat pada komputer.

### C. Uji *Impact*

Baling-baling kapal pada saat berjalan sering kali terjadi benturan terhadap batu karang khususnya kapal nelayan yang sering melintasi di perairan dangkal juga rawan sekali terkena benturan batu karang. Untuk itu uji *impact* perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa besar beban kejut atau beban secara tiba-tiba yang dapat diterima suatu material khususnya pada baling-baling kapal. (rendy, 2017)



**Gambar 3.31.** Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji *impact*



**Gambar 3.32.** Bentuk Spesimen Uji Tarik 3D

- Keterangan:
- Panjang (A) : 55 mm
- Lebar (B) : 10 mm
- Tebal : 10 mm
- V not : 45°

Spesimen ini kemudian diproses *machining* dengan menggunakan mesin bubut sesuai dengan standar ASTM E-23.



**Gambar 3.33.** Proses *machining* menggunakan mesin bubut



**Gambar 3.34.** Spesimen uji *impact*

Langkah-langkah dalam melakukan uji *impact* adalah sebagai berikut:



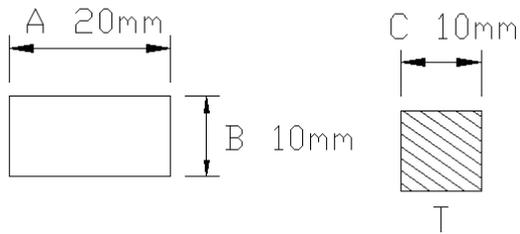
**Gambar 3.35.** Mesin Uji *Impact*

1. Mempersiapkan spesimen uji yang telah diproses dengan standard dan dimensi yang digunakan
2. Benda uji diletakkan pada alat uji *impact*
3. Pendulum diangkat dengan menekan tombol yang tertera pada mesin dan spesimen uji diletakkan pada penjepit yang ada pada mesin uji
4. Pendulum dilepaskan dengan menekan tombol yang ada pada alat uji
5. *Setting* komputer untuk melihat hasil data pengujian

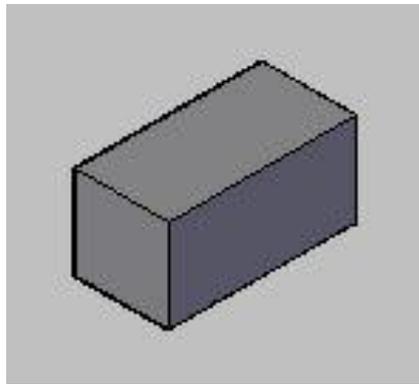
#### D. Pengamatan Metalografi

##### Mikrografi

Pengamatan ini adalah suatu metode untuk melihat struktur logam hasil pengecoran pada skala mikro. Dengan menggunakan mikroskop optik dan memberikan pembesaran 200 kali. Proses pengujian ini dilakukan untuk dapat mengetahui bentuk struktur mikro hasil paduan dan dapat menganalisa fasa yang terbentuk. Pengujian metalografi dilakukan sesuai dengan standar ASTM E-407.



**Gambar 3.36.** Bentuk dan Ukuran Spesimen metalografi



**Gambar 3.37.** Bentuk Spesimen metalografi 3D

Keterangan (dalam mm):

- Panjang (A): 20 mm
- Lebar (B): 10 mm
- Tebal (C): 10 mm

Tahapan pengujian metalografi (Mikro) sebagai berikut :

1. Proses pemotongan sepsimen
2. Meratakan spesimen dengan gerinda
3. Penghalusan spesimen (proses ini dilakukan dengan menggunakan kertas gosok dengan nomer kertas 120, 200, 400, 600, 800, 1000, dan 1200)



**Gambar 3.38.** Pemolesan Spesimen Metalografi

4. Pemolesan spesimen dengan *Kroll's Reagents* ( *Distilled Water* 92 ml , *Nitric Acid* 6 ml, *Hydrofluoric* 2 ml)
5. Perendaman spesimen di dalam larutan etsa ( 30 ml HCl + 40 ml HNO<sub>3</sub> + 2,5 ml HF + 12 g Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 42,5 H<sub>2</sub>O ) selama 10-20 detik dan dibersihkan

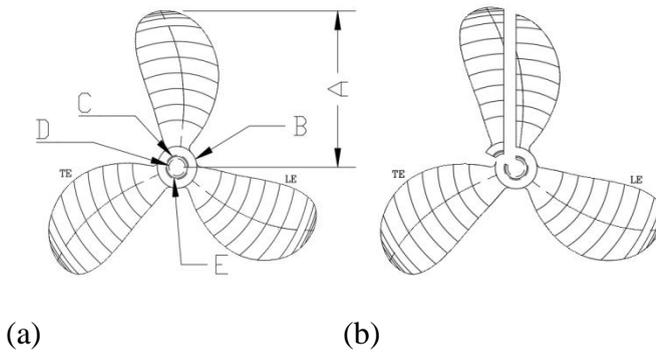


**Gambar 3.39.** Mikroskop untuk pengamatan struktur mikro

6. Proses pengamatan metalografi (mikro) pada spesimen dilakukan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 200 kali

## Makrografi

Pengamatan ini dilakukan untuk mengetahui struktur logam hasil pengecoran dalam skala makro, yaitu menggunakan kamera digital dengan spesimen berbentuk *propeller*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah hasil pengecoran tersebut mengalami porositas (*Porosity*), berlubang (*Blow Hole*), ujung logam tidak terisi (*Unfill*).



**Gambar 3.40.** (a) Bentuk dan ukuran *propeller*, (b) Potongan *propeller* foto makro

### Keterangan:

D. <i>propeller</i> (A)	: 300 mm
D. boss luar (B)	: 35 mm
D. boss dalam depan (C)	: 28 mm
D. boss dalam balakang (B)	: 26 mm
Panjang bost <i>propeller</i> (B)	: 50 mm



**Gambar 3.41.** Spesimen makrografi

Kemudian dilakukan pemotongan spesimen *Propeller* pada daun *propeller* dengan menggunakan gerinda tangan dan pemotongan daun *propeller* dilakukan secara vertikal untuk dilakukan foto makro.

## BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

### Paduan Aluminium – Tembaga (Al – Cu)

Dari pengujian spesimen pengecoran Al-Cu dengan komposisi 80% Aluminium dan 20% Cu didapatkan hasil sebagai berikut

#### Uji Tarik

**Tabel 4.1.** Hasil Uji Tarik Spesimen Al - Cu

No	Kode Material	Uji Tarik			
		Beban Tarik (P)	Tegangan Tarik Maksimum ( $\sigma$ )	Regangan ( $\epsilon$ )	Reduksi Area (RoA)
		N	(Mpa)	(%)	(%)
1	Spesimen 1	28000	137,61	1,40%	1,85%
2	Spesimen 2	29000	141,64	0,64%	1,23%
3	Spesimen 3	28000	136,08	0,92%	1,97%
Rata-rata		28333,33	138,44	0,98%	1,68%

Dari Pengujian Tarik diperoleh tegangan tarik maksimum sebesar 138,44 MPa, Regangan sebesar 0,98%, dan reduksi area sebesar 1,68%.

#### Uji Impact

**Tabel 4.2.** Hasil Uji Impact Spesimen Al - Cu

TEMPERATUR 28°C			
No	Identifikasi	Energi Impact	Harga Impact
		(Joule)	(J/mm <sup>2</sup> )
1	Spesimen 1	1.20	0.015
2	Spesimen 2	1.50	0.018
3	Spesimen 3	1.00	0.012
Rata-rata		1.23	0.015

Dari hasil pengujian diperoleh energi impact sebesar 1,23 Joule dengan kekuatan impact sebesar 0,015 J/mm<sup>2</sup>.

## Uji Kekerasan

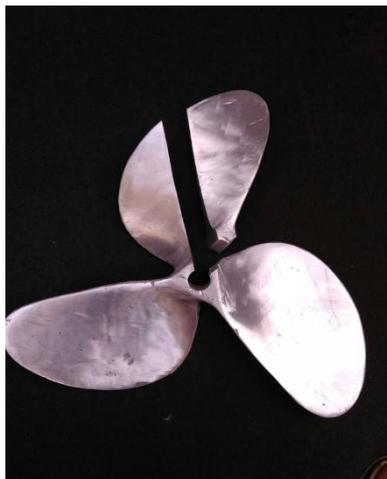
**Tabel 4.3.** Hasil Uji Kekerasan Spesimen Al - Cu

Material Tes	Vickers Hardness Number (HV)			
	1	2	3	Rata-rata
AL - Cu	195.10	196.60	225.20	205.63

Hasil Pengujian kekerasan dengan metode *Hardness Vickers* dihasilkan nilai kekerasannya sebesar 205,63 atau setara dengan 94,12 HRB.

## Pengamatan Metalografi

### A. Makrografi



**Gambar 4.1.** Foto Makro *Propeller* paduan Al-Cu tampak belakang



**Gambar 4.2.** Foto Makro *Propeller* paduan Al-Cu tampak depan



**Gambar 4.3.** Foto Makro *Propeller* paduan Al-Cu potongan melintang

**Tabel 4.4.** Hasil Pengamatan Makrografi Spesimen Al - Cu

Cacat Pengecoran Material		
Jenis Cacat Pengecoran	Ada	Tidak
Porositas ( <i>Porosity</i> )	V	-
Berlubang ( <i>Blow hole</i> )	-	V
Cuil/Tidak terisi ( <i>Unfill</i> )	V	-

## B. Mikrografi



**Gambar 4.4.** Struktur Mikro 80%Al-20%Cu. Pembesaran 200 Kali

Dari hasil foto mikro terlihat struktur mikro paduan yang terdiri Al (berwarna terang) dan paduan  $\text{CuAl}_2$  (berwarna kelabu gelap).

### Paduan Aluminium – Magnesium (Al-Mg)

Dari pengujian spesimen pengecoran Al-Mg dengan komposisi 80% Aluminium dan 20% Magnesium didapatkan hasil sebagai berikut

#### Uji Tarik

**Tabel 4.5.** Hasil Uji Tarik Spesimen Al – Mg

No	Kode Material	Uji Tarik			
		Beban Tarik (P)	Tegangan Tarik Maksimal ( $\sigma$ )	Regangan ( $\epsilon$ )	Reduksi Area (RoA)
		N	(Mpa)	(%)	(%)
1	Spesimen 1	26000	130,68	2,46%	1,38%
2	Spesimen 2	26500	131,54	4,04%	1,24%
3	Spesimen 3	27000	132,86	4,02%	2,22%
Rata-rata		26,500	131,69	3,50%	1,51%

Dari Pengujian Tarik diperoleh tegangan tarik maksimum sebesar 131,69 MPa, regangan diperoleh 3,50%, reduksi area di peroleh 1,51%.

### Uji Impact

**Tabel 4.6.** Hasil Uji Impact Spesimen Al – Mg

TEMPERATUR 28°C			
No	Identifikasi	Energi Impact	Harga Impact
		(Joule)	(J/mm <sup>2</sup> )
1	Spesimen 1	2	0,024
2	Spesimen 2	2	0,025
3	Spesimen 3	2	0,024
Rata-rata		2	0,024

Dari hasil pengujian diperoleh energi impact sebesar 2 Joule dengan kekuatan impact sebesar 0,024 J/mm<sup>2</sup>.

### Uji Kekerasan

**Tabel 4.7.** Hasil Uji Kekerasan Spesimen Al – Mg

MATERIAL TEST	VICKERS HARDNESS NUMBER (HV 1)				
AL - Mg	1	2	3	Jumlah	Rata-rata
		81,00	100,90	85,45	267,35

Hasil Pengujian kekerasan dengan metode *Hardness Vickers* dihasilkan nilai kekerasannya sebesar 89,11 atau setara dengan 45 HRB.

## Pengamatan Metalografi

### Makrografi

**Tabel 4.8.** Hasil Pengamatan Makrografi Spesimen Al – Mg

CACAT PENGECORAN MATERIAL		
Jenis Cacat Pengecoran	Ada	Tidak
Porositas ( <i>Porosity</i> )	V	-
Berlubang ( <i>Blow hole</i> )	V	-
Cuil/Tidak terisi ( <i>Unfill</i> )	V	-

## Pengamatan Metalografi

### A. Makrografi



**Gambar 4.5.** Foto Makro *Propeller* paduan Al-Mg tampak depan

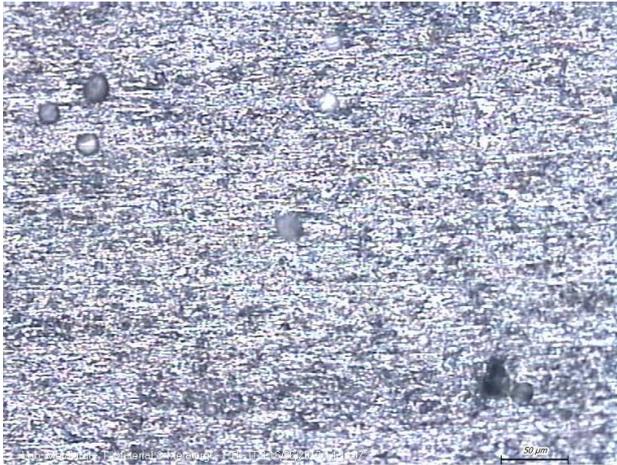


**Gambar 4.6.** Foto Makro *Propeller* paduan Al-Mg tampak belakang



**Gambar 4.7.** Foto Makro *Propeller* paduan Al-Mg potongan melintang

## B. Makrografi



**Gambar 4.8.** Struktur Mikro 80% Al-20% Mg. Pembesaran 200 Kali

Dari hasil foto mikro terlihat struktur mikro paduan yang terdiri Aluminium (Al) berwarna terang dan paduan dari Al-Mg (Magnesium) berwarna kelabu gelap.

### **Paduan Aluminium - Magnesium - Tembaga (Al – Cu – Mg)**

Untuk mengetahui faktor yang dominan dari unsur-unsur paduan yang ditambahkan maka pengujian dilakukan dengan variasi komposisi sebagai berikut:

Komposisi I : 80% Al – 10% Cu -10% Mg

Komposisi II : 70% Al – 20% Cu -10% Mg

Komposisi III : 70% Al – 10% Cu -20% Mg

Dari pengujian spesimen diperoleh hasil sebagai berikut

## Uji Tarik

**Tabel 4.9.** Hasil Uji Tarik Spesimen Al – Cu - Mg

No.	Komposisi	Tegangan ( $\sigma$ )	Regangan ( $\epsilon$ )	Modulus Young (E)
1.	80% Al – 10% Cu – 10% Mg	70,333 N/mm <sup>2</sup>	2,57 %	27,375 N/mm <sup>2</sup>
2.	70% Al – 20% Cu – 10% Mg	42,666 N/mm <sup>2</sup>	2,39 %	18,520 N/mm <sup>2</sup>
3.	70% Al – 10% Cu – 20% Mg	29 N/mm <sup>2</sup>	2,10 %	14,136 N/mm <sup>2</sup>

Dari hasil pengujian tarik yang dilakukan didapatkan hasil berupa tegangan, regangan, dan *modulus young* dari setiap komposisi yaitu dengan nilai yang terbaik pada komposisi I (80% Al – 10% Cu – 10% Mg) yang memiliki nilai tegangan sebesar 70,333 N/mm<sup>2</sup>, dengan regangan sebesar 2,57%, dan *Modulus Young* sebesar 27,375 N/mm<sup>2</sup>. Terlihat bahwa kekuatan Tarik, regangan dan modulus young menurun dengan semakin bertambahnya kadar magnesium.

## Uji Impact

**Tabel 4.10.** Hasil Uji Impact Spesimen Al – Cu – Mg

No.	Komposisi	Impact Toughness (Juole)	Absorbed Energy (Joule)	Harga Impact (J/mm <sup>2</sup> )
1.	80% Al – 10% Cu – 10% Mg	2,533	2,00	0,0253
2.	70% Al – 20% Cu – 10% Mg	1,5	1,166	0,015
3	70% Al - 10% Cu – 20% Mg	0,866	0,666	0,0086

Dari hasil uji pukul (*impact*) diperoleh bahwa paduan dengan komposisi I (80% Al – 10% Cu – 10% Mg) memiliki nilai tertinggi, paduan tersebut memiliki tenaga patah (*Impact Toughness*) sebesar 2,533 Joule dan harga *impact* sebesar 0,0253 Joule/mm<sup>2</sup>. Dari pengujian ini terlihat bahwa semakin

tinggi presentase magnesium pada paduan Al-Cu-Mg maka hasil pengecoran menjadi semakin getas.

### Uji kekerasan

**Tabel 4.11.** Hasil Uji Kekerasan Al – Cu - Mg

No.	Komposisi	Titik	Nilai Kekerasan (HBN)	Rata – Rata Kekerasan (HBN)
1.	80% Al – 10% Cu – 10% Mg	1	104,962	105,288
		2	103,140	
		3	107,762	
2.	70% Al – 20% Cu – 10% Mg	1	101,310	116,725
		2	122,316	
		3	126,550	
3.	70% Al - 10% Cu – 20% Mg	1	124,716	132,810
		2	137,500	
		3	136,216	

Dari data hasil pengujian kekerasan dapat dilihat, bahwa rata-rata nilai kekerasan komposisi I sebesar 105,288 HBN, komposisi II sebesar 116,725 HBN, dan komposisi III sebesar 132,810 HBN. Terlihat bahwa semakin tinggi kadar Magnesium maka kekerasan logam paduan juga semakin meningkat.

### **Paduan Aluminium - Mangan - Tembaga (Al - Cu - Mg - Si)**

Untuk mengetahui faktor yang dominan dari unsur-unsur paduan yang ditambahkan maka pengujian dilakukan dengan variasi komposisi sebagai berikut:

- Komposisi I : 77% Al – 10% Cu – 10% Mg – 3% Si
- Komposisi II : 65% Al – 10% Cu – 20% Mg – 5% Si
- Komposisi III : 62% Al – 20% Cu – 10% Mg – 8% Si
- Komposisi IV : 75% Al – 10% Cu – 10% Mg – 5% Si
- Komposisi V : 72% Al – 10% Cu – 10% Mg – 8% Si

Dari pengujian spesimen diperoleh hasil sebagai berikut

## Uji Tarik

**Tabel 4.12.** Hasil Uji Tarik Spesimen Al – Cu – Mg - Si

No.	Komposisi	Tegangan ( $\sigma$ )	Regangan ( $\epsilon$ )	Modulus Young (E)
1.	77%Al-10%Cu-10%Mg-3%Si	67,33 N/mm <sup>2</sup>	0,286 %	236,04 N/mm <sup>2</sup>
2.	65%Al-10%Cu-20%Mg-5%Si	22,630 N/mm <sup>2</sup>	0,222 %	106,58 N/mm <sup>2</sup>
3.	62%Al-20%Cu-10%Mg-8%Si	27,179 N/mm <sup>2</sup>	0,239%	114,13 N/mm <sup>2</sup>
4.	75%A-10%Cu-10%Mg-5%Si	54,951 N/mm <sup>2</sup>	0,269 %	205,04 N/mm <sup>2</sup>
5.	72%Al-10%Cu-10%Mg-8%Si	39,056 N/mm <sup>2</sup>	0,251 %	156,61N/mm <sup>2</sup>

Dari hasil pengujian tarik yang dilakukan didapatkan hasil berupa tegangan, regangan, dan *modulus young* dari setiap komposisi yaitu dengan nilai yang terbaik pada komposisi I (77% Al – 10% Cu – 10% Mg – 3% Si) yang memiliki nilai tegangan sebesar 236,4 N/mm<sup>2</sup>, dengan regangan sebesar 0,286%, dan *Modulus Young* sebesar 27,375 N/mm<sup>2</sup>. Terlihat bahwa kekuatan Tarik, regangan dan modulus young menurun dengan semakin bertambahnya kadar magnesium. Terlihat bahwa dengan bertambahnya unsur mangan menyebabkan kekuatan Tarik menurun, sedangkan penambahan unsur silikon cenderung meningkatkan atau setidaknya mempertahankan *elongation*-nya walaupun juga cenderung menyebabkan menurunnya kekuatan tarik.

## Uji Impact

**Tabel 4.13.** Hasil Uji Impact Al – Cu – Mg - Si

No.	Komposisi	Impact Toughness (Juole)	Absorbed Energy (Joule)	Harga Impact (J/mm <sup>2</sup> )
1.	77% Al–10% Cu–10% Mg–3% Si	2,06	1,86	0,0206
2.	65% Al–10% Cu–20% Mg–5% Si	0,77	0,60	0,0077
3.	62% Al–20% Cu–10% Mg–8% Si	1,26	1,07	0,0126
4.	75% A–10% Cu–10% Mg–5% Si	1,63	1,43	0,0163
5.	72% Al–10% Cu–10% Mg–8% Si	1,467	1,267	0,0146

Dari keseluruhan hasil uji *impact* diketahui bahwa pada paduan I dengan komposisi 77% Al – 10% Cu – 10% Mg – 3 % Si memiliki nilai *impact* tertinggi, paduan tersebut memiliki tenaga patah (*Impact Toughness*) sebesar 2,06 Joule dan harga *impact* sebesar 0,0206 Joule/mm<sup>2</sup>. Apabila ditinjau dari bentuk patahan, logam paduan ini tergolong logam yang getas, karena hasil patahannya berwarna mengkilap dan bekas patahannya yang cenderung rata. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi presentase silikon maka logam akan menjadi getas, dikarenakan adanya kristal *granula silika* pada logam yang mengakibatkan logam menjadi getas.

## Uji Kekerasan

**Tabel 4.14.** Hasil Uji Kekerasan Al – Cu – Mg - Si

No	Variable	Titik	Kekerasan (HB)	Rata-Rata Kekerasan (HB)
1.	77% Al-10% Cu-10% Mg-3% Si	1	117	106,67
		2	104	
		3	99	
2.	65% Al-10% Cu-20% Mg-5% Si	1	114	113,00
		2	111	
		3	114	
3.	62% Al-20% Cu-10% Mg-8% Si	1	100	97,63
		2	95	
		3	98	
4.	75% A-10% Cu-10% Mg-5% Si	1	97	100,60
		2	106	
		3	99	
5.	72% Al-10% Cu-10% Mg-8% Si	1	95	98,33
		2	99	
		3	100	

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa nilai kekerasan yang terbesar ada pada paduan dengan komposisi II yaitu sebesar 113 HB atau setara dengan 73,6 HRB. Terlihat bahwa dengan semakin bertambahnya unsur Cu akan menurunkan kekerasan logam paduan, sedangkan unsur magnesium dan silikon meningkatkan kekerasan logam paduan.

### Pengamatan Metalografi

#### A. Makrografi



**Gambar 4.9.** Foto Makro Potongan melintang *Propeller* paduan Al-Cu-Mg-Si komposisi I

**Tabel 4.15.** Hasil Pengamatan Makro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi I

Cacat pengecoran material		
	Ada	Tidak
Porositas ( <i>Porosity</i> )	V	-
Berlubang ( <i>Blow Hole</i> )	V	-
Cuil atau tidak terisi ( <i>Unfill</i> )	-	V

Dari pengamatan makro *propeller* paduan I terlihat adanya porositas berbentuk bulatan kecil dan merata pada permukaan potongan *propeller*, karena adanya udara yang terjebak pada saat proses pencetakan. tetapi tidak adanya *unfill* atau tidak terisi pada ujung daun *propeller*. Ini disebabkan adanya logam silikon (Si) pada paduan material *propeller* dimana unsur silikon (Si) memiliki sifat meningkatkan *fluiditas* dari cairan logam cor.



**Gambar 4.10.** Foto Makro Potongan melintang *Propeller* paduan Al-Cu-Mg-Si komposisi II

**Tabel 4.16.** Hasil Pengamatan Makro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi II

Cacat pengecoran material		
	Ada	Tidak
Porositas ( <i>Porosity</i> )	V	-
Berlubang ( <i>Blow Hole</i> )	V	-
Cuil atau tidak terisi ( <i>Unfill</i> )	-	V

Dari pengamatan makrografi, pada *propeller* paduan II terdapat porositas berbentuk bulatan yang relative lebih besar ukurannya dibandingkan hasil pengecoran dengan paduan I dan tersebar merata pada permukaan potongan *propeller*. Paduan ini memiliki kandungan magnesium (Mg) yang tinggi, yang cenderung menyebabkan paduan menjadi kurang homogen. Tidak terlihat adanya *unfill* atau bagian yang tidak terisi pada ujung daun *propeller*. Ini disebabkan adanya unsur silikon (Si) pada paduan sehingga fluiditas logam cor meningkat.



**Gambar 4.11.** Foto Makro Potongan melintang *Propeller* paduan Al-Cu-Mg-Si komposisi III

**Tabel 4.17.** Hasil Pengamatan Makro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi III

Cacat pengecoran material		
	Ada	Tidak
Porositas ( <i>Porosity</i> )	V	-
Berlubang ( <i>Blow Hole</i> )	V	-
Cuil atau tidak terisi ( <i>Unfill</i> )	-	V

Dari pengamatan makrografi pada *propeller* paduan III terdapat porositas berbentuk bulatan kecil pada permukaan potongan *propeller*, hal ini bisa disebabkan oleh adanya udara yang terjebak pada saat proses pencetakan. Porositas yang terjadi pada *propeller* paduan III ini secara kuantitatif jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan *propeller* paduan I dan *propeller* paduan II. Tidak terlihat adanya *unfill* atau bagian yang tidak terisi pada ujung daun *propeller*, ini disebabkan adanya unsur silikon (Si) pada paduan yang memberi sifat fluiditas pada logam cor.



**Gambar 4.12.** Foto Makro Potongan melintang *Propeller* paduan Al-Cu-Mg-Si komposisi IV

**Tabel 4.18.** Hasil Pengamatan Makro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi IV

Cacat pengecoran material		
	Ada	Tidak
Porositas ( <i>Porosity</i> )	V	-
Berlubang ( <i>Blow Hole</i> )	V	-
Cuil atau tidak terisi ( <i>Unfill</i> )	-	V

Dari pengamatan makrografi pada *propeller* paduan IV terlihat porositas berbentuk bulatan kecil dan jumlahnya lebih sedikit dibandingkan *propeller* dari paduan I, paduan II, dan paduan III pada permukaan potongan *propeller*. Tidak terlihat adanya *unfill* atau bagian yang tidak terisi pada ujung daun *propeller*, ini disebabkan adanya unsur silikon (Si) pada paduan yang memberi sifat fluiditas pada logam cor.



**Gambar 4.13.** Foto Makro Potongan melintang *Propeller* paduan Al-Cu-Mg-Si komposisi V

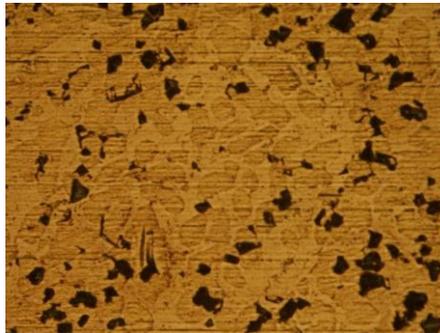
**Tabel 4.19.** Hasil Pengamatan Makro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi V

Cacat pengecoran material		
	Ada	Tidak
Porositas ( <i>Porosity</i> )	-	V
Berlubang ( <i>Blow Hole</i> )	-	V
Cuil atau tidak terisi ( <i>Unfill</i> )	-	V

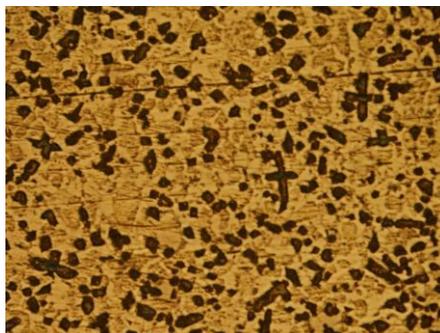
Dari pengamatan makrografi pada *propeller* paduan V tidak terlihat adanya porositas pada permukaan potongan *propeller*, juga tidak terlihat adanya *unfill* atau bagian yang tidak terisi pada ujung daun *propeller*, ini disebabkan adanya unsur silikon (Si) pada paduan yang memberi sifat fluiditas pada logam cor.

Secara umum dapat dikatakan bahwa unsur magnesium menurunkan homogenitas paduan, sehingga memungkinkan terjadinya porosity pada hasil pengecoran, sedangkan unsur silikon meningkatkan fluiditas logam cor sehingga dapat memperbaiki hasil pengecoran khususnya untuk mengurangi cacat akibat *porosity* dan *blow hole*.

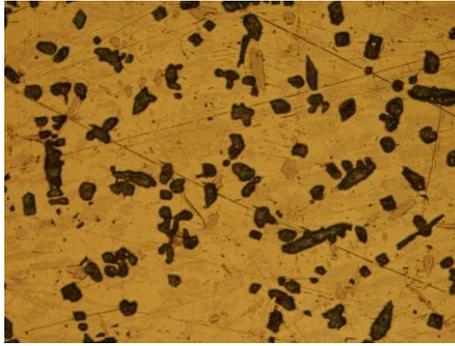
## B. Mikrografi



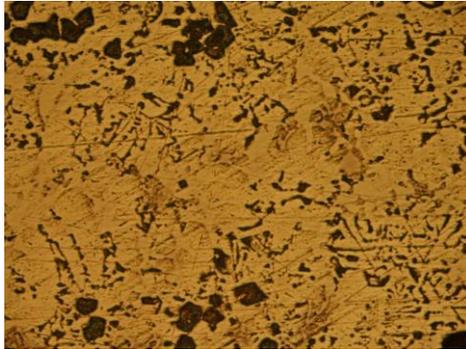
**Gambar 4.14.** Stuktur Mikro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi I



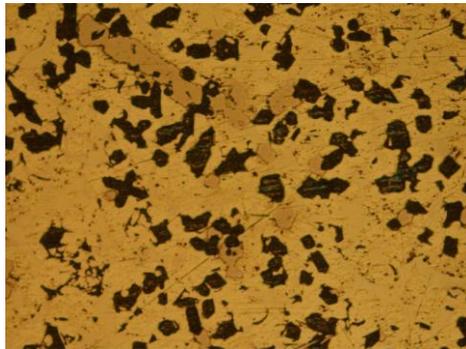
**Gambar 4.15.** Stuktur Mikro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi II



**Gambar 4.16.** Struktur Mikro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi III



**Gambar 4.17.** Struktur Mikro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi IV



**Gambar 4.18.** Struktur Mikro Paduan Al-Cu-Mg-Si Komposisi V

Dari hasil pengamatan struktur mikro dari kelima komposisi paduan, semua terlihat adanya senyawa  $Mg_2Si$  yang berwarna hitam dan senyawa  $CuAl_2$  yang berwarna coklat muda (kelabu). Tampak bahwa dengan semakin meningkatnya kadar silikon pada paduan, menyebabkan semakin banyak dan semakin halus butiran-butiran  $Mg_2Si$ .

## BAB V KESIMPULAN

Penambahan unsur paduan pada paduan aluminium sebagai bahan dasar pengecoran *propeller* sangat mempengaruhi sifat mekanisnya, yaitu:

1. Penambahan unsur tembaga atau Cu meningkatkan kekerasan, meningkatkan kekuatan Tarik tetapi menurunkan ketangguhan dari paduan aluminium.
2. Penambahan unsur magnesium atau Mg menurunkan kekuatan tarik dan ketangguhan paduan aluminium, tetapi meningkatkan kekerasannya. Penambahan magnesium juga menyebabkan paduan sulit menjadi homogen dan meningkatkan *porosity* dari hasil pengecoran. Magnesium juga meningkatkan kegetasan dari logam paduan.
3. Penambahan unsur silikon atau Si menurunkan kekuatan tarik dan kekerasan dan ketangguhan paduan aluminium. Unsur silikon meningkatkan homogenitas dan fluiditas logam paduan sehingga dapat mengurangi terjadinya *porosity* dan *blowhole* pada hasil pengecoran.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook Volume 3 Alloy Phase Diagram. ASM International Handbook Committee (2010).
- ASTM E-10 Volume 02 *Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials Handbook* (2004).
- ASTM E-23 Volume 02 *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials Handbook* (2004)
- Callister Jr.,W.D., and Rethwisch, D.G., (2010). *Materials Science and Engineering, An Introduction*, Eight Edition, New York, USA : John Wiley & Sons.
- Eva, A. Nur (2012), "*Analisis sifat Fisis dan Mekanis Alumunium Paduan Al-Si-Cu dengan menggunakan cetakan pasir*", Naskah Publikasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Setiawan, H. (2014), "*Pengujian Kekerasan dan Komposisi Kimia Produk Cor Propeller Alumunium*", Prosiding SNST Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim, Semarang.
- Setiawan, H. (2013), "*Pengujian Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Struktur Mikro Produk Cor Propeler Kuningan*". *SIMETRIS* 3. 1, 71-79.
- Surdia, T. dan Saito, S., 1985, "Pengetahuan Bahan Teknik", P.T Pradya Paramitha, Jakarta, pp143-145.
- TALAT Lecture 2202, (1994), *Structural Aluminium Materials*, European Aluminium Association – EAA, pp. 3, 4.

# REKAYASA MATERIAL PADA PENGECORAN PROPELER KAPAL PERIKANAN

Propeler kapal sebagai alat penggerak kapal yang merubah gerakan rotasi menjadi suatu tenaga yang dapat mendorong kapal haruslah memenuhi beberapa sifat mekanis yang sesuai dengan kebutuhan. Sifat mekanis yang harus dimiliki oleh propeler antara lain adalah kekuatannya tetapi harus memperhatikan juga keuletan dan ketangguhannya agar tidak mudah pecah apabila terjadi benturan dan juga kekerasannya sehingga propeler tidak mudah menjadi aus akibat gesekan.

Buku ini adalah Monograf dari penelitian mengenai pengaruh unsur Cu, Mg, dan Si terhadap sifat mekanis hasil pengecoran propeler berbahan dasar paduan aluminium.



Dwisetiono lahir di Kupang 14 Maret 1972, lulus dari SMAK St. Louis 1 Surabaya pada 1991, melanjutkan S1 ke Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya mengambil Bidang Keahlian Metalurgi. S2 diselesaikan di Program Pasca Sarjana ITS, Program Studi Magister Manajemen Teknologi. Sejak tahun 2005 menjadi Dosen tetap di Universitas Hang Tuah hingga saat ini dan aktif meneliti pada bidang material dan pengerjaan logam.



Hang Tuah University Press

ISBN 978-602-5595-18-9

