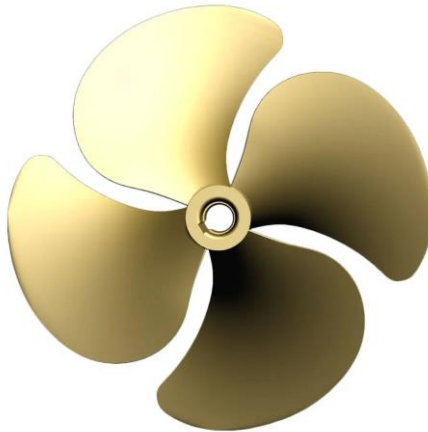


BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Baling-Baling (*Propeller*)



Gambar 2.1 Baling-Baling (*Propeller*)
(Nautic, 2025)

Baling-baling berfungsi sebagai komponen penggerak pada kapal, dengan salah satu jenis yang paling umum adalah baling-baling ulir. Baling-baling ini terdiri dari dua atau lebih bilah yang menjulur dari poros pusat atau bos. Bilah baling-baling dapat di cor menyatu secara permanen dengan poros pusat atau dirancang sebagai komponen yang dapat dilepas dan dipasang kembali ke poros pusat, dan dibuat dalam bentuk baling-baling dengan *pitch* yang dapat dikontrol (*controllable pitch propeller*) (Hendrawan, 2020).

Propeeler memiliki bentuk yang menyerupai kipas angin, terdiri dari beberapa bilah yang terpasang pada poros pusat dan terhubung ke ujung poros yang berasal dari mesin utama kapal (*main engine*). Daya dorong yang dihasilkan oleh baling-baling berasal dari gaya angkat yang bekerja pada bilah Baling-baling

saat berputar di dalam air. Komponen ini harus dipasang serendah mungkin di buritan kapal (Utomo, 2012).

2.2 Karakteristik Baling-Baling (*Propeller*)

Baling-baling memiliki beberapa karakteristik utama, termasuk rasio kekuatan-terhadap-berat yang tinggi, ketahanan terhadap keausan, dan ketahanan korosi yang baik. (Hendrawan, 2020). Baling-baling kapal harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan gaya-gaya yang terus-menerus bekerja padanya, yang dapat menyebabkan retakan dan pada akhirnya menyebabkan kerusakan (Salam dkk., 2017). Selain itu, baling-baling harus memenuhi sejumlah kriteria khusus, termasuk kemampuan untuk menghasilkan daya dorong, serta mampu mencapai kecepatan tinggi, tekanan rendah, dan menciptakan aliran *fluida* yang halus. (Zakky Zain dkk., 2018)

2.3 Jenis-Jenis Baling-Baling (*Propeller*)

Baling-baling (*propeller*) kapal memiliki berbagai jenis, yaitu sebagai berikut:

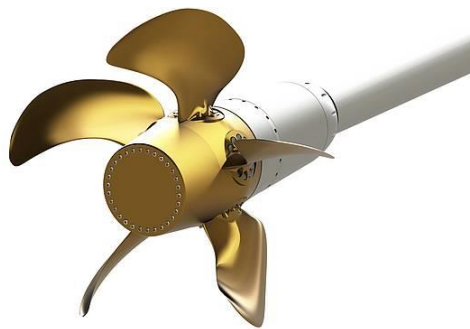
2.3.1 *Baling-Baling Sudut Tetap (Fixed Pitch Propeller)*



Gambar 2.2 *Fixed Pitch Propeller*
(Maritime, 2025)

Baling-baling dengan sudut tetap (*fixed pitch propeller*) umumnya diterapkan pada kapal-kapal besar yang beroperasi pada putaran mesin (rpm) yang relatif rendah dan menghasilkan torsi yang tinggi.

2.3.2 *Controllable Pitch Propeller*

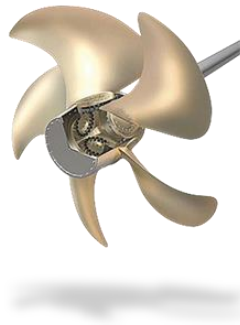


Gambar 2.3 *Controllable Pitch Propeller*
(Schottel, 2019)

Baling-baling dengan sudut yang dapat diubah adalah jenis baling-baling kapal yang memungkinkan penyesuaian langkah daun propelernya sesuai dengan kebutuhan (Hendrawan, 2020). Jenis baling-baling ini menawarkan efisiensi yang

lebih tinggi dalam pengoperasiannya, karena sudut bilah dapat diatur melalui sistem kontrol dari anjungan, baik saat kapal bergerak maju maupun mundur

2.3.3 *Adjustable Bolted Propeller*



Gambar 2.4 *Adjustable Bolted Propeller*
(Rolls, 2025)

Jenis baling-baling ini merupakan pengembangan dari *fixed pitch propeller*, di mana daun baling-baling dapat diproduksi secara terpisah dan kemudian dipasang pada sumbu baling-baling menggunakan baut. Pendekatan ini memungkinkan penyesuaian pitch pada nilai optimum yang diinginkan, sehingga meningkatkan efisiensi dan kinerja kapal.

2.3.4 *Waterjets Propulsi*



Gambar 2.5 *Waterjets Propulsi*
(Eric, 2022)

Kapal ini menggunakan pompa yang menghisap air di bagian depan dan mendorongnya ke bagian belakang, sehingga kapal bergerak maju berdasarkan prinsip momentum. Sistem propulsi ini lebih efisien untuk kapal yang beroperasi pada kecepatan di atas 25 knot, dengan daya mesin berkisar antara 50 kW hingga 36 MW (Hendrawan, 2020).

2.4 **Aluminium**



Gambar 2.6 Aluminium
(Wikipedia, 2025)

Aluminium merupakan unsur *non ferrous* (logam bukan besi) yang paling banyak terdapat di bumi. Aluminium merupakan logam yang mempunyai sifat ringan, tahan korosi, penghantar listrik dan panas yang baik, serta mudah dibentuk. Paduan Aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu Aluminium *Wrought Alloy* (lembaran) dan Aluminium *Casting Alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm³, densitas 2,685 kg/m³, dan titik leburnya pada suhu 660 °C. Aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi Aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida Aluminium dari permukaan Aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil atau tidak bereaksi dengan lingkungan sekitar, sehingga melindungi bagian dalam (Mariam & Ibrahim, 2020). Ada beberapa jenis Aluminium berdasarkan jenis paduannya:

2.4.1 *Aluminium murni*



Gambar 2.7 Aluminium murni
(Huawei, 2024)

Jenis aluminium ini memiliki tingkat kemurnian berkisar antara 99,0% dan 99,9%. Menurut (Setia, 2023), Meskipun aluminium murni 100% tidak mengandung unsur lain selain aluminium itu sendiri, aluminium yang tersedia di

pasaran umumnya tidak mencapai tingkat kemurnian ini, karena selalu terdapat kontaminan. Aluminium dalam kategori ini, yang dikenal sebagai seri 1xxx, mengandung lebih dari 99% aluminium dan dikenal karena sifat unggulnya dalam hal ketahanan korosi, konduktivitas termal, dan konduktivitas listrik. Namun, kelemahan aluminium murni adalah kekuatannya yang relatif rendah. Aplikasi aluminium murni meliputi peralatan kimia, reflektor, konduktor listrik, kapasitor, dan kertas pembungkus (aluminium foil), dan tujuan dekoratif. Terdapat berbagai jenis aluminium yang diklasifikasikan berdasarkan komposisi aloi-nya.

2.4.2 Aluminium Copper Alloy (seri 2xxx)



Gambar 2.8 Aluminium *Copper Alloy*
(BROAD, 2025a)

Aluminium dalam seri ini dapat menjalani perlakuan panas, terutama yang mengandung antara 2,5% hingga 5% tembaga. Sifat mekanik paduan ini dapat mencapai tingkat yang setara dengan baja karbon rendah; namun, ketahanan korosinya relatif rendah dibandingkan dengan jenis paduan aluminium lainnya. Paduan ini sering digunakan dalam aplikasi konstruksi dan secara luas diterapkan dalam industri dirgantara, seperti pada super duralumin. Karena paduan ini mengandung tembaga, yang berkontribusi pada ketahanan korosinya yang buruk,

diperlukan pelapisan permukaan dengan aluminium murni atau paduan aluminium lain yang memiliki ketahanan korosi yang lebih tinggi (Setia, 2023).

2.4.3 *Aluminium Manganese Alloy (seri 3xxx)*



Gambar 2.9 Aluminium *Magnese Alloy*
(KDMFAB, 2024)

Salah satu unsur yang berperan dalam memperkuat aluminium adalah mangan (Mn), yang tidak mengurangi ketahanan korosi. Menurut (Irawan, 2023) Penambahan sekitar 1,2% mangan dapat meningkatkan kekuatan aluminium murni sambil mempertahankan ketahanan korosi dan kemudahan pengolahan yang setara dengan aluminium murni. Dalam hal kekuatan, paduan ini menunjukkan peningkatan yang signifikan, mencapai 620% lebih tinggi daripada aluminium murni. Aplikasi paduan ini meliputi kaleng makanan, alat masak, penukar panas, tangki penyimpanan, furnitur, dan tanda lalu lintas.

2.4.4 Aluminium Silikon Alloy (seri 4xxx)



Gambar 2.10 Aluminium *Silikon Alloy*
(Belmont, 2021)

Paduan aluminium-silikon (Al-Si) memiliki karakteristik ideal untuk proses pengecoran, seperti likuiditas yang baik, permukaan yang halus, dan ketahanan terhadap keretakan panas. Untuk meningkatkan sifat-sifatnya, paduan Al-12% Si umumnya ditambahkan dengan magnesium (Mg) dengan kandungan 0,04-0,15%. Kombinasi ini menghasilkan material dengan konduktivitas termal dan listrik yang baik, ketahanan korosi yang memadai, densitas rendah, dan koefisien ekspansi termal yang minimal. Berkat sifat-sifat unggul ini, paduan Al-Si sering digunakan sebagai logam pengisi dalam pengelasan aluminium, baik untuk paduan cor maupun paduan tempa. Secara khusus, paduan Al-Si seri 4032, dengan koefisien ekspansi termal yang rendah dan ketahanan aus yang tinggi, sering diterapkan dalam pembuatan piston (Sulardjaka, 2020).

2.4.5 *Aluminium Magnesium Alloy (seri 5xxx)*



Gambar 2.11 *Aluminium Magnesium Alloy*
(BROAD, 2025)

Paduan aluminium-silikon (Al-Si) memiliki karakteristik ideal untuk proses pengecoran, seperti likuiditas yang baik, permukaan yang halus, dan ketahanan terhadap keretakan panas. Untuk meningkatkan sifatnya, paduan Al-12% Si umumnya ditambahkan dengan magnesium (Mg) dengan kandungan 0,04-0,15%. Kombinasi ini menghasilkan material dengan konduktivitas termal dan listrik yang baik, ketahanan korosi yang memadai, densitas rendah, dan koefisien ekspansi termal yang minimal. Berkat sifat-sifat unggul ini, paduan Al-Si sering digunakan sebagai logam pengisi dalam pengelasan aluminium, baik untuk paduan cor maupun paduan tempa. Secara khusus, paduan Al-Si seri 4032, dengan koefisien ekspansi termal yang rendah dan ketahanan aus yang tinggi, sering diterapkan dalam pembuatan piston. (Sulardjaka, 2020).

2.4.6 *Aluminium Magnesium Silikon Alloy (seri 6xxx)*



Gambar 2.12 *Aluminium Magnesium Silikon Alloy*
(Kdmfab, 2025)

Paduan aluminium 6063 memiliki komposisi utama yang terdiri dari aluminium (Al) sebesar 94,4%-98,2%, magnesium (Mg) sebesar 0,8%-1,2%, dan silikon (Si) sebesar 0,4%-0,8%. Meskipun paduan ini memiliki kekuatan mekanik yang relatif rendah dibandingkan dengan paduan aluminium lainnya, kelenturan yang baik merupakan keunggulan utamanya. Dengan kombinasi kekuatan yang memadai dan konduktivitas listrik yang baik, paduan 6063 sering digunakan dalam aplikasi rangka struktural. Namun, kandungan tembaga (Cu), besi (Fe), dan mangan (Mn) harus dibatasi karena dapat mengurangi konduktivitas listriknya. Selain itu, paduan seri 6xxx banyak diterapkan pada komponen seperti piston mesin dan silinder pemanas pada mesin pembakaran. (Sulardjaka, 2020).

2.4.7 *Aluminium Zink Alloy (seri 7xxx)*



Gambar 2.13 Aluminium *Zink Alloy*
(Arianna, 2019)

Paduan aluminium yang mengandung unsur-unsur seperti magnesium (Mg), tembaga (Cu), dan kromium (Cr) dapat mencapai kekuatan tarik lebih dari 50 kg/mm², dan oleh karena itu dikenal sebagai ultra duralumin. Namun, kekuatan tarik yang tinggi ini tidak diimbangi dengan kemampuan las dan ketahanan korosi yang memadai. Sebagai solusi, paduan Al-Zn-Mg telah dikembangkan dan kini banyak digunakan dalam aplikasi konstruksi las. Paduan ini menawarkan keseimbangan yang lebih baik antara kemampuan las dan ketahanan korosi dibandingkan dengan paduan Al-Zn konvensional.(Sulardjaka, 2020).

2.4.8 *Aluminium Lithium Alloy (seri 8xxx)*



Gambar 2.14 Aluminium *Lithium Alloy*
(Smiths, 2020)

Paduan aluminium-litium (Al-Li) dengan kandungan litium berkisar antara 0,5% hingga 2,7% adalah paduan yang dapat diperkuat melalui perlakuan panas. Timbal sering ditambahkan ke paduan ini sebagai unsur minor. Dengan kombinasi kekuatan tinggi dan densitas rendah, paduan Al-Li sangat ideal untuk industri dirgantara, terutama untuk komponen yang memerlukan toleransi kerusakan tinggi. Sifat-sifat unggul ini menjadikan paduan Al-Li sebagai bahan pilihan untuk konstruksi penerbangan (Sulardjaka, 2020).

2.5 Kuningan



Gambar 2.15 Kuningan
(Sintha, 2024)

Kuningan adalah paduan antara tembaga (Cu) dan seng (Zn), dengan kandungan tembaga berkisar antara 55% hingga 95% dari total massa. Paduan ini dapat diproduksi melalui proses pengecoran, metode yang umum digunakan dalam industri logam skala kecil maupun besar. Keunggulan utama tembaga adalah ketahanannya yang sangat baik terhadap korosi, sehingga banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Namun, salah satu kelemahan yang perlu dipertimbangkan adalah biaya perawatannya yang tinggi, yang dapat mempengaruhi pertimbangan ekonomi dalam penggunaan tembaga. (Pradana & Widyartono, 2020).

2.6 Tungku

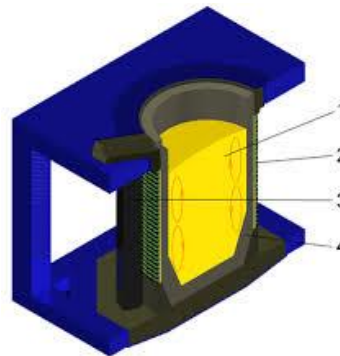


Gambar 2.16 Tungku
(Ari, 2025)

Tungku atau *furnace* adalah alat yang digunakan untuk melelehkan logam dalam proses pembuatan bagian mesin (*casting*) melalui metode pengecoran (*casting*) atau untuk memanaskan material dengan tujuan mengubah bentuk serta sifat mekanik melalui perlakuan panas. Berdasarkan metode yang digunakan untuk menghasilkan panas, tungku dapat dikategorikan menjadi tiga jenis, yaitu

tungku pembakaran yang memanfaatkan bahan bakar fosil, tungku gas, dan tungku listrik (Pudin dkk., 2020).

2.6.1 Tungku Listrik

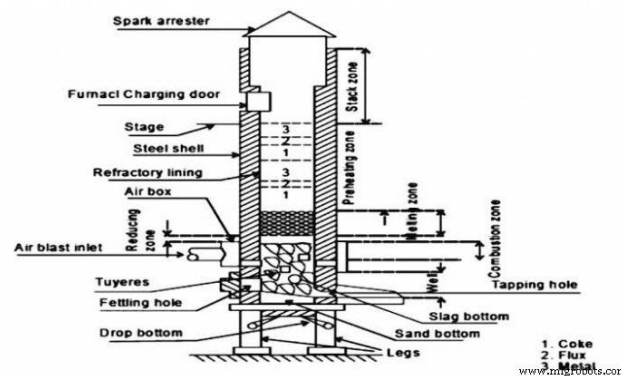


Gambar 2.17 Tungku Listrik
(Istid'raj, 2025)

Tungku listrik merupakan jenis tungku yang memanfaatkan prinsip induksi untuk memanaskan logam hingga mencapai titik leburnya. Proses pemanasan ini dilakukan melalui medium konduktif, yang umumnya berupa logam. Frekuensi operasi *furnace* listrik bervariasi, berkisar antara 60 Hz hingga 400 kHz, dan bahkan dapat melebihi angka tersebut, tergantung pada jenis material yang akan dicairkan, kapasitas tungku, serta kecepatan pencairan yang diinginkan. *Furnace* listrik banyak diterapkan dalam proses peleburan modern karena dianggap lebih bersih dibandingkan dengan metode peleburan yang menggunakan tungku *reverberatory* atau kupola. Kapasitas tungku ini bervariasi, mulai dari satu kilogram hingga seratus ton, dan dapat digunakan untuk melebur berbagai jenis logam, termasuk besi, baja, tembaga, dan aluminium. Keunggulan penggunaan *furnace* listrik meliputi proses peleburan yang bersih tanpa kontaminasi dari

sumber panas, efisiensi energi yang tinggi, serta kemampuan untuk mengontrol proses peleburan dengan baik (Rahmat, 2015).

2.6.2 Tungku Kupola



Gambar 2.18 Tungku Kupola
(Robots, 2025)

Kupola merupakan jenis tungku yang memiliki bentuk silinder vertikal dan dirancang dengan kapasitas yang besar. Tungku ini diisi dengan berbagai material, termasuk besi, kokas, flux atau batu kapur, serta elemen paduan yang diperlukan. Energi panas yang dihasilkan dalam tungku ini berasal dari kokas dan gas, yang berperan dalam meningkatkan suhu pembakaran. Hasil peleburan dari tungku kupola ini akan dikeluarkan secara periodik melalui proses tapping untuk memperoleh besi cor yang telah mencair (Endrawan, Tito, 2023).

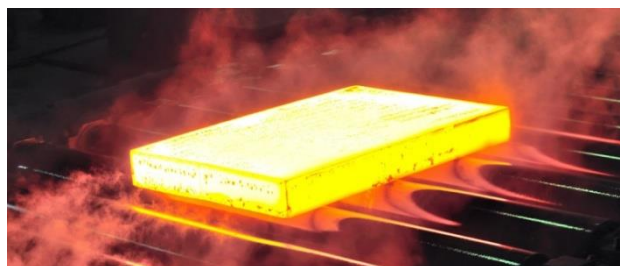
2.6.3 Tungku Besalen



Gambar 2.19 Tungku Besalen
(Imnews, 2024)

Tungku besalen merupakan jenis tungku yang telah digunakan selama berabad-abad, khususnya pada tahap awal perkembangan industri pengecoran logam. Tungku ini memiliki desain berbentuk pipa yang terbuat dari batu bata dan dilapisi dengan material tahan api. Bahan bakar yang digunakan dalam tanur besalen adalah kayu arang, yang dihembuskan dengan bantuan *blower*. Di sisi lain, terdapat tungku lain yang memiliki kapasitas lebih besar dibandingkan dengan tungku besalen. Tanur ini juga memanfaatkan kayu sebagai bahan bakar, namun *blower* yang digunakan dioperasikan dengan tenaga diesel (Endrawan, Tito, 2023).

2.7 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)



Gambar 2.20 *Heat Treatment*
(Absolent, 2025)

Perlakuan panas adalah suatu proses yang melibatkan kombinasi pemanasan dan pendinginan logam atau paduannya dalam keadaan padat, dengan tujuan untuk mencapai sifat-sifat tertentu. Kecepatan pendinginan dan batas temperatur yang diterapkan memiliki dampak signifikan terhadap hasil akhir dari proses tersebut. Struktur mikro yang terbentuk setelah perlakuan panas akan memengaruhi karakteristik material yang dihasilkan. Selain itu, pembentukan struktur mikro ini dipengaruhi oleh komposisi kimia material, proses perlakuan panas yang dilakukan, serta kondisi awal material tersebut (Saktisahdan, 2019).

2.7.1 *Annealing*



Gambar 2.21 *Annealing*
(Leadrp, 2023)

Annealing adalah salah satu proses perlakuan panas yang diterapkan pada logam atau paduan logam, terutama baja. Prosedur utamanya melibatkan pemanasan material di atas suhu kritisnya, diikuti dengan waktu pemanasan pada suhu tersebut, dan akhirnya proses pendinginan yang sangat lambat di dalam tungku hingga mencapai suhu ruangan. Penerapan jenis *annealing* tertentu bergantung pada beberapa faktor, seperti kondisi awal bahan, suhu pemanasan, waktu pemanasan, dan laju pendinginan. Tujuan utama proses ini adalah untuk

meningkatkan ketangguhan, memperbaiki kemudahan pemesinan, memperhalus ukuran butir, mengurangi ketidakmerataan struktural, dan menghilangkan tegangan sisa dalam bahan. (Rohman dkk., 2014).

2.7.2 *Tempering*



Gambar 2.22 *Tempering*
(Leadrp, 2023)

Perlakuan panas adalah untuk mengubah sifat mekanik bahan, seperti meningkatkan kekuatan tarik, ketangguhan, kelenturan, ketahanan benturan, dan kekerasan. Berbeda dengan logam *ferrous*, paduan non-ferrous seperti aluminium mengandalkan pengerasan presipitasi sebagai metode pengerasan yang paling signifikan. Proses ini merupakan langkah tambahan yang dirancang untuk meningkatkan kekuatan bahan melalui penghalusan butir. Mekanisme utamanya adalah pembentukan cacat kisi yang bertindak sebagai penghalang bagi pergerakan dislokasi. Saat ini yang dikenal sebagai presipitat, adalah partikel halus yang terdistribusi secara merata di seluruh matriks bahan. (Berkat dkk., 2017).

2.7.3 *Quenching*



Gambar 2.23 *Quenching*
(Builder, 2021)

Proses pendinginan logam dibagi menjadi dua metode, yaitu pendinginan lambat (menggunakan udara) dan pendinginan cepat (*quenching*). *Quenching* adalah proses pendinginan cepat yang dilakukan pada paduan logam setelah mengalami perlakuan panas. Efektivitas proses ini dipengaruhi oleh jenis media pendingin yang digunakan serta kondisi proses yang diterapkan, komposisi kimia dan *hardenbility* dari logam tersebut. *Hardenbility* merupakan fungsi dari komposisi kimia dan ukuran butir pada temperatur tertentu. Selain itu, dimensi dari material logam memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil akhir dari proses *quenching*. Media pendingin yang umum digunakan dalam proses ini meliputi air dan minyak. Penggunaan media pendingin seperti air pada suhu rendah dapat meningkatkan kemungkinan retak, sehingga pendinginan dengan air umumnya dibatasi untuk aplikasi pendinginan sederhana. Penggunaan media air mengakibatkan laju pendinginan yang cepat sehingga menghasilkan kekerasan tinggi, tetapi juga menyebabkan tegangan internal yang tidak merata. Hal ini berpotensi menyebabkan distorsi atau pembentukan titik lemah pada material.

Selain itu, pendinginan dengan air pada produk baja dapat menyebabkan masalah korosi, yang memerlukan perawatan tambahan. Di sisi lain, minyak memiliki laju pendinginan yang lebih lambat dibandingkan air atau air garam. Oleh karena itu, penggunaan minyak sebagai media pendingin dapat mengurangi risiko distorsi dan retak pada proses pendinginan akhir, menjadikannya lebih menguntungkan dalam aplikasi yang memerlukan integritas struktural tinggi (Harningsih, Sumpena, 2020).

1. Udara

Udara merupakan salah satu media pendingin yang sering digunakan, terutama sebagai pendingin alami. Udara berfungsi sebagai konduktor panas yang mentransfer panas dari logam yang dicor, sehingga suhu material menurun secara perlahan hingga mencapai keseimbangan dengan lingkungan.

Pendinginan udara merupakan pilihan utama untuk perlakuan panas yang memerlukan laju pendinginan rendah. (Bambang HP, Achmad Hafid, 2023).

2. Air



Gambar 2.24 Air
(Marketing, 2020)

Air pendingin memberikan daya pendinginan yang cepat. Garam dapur biasanya dilarutkan dalam air untuk mempercepat pendinginan benda kerja dan

menyebabkan material mengeras. Air memiliki karakteristik unik yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia lainnya. Karakteristik tersebut adalah sebagai berikut. Dalam rentang suhu yang sesuai untuk kehidupan, yaitu 0°C (32°F) hingga 100°C , air berada dalam bentuk cair. Suhu 0°C adalah titik beku, dan 100°C adalah titik didih air. Perubahan suhu air terjadi secara perlahan, sehingga air menjadi media penyimpanan panas yang sangat baik. (Bambang HP, Achmad Hafid, 2023)

3. Oli SAE 40



Gambar 2.25 Oli
(Widiaseno, 2024)

Oli adalah media pendingin yang lebih lambat dan lebih lembut dibandingkan air. Oleh karena itu, minyak sangat cocok digunakan pada bahan-bahan sensitif, seperti komponen dengan bagian tipis atau tepi tajam. Secara umum, minyak terdiri dari 90% oli dasar dan 10% aditif. Dalam sistem transmisi, minyak berfungsi untuk mencegah keausan yang disebabkan oleh gesekan logam-ke-logam, yang dapat menghasilkan partikel. Masyarakat Insinyur Otomotif (SAE) mengklasifikasikan viskositas dan kualitas oli berdasarkan standar mereka. Huruf 'W' dalam kode SAE, yang berarti musim dingin,

menunjukkan bahwa minyak memiliki kelancaran yang baik pada suhu rendah. Misalnya, oli dengan kode SAE 10W-40 memiliki karakteristik viskositas yang sama dengan oli SAE 10 pada suhu rendah dan setara dengan oli SAE 40 pada 100°C.(Aprialdi, 2021).

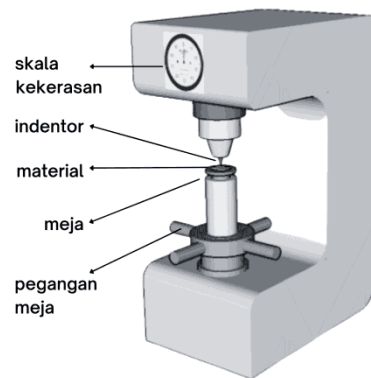
2.8 Uji Kekerasan

Kekerasan adalah sifat mekanik suatu bahan yang didefinisikan sebagai resistansi bahan terhadap penetrasi atau gaya penetrasi dari bahan yang lebih keras (*indentor*). Sifat ini sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur paduan dan dapat dimodifikasi melalui proses pengerjaan dingin seperti penggulangan, penarikan, dan pelunakan, serta melalui perlakuan panas. Untuk menentukan nilai kekerasan suatu bahan, pengujian dilakukan menggunakan alat penguji kekerasan dengan tiga metode yang umum digunakan: *Brinell*, *Rockwell*, dan *Vickers*. (Nasution & Nasution, 2020).

2.8.1 Metode Pengujian Kekerasan Brinell

Menurut (Maulana dkk., 2022) Pengujian kekerasan adalah metode untuk mengevaluasi sifat material yang mengukur resistansi material, baik logam maupun non-logam, terhadap penetrasi oleh *indentor* dengan energi regangan tertentu. Alat pengujian kekerasan yang menggunakan prinsip ini memiliki keunggulan dapat menerapkan dua teknik pengujian yang berbeda. Secara khusus, metode *Brinell* dapat diterapkan pada skala laboratorium penelitian, di mana

desain assembly indenter memberikan fleksibilitas untuk memilih antara kedua teknik tersebut.



Gambar 2.26 Uji Kekerasan *Brinell*
(Lfc, 2021)

Metode pengujian kekerasan *Brinell*, yang diperkenalkan oleh J.A. *Brinell* pada awal abad ke-20, bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu bahan dengan mengukur resistansi permukaan spesimen terhadap penetrasi indenter bola. Prosedur ini melibatkan pembentukan indentasi permanen pada permukaan bahan. Metode ini menggunakan *indenter* bola dengan diameter standar internasional, seperti 10 mm, 5 mm, 2,5 mm, dan 1 mm. Bahan *indenter Brinell* standar dapat berupa baja yang dikeraskan, baja berlapis krom, atau karbida tungsten. Metode *Brinell* dianggap sangat cocok untuk bahan lunak seperti aluminium karena tekanan yang merata dapat menghasilkan indentasi yang jelas tanpa merusak integritas struktural bahan. Selain itu, metode ini dikenal memberikan hasil yang akurat dan dapat diulang, serta telah menjadi standar industri untuk pengujian kekerasan aluminium (Nasution & Nasution, 2020).

2.8.2 Uji Kekerasan *Rockwell*



Gambar 2.27 Uji Kekerasan *Rockwell*
(Hartiwi, 2023)

Metode uji kekerasan *Rockwell* menggunakan indenter berupa bola baja yang dikeraskan atau kerucut berlian. Besarnya beban yang diterapkan bervariasi, tergantung pada jenis logam yang diuji. Nilai kekerasan material ditentukan berdasarkan kedalaman penetrasi yang dihasilkan oleh indenter. (Nasution & Nasution, 2020).