

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengecoran Logam (Metal Casting)

Pengecoran logam merupakan proses manufaktur yang dilakukan dengan cara melelehkan logam hingga mencapai titik lebur, kemudian menuangkannya ke dalam cetakan yang memiliki bentuk sesuai dengan produk yang diinginkan. Setelah logam cair mengisi seluruh rongga cetakan, material dibiarkan mendingin dan membeku hingga terbentuk produk padat. Setelah itu, hasil coran dikeluarkan dari cetakan dan dibersihkan sebelum digunakan atau diproses lebih lanjut (ALAMSYAH, 2025).



Gambar 2.1 Pengecoran Logam (Sagita, 2021)

Metode pengecoran banyak digunakan karena mampu menghasilkan produk dengan bentuk yang kompleks, ukuran yang beragam, serta biaya produksi yang relatif ekonomis. Proses ini dapat diterapkan pada berbagai jenis logam, termasuk logam aluminium seperti Aluminium dan Tembaga. Kualitas hasil pengecoran sangat dipengaruhi oleh gambar kerja cetakan, sistem saluran, dan parameter proses seperti temperatur peleburan dan kecepatan penuangan (Adiwibowo dkk, 2026).

Proses pengecoran logam dapat dilakukan dengan berbagai metode, dan setiap metode memiliki karakteristik, kelebihan, serta keterbatasan yang berbeda. Pemilihan metode pengecoran biasanya disesuaikan dengan jenis logam yang digunakan, bentuk dan ukuran produk, tingkat ketelitian yang diinginkan, kualitas permukaan, serta jumlah produksi. Dengan memilih metode yang tepat, proses manufaktur dapat berlangsung lebih efisien dan hasil coran yang diperoleh dapat memenuhi standar kualitas yang diharapkan. Berikut ini adalah beberapa jenis metode pengecoran logam yang umum digunakan di industri (ALAMSYAH, 2025).

2.1.1 Sand Casting (Pengecoran Pasir)

Sand casting merupakan metode pengecoran yang paling umum digunakan. Cetakan dibuat dari campuran pasir silika dan bahan pengikat, kemudian dipadatkan di sekitar pola untuk membentuk rongga cetakan. Setelah pola dilepas, logam cair dituangkan ke dalam rongga tersebut dan dibiarkan membeku (Fatur dkk, 2024).



Gambar 2.2 Sand Casting (Sagita, 2021)

Keunggulan utama *sand casting* adalah biaya pembuatan cetakan yang relatif rendah dan fleksibilitas dalam menghasilkan produk dengan ukuran kecil hingga sangat besar. Metode ini juga cocok untuk berbagai jenis logam termasuk aluminium. Namun, hasil coran biasanya memiliki permukaan yang lebih kasar dan memerlukan proses finishing tambahan. *Sand casting* banyak digunakan untuk pembuatan blok mesin, rumah pompa, dan komponen mesin lainnya (ALAMSYAH, 2025).

2.1.2 Die Casting

Die casting menggunakan cetakan logam permanen (*dies*) dan proses pengisian logam cair dilakukan dengan tekanan tinggi. Tekanan ini membuat logam mampu mengisi rongga cetakan secara cepat dan merata, sehingga menghasilkan produk dengan detail yang baik, dimensi yang akurat, dan permukaan yang halus (Arkan & Rizal, 2025).



Gambar 2.3 *Die Casting* (Sagita, 2021)

Metode ini umumnya digunakan untuk logam aluminium seperti Aluminium, Seng, dan Magnesium. Karena menggunakan cetakan logam yang dapat dipakai berulang kali, *die casting* sangat efisien untuk produksi massal.

Kekurangannya adalah biaya pembuatan *dies* relatif tinggi, sehingga kurang ekonomis untuk produksi dalam jumlah sedikit (Arkan & Rizal, 2025).

2.1.3 Investment Casting (Lost Wax Casting)

Investment casting, atau dikenal juga sebagai *lost wax casting*, menggunakan pola yang terbuat dari lilin. Pola tersebut dilapisi bahan keramik hingga membentuk cangkang keras. Setelah lapisan mengeras, lilin dilelehkan sehingga meninggalkan rongga cetakan, yang kemudian diisi dengan logam cair (Santoso & Patna Partono, 2024).



Gambar 2.4 *Investment Casting* (Sagita, 2021)

Metode ini mampu menghasilkan produk dengan detail yang sangat halus, toleransi dimensi yang tinggi, dan kebutuhan finishing yang minimal. Investment casting banyak digunakan untuk komponen presisi seperti turbin, komponen medis, perhiasan, dan produk dekoratif (Santoso & Patna Partono, 2024).

2.1.4 Permanent Mold Casting

Permanent mold casting menggunakan cetakan logam yang dapat digunakan berulang kali, namun pengisian logam dilakukan dengan gaya gravitasi tanpa tekanan tinggi. Dibandingkan *sand casting*, metode ini menghasilkan

kualitas permukaan dan ketelitian dimensi yang lebih baik (ALAMSYAH, 2025).



Gambar 2.5 *Permanent Mold Casting* (Mcgoldrick, 2019)

Metode ini umumnya digunakan untuk pembuatan komponen dari aluminium dan paduannya, terutama pada produksi skala menengah hingga besar. Biaya cetakan lebih tinggi dibanding *sand casting*, tetapi lebih rendah daripada *die casting* (ALAMSYAH, 2025).

2.1.5 Centrifugal Casting

Centrifugal casting dilakukan dengan memutar cetakan pada kecepatan tinggi saat logam cair dituangkan. Gaya *sentrifugal* mendorong logam ke dinding cetakan sehingga menghasilkan struktur yang padat dan homogen (ALAMSYAH, 2025).



Gambar 2.6 *Centrifugal Casting* (Sagita, 2021)

Metode ini sangat cocok untuk membuat komponen berbentuk silinder atau tabung seperti pipa, ring, *bushing*, dan *sleeve bearing*. Salah satu kelebihan adalah porositas dapat dikurangi dan sifat mekanik produk menjadi lebih baik (ALAMSYAH, 2025).

2.1.6 Continuous Casting

Continuous casting merupakan proses pengecoran secara berkesinambungan, di mana logam cair dituangkan ke dalam cetakan dan secara terus-menerus ditarik keluar dalam bentuk billet, slab, atau bloom (Santoso & Patna Partono, 2024).



Gambar 2.7 *Continuous Casting* (Norenko Andrey, 2019)

Metode ini banyak digunakan di industri logam untuk memproduksi bahan baku dalam jumlah besar dengan kualitas yang seragam. *Continuous casting* memiliki efisiensi tinggi dan mampu mengurangi tahapan proses dibanding metode konvensional (Santoso & Patna Partono, 2024).

2.1.7 Shell Mold Casting

Shell mold casting menggunakan lapisan tipis pasir yang dicampur resin dan dibentuk pada pola logam yang dipanaskan. Setelah mengeras, dua bagian shell disatukan untuk membentuk cetakan (Santoso & Patna Partono, 2024).



Gambar 2.8 *Shell Mold Casting* (Jeff Cook, 2017)

Metode ini menghasilkan permukaan yang lebih halus dan akurasi dimensi yang lebih baik dibanding sand casting biasa. *Shell mold casting* sering digunakan untuk komponen mesin yang membutuhkan presisi cukup tinggi (Santoso & Patna Partono, 2024).

2.1.8 Lost Foam Casting

Lost foam casting menggunakan pola dari busa polistirena yang ditanam di dalam pasir. Ketika logam cair dituangkan, pola busa akan menguap dan digantikan oleh logam cair (Arkan & Rizal, 2025).



Gambar 2.9 *Lost Foam Casting* (Zhycasting, 2022)

Metode ini memungkinkan pembuatan bentuk yang sangat kompleks tanpa memerlukan pembongkaran pola. Selain itu, jumlah komponen sistem saluran dapat dikurangi sehingga proses finishing menjadi lebih sederhana (ALAMSYAH, 2025).

2.2 Aluminium

Aluminium merupakan salah satu logam aluminium yang banyak digunakan dalam berbagai bidang industri karena memiliki sifat fisik dan mekanik yang menguntungkan. Logam ini memiliki massa jenis sekitar $2,7 \text{ g/cm}^3$ sehingga lebih ringan dibandingkan baja, namun tetap memiliki kekuatan yang baik. Aluminium juga memiliki ketahanan korosi yang tinggi karena terbentuknya lapisan oksida alami pada permukaannya, konduktivitas termal dan listrik yang baik, mudah dibentuk, mudah dikerjakan melalui proses permesinan, serta memiliki titik lebur sekitar $660 \text{ }^\circ\text{C}$ sehingga sesuai untuk proses pengecoran. Kombinasi sifat-sifat tersebut menjadikan aluminium banyak dimanfaatkan pada industri otomotif, dirgantara, konstruksi, elektronik, hingga pembuatan komponen mesin (Purba, 2025).



Gambar 2.10 Aluminium (Handbook, 1993)

Beberapa jenis logam aluminium yang umum digunakan antara lain Aluminium, Tembaga, Kuningan, Perunggu, Seng, Timah, dan Titanium. Berdasarkan sistem klasifikasi Aluminum Association (AA), aluminium dibedakan menjadi delapan seri, yaitu seri 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, dan 8000. Masing-masing seri dibedakan berdasarkan unsur paduan utamanya sehingga memiliki karakteristik, sifat mekanik, dan aplikasi yang berbeda. Pemilihan seri aluminium disesuaikan dengan kebutuhan penggunaan, seperti ketahanan korosi, kekuatan, kemampuan pengelasan, maupun kemudahan dalam proses pengecoran dan permesinan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai klasifikasi seri aluminium sangat penting sebagai dasar dalam menentukan material yang sesuai untuk suatu produk maupun proses manufaktur. Berikut ini adalah beberapa jenis seri aluminium yang biasa digunakan untuk pengecoran logam (Tribudi Prakoso, 2024).

2.2.1 Seri 1000

Seri 1000 merupakan aluminium murni dengan kadar aluminium minimum 99% sehingga memiliki kemurnian yang sangat tinggi. Aluminium seri ini memiliki massa jenis sekitar $2,70 \text{ g/cm}^3$ dan titik lebur sekitar $660 \text{ }^\circ\text{C}$. Karakteristik utamanya meliputi ketahanan korosi yang sangat baik, konduktivitas listrik dan termal yang tinggi, serta mudah dibentuk. Namun, seri ini memiliki kekuatan mekanik yang relatif rendah sehingga umumnya digunakan pada peralatan listrik, industri kimia, penukar panas, dan kemasan makanan (Mahayuda, 2026).



Gambar 2.11 Seri 1000 (Hirsch, 2014)

2.2.2 Seri 2000

Seri 2000 merupakan aluminium yang dipadukan dengan tembaga (Cu) sebagai unsur paduan utama. Aluminium seri ini memiliki massa jenis sekitar $2,78\text{--}2,85\text{ g/cm}^3$ dengan rentang titik lebur sekitar $500\text{--}640\text{ }^{\circ}\text{C}$. Penambahan tembaga meningkatkan kekuatan mekanik sehingga seri ini dapat digunakan pada komponen yang memerlukan kekuatan tinggi. Namun, ketahanan korosinya lebih rendah dibandingkan seri lainnya sehingga banyak diaplikasikan pada industri dirgantara, struktur pesawat, dan komponen mesin (Jin dkk, 2024).



Gambar 2.12 Seri 2000 (Miller dkk, 2000)

2.2.3 Seri 3000

Seri 3000 merupakan aluminium yang dipadukan dengan mangan (Mn). Aluminium seri ini memiliki massa jenis sekitar $2,72\text{--}2,74\text{ g/cm}^3$ dan titik lebur sekitar $643\text{--}655\text{ }^{\circ}\text{C}$. Penambahan mangan meningkatkan kekuatan tanpa mengurangi ketahanan korosi secara signifikan serta memberikan kemampuan pembentukan yang baik. Oleh karena itu, seri ini banyak digunakan pada peralatan rumah tangga, tangki penyimpanan, penukar panas, dan material konstruksi (Hirsch, 2014).



Gambar 2.13 Seri 3000 (Said, 2020)

2.2.4 Seri 4000

Seri 4000 merupakan aluminium yang dipadukan dengan silikon (Si) sebagai unsur paduan utama. Aluminium seri ini memiliki massa jenis sekitar $2,66\text{--}2,72\text{ g/cm}^3$ dengan rentang titik lebur sekitar $577\text{--}650\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kandungan silikon meningkatkan fluiditas logam cair, mengurangi penyusutan, serta meningkatkan ketahanan aus sehingga seri ini sangat sesuai digunakan pada proses pengecoran. Selain itu, seri 4000 juga banyak digunakan sebagai bahan

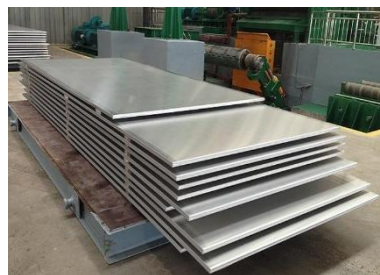
pengisi (filler) pada proses pengelasan dan berbagai komponen otomotif (Hirsch, 2014).



Gambar 2.14 Seri 4000 (KDMFAB, 2025)

2.2.5 Seri 5000

Seri 5000 merupakan aluminium yang dipadukan dengan magnesium (Mg). Aluminium seri ini memiliki massa jenis sekitar $2,66\text{--}2,68\text{ g/cm}^3$ dan titik lebur sekitar $590\text{--}650\text{ }^{\circ}\text{C}$. Karakteristik utamanya adalah ketahanan korosi yang sangat baik, terutama terhadap lingkungan laut, serta memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan aluminium murni. Seri ini banyak digunakan pada industri perkapalan, tangki penyimpanan, bejana tekan, dan konstruksi (R. A. Saputra, 2026).



Gambar 2.15 Seri 5000 (Miller dkk, 2000)

2.2.6 Seri 6000

Seri 6000 merupakan aluminium yang dipadukan dengan magnesium (Mg) dan silikon (Si). Aluminium seri ini memiliki massa jenis sekitar $2,70 \text{ g/cm}^3$ dengan rentang titik lebur sekitar $580\text{--}650 \text{ }^\circ\text{C}$. Kombinasi kedua unsur tersebut menghasilkan material yang memiliki kekuatan sedang hingga tinggi, mudah dibentuk, memiliki ketahanan korosi yang baik, serta dapat diberi perlakuan panas. Seri ini banyak digunakan pada rangka kendaraan, profil konstruksi, komponen mesin, dan berbagai aplikasi teknik (R. A. Saputra, 2026).



Gambar 2.16 Seri 6000 (Miller dkk, 2000)

2.2.7 Seri 7000

Seri 7000 merupakan aluminium yang dipadukan dengan seng (Zn) sebagai unsur paduan utama. Aluminium seri ini memiliki massa jenis sekitar $2,78\text{--}2,90 \text{ g/cm}^3$ dengan rentang titik lebur sekitar $475\text{--}640 \text{ }^\circ\text{C}$. Seri ini memiliki kekuatan mekanik yang sangat tinggi sehingga banyak digunakan pada struktur pesawat terbang, peralatan militer, komponen olahraga, dan aplikasi lain yang memerlukan kekuatan tinggi. Namun, ketahanan korosinya relatif lebih rendah dibandingkan beberapa seri aluminium lainnya (Tribudi Prakoso, 2024).



Gambar 2.17 Seri 7000 (Miller dkk, 2000)

2.2.8 Seri 8000

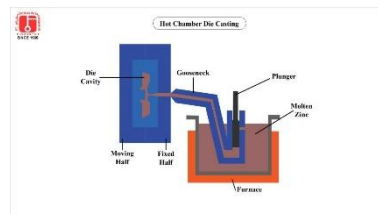
Seri 8000 merupakan kelompok aluminium yang dipadukan dengan unsur lain, seperti litium (Li), besi (Fe), atau unsur paduan khusus lainnya. Aluminium seri ini memiliki massa jenis sekitar $2,60\text{--}2,80\text{ g/cm}^3$ dengan titik lebur yang bervariasi sesuai komposisi paduannya. Karakteristik dan sifat mekaniknya disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi tertentu, seperti meningkatkan kekuatan, mengurangi massa, atau meningkatkan ketahanan terhadap kondisi operasi tertentu. Oleh karena itu, seri ini banyak digunakan pada industri dirgantara, kabel listrik, kemasan aluminium, dan aplikasi khusus lainnya (Hirsch, 2014).



Gambar 2.18 Seri 8000 (Ridwan, 2021)

2.3 Dies Pengecoran

Dies pengecoran adalah cetakan permanen yang digunakan untuk membentuk logam cair menjadi produk sesuai dengan bentuk yang telah dirancang. Berbeda dengan cetakan pasir yang umumnya hanya digunakan satu kali, *dies* dibuat dari material logam seperti baja perkakas sehingga dapat dipakai berulang kali dan memiliki umur pakai yang lebih panjang. Penggunaan *dies* banyak diterapkan pada proses pengecoran logam aluminium karena mampu menghasilkan produk dengan dimensi yang lebih akurat, permukaan yang lebih halus, dan kualitas yang lebih konsisten (Alfauzan, 2021).



Gambar 2.19 *Dies* Pengecoran (Wilisindomas, 2021)

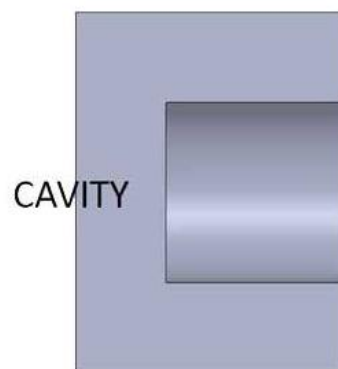
Dalam merancang *dies*, beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain penyusutan material, sudut *draft*, toleransi dimensi, sistem saluran, dan kemudahan pelepasan produk. Gambar kerja *dies* yang baik akan membantu logam cair mengisi seluruh rongga cetakan secara merata, mengurangi kemungkinan terjadinya cacat pengecoran, serta mempercepat proses produksi. Selain itu, gambar kerja yang tepat juga dapat memperpanjang umur *dies* dan menekan biaya perawatan (Alfauzan, 2021).

Dies pengecoran tersusun atas sejumlah komponen yang saling mendukung untuk membentuk produk sesuai dengan gambar kerja yang telah ditentukan.

Setiap komponen memiliki fungsi khusus, mulai dari membentuk geometri produk, mengatur aliran logam cair, mengeluarkan gas, hingga membantu proses pelepasan hasil coran. Pemahaman terhadap fungsi masing-masing komponen sangat penting agar gambar kerja *dies* dapat bekerja dengan baik dan menghasilkan produk yang berkualitas. Berikut ini adalah beberapa komponen *dies* pengecoran (Alfauzan, 2021).

2.3.1 Cavity

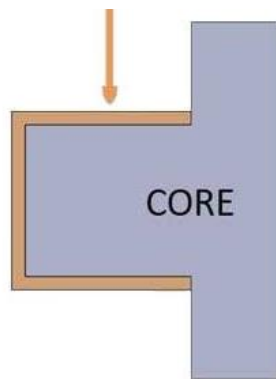
Cavity adalah rongga utama pada *dies* yang menjadi tempat terbentuknya produk cor. Bentuk *cavity* dibuat sama dengan bentuk luar produk yang akan dihasilkan, namun ukurannya biasanya ditambah faktor penyusutan (*shrinkage allowance*). Semua detail seperti relief, tulisan, maupun kontur permukaan dicetak pada bagian ini. Ketelitian pembuatan *cavity* sangat menentukan akurasi dimensi dan kualitas permukaan hasil coran (AJI, 2020).



Gambar 2.20 *Cavity* (Zdcpu, 2023)

2.3.2 Core

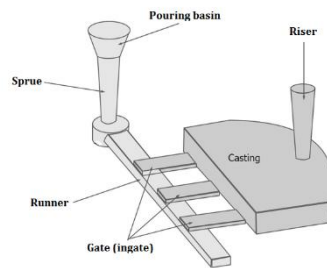
Core merupakan komponen yang digunakan untuk membentuk bagian dalam produk, seperti lubang, rongga, atau saluran internal. *Core* ditempatkan di dalam *cavity* sebelum proses pengecoran dimulai. Jika produk tidak memiliki rongga atau lubang, maka komponen ini tidak diperlukan. Posisi *core* harus presisi agar dimensi bagian dalam produk sesuai dengan rancangan (AJI, 2020).



Gambar 2.21 *Core* (Zdcpu, 2023)

2.3.3 Sprue

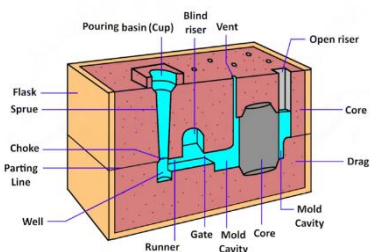
Sprue adalah saluran vertikal yang menjadi jalur pertama masuknya logam cair dari wadah tuang ke dalam cetakan. *Sprue* dirancang agar aliran logam tetap stabil dan tidak terlalu turbulen. Bentuk *sprue* biasanya sedikit meruncing ke bawah untuk menjaga tekanan dan mencegah terjadinya hisapan udara selama proses penuangan (Manta & Cahyadi, 2024).



Gambar 2.22 *Sprue* (Diecasting-mould, 2021)

2.3.4 Runner

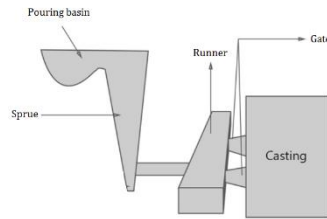
Runner adalah saluran horizontal yang menghubungkan *sprue* dengan *gate*. Fungsi utamanya adalah mendistribusikan logam cair secara merata menuju *cavity*. Dimensi *runner* harus cukup besar agar aliran logam tidak terhambat, tetapi juga tidak terlalu besar agar tidak menyebabkan pemborosan material (Manta & Cahyadi, 2024).



Gambar 2.23 *Runner* (Diecasting-mould, 2021)

2.3.5 Gate

Gate merupakan saluran terakhir yang menghubungkan *runner* dengan *cavity*. Melalui *gate*, logam cair masuk langsung ke rongga cetakan. Ukuran dan posisi *gate* sangat berpengaruh terhadap pola aliran logam dan kualitas hasil coran. *Gate* yang dirancang dengan baik dapat mengurangi turbulensi dan membantu pengisian *cavity* secara merata (D. A. Saputra & Patna Partono, 2024).

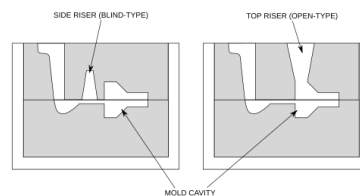


What is Die Casting Gate

Gambar 2.24 Gate (Diecasting-mould, 2021)

2.3.6 Riser

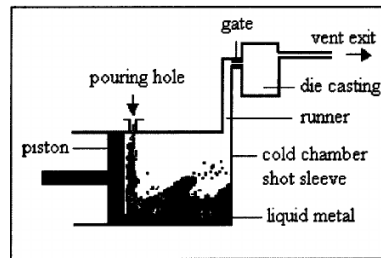
Riser adalah penampung logam cair tambahan yang berfungsi sebagai cadangan selama proses pembekuan. Ketika logam di dalam *cavity* menyusut, logam dari *riser* akan mengalir untuk mengisi kekosongan tersebut. Dengan demikian, *riser* membantu mencegah terbentuknya rongga penyusutan (*shrinkage cavity*) dan meningkatkan kepadatan hasil coran (Manta & Cahyadi, 2024).



Gambar 2.25 Riser (Koppula, 2019)

2.3.7 Vent

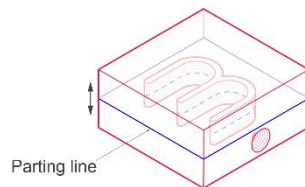
Vent merupakan saluran kecil yang berfungsi mengeluarkan udara dan gas dari dalam *cavity* saat logam cair masuk. Tanpa *vent*, udara dapat terperangkap dan menyebabkan cacat seperti porositas atau pengisian yang tidak sempurna. Meskipun ukurannya kecil, *vent* memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga kualitas hasil coran (Manta & Cahyadi, 2024).



Gambar 2.26 *Vent* (Nouri-Borujerdi, 2024)

2.3.8 Parting Line

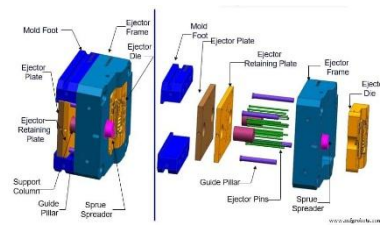
Parting line adalah bidang pertemuan antara dua bagian utama *dies*. Letaknya harus dirancang sedemikian rupa agar produk mudah dilepaskan dan detail produk tetap terbentuk dengan baik. *Parting line* yang tidak tepat dapat menimbulkan garis sambungan yang mengganggu tampilan dan memerlukan proses finishing tambahan (D. A. Saputra & Patna Partono, 2024).



Gambar 2.27 *Parting Line* (Childerstone, 2025)

2.3.9 Ejector Pin

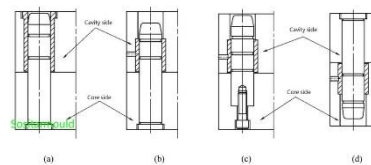
Ejector pin adalah pin pendorong yang digunakan untuk melepaskan produk dari *cavity* setelah logam membeku. *Pin* ini bekerja dengan memberikan dorongan pada titik-titik tertentu sehingga produk dapat keluar tanpa merusak bentuknya. Penempatan *ejector pin* harus mempertimbangkan bentuk produk agar tidak meninggalkan bekas yang mengganggu (D. A. Saputra & Patna Partono, 2024).



Gambar 2.28 *Ejector Pin* (Steve Yang, 2025)

2.3.10 Guide Pin dan Guide Bush

Guide pin dan *guide bush* berfungsi menjaga keselarasan antara dua bagian *dies* saat proses penutupan dan pembukaan. Komponen ini memastikan kedua bagian cetakan bertemu dengan presisi, sehingga tidak terjadi pergeseran yang dapat menyebabkan cacat dimensi (Manta & Cahyadi, 2024).



Gambar 2.29 *Guide Pin* dan *Guide Bush* (Lau, 2021)

2.3.11 Clamping Plate

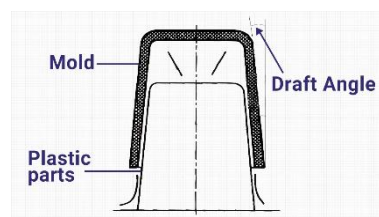
Clamping plate merupakan pelat penahan yang digunakan untuk memasang *dies* pada mesin pengecoran. Komponen ini menjaga posisi *dies* tetap stabil selama proses penuangan dan pembekuan, serta membantu menahan gaya yang timbul selama operasi (Manta & Cahyadi, 2024).



Gambar 2.30 *Clamping Plate* (Team, 2023)

2.4 Draft Angle (Sudut Tirus)

Draft angle atau sudut tirus adalah sudut kemiringan yang diberikan pada dinding *cavity* atau permukaan tertentu pada *dies* untuk mempermudah proses pelepasan produk hasil cor dari cetakan. Sudut ini dibuat sedikit miring dan tidak tegak lurus agar produk tidak tersangkut atau mengalami kerusakan saat dikeluarkan dari *dies*. Penerapan *draft angle* sangat penting dalam proses pengecoran karena dapat mengurangi gesekan antara produk dengan dinding cetakan serta membantu menjaga kualitas permukaan hasil coran (SITORUS, 2025).



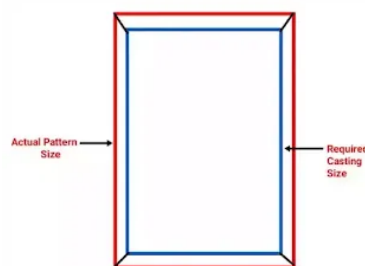
Gambar 2.31 *Draft Angle* (Li, 2026)

Besarnya *draft angle* dipengaruhi oleh jenis material, bentuk produk, kedalaman *cavity*, dan metode pengecoran yang digunakan. Umumnya, sudut tirus yang digunakan berkisar antara 1° hingga 3° , tergantung tingkat kerumitan bentuk produk. Jika sudut tirus terlalu kecil, produk akan sulit dilepaskan dan berisiko menyebabkan cacat atau kerusakan pada *dies*. Sebaliknya, jika terlalu besar, dimensi produk dapat berubah dan tidak sesuai dengan gambar kerja awal. Oleh karena itu, penentuan *draft angle* harus dilakukan secara tepat agar proses

pelepasan produk menjadi lebih mudah tanpa mengurangi ketelitian dimensi hasil coran (SITORUS, 2025).

2.5 Shrinkage Allowance (Penyusutan)

Shrinkage allowance atau penyusutan merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhitungkan dalam gambar kerja *dies* pengecoran. Penyusutan terjadi karena logam mengalami penurunan volume saat berubah dari fase cair menjadi padat dan terus berlanjut selama proses pendinginan hingga mencapai suhu ruang. Apabila penyusutan tidak diperhitungkan, dimensi hasil cor akan menjadi lebih kecil daripada ukuran yang direncanakan sehingga tidak memenuhi spesifikasi produk. Oleh karena itu, ukuran *cavity* pada *dies* dibuat sedikit lebih besar dari ukuran produk akhir agar setelah proses pembekuan dan pendinginan selesai, dimensi hasil cor tetap sesuai dengan gambar kerja yang diinginkan (D. A. Saputra & Patna Partono, 2024).



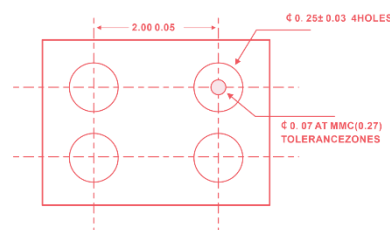
Gambar 2.32 *Shrinkage Allowance* (Kamal Dwivedi, 2021)

Besarnya *shrinkage allowance* dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan karena setiap logam memiliki karakteristik penyusutan yang berbeda. Pada pengecoran logam aluminium, aluminium umumnya memiliki nilai

penyusutan sekitar 1,0%–1,3%, sedangkan kuningan berkisar 1,3%–1,6%. Penerapan nilai penyusutan yang tepat akan menghasilkan dimensi produk yang lebih akurat, mengurangi penyimpangan ukuran, serta meminimalkan proses perbaikan atau finishing setelah pengecoran dilakukan (Ekaandrisusanto, 2022).

2.6 Toleransi Dimensi

Toleransi dimensi adalah batas penyimpangan ukuran yang masih diperbolehkan pada suatu produk hasil manufaktur terhadap ukuran nominal yang telah dirancang. Dalam proses pengecoran, toleransi dimensi digunakan untuk mengantisipasi perubahan ukuran yang dapat terjadi akibat penyusutan material, proses pendinginan, ketidaktepatan cetakan, maupun proses *finishing*. Dengan adanya toleransi, produk hasil cor tetap dapat diterima dan berfungsi dengan baik meskipun terdapat sedikit perbedaan ukuran dari gambar kerja awal (Muflikhun dkk, 2022).



Gambar 2.33 Toleransi Dimensi (Coco, 2024)

Besarnya toleransi ditentukan berdasarkan fungsi produk, jenis material, metode pengecoran, serta tingkat ketelitian yang dibutuhkan. Produk yang memerlukan tingkat presisi tinggi tentu memiliki toleransi yang lebih kecil dibanding produk umum. Jika toleransi terlalu besar, kualitas dan ketepatan

pemasangan komponen dapat menurun. Sebaliknya, toleransi yang terlalu kecil dapat meningkatkan kesulitan proses produksi dan biaya manufaktur. Oleh karena itu, penentuan toleransi dimensi harus dilakukan secara tepat agar diperoleh keseimbangan antara kualitas produk dan efisiensi produksi (Muflikhun dkk, 2022).

2.7 Computer-Aided Design (CAD)

Computer-Aided Design (CAD) adalah teknologi berbasis komputer yang digunakan untuk membantu proses gambar kerja dan pembuatan gambar teknik secara digital. *CAD* memungkinkan perancang membuat model dua dimensi (2D) maupun tiga dimensi (3D) dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan metode gambar manual. Dalam bidang teknik dan manufaktur, penggunaan *CAD* sangat membantu karena dapat mempercepat proses gambar kerja, mempermudah modifikasi gambar, serta meningkatkan efisiensi dan akurasi gambar kerja (Janari, 2024).



Gambar 2.34 *Computer-Aided Design* (Bredo, 2024)

Dengan menggunakan *CAD*, perancang dapat memvisualisasikan bentuk dan ukuran suatu produk sebelum proses produksi dilakukan. Selain itu, *CAD* juga mendukung pembuatan gambar kerja, simulasi perakitan (*assembly*), hingga analisis sederhana terhadap gambar kerja yang dibuat. Adanya sistem parametrik

pada perangkat lunak *CAD* membuat perubahan dimensi dapat dilakukan secara otomatis tanpa harus menggambar ulang seluruh model. Hal ini menjadikan proses gambar kerja lebih praktis, sistematis, dan mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan gambar kerja (Janari, 2024).

2.8 Autodesk Inventor 2025

Autodesk Inventor 2025 merupakan perangkat lunak *Computer-Aided Design (CAD)* yang dikembangkan oleh *Autodesk* dan banyak digunakan dalam bidang teknik mesin serta manufaktur. *Software* ini digunakan untuk membuat gambar kerja dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) secara digital dengan tingkat ketelitian yang tinggi. *Autodesk Inventor 2025* memiliki sistem pemodelan parametrik yang memungkinkan perubahan ukuran dan bentuk komponen dilakukan dengan lebih mudah tanpa harus membuat ulang keseluruhan gambar kerja (Ningtyas dkk, 2026).

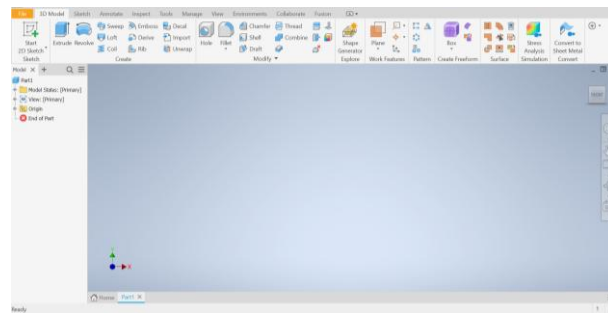


Gambar 2.35 *Autodesk Inventor 2025* (Hansen, 2024)

Autodesk Inventor 2025 menyediakan berbagai menu dan fitur yang mendukung proses gambar kerja, seperti *Part*, *Assembly*, *Drawing*, *Presentation*. Setiap menu memiliki fungsi yang berbeda sesuai kebutuhan proses gambar kerja dan analisis komponen (Ningtyas dkk, 2026).

2.8.1 Part

Menu *Part* digunakan untuk membuat model komponen tunggal dalam bentuk tiga dimensi (3D). Pada menu ini, pengguna dapat membuat sketsa (*sketch*), memberikan ukuran, serta membentuk model menggunakan fitur seperti *extrude*, *revolve*, *sweep*, dan *loft*. Menu ini menjadi dasar utama dalam pembuatan komponen *dies* sebelum dirakit menjadi satu sistem (Hansen, 2024).



Gambar 2.36 *Part* (Hansen, 2024)

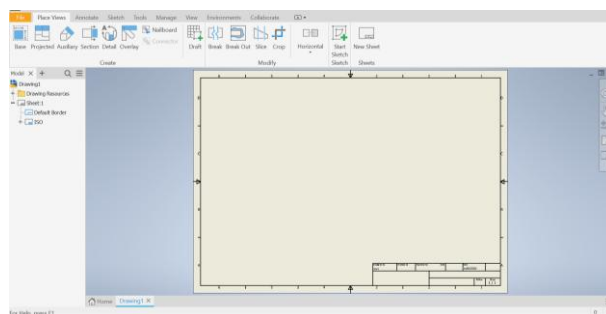
2.8.2 Assembly

Menu *Assembly* digunakan untuk menggabungkan beberapa komponen menjadi satu kesatuan sistem. Pada menu ini, pengguna dapat menentukan hubungan antar komponen menggunakan fitur *constraint* sehingga posisi dan gerakan antarbagian dapat disesuaikan sesuai gambar kerja sebenarnya. Fitur ini membantu memastikan seluruh komponen *dies* dapat terpasang dengan baik dan bekerja secara tepat (Hansen, 2024).

Gambar 2.37 *Assembly* (Hansen, 2024)

2.8.3 Drawing

Menu *Drawing* berfungsi untuk membuat gambar kerja teknik berdasarkan model 3D yang telah dibuat. Gambar kerja tersebut meliputi tampak depan, samping, potongan, dimensi, simbol, dan keterangan teknis lainnya sesuai standar gambar teknik. Menu ini sangat penting sebagai acuan dalam proses manufaktur dan perakitan komponen (Hansen, 2024).

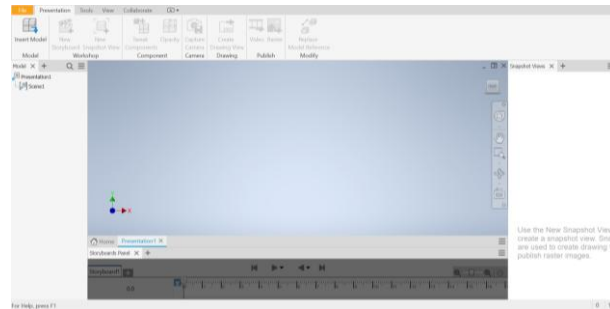


Gambar 2.38 *Drawing* (Hansen, 2024)

2.8.4 Presentation

Menu *Presentation* digunakan untuk menampilkan tampilan perakitan dan animasi pemasangan komponen. Fitur ini membantu pengguna memahami urutan perakitan (*exploded view*) dan hubungan antarbagian dalam suatu sistem. Selain

itu, menu ini juga dapat digunakan untuk kebutuhan dokumentasi dan presentasi gambar kerja (Hansen, 2024).



Gambar 2.39 *Presentation* (Hansen, 2024)