

PERANCANGAN CETAKAN PERMANEN HAND WHEEL BERBASIS CAD DAN CAE

Muhammad Ilham Andree Pratama¹, Rany Puspita Dewi², Herru Santosa Budiono³

muhammad.ilham.andree.pratama@students.untidar.ac.id¹, ranypuspita@untidar.ac.id²,

herru.santosa@untidar.ac.id³

Universitas Tidar

ABSTRAK

Perancangan cetakan permanen merupakan salah satu tahapan penting dalam proses pengecoran untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik serta meminimalkan cacat pengecoran. Penelitian ini bertujuan untuk membuat desain produk hand wheel, merancang cetakan permanen menggunakan metode gravity die casting, serta melakukan simulasi pengecoran berbasis Computer Aided Engineering (CAE). Pembuatan desain produk dan cetakan dilakukan menggunakan perangkat lunak Solidworks 2022, sedangkan simulasi pengecoran dilakukan menggunakan Inspire Cast 2024. Material cor yang digunakan adalah aluminium A356 dan material cetakan berupa besi cor kelabu (grey iron). Variasi parameter yang digunakan meliputi suhu logam cair 700°C, 750°C, 800°C, dan 850°C serta tinggi saluran turun (sprue) 25 mm, 50 mm, dan 100 mm dengan suhu cetakan permanen 350°C. Sebelum simulasi dilakukan perhitungan numerik sistem saluran untuk menentukan dimensi saluran masuk yang sesuai. Analisis hasil simulasi dilakukan terhadap cacat penyusutan (shrinkage). Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain produk hand wheel untuk mesin bubut Pindad tipe PL-1000 G berhasil dibuat dengan diameter 159,67 mm dan diameter lubang poros 30 mm berdasarkan referensi yang sudah ada. Cetakan permanen berhasil dirancang lengkap dengan sistem saluran, riser, dan gas vent. Hasil terbaik diperoleh pada simulasi ke-2 dengan parameter suhu logam cair 750°C, tinggi saluran turun 25 mm, suhu cetakan 350°C, dan waktu penuangan 6 detik yang menghasilkan volume shrinkage pada produk sebesar 1531,22 mm³.

Kata Kunci: Hand Wheel, Cetakan Permanen, Gravity Die Casting, Aluminium A356, Shrinkage.

ABSTRACT

Permanent mold design is an important stage in the casting process to produce high quality products and minimize casting defects. This study aims to design a hand wheel product, develop a permanent mold using the gravity die casting method, and evaluate the casting process through Computer Aided Engineering (CAE) simulation. Product and mold designs were created using SolidWorks 2022, while casting simulations were performed using Inspire Cast 2024. The casting material was A356 aluminum alloy, and the mold material was grey cast iron. Process parameters included molten metal temperatures of 700°C, 750°C, 800°C, and 850°C, and sprue heights of 25 mm, 50 mm, and 100 mm, with a constant mold temperature of 350°C. Numerical calculations of the gating system were conducted to determine the inlet dimensions prior to simulation. The simulation results were analyzed based on shrinkage defects. The hand wheel design for the Pindad PL-1000 G lathe machine was successfully developed with an outer diameter of 159.67 mm and a shaft diameter of 30 mm based on existing references. The permanent mold was successfully designed, complete with a gating system, riser, and gas vent. The optimum casting condition was obtained at a molten metal temperature of 750°C and a sprue height of 25 mm, resulting in a shrinkage volume of 1531.22 mm³ with a pouring time of 6 seconds and a mold temperature of 350°C.

Keywords: Hand Wheel, Permanent Mold, Gravity Die Casting, A356 Aluminum, Shrinkage.

PENDAHULUAN

Industri pengecoran logam tumbuh seiring dengan perkembangan teknik dan metode

pengecoran serta berbagai model produk cor yang membanjiri pasar domestik. Permintaan pasar akan produk logam cor yang prospektif dan luas ini, kurang diimbangi dengan peningkatan kualitas produk (Slamet & Hidayat, 2010). Hal ini membuka peluang bisnis bagi para pengusaha untuk membuat produk yang berkualitas, salah satunya adalah hand wheel. Hand wheel adalah roda kemudi yang berfungsi untuk mengoperasikan suatu alat/mesin dengan cara memutar hand wheel. Salah satu proses manufaktur pembuatan hand wheel adalah dengan teknik pengecoran.

Pengecoran adalah proses pembuatan dimana logam dan non logam dicairkan dan dituangkan ke dalam mold untuk menghasilkan bentuk produk yang diinginkan. Dalam proses pengecoran logam terdapat beberapa macam cetakan yang digunakan. Cetakan tersebut antara lain adalah cetakan tidak permanen (cetakan pasir) dan cetakan permanen (Pane & Sudiyanto, 2021). Penggunaan cetakan permanen berbahan besi memungkinkan produk diproduksi dengan cepat, dalam bentuk dan ukuran yang konsisten (Suyitno dkk., 2016). Penggunaan software Computer Aided Design (CAD) dan Computer Aided Engineering (CAE) saat ini sangat bermanfaat dalam proses perancangan suatu produk pengecoran.

Software Computer Aided Design (CAD) seperti Solidworks kini menjadi pilihan yang lebih efisien dalam proses membuat desain produk. Solidworks sebagai salah satu software CAD yang sering digunakan, memiliki berbagai fitur yang bisa membantu mempercepat pekerjaan desain serta meningkatkan ketepatan hasil. Solidworks memungkinkan perancang membuat model tiga dimensi secara digital, sehingga mereka bisa melihat bentuk produk akhir dengan lebih jelas sebelum produksi benar-benar dimulai. (A. Prasetyo dkk., 2025). Sedangkan Software Computer Aided Engineering (CAE) itu sendiri merupakan sebuah perangkat lunak komputer yang berfungsi untuk membantu tugas analisa teknik, seperti simulasi, desain manufaktur, diagnosis, perbaikan, dan perencanaan (G. Prasetyo dkk., 2021). Software CAD melakukan pendekatan rekayasa numerik untuk mendapatkan hasil semirip mungkin dengan yang akan dilakukan pada kondisi nyata. Namun dalam melakukan analisis menggunakan software CAE, diperlukan tenaga terampil dalam penentuan parameter yang akan dimasukkan tersebut (Media dkk., 2022).

Produk yang dihasilkan dari proses pengecoran sangat beragam, antara lain adalah propeller dan clamp base. Pada produk propeller telah dilakukan penelitian oleh (Utama dkk., 2022) menggunakan software CAD dan CAE dengan metode sand casting, di penelitian ini tidak ada variasi parameter dan perhitungan sistem saluran dalam simulasi yang dilakukan. Pada produk clamp base telah dilakukan penelitian oleh (Yuda dkk., 2016) menggunakan software CAD dan CAE dengan metode gravity die casting, di penelitian ini hanya melakukan modifikasi dari desain cetakan lama tanpa variasi parameter dalam simulasi yang dilakukan.

Maka, dalam penelitian ini akan dilakukan perancangan desain cetakan permanen pada produk hand wheel. Tahapan perancangan akan dilakukan dengan menggunakan software CAD dan CAE. Dengan mengaplikasikan software tersebut dapat mempermudah dalam proses pembuatan desain produk hand wheel dan perancangan desain cetakan permanen hand wheel.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dari bulan Februari sampai Juni 2026 bertempat di laboratorium Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tidar. Rencana jadwal penelitian ditunjukkan pada tabel 1.

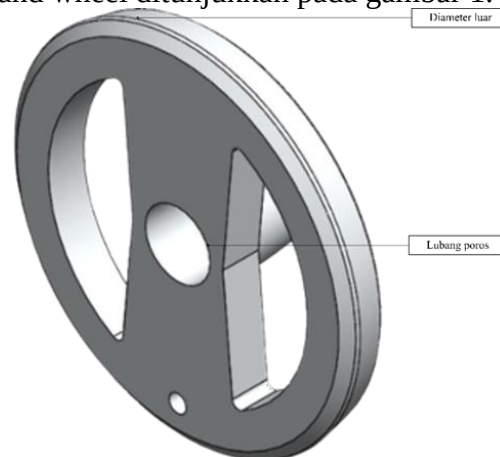
Tabel 1 Rencana jadwal penelitian

Waktu pelaksanaan						
No.	Kegiatan	Februari	Maret	April	Mei	Juni
1.	Pengajuan judul					
2.	Penyusunan dan bimbingan proposal					
3.	Seminar proposal					
4.	Perbaikan proposal					
5.	Penelitian					
6.	Penyusunan dan bimbingan hasil					
7.	Ujian pendadaran					
8.	Perbaikan hasil (skripsi)					

HASIL DAN PEMBAHASAN

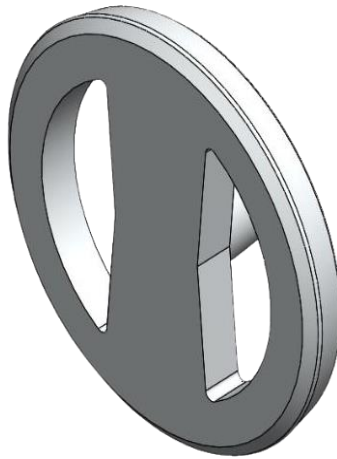
1. Desain Produk Hand Wheel

Desain produk hand wheel ini dibuat untuk mesin bubut Pindad tipe PL-1000 G berdasarkan literasi dan referensi dengan diameter 159,67 mm dan diameter lubang poros 30 mm. Desain produk hand wheel ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Hasil desain produk hand wheel

Selanjutnya desain produk hand wheel akan dilakukan modifikasi pada ukuran untuk mengkompensasi penyusutan ukuran, dan modifikasi pada bentuk geometri. Menurut beberapa konsep, membuat pola nyata dalam proses pengecoran termasuk sistem saluran biasanya sulit, oleh karena itu untuk menghindari fitur yang tidak mungkin dibuat melalui proses pengecoran, bentuk geometri produk coran disederhanakan dengan menghilangkan beberapa bagian bentuk geometri. Selain itu penambahan draft angle juga penting untuk memudahkan pada saat memisahkan produk dari mold. Desain ini dimodifikasi penambahan draft angle yaitu sebesar 2° . Model CAD untuk pengecoran ditunjukkan pada gambar 2. Model CAD ini diperlukan proses pemesinan setelah proses pengecoran.



Gambar 2 Model CAD proses pengecoran

2. Perhitungan Numerik

Di bagian ini akan menyajikan hasil yang diperoleh dari perhitungan sistem saluran untuk pembuatan desain cetakan permanen hand wheel. Data yang ditampilkan meliputi perhitungan berat produk, berat penuangan, volume penuangan, waktu penuangan, luas area bawah saluran turun, diameter bawah saluran turun, luas area atas saluran turun, diameter atas saluran turun, luas area sumur, diameter sumur, dan luas saluran masuk.

- 1) Berat produk Diketahui:

$$V = 283502,19 \text{ mm}^3$$

$$\rho = 0,000002713 \text{ kg/mm}^3$$

Ditanya $W = \dots?$

Dijawab:

$$W = V \times \rho$$

$$W = 283502,19 \text{ mm}^3 \times 0,000002713 \text{ kg/mm}^3$$

$$W = 0,76 \text{ kg}$$

- 2) Berat penuangan Diketahui:

$$W = 0,76 \text{ kg}$$

$$\sigma_y = 179 \text{ MPa}$$

$$\sigma_u = 255 \text{ MPa} \text{ Ditanya } W_p = \dots?$$

Dijawab:

$$y = \frac{\sigma_y}{\sigma_u}$$

$$y = \frac{179 \text{ MPa}}{255 \text{ MPa}}$$

$$y = 0,7 = 70\%$$

$$W_p = \frac{W}{y} \times 100\%$$

$$W_p = \frac{0,76 \text{ kg}}{70\%} \times 100\%$$

$$W_p = \frac{0,76 \text{ kg}}{0,7} \times 1$$

$$W_p = 1,08 \text{ kg}$$

- 3) Volume penuangan Diketahui:

$$W_p = 1,08 \text{ kg}$$

$$\rho = 0,000002713 \text{ kg/mm}^3$$

Ditanya $Q_p = \dots?$

Dijawab:

$$Q_p = \frac{W_p}{\rho}$$

$$Q_p = \frac{1,08 \text{ kg}}{0,000002713 \text{ kg/mm}^3}$$

$$Q_p = 398083,30 \text{ mm}^3$$

4) Waktu penuangan Diketahui:

$$t = 18,23 \text{ mm}$$

$$W_p = 1,08 \text{ kg}$$

Ditanya $tp = \dots$?

Dijawab:

$$tp = 0,32 \times t \times W0.4$$

$$tp = 0,32 \times 18,23 \times 1,080,4$$

$$tp = 0,32 \times 18,23 \times 1,03$$

$$tp = 6 \text{ s}$$

Hasil perhitungan di atas ditunjukkan pada tabel .

Tabel 1 Hasil perhitungan numerik

Berat Produk (kg)	Berat Penuangan (kg)	Volume Penuangan (mm ³)	Waktu Penuangan (s)
0,76	1,08	398083,30	6

5) Perhitungan numerik tinggi saluran turun 25 mm

Pada variasi tinggi saluran turun 25 mm diperoleh hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel 2.

a. Luas area bawah saluran turun Diketahui:

$$W = 0,76 \text{ kg}$$

$$\rho = 0,000002713 \text{ kg/mm}^3$$

$$tp = 6 \text{ s}$$

$$c = 0,88$$

$$g = 9810 \text{ mm/s}^2$$

$$H = 25 \text{ mm Ditanya } AB = \dots?$$

Dijawab:

$$A_B = \frac{W}{\rho \times t_p \times c \sqrt{2} \times g \times H}$$

$$A_B = \frac{0,76 \text{ kg}}{0,000002713 \text{ kg/mm}^3 \times 6 \text{ s} \times 0,88 \sqrt{2} \times 9810 \text{ mm/s}^2 \times 25 \text{ mm}}$$

$$A_B = \frac{0,76 \text{ kg}}{0,000014 \times 700,35}$$

$$A_B = \frac{0,76 \text{ kg}}{0,009}$$

$$A_B = 84,45 \text{ mm}^2$$

b. Diameter bawah saluran turun Diketahui:

$$AB = 84,45 \text{ mm}^2$$

$$\pi = 3,14$$

Ditanya $DB = \dots$?

Dijawab:

$$D_B = \sqrt{\frac{4 \times A_B}{\pi}}$$

$$D_B = \sqrt{\frac{4 \times 84,45 \text{ mm}^2}{3,14}}$$

$$D_B = \sqrt{107,57 \text{ mm}^2}$$

$$D_B = 10,37 \text{ mm}$$

c. Luas area atas saluran turun Diketahui:

$$AB = 84,45 \text{ mm}^2 \quad h = 25 \text{ mm}$$

$$b = 15 \text{ mm} \quad \text{Ditanya } AA = \dots?$$

Dijawab:

$$A_A = A_B \sqrt{\frac{h}{b}}$$

$$A_A = 84,45 \text{ mm}^2 \sqrt{\frac{25 \text{ mm}}{15 \text{ mm}}}$$

$$A_A = 84,45 \text{ mm}^2 \sqrt{1,67 \text{ mm}}$$

$$A_A = 84,45 \text{ mm}^2 \times 1,292 \text{ mm}$$

$$A_A = 109,10 \text{ mm}^2$$

d. Diameter atas saluran turun Diketahui:

$$AA = 109,10 \text{ mm}^2$$

$$\pi = 3,14$$

$$\text{Ditanya } DA = \dots?$$

Dijawab:

$$D_A = \sqrt{\frac{4 \times A_A}{\pi}}$$

$$D_A = \sqrt{\frac{4 \times 109,10 \text{ mm}^2}{3,14}}$$

$$D_A = \sqrt{138,98 \text{ mm}^2}$$

$$D_A = 11,78 \text{ mm}$$

e. Luas area sumur Diketahui:

$$AB = 84,45 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ditanya } WBA = \dots? \quad \text{Dijawab:}$$

$$WBA = 5 \times AB$$

$$WBA = 5 \times 84,45 \text{ mm}^2$$

$$WBA = 422,25 \text{ mm}^2$$

f. Diameter sumur Diketahui:

$$WBA = 422,25 \text{ mm}^2$$

$$\pi = 3,14$$

$$\text{Ditanya } Ds = \dots?$$

Dijawab:

$$D_s = \sqrt{\frac{4 \times WBA}{\pi}}$$

$$D_s = \sqrt{\frac{4 \times 422,25 \text{ mm}^2}{3,14}}$$

$$D_s = \sqrt{537,89 \text{ mm}^2}$$

$$D_s = 23,19 \text{ mm}$$

g. Luas saluran masuk Diketahui:

$$AB = 84,45 \text{ mm}^2$$

Ditanya *Ingate area* = ...? Dijawab:

$$\text{Ingate area} = 2 \times AB$$

$$\text{Ingate area} = 2 \times 84,45 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ingate area} = 168,90 \text{ mm}^2$$

Tabel 2 Hasil perhitungan tinggi saluran turun 25 mm

Luas Area Bawah Saluran Turun (mm ²)	Diameter Bawah Saluran Turun (mm)	Luas Area Atas Saluran Turun (mm ²)	Diameter Atas Saluran Turun (mm)	Luas Area Sumur (mm ²)	Diameter Sumur (mm)	Saluran Masuk (mm ²)
84,45	10,37	109,10	11,78	422,25	23,19	168,90

6) Perhitungan numerik tinggi saluran turun 50 mm

Pada variasi tinggi saluran turun 50 mm diperoleh hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel 3.

a. Luas area bawah saluran turun Diketahui:

$$W = 0,76 \text{ kg}$$

$$\rho = 0,000002713 \text{ kg/mm}^3$$

$$tp = 6 \text{ s}$$

$$c = 0,88$$

$$g = 9810 \text{ mm/s}^2$$

$$H = 50 \text{ mm Ditanya } AB = \dots?$$

Dijawab:

$$A_B = \frac{W}{\rho \times t_p \times c \sqrt{2 \times g \times H}}$$

$$A_B = \frac{0,76 \text{ kg}}{0,000002713 \text{ kg/mm}^3 \times 6 \text{ s} \times 0,88 \sqrt{2 \times 9810 \text{ mm/s}^2 \times 50 \text{ mm}}}$$

$$A_B = \frac{0,76 \text{ kg}}{0,000014 \times 990,45}$$

$$A_B = \frac{0,76 \text{ kg}}{0,013}$$

$$A_B = 58,46 \text{ mm}^2$$

b. Diameter bawah saluran turun Diketahui:

$$AB = 58,46 \text{ mm}^2$$

$$\pi = 3,14$$

$$\text{Ditanya } DB = \dots?$$

Dijawab:

$$D_B = \sqrt{\frac{4 \times A_B}{\pi}}$$

$$D_B = \sqrt{\frac{4 \times 58,46 \text{ mm}^2}{3,14}}$$

$$D_B = \sqrt{74,47 \text{ mm}^2}$$

$$D_B = 8,62 \text{ mm}$$

- c. Luas area atas saluran turun Diketahui:

$$AB = 58,46 \text{ mm}^2 \quad h = 50 \text{ mm}$$

$$b = 15 \text{ mm} \quad \text{Ditanya } AA = \dots?$$

Dijawab:

$$AA = AB \sqrt{\frac{h}{b}}$$

$$AA = 58,46 \text{ mm}^2 \sqrt{\frac{50 \text{ mm}}{15 \text{ mm}}}$$

$$AA = 58,46 \text{ mm}^2 \sqrt{3,34 \text{ mm}}$$

$$AA = 58,46 \text{ mm}^2 \times 1,82 \text{ mm}$$

$$AA = 106,39 \text{ mm}^2$$

- d. Diameter atas saluran turun Diketahui:

$$AA = 106,39 \text{ mm}^2$$

$$\pi = 3,14$$

$$\text{Ditanya } DA = \dots?$$

Dijawab:

$$D_A = \sqrt{\frac{4 \times A_A}{\pi}}$$

$$D_A = \sqrt{\frac{4 \times 106,39 \text{ mm}^2}{3,14}}$$

$$D_A = \sqrt{135,52 \text{ mm}^2}$$

$$D_A = 11,64 \text{ mm}$$

- e. Luas area sumur Diketahui:

$$AB = 58,46 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ditanya } WBA = \dots? \quad \text{Dijawab:}$$

$$WBA = 5 \times AB$$

$$WBA = 5 \times 58,46 \text{ mm}^2$$

$$WBA = 292,3 \text{ mm}^2$$

- f. Diameter sumur Diketahui:

$$WBA = 292,3 \text{ mm}^2$$

$$\pi = 3,14$$

$$\text{Ditanya } D_s = \dots?$$

Dijawab:

$$D_s = \sqrt{\frac{4 \times WBA}{\pi}}$$

$$D_s = \sqrt{\frac{4 \times 292,3 \text{ mm}^2}{3,14}}$$

$$D_s = \sqrt{372,35 \text{ mm}^2}$$

$$D_s = 19,29 \text{ mm}$$

g. Luas saluran masuk Diketahui:

$$AB = 58,46 \text{ mm}^2$$

Ditanya *Ingate area* = ...?

Dijawab:

$$\text{Ingate area} = 2 \times AB$$

$$\text{Ingate area} = 2 \times 58,46 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ingate area} = 116,92 \text{ mm}^2$$

Tabel 3 Hasil perhitungan tinggi saluran turun 50 mm

Luas Area Bawah Saluran Turun (mm ²)	Diameter Bawah Saluran Turun (mm)	Luas Area Atas Saluran Turun (mm ²)	Diameter Atas Saluran Turun (mm)	Luas Area Sumur (mm ²)	Diameter Sumur (mm)	Luas Saluran Masuk (mm ²)
58,46	8,62	106,39	11,64	292,3	19,29	116,92

7) Perhitungan numerik tinggi saluran turun 100 mm

Pada variasi tinggi saluran turun 100 mm diperoleh hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel 4.

a. Luas area bawah saluran turun Diketahui:

$$W = 0,76 \text{ kg}$$

$$\rho = 0,000002713 \text{ kg/mm}^3$$

$$tp = 6 \text{ s}$$

$$c = 0,88$$

$$g = 9810 \text{ mm/s}^2$$

$$H = 100 \text{ mm}$$

Ditanya *AB* = ...?

Dijawab:

$$A_B = \frac{W}{\rho \times t_p \times c \sqrt{2 \times g \times H}}$$

$$A_B = \frac{0,76 \text{ kg}}{0,000002713 \text{ kg/mm}^3 \times 6 \text{ s} \times 0,88 \sqrt{2 \times 9810 \text{ mm/s}^2 \times 100 \text{ mm}}}$$

$$A_B = \frac{0,76 \text{ kg}}{0,000014 \times 1400,71}$$

$$A_B = \frac{0,76 \text{ kg}}{0,019}$$

$$A_B = 40 \text{ mm}^2$$

b. Diameter bawah saluran turun Diketahui:

$$AB = 40 \text{ mm}^2$$

$$\pi = 3,14$$

Ditanya *DB* = ...?

Dijawab:

$$D_B = \sqrt{\frac{4 \times A_B}{\pi}}$$

$$D_B = \sqrt{\frac{4 \times 40 \text{ mm}^2}{3,14}}$$

$$D_B = \sqrt{50,95 \text{ mm}^2}$$

$$D_B = 7,13 \text{ mm}$$

c. Luas area atas saluran turun Diketahui:

$$AB = 40 \text{ mm}^2 \quad h = 100 \text{ mm}$$

$$b = 15 \text{ mm} \quad \text{Ditanya } AA = \dots?$$

Dijawab:

$$A_A = A_B \sqrt{\frac{h}{b}}$$

$$A_A = 40 \text{ mm}^2 \sqrt{\frac{100 \text{ mm}}{15 \text{ mm}}}$$

$$A_A = 40 \text{ mm}^2 \sqrt{6,67 \text{ mm}}$$

$$A_A = 40 \text{ mm}^2 \times 2,58 \text{ mm}$$

$$A_A = 103,20 \text{ mm}^2$$

d. Diameter atas saluran turun Diketahui:

$$AA = 103,20 \text{ mm}^2$$

$$\pi = 3,14$$

$$\text{Ditanya } DA = \dots?$$

Dijawab:

$$D_A = \sqrt{\frac{4 \times A_A}{\pi}}$$

$$D_A = \sqrt{\frac{4 \times 103,20 \text{ mm}^2}{3,14}}$$

$$D_A = \sqrt{131,46 \text{ mm}^2}$$

$$D_A = 11,46 \text{ mm}$$

e. Luas area sumur Diketahui:

$$AB = 40 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ditanya } WBA = \dots? \quad \text{Dijawab:}$$

$$WBA = 5 \times AB$$

$$WBA = 5 \times 40 \text{ mm}^2$$

$$WBA = 200 \text{ mm}^2$$

f. Diameter sumur Diketahui:

$$WBA = 200 \text{ mm}^2$$

$$\pi = 3,14$$

$$\text{Ditanya } D_s = \dots?$$

Dijawab:

$$D_s = \sqrt{\frac{4 \times WBA}{\pi}}$$

$$D_s = \sqrt{\frac{4 \times 200 \text{ mm}^2}{3,14}}$$

$$D_s = \sqrt{254,77 \text{ mm}^2}$$

$$D_s = 15,96 \text{ mm}$$

g. Luas saluran masuk Diketahui:

$$AB = 40 \text{ mm}^2$$

Ditanya *Ingate area* = ...? Dijawab:

$$\text{Ingate area} = 2 \times AB$$

$$\text{Ingate area} = 2 \times 40 \text{ mm}^2$$

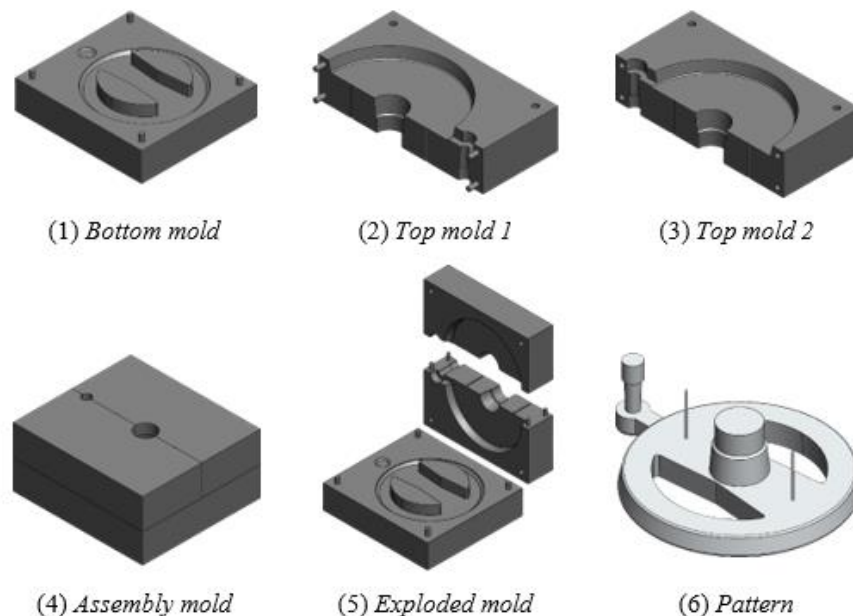
$$\text{Ingate area} = 80 \text{ mm}^2$$

Tabel 4 Hasil perhitungan tinggi saluran turun 100 mm

Luas Area Bawah Saluran Turun (mm ²)	Diameter Bawah Saluran Turun (mm)	Luas Area Atas Saluran Turun (mm ²)	Diameter Atas Saluran Turun (mm)	Luas Area Sumur (mm ²)	Diameter Sumur (mm)	Luas Saluran Masuk (mm ²)
40	7,13	103,20	11,46	200	15,96	80

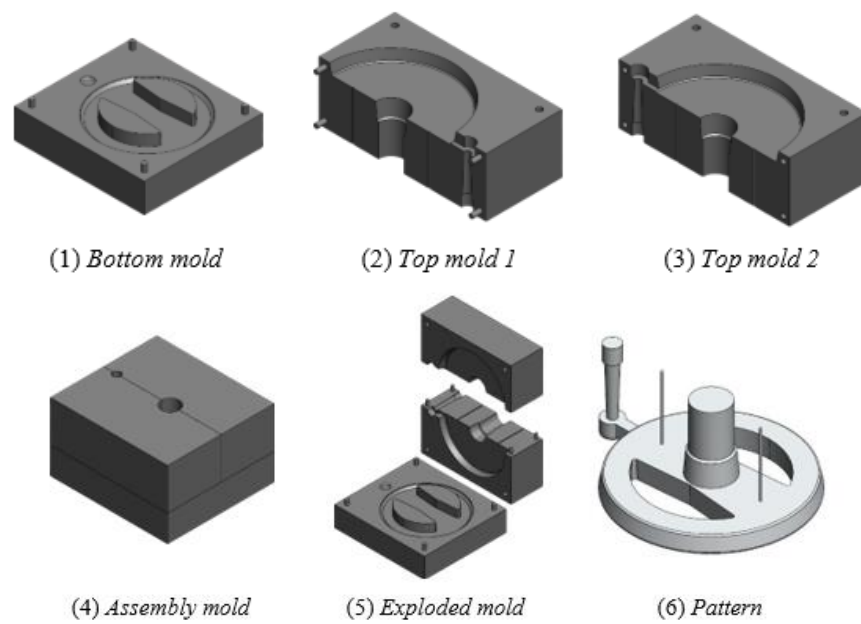
3. Desain Cetakan Permanen Hand Wheel

Di bagian ini akan menyajikan hasil perancangan desain cetakan permanen hand wheel setelah dilakukan modifikasi dan perhitungan numerik untuk sistem saluran. Pada semua variasi cetakan diberi riser diameter 33 mm dan 2 saluran buang dengan diameter 2 mm. Untuk desain cetakan permanen dengan tinggi saluran 25 mm ditunjukkan pada gambar 3.



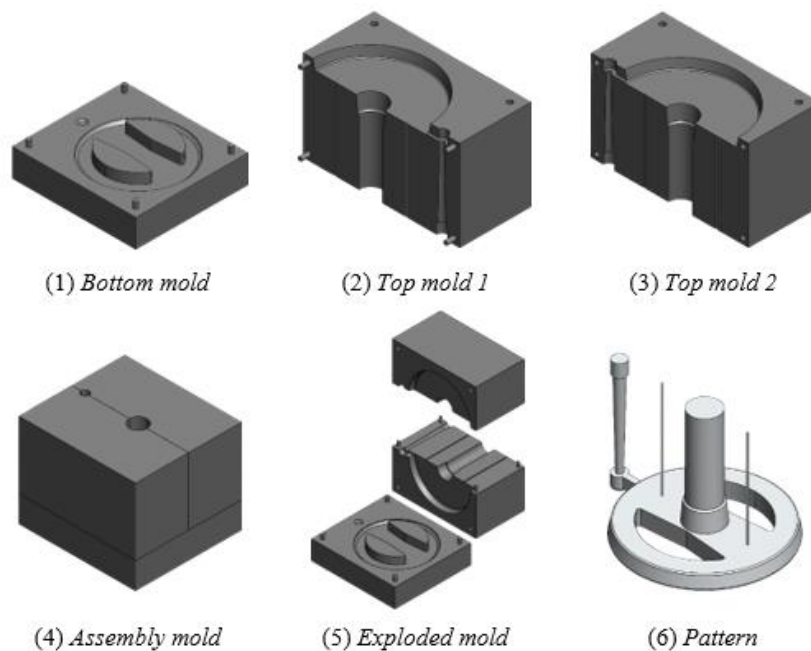
Gambar 3 Desain cetakan permanen tinggi saluran 25 mm

Untuk desain cetakan permanen dengan tinggi saluran 50 mm ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 Desain cetakan permanen tinggi saluran 50 mm

Untuk desain cetakan permanen dengan tinggi saluran 100 mm ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 4.5 Desain cetakan permanen tinggi saluran 100 mm

4. Hasil Simulasi dan Pembahasan

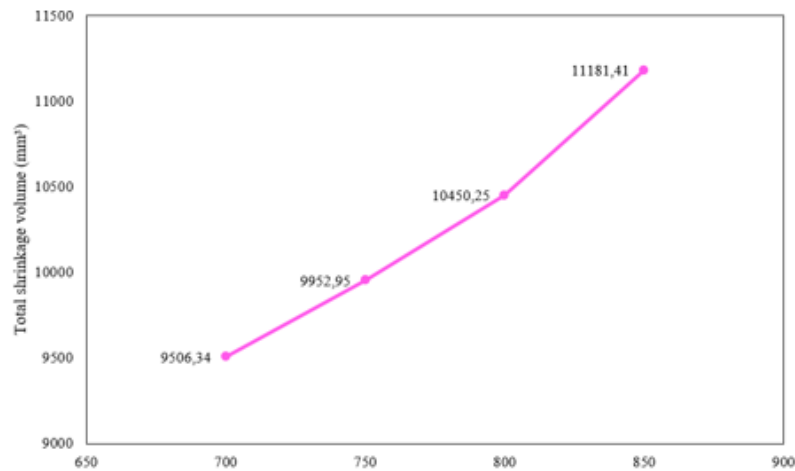
1) Hasil Simulasi

Di bagian ini akan menyajikan hasil setelah dilakukan simulasi menggunakan software Inspire Cast 2024. Secara umum simulasi ini dilakukan untuk mengetahui mengenai variasi tinggi saluran turun dan suhu logam cair terhadap total volume porositas akibat penyusutan.

a. Tinggi saluran turun 25 mm

Pada grafik variasi tinggi saluran turun 25 mm, terlihat bahwa total shrinkage volume meningkat secara bertahap seiring kenaikan suhu logam cair. Nilai shrinkage berturut-turut adalah sekitar 9506,34 mm³ pada variasi 700°C, 9952,95 mm³ pada variasi

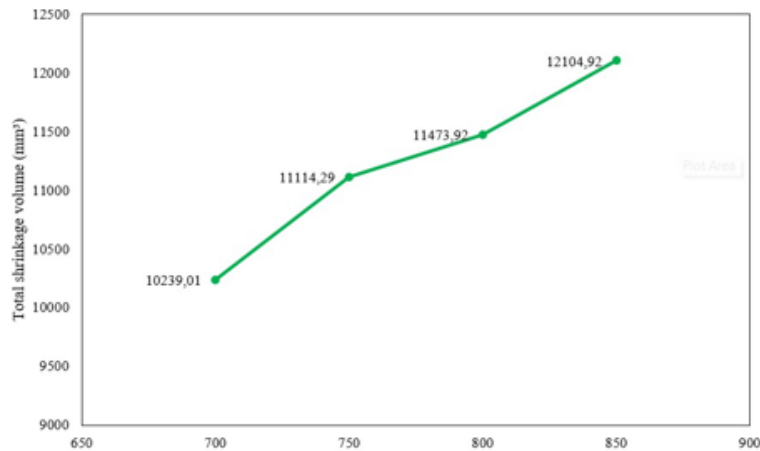
750°C, 10450,25 mm³ pada variasi 800°C, dan mencapai 11181,41 mm³ pada variasi 850°C. Grafik simulasi variasi tinggi saluran turun 25 mm ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 6 Grafik simulasi variasi tinggi saluran turun 25 mm

b. Tinggi saluran turun 50 mm

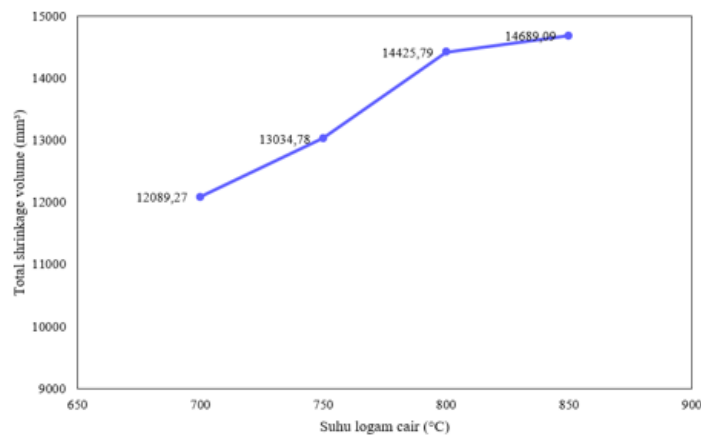
Pada grafik dengan tinggi saluran turun 50 mm, nilai total shrinkage volume menunjukkan peningkatan yang lebih besar dibandingkan variasi 25 mm. Nilainya yaitu sekitar 10239,01 mm³ pada variasi 700°C, 11114,29 mm³ pada variasi 750°C, 11473,92 mm³ pada variasi 800°C, dan 12104,92 mm³ pada variasi 850°C. Grafik simulasi variasi tinggi saluran turun 50 mm ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 7 Grafik simulasi variasi tinggi saluran turun 50 mm

c. Tinggi saluran turun 100 mm

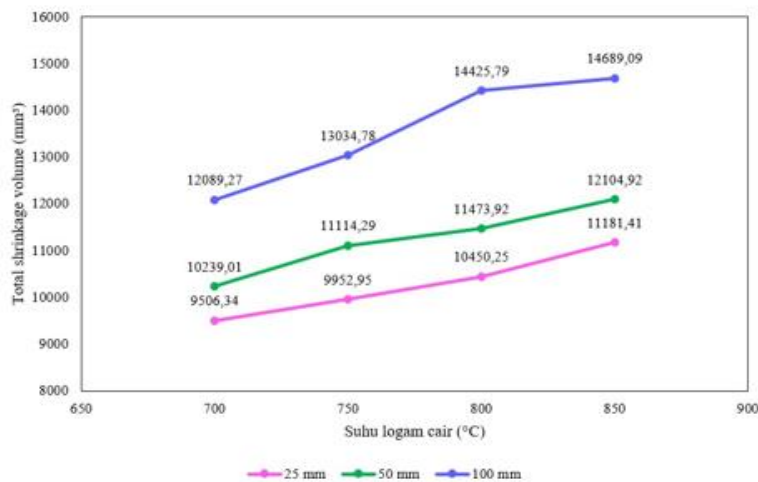
Pada grafik tinggi saluran turun 100 mm, total shrinkage volume menunjukkan nilai paling tinggi dibandingkan variasi lainnya, yaitu sekitar 12089,27 mm³ pada variasi 700°C, 13034,78 mm³ pada variasi 750°C, 14425,79 mm³ pada variasi 800°C, dan 14689,09 mm³ pada variasi 850°C. Grafik simulasi variasi tinggi saluran turun 100 mm ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8 Grafik simulasi variasi tinggi saluran turun 100 mm

Pembahasan

Di bagian ini akan menyajikan pembahasan mengenai hasil simulasi yang telah dilakukan menggunakan software Inspire Cast 2024. Grafik simulasi 3 variasi tinggi saluran turun ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9 Grafik simulasi 3 variasi tinggi saluran turun

Pada variasi saluran turun 25 mm, nilai shrinkage meningkat secara bertahap dan relatif linear. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi ini aliran logam masih cukup stabil dengan tingkat turbulensi yang rendah sehingga kecepatan aliran logam cair tidak terlalu tinggi dan shrinkage yang terjadi lebih kecil daripada variasi lainnya. Pada variasi 50 mm, terjadi peningkatan shrinkage yang lebih besar, terutama pada rentang suhu 700°C ke 750°C. Kenaikan tinggi saluran menyebabkan peningkatan turbulensi dan meningkatnya kecepatan aliran logam. Kecepatan aliran yang tinggi dapat menyebabkan turbulensi, yang berkontribusi terhadap cacat seperti shrinkage dan porositas. Cacat porositas umumnya terjadi akibat aliran logam cair yang mengalami turbulensi (Cahyono dkk., 2025). Pada variasi 100 mm, nilai shrinkage merupakan yang tertinggi di antara semua variasi. Peningkatan yang signifikan, khususnya pada suhu 800°C, menunjukkan bahwa kombinasi antara suhu tinggi dan tinggi saluran yang besar menghasilkan kondisi aliran yang sangat tidak stabil.

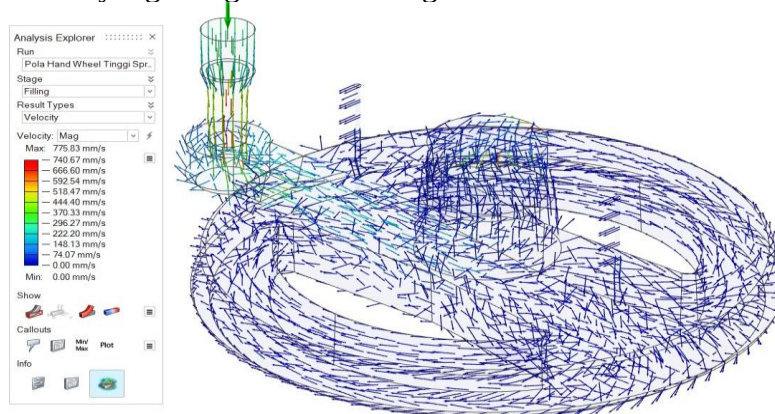
Berdasarkan grafik simulasi tiga variasi tinggi saluran turun (25 mm, 50 mm, dan 100 mm), terlihat adanya pengaruh yang signifikan antara suhu logam cair dan tinggi saluran turun terhadap nilai total shrinkage volume. Secara umum, seluruh variasi menunjukkan pola yang sama, yaitu peningkatan shrinkage seiring kenaikan suhu, namun

dengan tingkat yang berbeda pada masing-masing variasi saluran. Temperatur penuangan akan mempengaruhi tingginya porositas coran, di mana semakin tinggi temperatur penuangan menyebabkan porositas coran semakin tinggi (Harmanto, 2014). Selain itu, terlihat bahwa semakin tinggi saluran turun maka nilai total shrinkage volume juga semakin meningkat pada setiap variasi suhu. Hal ini menunjukkan bahwa kenaikan tinggi saluran turun berbanding lurus dengan peningkatan shrinkage pada hasil pengecoran.

Rincian hasil simulasi di penelitian ini ditunjukkan pada tabel 5. Berdasarkan tabel 5 parameter utama yang digunakan untuk menentukan desain terbaik adalah nilai shrinkage pada produk, karena cacat pada bagian produk secara langsung mempengaruhi kualitas dan kelayakan hasil pengecoran. Bagian saluran masuk dan riser nantinya akan dibuang dengan proses pemesian sehingga tidak digunakan sebagai parameter utama untuk menentukan desain terbaik. Dari hasil simulasi, diperoleh bahwa nilai shrinkage produk terendah terjadi pada simulasi ke-2 dengan nilai shrinkage pada produk paling rendah yaitu sekitar 1531,22 mm³. Pada bagian produk yang terbentuk shrinkage nantinya akan dilakukan proses pemesian melalui proses drilling untuk lubang poros pada produk hand wheel, sehingga bisa dikatakan tidak adanya shrinkage yang terbentuk pada produk.

Gambar 10 menunjukkan hasil simulasi ke-2 mengenai distribusi kecepatan aliran logam cair (velocity) pada proses pengisian (filling) cetakan permanen hand wheel. Berdasarkan hasil simulasi, kecepatan maksimum aliran logam cair mencapai 775,83 mm/s atau sekitar 0,776 m/s, sedangkan kecepatan minimum sebesar 0 mm/s yang menunjukkan daerah yang belum terisi logam cair atau telah berhenti mengalir. Pada saluran masuk (sprue) terlihat bahwa kecepatan aliran paling tinggi ditunjukkan oleh warna hijau hingga kuning. Hal ini disebabkan oleh pengaruh gaya gravitasi yang menyebabkan logam cair mengalami percepatan ketika mengalir dari pouring basin menuju runner. Setelah memasuki runner dan rongga cetakan, kecepatan aliran mengalami penurunan yang ditunjukkan oleh dominasi warna biru. Penurunan kecepatan terjadi setelah memasuki rongga cetakan yang memiliki luas penampang lebih besar. Kecepatan yang lebih rendah membantu menghasilkan aliran yang lebih stabil sehingga risiko turbulensi dapat diminimalkan.

Pada beberapa bagian terutama di bagian tengah terlihat arah vektor yang tidak seragam dan saling berpotongan. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya pusaran. Pusaran ini muncul akibat perubahan arah aliran secara tiba-tiba ketika logam cair bertemu dengan dinding cetakan. Fenomena tersebut dapat menyebabkan udara terjebak dan meningkatnya kemungkinan terjadi shrinkage. Walaupun demikian, secara keseluruhan pengisian logam cair masih mampu mengisi seluruh rongga cetakan tanpa menunjukkan daerah yang mengalami kekurangan aliran.



Gambar 10 Hasil simulasi ke-2 mengenai velocity

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan simulasi yang telah dilakukan, serta pembahasan yang telah disajikan pada bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain produk hand wheel untuk mesin bubut Pindad tipe PL-1000 G telah berhasil dibuat dengan software CAD dengan diameter 159,67 mm dan diameter lubang poros 30 mm berdasarkan referensi yang sudah ada.
2. Desain cetakan permanen hand wheel telah berhasil dirancang dengan sistem saluran turun (sprue), penambah (riser), dan saluran pembuangan (gas vent).
3. Berdasarkan hasil simulasi, didapatkan hasil terbaik yaitu pada simulasi ke-2 dengan parameter suhu logam cair 750°C, tinggi saluran turun 25 mm, suhu cetakan permanen 350°C, waktu penuangan 6 s dan volume shrinkage yang terjadi pada produk yaitu sekitar 1531,22 mm³.

Saran

Berdasarkan proses perancangan ini terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan pertimbangan untuk pengembangan di masa mendatang yaitu sebagai berikut:

4. Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pembuatan cetakan permanen menggunakan mesin CNC.
5. Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pembuatan produk dengan proses pengecoran secara langsung.

DAFTAR PUSAKA

- Admin. (2026). Elesa. GN 924 - GN 924.3 - GN 924.7 Spoked handwheels. <https://www.elesa.com/en/elesab2bstoreoc/Handwheels-and-crank-handles--Spoked-handwheels--GN924-A#categoryid=21502&sortby=0&facetvalue=&facetcodevalue=>
- ASM Handbook Vol. 15 Casting (Vol. 15). (1988).
- Cahyono, I., Primaningtyas, W. E., & Utari, D. A. (2025). Analisis Pengaruh Dimensi Runner Ingate dan Riser terhadap Nilai Cacat Porositas Produk Dudukan Pompa pada Pengecoran Investment menggunakan Metode Taguchi. *Proceedings Conference On Design Manufacture Engineering And Its Application*, 9(1), 1–10.
- Endramawan, T., Dionisius, F., Sifa, A., & Kusuma, B. H. (2019). Analisis Perbedaan Tinggi Sprue pada Top Gating System untuk Pengecoran Propeller yang Bermaterial Paduan Aluminium dari Limbah Propeller Perahu. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 10(1), 28–35.
- Ghozi, F. R. A., & Bj, M. S. (2024). Desain dan Pembuatan Propeller Perahu Nelayan dengan Metode Sand Casting. *Politeknik Negeri Ujung Pandang*, 1–72.
- Groover, M. P. (2018). *Groover's Principles of Modern Manufacturing*. Wiley India Pvt. Ltd.
- Harmanto, S. (2014). Pengaruh Temperatur Penuangan terhadap Porositas pada Cetakan Logam dengan Bahan Aluminium Bekas. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(3), 81–86.
- Holes in High-Strength Steels. *Marine Structures*, 84, 103205. <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2022.103205>
- Kaswadi, A., Irmawan, T., & Darmawan, M. R. (2023). Optimalisasi Dimensi Feed System pada Cetakan Body Caliper untuk Efisiensi Bahan Baku. *Technologic*, 14(2), 142–149.
- Media, R. I., Adhiarto, R., Erlangga, Y. Y., & Friyadi, M. F. (2022). Analisis Parameter Cetakan Injeksi Plastik Menggunakan Simulasi CAE untuk Memprediksi Kegagalan Produk Front Cover MiFUS®. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(2), 241–248.
- Obers, S. F. P. M., Overal, J. J., Wong, W. J., & Walters, C. L. (2022). The Effect of the Yield to Tensile Strength Ratio on Stress/Strain Concentrations Around
- Pane, N. A. R., & Sudiyanto, A. (2021). Proses Pengecoran dan Manufaktur Logam. *Journal of Metallurgical Engineering and Processing Technology*, 1(2), 123–130.
- Prasetyo, A., Sihole, A. T. P., Khairunisa, M. D., Najibulloh, M., & Atmayati, R. (2025). Implementasi Software Solidworks dalam Perancangan Produksi Lemari untuk Efisiensi

- Waktu Produksi. *SCIENTIFIC JOURNAL OF REFLECTION : Economic, Accounting, Management and Business*, 8(1), 164–169.
- Prasetyo, G., Riyanto, F. X. S. A., & Kurnia, Y. A. C. (2021). Analisa CAE Kekuatan Frame untuk Menahan Unit Powdering pada Perancangan Mesin Ekstrusi Pengolah Plastik Bio-Organik Berbahan Dasar Singkong dan Gliserol. *IMDeC*, 3, 358–358.
- Putra, A. A., Syahid, M., & Mochtar, A. A. (2021). Calculation and Simulation of Aluminium Alloy Flange Reducer Cast Using Resin Sand Mold. *EPI International Journal of Engineering*, 4(2), 109–114.
- Raharjo, R., Wahyudiansyah, A., Purnama, A. H., & Ahdiyat, A. A. (2025). Analisis Pulley Bertingkat Hasil Sand-Casting Process terhadap Simulasi Pengecoran Logam. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin FEMA*, 3(2), 41–52.
- Rizaldi, D., Arkadius, M., & Hamdani. (2022). Pembuatan Cetakan Pasir untuk Memproduksi Handwheel Bubut Pindad Model PL-1000 G dari Bahan Aluminium Bekas. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 6(1), 6–12.
- Sandi, A., Triwibowo, N. A., Rahmawati, F. K., & Kumolosari, E. (2025). Pelatihan Computer Aided Design (CAD) serta Evaluasi dengan Metode Kuesioner. *Madaniya*, 6(3), 1147–1155.
- Simanjuntak, J. G., Sitindaon, P., Pardosi, H., & Kusumawaty, D. (2020). Perencanaan Sistem Saluran dan Penambah untuk Mengurangi Cacat Produk Coran Komponen Peralatan Pabrik. *Fungsional Perekayasa, Balai Riset dan Standardisasi Industri Medan*, 15(29), 10–17.
- Slamet, S., & Hidayat, T. (2010). Pengaruh Model Saluran Tuang pada Cetakan Pasir terhadap Hasil Cor Logam. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1), 80–85.
- Suadiatma, B., & Subakti, M. F. (2025). Perawatan Korektif dan Preventif Eretan Mesin Bubut AJ200E. Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 1–57.
- Sugeng, M., & Sutajiri, Y. (2017). Modifikasi Desain Cetakan Velg 14 Inch untuk Sepeda Motor dengan Bahan Produk Aluminium A356. *Bina Teknik*, 13(2), 151.
- Sukamto, U., & Putra, M. F. B. (2022). Pengaruh Suhu Tuang dan Cetakan Pengecoran Aluminium Bekas Menggunakan Gravity Die Casting terhadap Kecacatan. *Journal of Metallurgical Engineering and Processing Technology*, 2(2), 21–27.
- Sukarno, R., Sugita, I. W., & Syaefudin, E. A. (2014). Pelatihan Dasar-Dasar CAD/CAM/CAE dan Software Autocad untuk Guru-Guru SMK Bidang Keahlian Teknik Mesin di Wilayah Kabupaten Bekasi. *Sarwahita*, 11(2), 122.
- Suyitno, S., Salim, U. A., & Mahardika, M. (2016). Aplikasi Cetakan Permanen untuk Meningkatkan Produksi dan Kualitas Produk IKM Pengecoran Logam Kuningan di Ngawen, Sidokarto, Godean, Yogyakarta. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat (Indonesian Journal of Community Engagement)*, 2(1), 66. <https://doi.org/10.22146/jpkm.22218>
- Utama, K. H., Malik, I., & Effendi, S. (2022). Desain Pengecoran Berbasis CAE pada Propeller Tiga Daun untuk Perahu Kecil. *MACHINERY Jurnal Teknologi Terapan*, 3(1), 9–16.
- Wiratama, C. (2022). *Pttensor.com. Dasar Pengecoran Logam.* <https://pttensor.com/2022/04/19/dasar-pengecoran-logam/>
- Yuda, S. M., Turnip, K., Qayyum, F. A., & Sutoyo, J. M. (2016). Perancangan Sistem Saluran Cetakan Permanen pada Logam Aluminium CC401 dengan Penuangan. *Fakultas, Universitas Kristen Indonesia*, 1–15.