

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN  
*DIES PERMANENT MOLD* PENGECORAN LOGAM  
DENGAN MATERIAL BESI COR *DUCTILE (FCD)***



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Disusun oleh :

**CAHYO UTOMO**

**NIM : D.200.120.065**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2017**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN  
*DIES PERMANENT MOLD* PENGECORAN LOGAM  
DENGAN MATERIAL BESI COR *DUCTILE (FCD)***

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**PUBLIKASI ILMIAH**

**Oleh :**

**Cahyo Utomo**

**D.200.120.065**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



**(Patna Partono, ST., MT.)**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN  
DIES PERMANENT MOLD PENGEKORAN LOGAM  
DENGAN MATERIAL BESI COR DUCTILE (FCD)**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

Oleh :

**Cahyo Utomo**

**D.200.120.065**

Telah dipertahankan didepan Dosen Penguji Jurusan Teknik Mesin Fakultas  
Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta pada Hari Sabtu, 17 Juni 2017 dan  
dinyatakan memenuhi syarat

Dosen Penguji

Ketua : **Patna Partono, ST., MT.**

Anggota 1 : **Ir. Masyrukan, MT.**

Anggota 2 : **Agus Yulianto, ST., MT.**

(  )  
(  )  
(  )

Mengetahui,

Dekan

  
  
**(Ir. H. Sri Sunarjono, MT., Ph.D)**

## PERNYATAAN KEASLIAN PUBLIKASI ILMIAH

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Naskah Publikasi dengan judul **“PERENCANAAN DAN PEMBUATAN *DIES PERMANENT MOLD* PENGECORAN LOGAM DENGAN MATERIAL BESI COR *DUCTILE (FCD)*”** yang dibuat untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, Juni 2017

Yang menyatakan



**Cahyo Utomo**

D200120065

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN  
DIES PERMANENT MOLD PENGECORAN LOGAM  
DENGAN MATERIAL BESI COR DUCTILE ( FCD )**

**Abstrak**

*Pengecoran logam merupakan suatu proses pembuatan benda yang dilakukan melalui beberapa tahapan mulai dari pembuatan pola, cetakan, proses peleburan, menuang, membongkar dan membersihkan coran. Tujuannya menghasilkan produk yang berupa Cetakan permanen (Permanent Mold). Cetakan permanen yaitu cetakan yang dapat digunakan berulang-ulang dan biasanya dibuat dari logam. Pada perhitungan perencanaan sistem saluran ukuran cavity untuk volume produk =  $4,808125 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ , berat produk = 0,4 kg, waktu cor = 1,118 detik, saluran masuk =  $14,6 \text{ mm}^2$ , saluran pengalir (runner) =  $29,2 \text{ mm}^2$ , saluran turun =  $14,6 \text{ mm}^2$ , dimensi ukuran cetakan atas = 340mm x 200mm x 30mm dan dimensi ukuran cetakan bawah = 340mm x 200mm x 70mm. Solidwork 2014 digunakan untuk pembuatan gambar teknik dan perangkat lunak Mastercam X5 digunakan untuk perencanaan proses pemesinannya. Proses pemesinan menggunakan mesin CNC vertikal milling 3 axis, twin horn travel axis 800x1000x750 xyz. Proses pengecoran menggunakan cetakan permanen lebih cepat dalam persiapan dan produk hasil pengecoran menggunakan cetakan permanen menghasilkan produk yang memiliki kekasaran yang sangat minimal sehingga mengurangi proses pemesinan*

**Kata kunci : pengecoran logam, cetakan permanen, solidwork, mastercam, kode G, CNC.**

**Abstrack**

*Metal casting is a process of making a form that is done through several stages ranging from making patterns, molds, melting process, pouring, dismantling, and cleaning castings. The goal of producing products in the form or permanent mold (permanent mold). Permanent prints are molds that can be used repeatedly and are usually made of metal. In the calculation of cavity channel system planning for product volume =  $4,808125 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ , product weight = 0,4 kg, cast time = 1,118 seconds, inlet =  $14,6 \text{ mm}^2$ , drain runner =  $29,2 \text{ mm}^2$ , descending channel =  $14,6 \text{ mm}^2$ , dimensions of top mold size = 340 mm x 200 mm x 30 mm, and dimension of buttom mold size = 340 mm x 200 mm x 70 mm. Solidworks 2014 is used for engineering drawing and the mastercam x5 software is used for planning it is machining process. Machining process using CNC veryical milling machine 3 axis, twin horm travel axis 800x1000x750 xyz. The casting process uses permanent molds more quickly in preparation and foundry products using permanent prints produce products that have very minimal roughness thereby reducing the machining process*

**Keywords: metal casting, permanent molding, solidwork, mastercam, G code, CNC.**

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Pengecoran logam merupakan suatu proses pembuatan benda yang dilakukan melalui beberapa tahapan mulai dari pembuatan pola, cetakan, proses peleburan, menuang, membongkar dan membersihkan coran. Hampir semua benda-benda logam yang berbentuk rumit baik logam *ferro* maupun *non ferro* mulai dari berukuran kecil sampai besar dapat dibuat melalui proses pengecoran.

Dalam proses pengecoran logam terdapat beberapa macam cetakan yang digunakan. Cetakan tersebut antara lain adalah cetakan tidak permanen (cetakan

pasir) dan cetakan permanen. Cetakan permanen (*Permanent Mold*) yaitu cetakan yang dapat digunakan berulang-ulang dan biasanya dibuat dari logam. Cetakan permanen yang digunakan adalah cetakan logam yang biasanya digunakan pada pengecoran logam dengan suhu cair rendah. Coran yang dihasilkan mempunyai bentuk yang tepat dengan permukaan licin sehingga pekerjaan pemesinan berkurang.

Besi Cor kelabu Biasanya memiliki kadar karbon 2,54%. Jumlah silikon yang relatif tinggi (13%) diperlukan untuk pembentukan *grafit*. Besi Cor *Ductile/Nodular (FCD)* memiliki kandungan karbon (3,0-4,0%) dan silikonnya (1,82%) sama dengan besi tuang. Kandungan sulfur (s) dan fosfor (p) sangat rendah kira-kira 10 kali lebih rendah dari besi tuang kelabu. Maka dari itu sangat perlu dibutuhkan penelitian pembuatan cetakan permanen dengan material besi cor ductile/nodular (*FCD*), karena memiliki sifat yang ulet, memiliki titik lebur yang lebih tinggi dibandingkan dengan besi cor kelabu, dan mudah dalam proses permesinan untuk menghasilkan produk/hasil cetakan yang baik dan lebih presisi untuk mengurangi proses finishing.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana proses pembuatan cetakan (*dies*) dari material besi cor nodular/*ductile (FCD)*.
2. Bagaimana urutan-urutan proses manufaktur dalam pembuatan cetakan (*dies*) dari material besi cor nodular/*ductile (FCD)*.
3. Bagaimana Penggunaan CAD/CAM.
4. Bagaimana proses pemesinan pembuatan cetakan permanen dari material besi cor nodular/*ductile (FCD)*.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, adalah:

1. Material diambilkan dari produk PT. Kembar Jaya, Batur, Ceper, Klaten yang dipakai untuk pembuatan cetakan permanen.
2. Material yang digunakan untuk cetakan permanen menggunakan material besi cor nodular/*ductile (FCD)*.
3. Desain menggunakan Solidowork 2014
4. Proses G code menggunakan Mastercam X5.

5. Proses permesinan menggunakan mesin CNC vertikal milling 3 axis, twin horn travel axis 800x1000x750 xyz.

#### 1.4 Tujuan

1. Merencanakan ukuran cavity, waktu cor, ukuran saluran turun, saluran pengalir (*runner*), saluran masuk, ukuran drag dan cup pada cetakan permanen dengan perhitungan yang detail.
2. Mendesain cetakan permanen (gambar 2D dan 3D) dengan menggunakan software Solidwork 2014.
3. Mendesain urutan-urutan proses manufaktur dalam pembuatan cetakan permanen dengan menggunakan proses CAM- Mastercam X5 dan pembuatan G-Code CNC.
4. Membuat cetakan permanen dengan material besi cor nodular/ductile (FCD) dengan menggunakan mesin CNC milling.
5. Melakukan proses pengecoran dengan menggunakan cetakan permanen.

#### 1.5 Tinjauan Pustaka

Nugroho (2002) meneliti sifat fisis dan mekanis besi cor nodular/*FCD* 50 hasil pengecoran dengan material *steel scrap* non inokulasi menunjukkan hasil pengujian kuat tarik masing-masing spesimen, yaitu: 525,48 N/mm<sup>2</sup>; 560,51 N/mm<sup>2</sup>; 560,51 N/mm<sup>2</sup>. Untuk uji *impact*, masing-masing spesimen didapatkan harga *impact*, yaitu: 0,0375 J/mm<sup>2</sup>; 0,053 J/mm<sup>2</sup>; 0,053 J/mm<sup>2</sup>. Melalui pengamatan struktur mikronya didapatkan fase *pearlit* dan *ferrit* serta terjadi pembulatan grafit. Dari hasil komposisi kimia didapatkan komposisi unsur dari spesimen benda uji berturut-turut sebagai berikut: Fe = 93,9%; C = 3,82%; Si = 2,37%; Mn = 0,4%; P = 0,040%; S = 0,021%; Mg = 0,029%; Cu = 0,0014%.

Surdia dan Chijiwa (1989) meneliti Besi cor adalah jenis material yang sudah lama digunakan manusia untuk menunjang kehidupan dalam bentuk peralatan rumah tangga, permesinan, dan alat transportasi. Didalam besi cor mengandung karbon, silium, mangan, fosfor, dan belerang. Unsur karbon dalam besi cor berupa sementit, karbonaktif, atau grafit. Besi cor digolongkan dalam enam macam : besi cor ductile/nodular (bergrafit bulat), besi cor kelabu, besi cor tingkat tinggi, besi cor kelabu paduan, besi cor mampu tempa dan besi cor cil.

Haruki Itofuji (1994) meneliti dari sekian banyak teori tentang pembulatan grafit, maka teori gelembung gas (*gas bubble theory*) memberikan penjelasan yang

mudah dipahami serta mencakup beberapa teori yang lainnya. Penelitian dilakukan terhadap suatu cairan besi cor nodular yang dikuens pada saat pendinginan sehingga pada tempat dimana akan terbentuk grafit bulat, ditemukan gelembung-gelembung gas yang merupakan gas Mg, gas Ca dan/atau gas N<sub>2</sub> yang terabsorpsi oleh unsur tanah jarang (*rearearth*). Pada penelitian tersebut tampak bahwa hanya grafit bulat berukuran kecil (dibawah 10 mm) yang ditemukan terbentuk didalam cairan.

Widarto, dkk., (2008) Mesin CNC dapat diartikan sebagai suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik dimana dengan susunan kode-kode yang sudah distandarisasikan dalam kode permesinan CNC mesin dapat bekerja sesuai dengan perintah kode tersebut.

## 2. METODE

### 2.1 Diagram alir



**Gambar 1** Diagram Alir Penelitian

### 2.2 Alat

Alat : Satu set perangkat Komputer, Software Solidwork 2014, Mastercam X5, Mesin CNC milling, Mesin las listrik.

Alat bantu : Kamera DSLR, dll.



## 2.3 Bahan

Besi cor ductile, Pipa  $\frac{3}{4}$  inchi, Plat besi, Mur dan baut.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Perhitungan Perencanaan Sistem Saluran

Untuk perhitungan perencanaan sistem saluran digunakan rumus:

#### 3.1.1 Ukuran *Cavity*

$$\begin{aligned} \text{besi cor} &= 7800 \text{ kg/m}^3 \\ v \text{ produk} &= \text{phi} \cdot \left(\frac{r1+r2}{2}\right)^2 \cdot t \\ &= 3,14 \cdot \left(\frac{20+15}{2}\right)^2 \cdot 50 \\ &= 48081,25 \text{ mm}^3 = 4,808125 \times 10^{-5} \\ G \text{ produk} &= v \cdot \rho \\ &= 4,808125 \times 10^{-5} \cdot 7800 \\ &= 0,375 \text{ kg} \\ &= 0,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 3.1.2 Waktu Cor

$$\begin{aligned} t_p &= 1,25 \cdot \sqrt{2 \cdot G} \\ &= 1,25 \cdot \sqrt{2 \cdot 0,4} \\ &= 1,118 \text{ detik} \end{aligned}$$

#### 3.1.3 Saluran Masuk

Untuk perhitungan saluran masuk digunakan rumus:

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \\ &= \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,005} \\ &= \sqrt{0,0981} \\ &= 0,313 \\ A'_{sm} &= n \cdot A_{sm} = \frac{G}{\rho \cdot v \cdot t_p} \\ n \cdot A_{sm} &= \frac{G}{\rho \cdot v \cdot t_p} \\ 10 \cdot A_{sm} &= \frac{0,4}{7800 \cdot 0,313 \cdot 1,118} \\ &= \frac{0,4}{2729,48} \\ A_{sm} &= \frac{1,46 \times 10^{-4}}{10} \end{aligned}$$

$$A_{sm} = 1,46 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$= 14,6 \text{ mm}^2$$

### 3.1.4 Perbandingan Sistem Saluran masuk, *Runner*, Saluran turun

$$A_{turun} : A_{runner} : A_{masuk} = 1 : K : 1$$

$$K = \bar{n} \quad K = 2$$

Jadi perbandingan sistem salurannya menjadi

$$A_{turun} : A_{runner} : A_{masuk} = 1 : 2 : 1$$

Untuk perhitungan saluran turun, saluran terak dan saluran masuknya

$A_{turun}$	$A_{runner}$	$A_{masuk}$
1	2	1
$14,6 \text{ mm}^2$	$29,2 \text{ mm}^2$	$14,6 \text{ mm}^2$

Atau dengan perbandingan lain yang digunakan dalam prakteknya untuk material FCD dengan besar coran normal

$A_{turun}$	$A_{runner}$	$A_{masuk}$
4	8	3
$58,4 \text{ mm}^2$	$116,8 \text{ mm}^2$	$43,8 \text{ mm}^2$

### 3.1.5 Penentuan Ukuran Cetakan Atas dan Cetakan Bawah

Setelah kita rencanakan menggunakan perhitungan kita dapat menentukan dimensi untuk pembuatan cetakan permanennya. Ditentukan dimensi ukuran untuk cetakan atas yaitu 340mm x 200mm x 30mm dengan toleransi 0.5mm dan untuk cetakan bawah yaitu 340mm x 200mm x 70mm dengan toleransi 0.5mm. cetakan bawah lebih tebal dibandingkan cetakan atas karena cetakan atas sebagai penutup dibuat lebih tipis agar proses pembukaan ketika digunakan untuk pengecoran mudah.

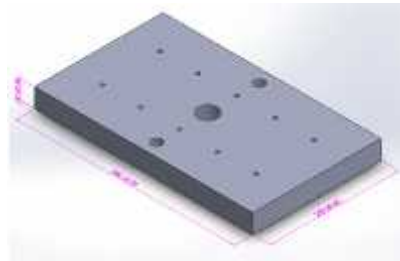
## 3.2 Proses Desain dan Pembuatan *G code*

### 3.2.1 Gambar CAD dengan menggunakan *solidwork 2014*

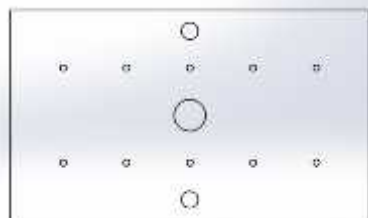
Proses awal sebelum proses pemesinan dilakukan yaitu menggambar dengan menggunakan *software solidwork*. Dalam proses menggambar ini kita menggunakan *software solidwork 2014*.



**Gambar 2** Proses gambar desain menggunakan *solidwork* 2014



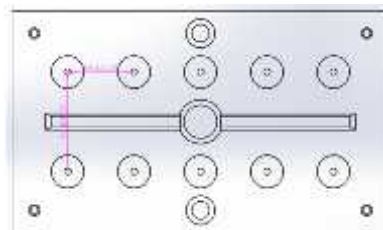
**Gambar 3** Gambar desain Cetakan atas



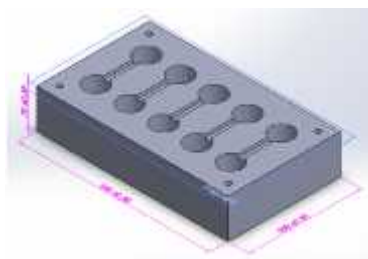
**Gambar 4** Gambar desain Cetakan atas Pandangan atas



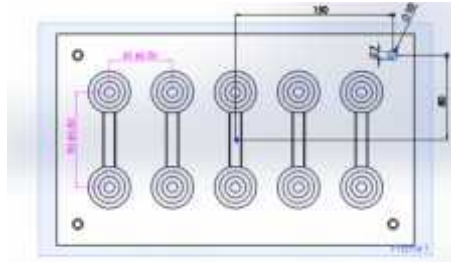
**Gambar 5** Gambar desain Cetakan atas Pandangan depan



**Gambar 6** Gambar desain Cetakan atas Pandangan bawah



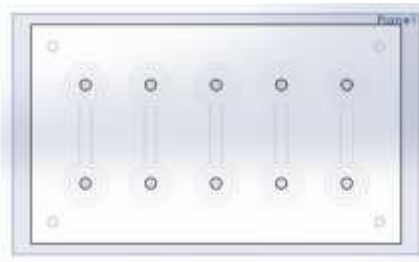
**Gambar 7** Gambar desain Cetakan bawah



**Gambar 8** Gambar desain Cetakan bawah Pandangan atas



**Gambar 9** Gambar desain Cetakan bawah Pandangan depan



**Gambar 10** Gambar desain Cetakan bawah Pandangan bawah

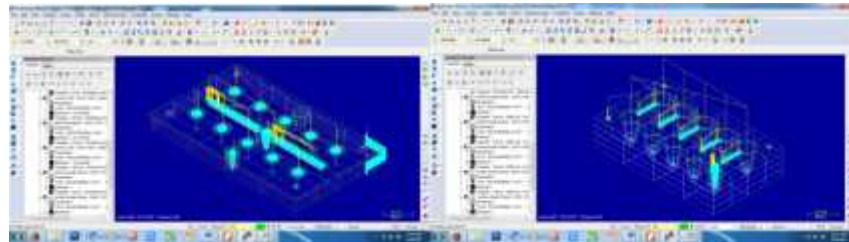
Setelah selesai digambar, kemudian disimpan di dalam media penyimpanan. Siap untuk ditransfer ke mastercam X5.

### 3.2.2 Proses CAM dengan menggunakan Mastercam X5

*Setup* material benda kerja dapat diartikan sebagai cara pemasangan material benda kerja pada pencekam atau sering disebut *job setup*. *Job setup* meliputi proses menentukan dimensi material benda kerja, menentukan dimensi pencekam dan kepala lepas (*tailstock*). Setelah *job setup* selesai maka langkah selanjutnya membuat *toolpath*, memilih *tool* dan menentukan parameter-parameter pembubutan atau pemakanan pada mesin *CNC*. Parameter disini misalnya kedalaman pemotongan (*depth of cut*), besar asutan (*feed*), putaran *spindel* dan sebagainya.

Setelah selesai membuat *toolpath* lalu kita membuat simulasi pada mastercam X5. Dimana simulasi dapat menggambarkan proses pemesinan yang terjadi pada mesin *CNC* yang sesungguhnya. Manfaat adanya simulasi adalah akan menghasilkan proses dan juga peringatan kesalahan (*error*) selama proses pemesinan jika terdapat kesalahan pada proses *set up* maupun pada parameter dan *tool-tool* yang digunakan. Fasilitas yang digunakan untuk membuat simulasi pada mastercam X5 adalah fungsi *verify*, yang terdapat pada *toolpath*

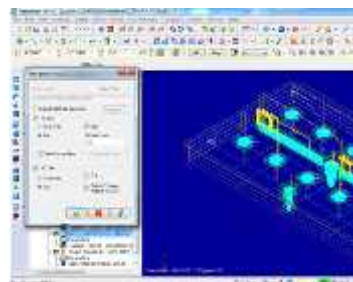
*manager*. Berikut adalah hasil dari proses dengan menggunakan *Mastecam* untuk benda kerja yang akan dibuat.



**Gambar 11** Proses *CAM* menggunakan *mastercam X5*

### 3.2.3 Pembuatan G code

Setelah melalui proses simulasi maka dapat dilanjutkan ke *post processing*. *Post processing* adalah proses dimana *toolpath* dari file komponen diubah menjadi sebuah format program yang bisa dimengerti oleh kendali mesin *CNC* yang akan digunakan (*CNC Software, 2005*). Dalam hal ini format program yang dimaksud adalah *G code* yang diperoleh dari gambar desain benda kerja yang telah diproses pada *mastercam X5*.



**Gambar 12** *Post processing*



**Gambar 13** Hasil dari *Post processing*

### 3.2.4 Transfer G code ke mesin CNC

Transfer program dari *G code* ke mesin *CNC* vertikal *milling 3 axis*. Program *G code* kemudian dimasukkan ke dalam memori mesin dengan cara otomatis (*file copy*) yaitu dengan cara di *G code* hasil dari *Post processing* di simpan ke dalam *memory card (flashdisk)* kemudian kita *copy* di memori mesin *CNC*. Untuk memasukkan program baru atau mengedit program yang telah tersimpan pada memori mesin harus mengaktifkan mode edit.

## 3.3 Tahapan Proses Pemesinan

Dari proses *CAM* dibuat menjadi beberapa proses pengerjaan untuk pembuatan cetakan permanen baik untuk cetakan atas dan cetakan bawah.

### 3.3.1 Cetakan atas

#### a. Facing

Facing dilakukan untuk membuat dimensi benda kerja sama dengan dimensi pada gambar dengan kata lain yaitu penyesuaian ukuran benda kerja. Facing

menggunakan tool *face mill* diameter 50 mm dengan kecepatan putaran mesin 500 rpm.

b. Pembuatan saluran pembuangan gas

Pembuatan saluran pembuangan gas dilakukan dengan dengan cara di bor menggunakan *tool* berdiameter 6 mm dengan kecepatan putaran mesin 1000 rpm.

c. Parabolic process

Parabolic process dilakukan dengan menggunakan tool *endmill ballnose* berdiameter 6 mm dengan kecepatan putaran mesin 2500 rpm.

%

O0000(PARABOLIC PROSES)

(DATE=DD-MM-YY - 06-12-16 TIME=HH:MM - 03:20)

(MCX FILE - D:\MACHINING\MOLD\CETAKAN ATAS.MCX-5)

(NC FILE - C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\KOMPUTER 4\MY DOCUMENTS\MY MCAMX5\MILL\NC\PARABOLIC PROSES.NC)

(MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)

( T215 | 6. FLAT ENDMILL | H215 )

N100 G21

N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90

N104 T215 M6

N106 G0 G90 G54 X-288.889 Y-143.922 S2000 M3

N108 G43 H215 Z50.

d. Pembuatan saluran tuang

Pembuatan saluran tuang dilakukan dengan menggunakan *tool endmill* diameter 6 mm dengan kecepatan putaran mesin 1500 rpm.

e. Pembuatan slot saluran pengalir (*runner*)

Pembuatan saluran terak dilakukan dengan menggunakan *tool endmill* diameter 6 mm dengan kecepatan putaran mesin 1500 rpm.

### 3.3.2 Cetakan bawah

a. Facing

Facing dilakukan untuk membuat dimensi benda kerja sama dengan dimensi pada gambar dengan kata lain yaitu penyesuaian ukuran benda kerja. Facing menggunakan *tool face mill* diameter 50 mm dengan kecepatan putaran mesin 500 rpm. Sama seperti proses untuk cetakan atas.

b. Pembuatan lubang cetakan

Pembuatan lubang dilakukan dengan cara di bor menggunakan tool diameter 16 mm dengan putaran mesin 350 rpm. Digunakan putaran mesin rendah karena dilakukan pengeboran mulai dari nol dalam wujud benda kerja belum berlubang.

c. Pocket tapper

Pocket tapper adalah pembuatan kemiringan pada lubang yang telah di bor dengan menggunakan *tool endmill* diameter 20 mm dengan putaran mesin 1500 rpm.

%

O0000(POCKET TAPPER)

(DATE=DD-MM-YY - 03-04-17 TIME=HH:MM - 16:19)

(MCX FILE - G:\MACHINING\MOLD\CETAKAN BAWAH.MCX-5)

(NC FILE - G:\G CODE\POCKET TAPPER.NC)

(MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)

( T229 | 20. FLAT ENDMILL | H229 | XY STOCK TO LEAVE - .15 | Z STOCK TO LEAVE - 0. )

N100 G21

N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90

N104 T229 M6

N106 G0 G90 G54 X-52.329 Y54.776 S1500 M3

N108 G43 H229 Z50.

d. Pembuatan saluran masuk

Pembuatan saluran masuk dilakukan dengan menggunakan *tool endmill* diameter 6 mm dengan kecepatan putaran mesin 1500 rpm

### 3.4 Proses Pembuatan *Dies Permanent Mold*

#### 3.4.1 Hasil pengecoran besi cor ductile

Besi cor *ductile* atau besi cor nodular ini diperoleh dari PT Kembar Jaya, Batur, Ceper, Kabupaten Klaten. Pada awal sebelum dilakukan pengecoran dibuatkan Pola dengan menggunakan balok kayu dan dibuat cetakan dengan menggunakan cetakan pasir *silica* CO<sub>2</sub>. Hasil Pengecoran besi cor *ductile*/nodular dengan menggunakan cetakan pasir *silica* CO<sub>2</sub> adalah berbentuk balok dengan dimensi seperti pada gambar dibawah.



**Gambar 14** Hasil blok material *FCD* bagian cetakan bawah



**Gambar 15** Hasil blok material *FCD* bagian cetakan atas



**Gambar 16** Hasil blok material *FCD*

### 3.4.2 Proses pemesinan *CNC milling*

Dari Hasil blok material *FCD* tersebut dilakukan proses pemesinan menggunakan mesin *CNC milling* untuk membuat menjadi cetakan permanen. proses pemesinan dengan menggunakan mesin *CNC milling* dapat dilihat gambar dibawah.



**Gambar 17** Proses Pemesinan dengan mesin *CNC*.

Hasil akhir proses pemesinan *CNC* (Cetakan Permanen) dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 18** Hasil proses pemesinan (Cetakan Permanen)



### 3.4.3 Proses pembuatan pegangan cetakan

Setelah proses pemesinan CNC selesai selanjutnya adalah proses finishing pembuatan pegangan. Hasil jadi pembuatan pegangan pada cetakan permanen dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 19** Hasil pembuatan pegangan cetakan permanen

### 3.4.4 Proses pengecoran menggunakan cetakan permanen

Sebelum pengecoran dilakukan pemanasan pada cetakan permanen untuk mencegah terjadinya ledakan saat penuangan logam cair.



**Gambar 20** Pemanasan dengan arang.

Setelah cetakan sudah siap, langkah selanjutnya adalah penuangan logam cair ke cetakan.



**Gambar 21** Penuangan logam cair ke cetakan.



**Gambar 22** Proses *Solidifikasi* dan pendinginan

Hasil jadi produk dengan menggunakan cetakan permanen dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 23** Hasil jadi produk cetakan permanen

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa perhitungan, pembahasan dan proses kerja yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Perhitungan perencanaan sistem saluran ukuran *cavity* untuk volume produk =  $4,808125 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ , berat produk = 0,4 kg, waktu cor = 1,118 detik, saluran masuk =  $14,6 \text{ mm}^2$ , saluran pengalir (runner) =  $29,2 \text{ mm}^2$ , saluran turun =  $14,6 \text{ mm}^2$ , dimensi ukuran cetakan atas = 340mm x 200mm x 30mm dan dimensi ukuran cetakan bawah = 340mm x 200mm x 70mm.
2. Penggunaan *software solidwork* 2014 lebih menguntungkan untuk proses desain.
3. Penggunaan *software mastercam X5* sangat memudahkan dalam proses pengerjaan pembuatan *G code* dan penentuan *toolpath* yang digunakan dalam proses pemesinan menggunakan *CNC milling*.
4. Proses pemesinan menggunakan mesin CNC vertikal milling 3 axis sangat memudahkan dalam bekerja karena proses transfer *G code* tidak dilakukan secara manual namun secara otomatis dengan bantuan *memory card* dan besi cor nodular (*ductile*) juga mudah untuk diproses pemesinan.
5. Proses pengecoran menggunakan cetakan permanen lebih cepat dalam persiapan dan produk hasil pengecoran menggunakan cetakan permanen menghasilkan produk yang memiliki kekasaran yang sangat minimal sehingga mengurangi proses pemesinan.

### 4.2 Saran

Penulis mempunyai beberapa saran yang dapat digunakan untuk proses pengembangan dan pembuatan cetakan permanen, yaitu :

1. Melakukan study literatur tentang teknik pengecoran sebagai referensi pendukung.
2. Memperhatikan persiapan alat dan bahan guna mendapatkan waktu yang tepat dan hasil yang baik.
3. Melakukan simulasi terlebih dahulu dalam *mastercam* untuk menghindari/mengurangi terjadinya error.
4. Melakukan pengembangan dari hasil cetakan permanen ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdan Syakura, 2011. *Proses Pengecoran Vakum dan Mikrostruktur Paduan*, Skripsi S-1, Universitas Indonesia, Depok.
- Amanto, Hari, dan Daryanto. 1999. Ilmu Bahan, Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- ASM, Metals Handbook Volume 4 Forming, ASM Handbook Committee, America 1991.
- De Garmo, E. Paul, 1981. *Material and Processes In Manufacturing*, edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
- Dieter, G. E dan Sriati Djaprie, 1993, *Metalurgi Mekanik*, Jilid 1, Edisi Ketiga, PT. Erlangga, Jakarta.
- Suherman.W, 1987. *Pengetahuan Bahan*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Surdia, Tata. MS. Dan Saito, Shinroku. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan ke-3. PT. Prandnya Paramita, Jakarta.
- Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. 1996. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta : PT Pradnya Paramitha.
- Van Vlack, L. H. Dan Sriati Djaprie 1994, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi Kelima, PT. Erlangga, Jakarta.
- Yahuza, Rosehan. 2010. *Teknologi CNC*, Universitas Tarumanegara, Jakarta.