

## RANCANG BANGUN CETAKAN PEMANEN (*PERMANENT MOLD*) UNTUK PEMBUATAN *PULLEY* ALUMINIUM

Firdaus

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya  
Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139  
Telp: 0711-353414, Fax: 0711-453211

### ABSTRACT

Many efforts have been done to increase efficiencies and margin (without ignoring the quality) in casting industry. Most of the producer of non-ferrous pulleys in South Sumatra region are handled by small and medium scale industries using simple technology. Therefore the research is intended to improve the process of making pulleys as cast product by changing the mold of the process from green sand casting mold to permanent mold (steel mold). As the geometry of the pulley is not so complex and the permanent mold enable us to mass produce of the non-ferrous pulley casting at a certain time. This research is conducted by making the design of the mold and the produce the prototype of the permanent molding in such a way so that the molding can replace the green sand casting molding to produce the same product without decreasing the quality. Research results show that permanent mold could produce pulleys as cast product faster than using the green sand mold and in certain amount of the product can cut the production cost.

### RINGKASAN

Sebagai salah satu upaya untuk peningkatan efisiensi yang pada akhirnya berujung pada peningkatan keuntungan (tanpa mengurangi tingkat kualitas) bagi para pelaku industri di bidang pengecoran logam *non-ferro* di wilayah Propinsi Sumatera Selatan yang pada umumnya dilakoni oleh unit usaha kecil dan menengah, berbagai upaya terus dilakukan, baik dari segi perbaikan teknologi maupun perbaikan proses yang ada. Rancang bangun cetakan permanen ini dimaksudkan untuk memperbaiki teknologi pengecoran logam *non-ferro* tradisional yang selama ini di lakukan dimasyarakat yaitu dengan menggunakan teknologi pengecoran cetakan pasir (sand casting). Sand casting, pada umumnya memang paling menguntungkan untuk mengerjakan produk-produk cor dengan tingkat kerumitan geometri yang tinggi. Tetapi untuk produk-produk dengan bentuk geometri yang relative sederhana dan diproduksi secara massal, teknologi ini kurang efisien. Untuk itu dikembangkan metode pengecoran dengan menggunakan cetakan permanen yang dibuat dari logam baja. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan kualitas hasil yang tidak jauh berbeda, cetakan akan mampu memproduksi pulley dengan waktu yang lebih singkat dan tentu saja biaya produksi yang lebih rendah.

**Kata kunci:** *sand casting, permanent mold, non-ferro, bentuk geometri.*

## PENDAHULUAN

Pada umumnya industri atau usaha-usaha kecil menengah dibidang pengecoran logam, khususnya pembuatan *pulley* dari bahan aluminium daur ulang menggunakan teknologi sederhana yaitu pengecoran cetakan dari pasir (sand casting). Dalam pengoperasiannya, cetakan pasir hanya dapat dipergunakan untuk satu benda cor (sekali pakai), dimana untuk penggunaan pada proses berikutnya cetakan tersebut harus direkonstruksi yang tentu saja memerlukan biaya. Ditinjau dari sisi biaya, proses ini bisa dianggap kurang efisien untuk benda kerja produksi massal dan tidak terlalu rumit seperti untuk produksi *pulley*. Selain itu, mendapatkan pasir cetak dengan kualitas yang bagus pada masa sekarang untuk wilayah Sumsel tidaklah begitu mudah.

Oleh karena itu solusi untuk memanfaatkan cetakan logam yang lebih ekonomis baik kualitas maupun kuantitas dari benda cor yang dihasilkan. Dengan cetakan logam (permanent mold) ini walaupun investasi awal relative lebih mahal, namun untuk jumlah produksi yang banyak, penggunaan cetakan logam akan sangat menguntungkan oleh karena sifat cetakan yang dapat dipergunakan berulang-ulang.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan lapangan terhadap produksi *pulley* dari bahan non-ferro yang ada di industry rumah tangga dan industry kecil menengah di kota Palembang. Selain itu juga dilakukan kajian pustaka untuk melihat kemungkinan perbaikan teknologi untuk meningkatkan efisiensi waktu produksi, dimana dari pengamatan di lapangan teknologi yang digunakan saat ini masih kurang tepat yaitu menggunakan cetakan pasir yang hanya dapat digunakan sekali pakai. Untuk itu mulai

dikembangkan model desain cetakan dengan logam (baja) dengan maksud agar terjadi efisiensi waktu dalam melakukan produksi komponen yang sama dan dalam jumlah yang banyak. Penelitian ini juga dilanjutkan dengan proses pembuatan (rancang bangun) prototype produk berupa cetakan logam (permanent mold) untuk memproduksi *pulley* dengan bahan baku aluminium daur ulang.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Pengecoran

Pengecoran adalah suatu proses pembuatan benda kerja dari logam dengan jalan mencairkan pada temperatur tertentu, kemudian dituangkan ke dalam cetakan dan dibiarkan mendingin dan membeku.

### Faktor-Faktor Dalam Membuat Cetakan Benda Cor

Dalam proses pengerjaan/pembuatan cetakan benda cor harus memperhatikan beberapa aspek, antara lain :

#### Pembuatan gambar (*Drawing*)

Hal pertama yang harus diperhatikan dalam pengecoran adalah gambar karena pada gambar akan kita temui sesuatu atau beberapa permasalahan dan pada gambar ditemui berbagai alternatif yang lain. Penggambaran tuangan tergantung pada perencanaan disesuaikan terhadap konstruksi dan bahan benda yang akan dituang dan disamping itu juga tergantung dari pengalaman-pengalaman yang didapat dari bengkel tuang.

#### Pembuatan model (*Pattern*)

Pada pembuatan cetakan dalam hal membuat rongga cetakan yang teliti ukurannya dengan berbagai bentuk digunakan suatu alat yang disebut model. Model ada juga yang dilengkapi dengan kotak inti. Syarat yang harus dipenuhi dalam membuat suatu model adalah sebagai berikut :

a. Bahan model (*Pattern*)

- b. Mudah diambil dari cetakan
- c. Model harus disederhanakan dalam pembuatannya
- d. Tidak merusak pada rongga cetak sewaktu diambil dari cetakan
- e. Membentuk kemiringan model
- f. Membuat radius pada sudut-sudut yang tajam
- g. Mempunyai kedudukan yang kuat saat dipasang

### Sistem saluran (*Gating System*)

*Gating system* adalah jalan masuk bagian cairan logam ke dalam rongga-rongga cetakan. Fungsi dari *gating system* adalah :

- a. Mengisi rongga-rongga cetakan
- b. Memasukan cairan logam kedalam rongga cetak dengan gerak aliran turbulen yang kecil agar cetakan tidak terkurung dalam rongga cetak
- c. Membentuk temperatur yang lebih baik pada benda tuang
- d. Memperlancar benda cairan logam memasuki saluran-saluran
- e. Mengatur kecepatan dan laju aliran logam pada rongga cetakan *gating system* ini terdiri dari beberapa bagian yaitu :
  - a. Mangkok Tuang (*Pouring Cup*)
  - b. Saluran turun (*Sprue*)
  - c. Pengalir (*Runner*)
  - d. *Ingate*

### Dapur Pengecoran (*Furnace*)

Suatu dapur pengecoran dirancang harus mampu menghasilkan panas sampai ribuan derajat Fahrenheit (°F) yang digunakan untuk mencairkan logam. Tungku juga harus mampu mencairkan logam dari beberapa ons sampai ratusan ton pada waktu yang bersamaan. Dan penggunaan material (bahan) yang seimbang antara material yang dicairkan jumlah (kontribusi) coran dihasilkan.

- a. Bagian dalam harus dengan konstruksi yang dilapisi dengan bahan yang tahan terhadap panas.
- b. Bagian luar tungku harus dengan konstruksi yang dilapisi dengan bahan biasa yang digunakan pada

industri-industri seperti plat besi / baja.

Dapur yang digunakan bentuk logam *non ferro* adalah *crucible furnace*. Konstruksi dari tungku ini tanpa memperhatikan ukuran, dibentuk dengan konstruksi bagian luar dari baja yang dilapisi dengan bahan juga dapat memindahkan / transfer panas dengan lebih baik. Bahan bakar yang terdiri dari gas alam dan dicampur dengan udara yang dihembuskan oleh *blower* dimasukan ke tungku pada bagian sudut tungku yang terletak pada dasar wadah tungku sehingga menyentuh diameter tungku.

### Macam-macam cetakan

Dalam hal ini cetakan benda cor ada beberapa macam antara lain :

#### Cetakan pasir (*green sand mold casting*)

Proses ini adalah proses yang tertua, namun sampai saat sekarang masih tetap digunakan karena sangat murah, simpel (sederhana) dan tidak menggunakan mesin yang modern untuk pembuatan cetakan. Secara ini menggunakan pasir sebagai bahan cetakan. Dengan demikian diperlukan syarat-syarat yang dipenuhi untuk pasir cetak tersebut :

Keuntungan dari cetakan ini adalah :

- a. Biaya operasional yang murah
  - b. Proses yang simpel (sederhana)
  - c. Tidak menggunakan mesin-mesin moderen
  - d. Bahan-bahannya mudah didapat
- Kerugian dari cetakan ini adalah :
- a. Permukaan coran kasar
  - b. Kekuatan coran kurang
  - c. Cetakan tidak kuat
  - d. Cetakan tidak dapat berulang kali
  - e. Diperlukan model dan pola untuk membuat cetakan
  - f. Pengecoran kurang teliti

### **Permanent Mold Casting**

Caranya hampir sama dengan cetakan pasir bedanya bahan cetakannya dibuat dari logam. Bahan cetakan biasanya besi tuang kelabu atau baja khusus. Cetakan sangat ekonomis dan dapat dipakai berulang-ulang. Sistem ini digunakan untuk mengecor paduan-paduan bukan besi yang mempunyai titik cair benda seperti Mg, Al dan Cu.

Keuntungan dari cetakan ini adalah :

1. Permukaan coran halus dan ukuran lebih teliti
2. Struktur coran rapat sehingga sifat mekanik coran yang baik
3. Baik untuk produksi massal (banyak)
4. Cetakan kuat dan tahan lama, sehingga dapat digunakan berulang-ulang

Kerugian dari cetakan ini adalah :

1. Sulit untuk membuat coran yang rumit
2. Harga cetakan mahal, tidak sesuai untuk produksi kecil
3. Jika terjadi kesalahan cetakan sulit diperbaiki
4. Hanya dapat digunakan untuk membuat benda ukuran kecil
5. Memerlukan mesin yang modern untuk membuat cetakan

### **Die Casting**

Caranya sama dengan proses *permanent mold casting*, hanya berbeda cara memasukkan cairan

logamnya. Pada proses ini cairan logam dimasukkan ke dalam cetakan dengan tekanan, suhu dengan kecepatan tinggi. Penekanan pada *die casting* dilakukan secara mekanik, sedangkan pada *permanent mold casting* hanya gravitasi dari logam cair itu sendiri.

### **Sifat-Sifat Bahan Aluminium**

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali direduksi oleh H . C . Oersted tahun 1825, secara industri tahun 1886 oleh Paul Heroult di Perancis dan C . M . Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dan alumina dengan cara elektrolisa dari garamnya yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium setiap tahunnya adalah pada urutannya yang kedua setelah besi dan baja yang tertinggi diantara logam non ferro. Produksi aluminium tahunan di dunia mencapai 15 juta ton pertahun pada tahun 1981.

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap kekakuannya mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Zn, Ni dan sebagainya.

Adapun sifat-sifat dan penggunaan logam aluminium ini antara lain :

**Tabel 2.1.** Sifat-sifat logam aluminium

No	Sifat-Sifat	Keterangan
1.	Berat jenis	2, 35 gram / cm <sup>3</sup>
2.	Rapat massa relatif	2, 7 gram / cm <sup>3</sup>
3.	Temperatur penguangan	700-780 °C
4.	Titik lebur	660 °C
5	Aluminium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paling ringan diantara logam yang sering digunakan.</li> <li>• Penghantar panas listrik yang tinggi.</li> <li>• Lunak, ulet dan kekakuan tariknya rendah.</li> <li>• Tahan terhadap korosi.</li> </ul>

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Desain Produk

Produk yang akan dihasilkan oleh cetakan ini adalah sebuah *pulley* yang biasa digunakan pada mesin-mesin baik yang sederhana maupun mesin-mesin yang modern. Produk tersebut dapat digambarkan seperti pada gambar 3.1.

### Pemilihan Bahan

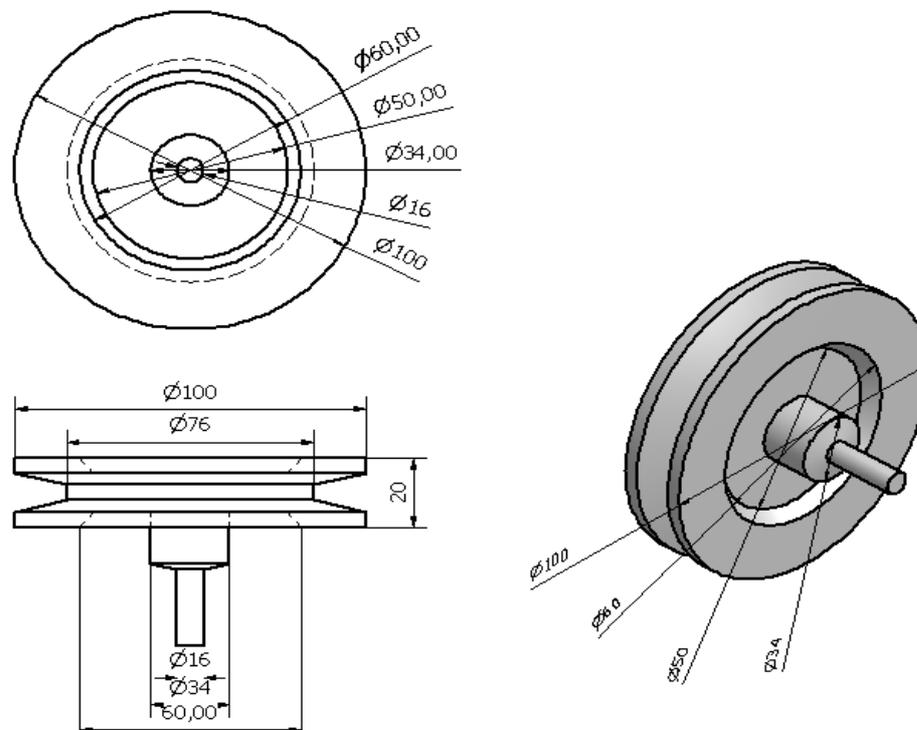
Pertimbangan dalam pemilihan bahan merupakan salah satu syarat yang penting sebelum melakukan perhitungan agar benda atau alat yang akan kita buat dapat sesuai dengan fungsinya. Pemilihan bahan untuk cetakan didasarkan pada beberapa faktor diantaranya, pertimbangan faktor ekonomi dan sifat dasar bahan tersebut. Pada umumnya, material cetakan menggunakan bahan baku baja, karena baja merupakan material

yang dapat dipercaya untuk material cetakan, dengan waktu penggunaan yang lama dan juga tersedia tingkatan baja sesuai dengan keperluan.

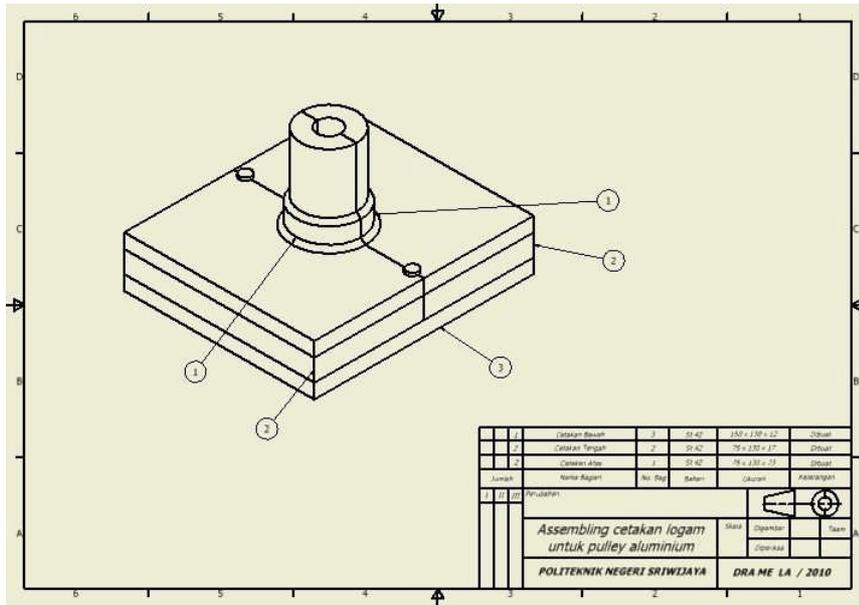
Sedangkan untuk bahan dari *pulley* yang akan dicor didalam cetakan permanen ini adalah aluminium. Alasan dipilih bahan ini adalah karena titik lebur aluminium berada jauh dibawah titik lebur baja, jadi dapat menghasilkan produk dengan jumlah yang besar dan umur cetakan diperkirakan sangat lama.

### Bentuk Cetakan

Bentuk dari cetakan permanen yang akan dibuat perlu direncanakan dengan baik, hal ini bertujuan agar dapat menghemat bahan baku. Adapun data yang akan dibuat dalam perencanaan cetakan permanen ini adalah :



**Gambar 3.1** Produk Pulley yang akan dibuat



Gambar 3.2 cetakan pulley

Pada cetakan ini tidak terdapat saluran penambah atau riser, karena pada cetakan ini bentuk rongga cetak tidak terlalu rumit dan tidak terlalu besar. Cetakan ini sangat sederhana sekali, karena hanya terdapat ingate atau saluran masuk dan terdapat pula sprue atau saluran turun pada bagian atas cetakan.

**Kecepatan Laju Cairan Aluminium**

Dari hasil pengujian yang dilakukan, untuk memenuhi rongga cetak sampai kesaluran masuk diperlukan waktu 5 detik (berdasarkan pengujian).

**Perhitungan Kalor**

Rumus yang digunakan untuk menghitung banyaknya kalor yang dibutuhkan melebur cairan logam aluminium adalah :

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Keterangan :

Q = Banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk melebur aluminium (kJ)

m = Banyaknya aluminium yang akan dilebur (kg)

Cp = Panas jenis aluminium (kJ/kg °C)

ΔT = Perbedaan suhu (°C)

T2 = Suhu didalam cetakan (°C)

T1 = Suhu diluar cetakan (°C)

Dari penelitian diperoleh bahwa banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk meleburkan aluminium sebanyak 0,35 kg adalah 17,5665 kJ

**Perpindahan Kalor**

Diketahui :

Tebal rata-rata dinding cetakan (L) = 12mm

Suhu didalam cetakan (T2) = 640°C

Suhu diluar cetakan (T1) = 430°C

Tinggi cetakan (h) = 39 mm

Konduktivitas ST 42 (k) adalah sebesar 111 W/m°C

Jadi rumus yang digunakan adalah :

$$Q = 2.k.h (T2-T1) / \ln (L)$$

$$Q = 2.111 \text{ W/m}^\circ\text{C} \cdot 0,39 (640^\circ\text{C}-430^\circ\text{C}) / \ln (12 \text{ mm})$$

$$Q = 1534,5 \text{ W}$$

$$Q = 151,5 \text{ kW}$$

Jadi banyaknya perpindahan kalor yang terjadi adalah waktu kecepatan laju aliran cairan logam untuk memenuhi rongga cetak. Jadi dapat kita asumsikan waktu pembekuan cairan logam karena perpindahan panas sebesar 151,5 kW.

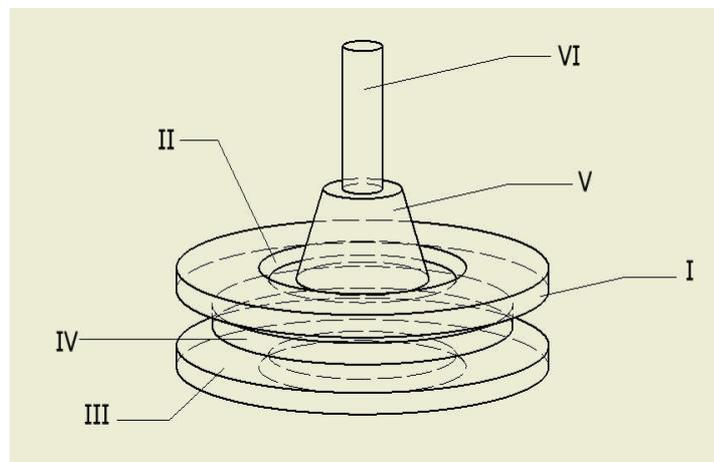
### Volume Rongga Cetak

Untuk mencari volume rongga cetak, kita membutuhkan gelas ukur. Dengan cara memasukkan air kedalam rongga cetak. Lalu air menempati rongga cetak tersebut akan dimasukkan kedalam gelas ukur. Tetapi sebelum itu celah-celah pada cetakan harus ditutup terlebih dahulu, karena viskositas air dengan cairan aluminium berbeda. Cairan aluminium lebih kental dari air, sehingga kemungkinan air dapat keluar melalui celah-celah dari cetakan. Setelah cetakan ditutup sampai benar-benar rapat, lalu masukkan air kedalam cetakan tetapi air yang masuk kedalam

cetakan tidak boleh ada yang tumpah. Air harus benar-benar memenuhi rongga cetak, yaitu sampai ke saluran masuk, kemudian air yang telah menempati rongga cetak tadi dimasukkan kedalam gelas ukur. Disitu dapat dilihat banyak air yang dapat menempati rongga cetak, hal ini dilakukan sebanyak lima kali percobaan.

Aluminium yang digunakan setelah di timbang = 350 gram.

Untuk mencari volume rongga cetak adalah :



**Gambar 3.3** Bentuk dari rongga cetak

Volume rongga cetak dihitung dengan rumus:  $V = \pi \cdot r^2 \cdot t$   
 Volume rongga cetak adalah 157336,765 mm<sup>3</sup>

### Penyusutan Pulley terhadap Rongga Cetak

Rumus penyusutan :

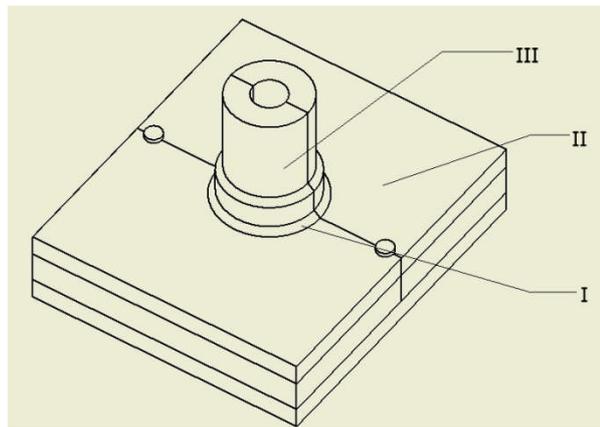
$$\text{Penyusutan} = \frac{\text{---}}{\text{---}} \cdot 100\%$$

Atau

$$\text{Penyusutan} = \frac{\text{---}}{\text{---}} \cdot 100\%$$

### Volume Cetakan

Untuk mencari volume dari cetakan kita menggunakan suatu wadah yang berbentuk silinder. Lalu air tersebut di isi dengan air sampai penuh, atau sampai permukaan atas wadah tersebut, lalu cetakan dimasukkan kedalam wadah tersebut tetapi dimasukkan satu persatu. Maka air yang ada didalam wadah tersebut akan tumpah keluar, air yang tumpah ini akan kita ukur ketinggiannya pada suhu gelas ukur.



**Gambar 3.4** bagian perhitungan volume cetakan

Volume Cetakan :  $V = \pi \cdot r^2 \cdot t$   
 Dengan demikian diperoleh volume dari cetakan adalah 158147,065 mm<sup>3</sup>

### Tahap-Tahap Pengerjaan Cetakan

Didalam teknik pembuatan cetakan permanent diperlukan beberapa proses antara lain :

- Proses awal pengerjaan
- Proses penuangan cairan logam (aluminium)
- Proses finishing

### Proses Awal Pengerjaan

Pada tahap awal pengerjaan ini banyak hal yang kita harus perhatikan dan kita kerjakan terlebih dahulu antara lain :

- Bentuk benda yang akan dibuat (model)
- Jenis bahan yang akan digunakan
- proses pembuatan cetakan

### Bentuk benda yang akan dibuat (model)

Ada dua macam cara untuk membentuk benda yang akan dibuat antara lain:

1. Melalui gambar, yaitu apabila seseorang akan membuat cetakan permanen, maka ia akan membutuhkan suatu gambar pedoman dari benda yang akan dibuat dalam proses pengerjaan awal. Kekurangan dengan cara ini adalah waktu yang diperlukan dalam proses pengerjaan lebih lama, sedangkan kelebihan adalah hasil dari proses produksinya dapat lebih bagus.
2. Melalui contoh benda yang sudah dipersiapkan terlebih dahulu. Jadi dalam membuat gambar detail sebagai acuan kita dalam membuat cetakan.

Pembuatan cetakan permanen untuk *pulley* ini, menggunakan metode yang kedua, karena prosesnya lebih gampang dan lebih cepat.



**Gambar 3.5** Hasil cetakan (*Pulley*)



**Gambar 3.6** Proses penuangan cairan Aluminium

### Waktu Penuangan Cairan Logam Ke dalam Cetakan

Waktu yang diperlukan untuk menghasilkan 1 buah *pulley* dari proses penuangan hingga pembukaan cetakan rata-rata adalah  $\pm 55$  detik. Yaitu pada saat mengambil cairan logam dari tungku kesaluran masuk selama 5 detik, kemudian memasukkan dari ladle sampai seluruh rongga cetak penuh selama 15 detik, terakhir lamanya pembekuan cairan logam atau pembukaan cetakan selama 35 detik. Jadi waktu total penuangan dari pengambilan cairan logam dari tungku

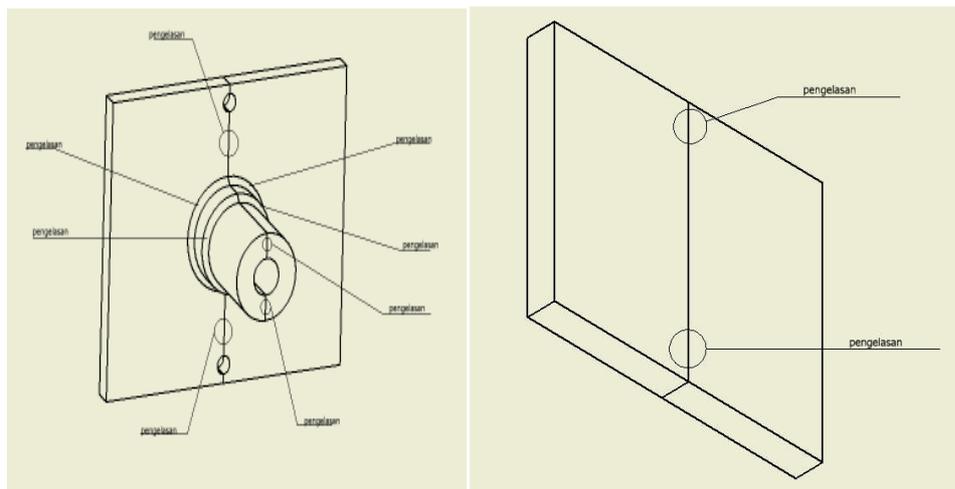
sampai dibuka adalah rata-rata 55 detik.

### Proses Pengerjaan Cetakan

Untuk menghitung waktu yang dibutuhkan dalam setiap proses permesinan dapat digunakan beberapa rumus sesuai dengan jenis permesinan yang digunakan. Penggunaan waktu yang efektif dapat mempengaruhi biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan peralatan tersebut.

### Pengerjaan Pada Mesin Las

Adapun bagian yang dilakukan pengelasan yaitu :

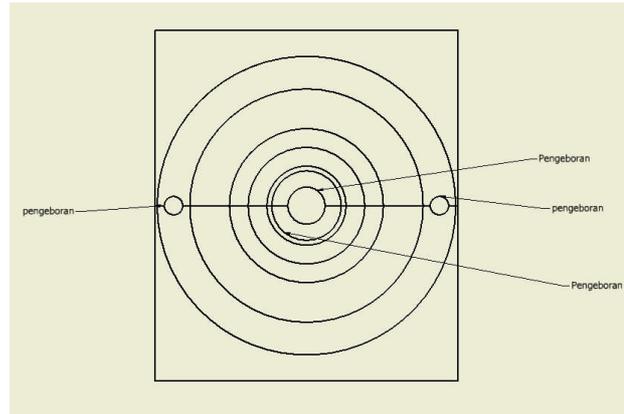


**Gambar 3.7** Bagian yang di las

Waktu dalam proses pengerjaan dengan pengelasan sekitar  $\pm 1$  jam. Pengelasan ini sendiri bertujuan untuk

memudahkan proses pembubutan agar kedua belahan tidak bergerak dan hasil yang didapatpun baik.

## Pengerjaan Pada Mesin Bor dan Mesin Bubut



**Gambar 3.8** Pengerjaan mesin Bor

Adapun pahat-pahat yang digunakan untuk pembubutan pembuatan cetakan ini antara lain :

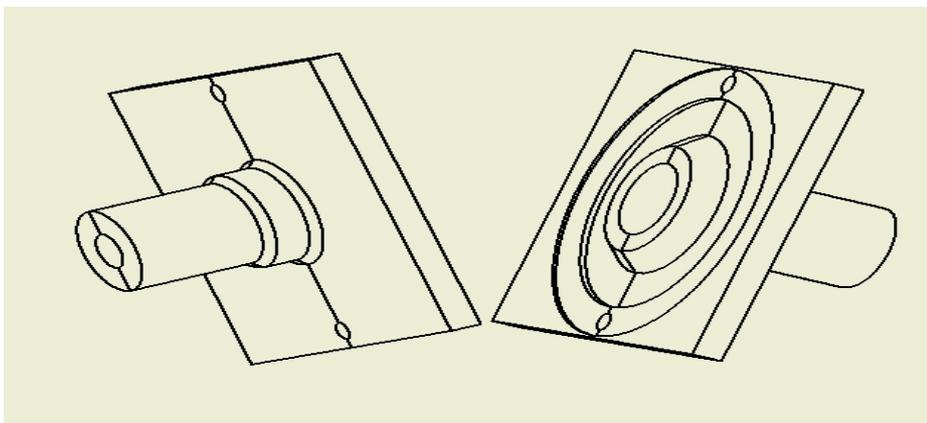


**Gambar 3.9** Bentuk mata pahat

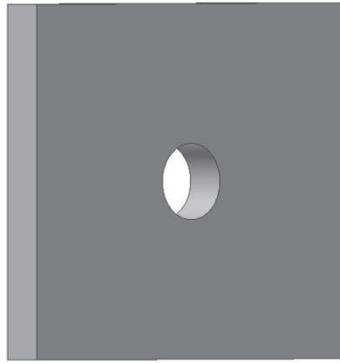
Pengerjaan pembubutan cetakan bagian atas :

Material : ST 42  
 Ukuran mentah : 150 x 130 x 15  
 Ukuran jadi : 150 x 130 x 13  
 Pembubutan muka

Jadi waktu keseluruhan pembuatan cetakan bagian atas ( $T_{cA}$ ) adalah 139,25 menit

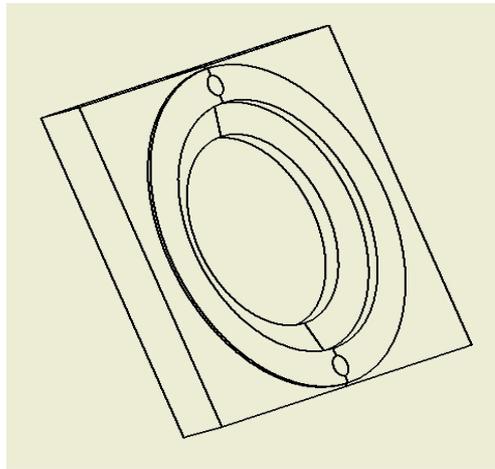


**Gambar 3.10** Cetakan bagian atas

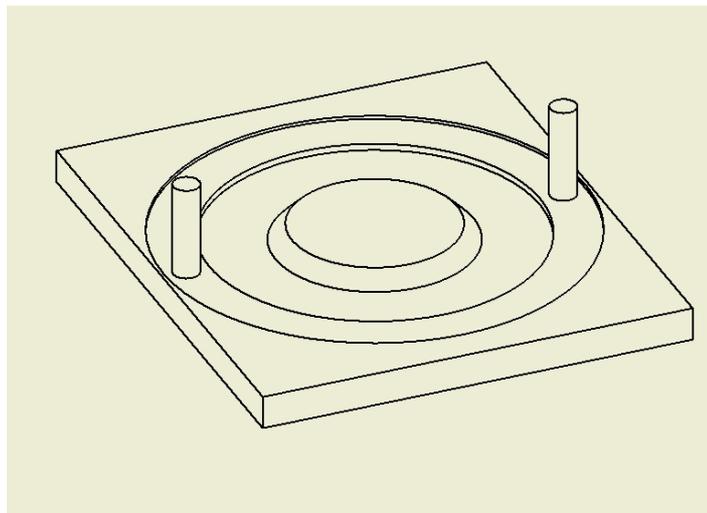


**Gambar 3.11** cetakan tengah setelah di bor

Waktu total pengerjaan cetakan tengah (TcB) adalah 136,342 menit



**Gambar 3.12** cetakan bagian tengah



**Gambar 3.13** Cetakan bagian bawah

Waktu total pengerjaan pembubutan cetakan adalah = 5,3687 jam

Maka waktu keseluruhan dalam proses pembuatan cetakan dengan permesinan adalah= **6,3687** jam

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Amstead B.H, Philips F. Ostwald, Myron L. Begeman, 1979, "*Manufacturing Processes*", 7<sup>th</sup> edition, John Willey & Son Inc, New York.
2. HC. Kazanas, Glenn E. Baker, Thomas G. Gregor., 1992, "*Basic Manufacturing Process*", McGraw-Hill, Westerville, Ohio.
3. Kenneth G. Budinski, Michael K. Budinski, 1999, "*Engineering Material*", sixth edition, Prentice Hall International Inc., New Jersey.
4. Mikell P. Groover, (1996), "*Fundamental of Modern Manufacturing*", Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
5. Tata Surdia, Prof., Ir., Shinroku Saito, Prof., DR., 2000, "Pengetahuan Bahan Teknik", Pradnya Paramita, Jakarta.
6. Ir. Tata Surdia M.S. Met E. "Teknik Pengecoran Logam", PT. Pradnya Paramita, Jakarta 1982
7. Shingley, Joseph Edward, Larry D. Mitchel dan Ir. Gandhi Harahap, M.Eng, 1994, "Perencanaan Teknik Mesin". Edisi ke Empat jilid 2. Jakarta, Erlangga.