

**Perancangan Mesin High Pressure Die Casting/HPDC untuk memproduksi produk gamelan
(Studi kasus : prototipe gamelan jenis saron)**

Sugeng Slamet¹⁾ Mohammad sukis²⁾ Taufiq Hidayat³⁾
^{1,2,3)} Program studi Teknik mesin – Fakultas Teknik - Universitas Muria Kudus
Jl.Gondang manis PO.Box 53, Bae- Kudus
*email: sugeng_hanun@yahoo.co.id

Abstrak

Proses manufaktur bahan teknik banyak macamnya mulai dari forging, rolling, bending, welding dan machining. Salah satu teknik manufaktur dan pembentukan bahan logam yang masih up to date ditengah perkembangan proses manufaktur lainnya adalah teknik pengecoran logam. Hal ini disebabkan oleh beberapa keuntungan yang diperoleh diantaranya adalah sesuai untuk produk massal dengan biaya yang relatif murah, selain itu juga dapat mengerjakan bentuk yang kompleks. Produk gamelan secara umum diproduksi melalui proses pemanasan dilanjutkan dengan tempa. Selain produktifitas rendah karena waktu yang dibutuhkan per unit cukup lama, proses tempa banyak menimbulkan tegangan sisa/residual stress. Metode yang digunakan adalah melakukan perancangan mesin high pressure die casting meliputi sistem penggerak, sistem pemanas, konstruksi rangka. Hasil perancangan tersebut selanjutnya menjadi acuan dalam membuat HPDC. Hasil perancangan menghasilkan beberapa perhitungan teknik untuk masing-masing komponen utama baik berupa dimensi dan gambar tekniknya. Gaya penekanan yang diijinkan sebesar 110,6 kg. Pemilihan aktuator sesuai standar BS 5785 : 1980 dengan diameter torak sebesar 40 mm dan diameter batang torak 20 mm double acting cylinder. Daya pompa yang dibutuhkan sebesar 1,3 HP sedangkan daya motor sebesar 1,7 HP. volume reservoir sebesar 20625 cm³. Besarnya energi listrik yang dibutuhkan untuk memanaskan aluminium hingga 600oC, dibutuhkan waktu 30 menit dengan daya 121,7 Watt.

Kata Kunci : HPDC, die casting, gamelan, Cu-Sn, hidrolis

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan ragam budaya baik kesenian, adat istiadat, bangunan dengan berbagai arsitektur dan bentuk-bentuk upacara lainnya. Berbagai macam bentuk kesenian tersebut akan memunculkan beragam alat musik khas daerah. Dari ujung barat pulau Sumatera kita mengenal rebana, gambus di Aceh, gambang kromong dan tanjidor khas masyarakat Betawi (Jakarta), musik karawitan dengan seperangkat gamelen di Jawa dan Bali, Tifa dan sekakas dari Papua. Bahan yang digunakan untuk membuat juga sangat beragam mulai dari pelepah daun, kayu, kulit binatang, batu sampai dengan material logam.

Terkait dengan perangkat gamelan yang merupakan alat musik tradisional yang selalu menyertai setiap acara pementasan budaya jawa. Berbagai macam dan jenis gamelan dapat dibedakan antara lain demung, saron, peking, gong, kempul dan masih banyak lagi. Bentuk alat musik tersebut ada yang berbentuk bilah-bilah, tabung dan lainnya. Dari berbagai macam dan bentuk alat musik tersebut akan mampu menghasilkan suara dan bunyi yang indah bila dipadukan.

Gamelan merupakan seperangkat alat musik yang terbuat dari bahan logam yang menjadi perangkat penting dalam musik karawitan. Ketertarikan musik gamelan ini disebabkan oleh beberapa keistimewaan pada aspek audio dan visualnya. Keistimewaan pada audio meliputi : warna bunyi (*tone colour*), laras (*scale system*), embat (interval dan pelayangan (*sound wave*), sedangkan keistimewaan pada visualnya meliputi : Bentuk, konstruksi, keindahan material yang dipakai, ornamennya (Hartono, 2011).

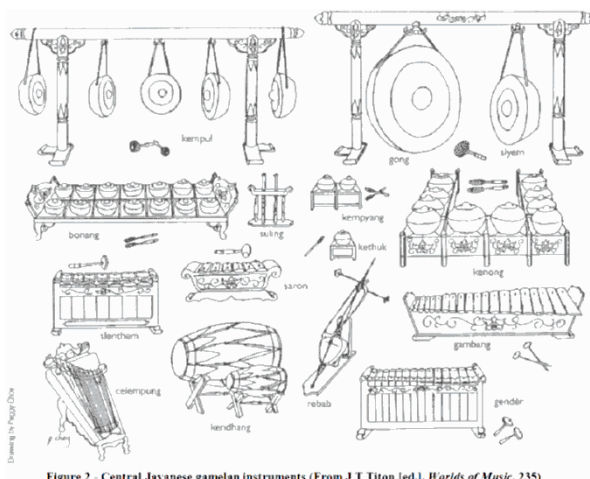


Figure 2 - Central Javanese gamelan instruments (From J T Titon [ed.], *Worlds of Music*, 235)

Gambar 1. Perangkat gamelan jawa

Dari seperangkat gamelan sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 1. Terdapat perangkat gamelan yang dinamakan saron. Alat ini berbentuk bilahan dengan enam atau tujuh bilah (satu oktaf) ditumpangkan pada bingkai kayu yang juga berfungsi sebagai resonator. Instrumen ini ditabuh dengan tabuh dibuat dari kayu. Menurut ukuran dan fungsinya, terdapat tiga jenis saron yaitu :

- **Demung** , alat ini berukuran besar dan beroktaf tengah. Demung memainkan balungan gendhing dalam wilayahnya yang terbatas. Umumnya satu perangkat gamelan mempunyai satu atau dua demung.
- **Saron**, Alat ini berukuran sedang dan beroktaf tinggi. Seperti demung, saron barung memainkan balungan dalam wilayahnya yang terbatas.
- **Peking**, berbentuk paling kecil dan beroktaf tinggi. Saron penerus atau peking ini memainkan tabuhan rangkap dua atau rangkap empat lagu balungan.



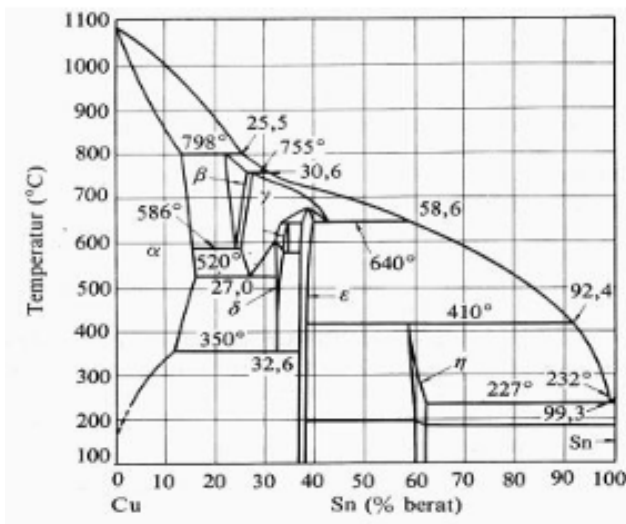
Gambar 2. Gamelan jenis saron

Produksi gamelan dengan menggunakan proses tempa akan mempengaruhi produktifitasnya, untuk memproduksi seperangkat gamelan jawa dibutuhkan waktu 3 sampai 4 bulan. Lamanya waktu penyelesaian, bahan baku utama berupa perunggu serta pola produksi yang amat rumit inilah menjadi salah satu penyebab harga perangkat gamelan relatif mahal.

Bahan logam yang dipakai dalam pembuatan perangkat gamelan meliputi: perunggu, kuningan dan besi. Dari ketiga jenis bahan tersebut gamelan dari perunggu masih menjadi pilihan utama para pencinta kesenian karawitan, dikarenakan banyak mempunyai keunggulan terutama bunyi yang dihasilkan sehingga harganya relatif mahal.

Proses pembuatan gamelan sampai saat ini masih menggunakan proses tempa (*forging*), hal ini yang menyebabkan perubahan bunyi gamelan pada kurun waktu tertentu. Salah satu penyebabnya adalah adanya tegangan sisa yang sedikit demi sedikit dilepaskan saat gamelan digunakan (Ari Wibowo, 2008). Diagram fase perunggu (Cu-Sn) menunjukkan bahwa High tin bronze yaitu paduan perunggu timah putih dengan komposisi 18- 22%wt mempunyai titik lebur 520-540 °C. Sn memiliki sifat akustik yang baik, yang mampu menghasilkan bunyi yang panjang dengan waktu bergetar yang lama, namun paduan ini bersifat getas (Gede Sugita, 2012).

Bahan teknik perunggu merupakan paduan antara tembaga dan timah (Cu-Zn), matrik tembaga mempunyai beberapa keunggulan yaitu mempunyai keuletan yang tinggi dan tahan korosi. Paduan logam non ferro perunggu memiliki sifat-sifat antara lain mampu dibentuk dengan baik, massa jenisnya rendah, penghantar panas dan listrik yang baik, mempunyai warna yang menarik, tahan karat, kekuatan dan kekakuannya lebih rendah dari ferro. Paduan utama tembaga dengan timah yaitu logam perunggu merupakan paduan yang biasanya digunakan untuk peralatan dapur, alat-alat musik dan barang kerajinan lainnya. Diagram fase tembaga timah menunjukkan bahwa titik liquid timah pada 200 °C dan tembaga 1100 °C. Penambahan prosen paduan timah terhadap tembaga sangat berpengaruh terhadap titik lebur signifikan gambar 3.



Gambar 3. Paduan binary Cu-Sn

Proses pembuatan gamelan selama ini merupakan gabungan antara proses perlakuan panas dan tempa, dimana perlakuan panas merupakan salah satu penyebab timbulnya tegangan dalam komponen. Hal ini terjadi sebagai akibat tidak homogennya pemanasan dan pendinginan atau sebagai akibat terlalu cepatnya laju pemanasan ke temperatur austenitisasi. Pada beberapa kasus, tegangan dalam terjadi akibat adanya transformasi fasa selama proses pendinginan berlangsung. Transformasi fasa senantiasa diiringi dengan perubahan volume spesifik.

Dari uraian diatas itulah perlu dilakukan upaya pengembangan material baru sekaligus mencari solusi proses manufacture yang relatif cepat untuk menggantikan proses tempa yang mana akan mampu menghasilkan kualitas bunyi/ sifat akustik yang lebih baik.

Teknik produksi yang akan dikembangkan adalah die casting dengan metode cetak tekan (*squese casting*) dimana metode ini mempunyai beberapa keunggulan yaitu sesuai untuk produk massal, dimensi benda cor akurat (0.076 mm), permukaan benda halus, dapat mencetak benda cor yang sangat tipis hingga 0.5 mm, pendinginan cepat dengan ukuran butir kristal yang sangat halus dan memiliki sifat mekanis yang lebih baik, struktur mikro lebih padat dibandingkan dengan hasil pengecoran dengan cara gravity (Yue, 1996). Pengecoran die casting merupakan salah satu teknik yang paling efektif dan efisien untuk menghasilkan komponen paduan ferrous maupun non ferrous

dengan bentuk mendekati kesempurnaan. Toleransi ukuran yang dapat dicapai proses ini $\pm 0,05$ mm (Tjitro Soejono, 2001).

Pengecoran logam dengan system injeksi tekanan tinggi (HPDC) adalah metode yang sudah cukup lama dikenal yaitu dengan cara menginjeksikan cairan logam ke dalam cetakan dengan kecepatan dan tekanan tertentu dengan menggunakan system hidrolik atau pneumatik, biasanya yang digunakan adalah baja karbon untuk pembuatan piston pada sepeda motor, *pulley* dengan bahan dasar aluminium dan silikon. (Purnomo dan Khusna, 2012)

Pengecoran dengan HPDC adalah salah satu metode pengecoran dengan caramenginjeksi cairan logam ke dalam cetakan dengan kecepatan dan tekanan tertentu. HPDC dibagi menjadi dua kategori yaitu HPDC *Cold Chamber* dan HPDC *Hot Chamber*. HPDC *Hot chamber* biasanya digunakan untuk logam dengan temperatur cair yang rendah dan logam yang tidak bereaksi membentuk paduan dengan logam *die* (baja) seperti timah hitam, timah putih dan zinc. HPDC *Cold Chamber* digunakan untuk logam dengan temperatur cair tinggi seperti aluminium dan tembaga dan paduannya. (harjanto dan suyitno, 2008)

Pengecoran HPDC adalah proses pengecoran dengan cara menginjeksikan logam cair ke dalam cetakan dan memberikan tekanan selama pembekuan dalam ruang tertutup (Masnur, 2008).

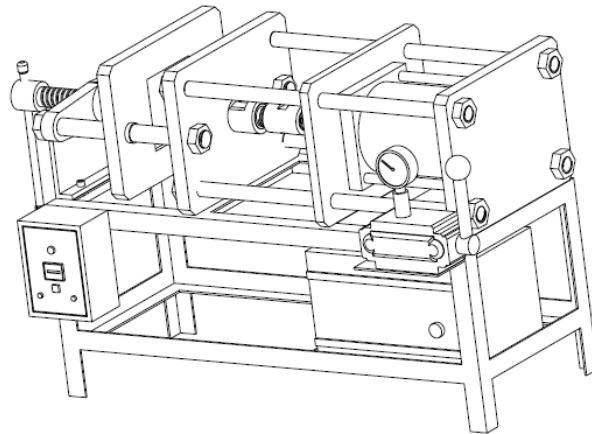
Rancang bangun mesin HPDC dengan tekanan injeksi maksimum 15 Mpa, dengan menggunakan system mekanisme ulir untuk bagian penjepit cetakan dan silinder hidrolik sebagai penggerak, dengan daya 2 HP tekanan kerja 10 – 15 Mpa ini bekerja dengan baik sesuai perancangan dan diberikan cairan *colloidal graphite* sebelum melakukan percobaan. (Dwi Dkk, 2015)

Rancang bangun alat peraga die casting dengan system pneumatik sebaiknya bagian pendorong dengan menggunakan hidrolik, supaya pada saat penginjeksian gaya tekan dapat maksimal. (Purna, 2009). Rancang bangun alat peraga die casting menggunakan system pneumatik dengan gaya dorong 784,8 N, dengan kapasitas volume maksimal tabung 232,6 cm³ tekanan kompresor yang digunakan 5kgf/cm², saat menggunakan udara dari kompresor perlu di tambahkan filter udara, supaya kadar air dalam udara dapat berkurang. (Hariyanto, 2009). Rancang bangun mesin HPDC dengan tekanan injeksi maksimum 15 Mpa, dengan produk spesimen uji tarik dalam percobaan ini terjadinya cacat flash pada produk spesimen uji tarik yang disebabkan cetakan kurang rapat dan produk berongga karena udara terjebak didalamnya. Bahwa spesimen uji tarik yang baik dihasilkan pada suhu pencairan logam 900°C, suhu cetakan 160°C dan waktu penahan 10 detik. (Dwi Dkk, 2015).

Rancang Bangun Mesin *Centrifugal Casting Horizontal* Aluminium dilakukan mulai dari proses perancangan sampai pembuatan gambar kerja dengan spesifikasi panjang 600cm, Lebar 500cm, Tinggi 450cm dengan daya motor 1HP putaran maksimum 1450 rpm. Mesin ini dapat menghasilkan coran *liner* dengan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan diecasting agar cacat porositas dapat berkurang. (Kristian, 2015). Penelitian yang dilakukan (Paryono, 2012) dengan menggunakan mesin *vacuum gravity die casting* dengan tekanan *vacuum* -400mbar dapat digunakan untuk menurunkan porositas coran sampai 0,147 %. Menurut (Chambell J, 2003) volume gas di dalam coran berbanding terbalik dengan tekanan, di mana semakin tinggi tekanan, volume gas semakin kecil, dan porositas gas semakin rendah. (Doehler, 1951) mematenkan mesin *production die casting machine*, mesin ini dipakai hampir 90% proses pembuatan piston.

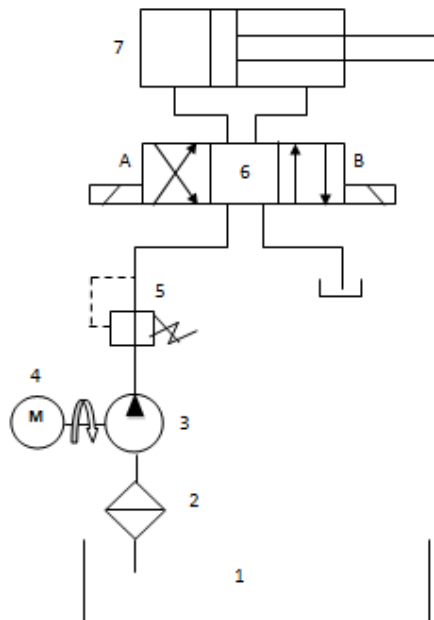
2. METODOLOGI

- A. Tahapan perancangan
 - 1 Studi literatur
 - 2 Rencana desain



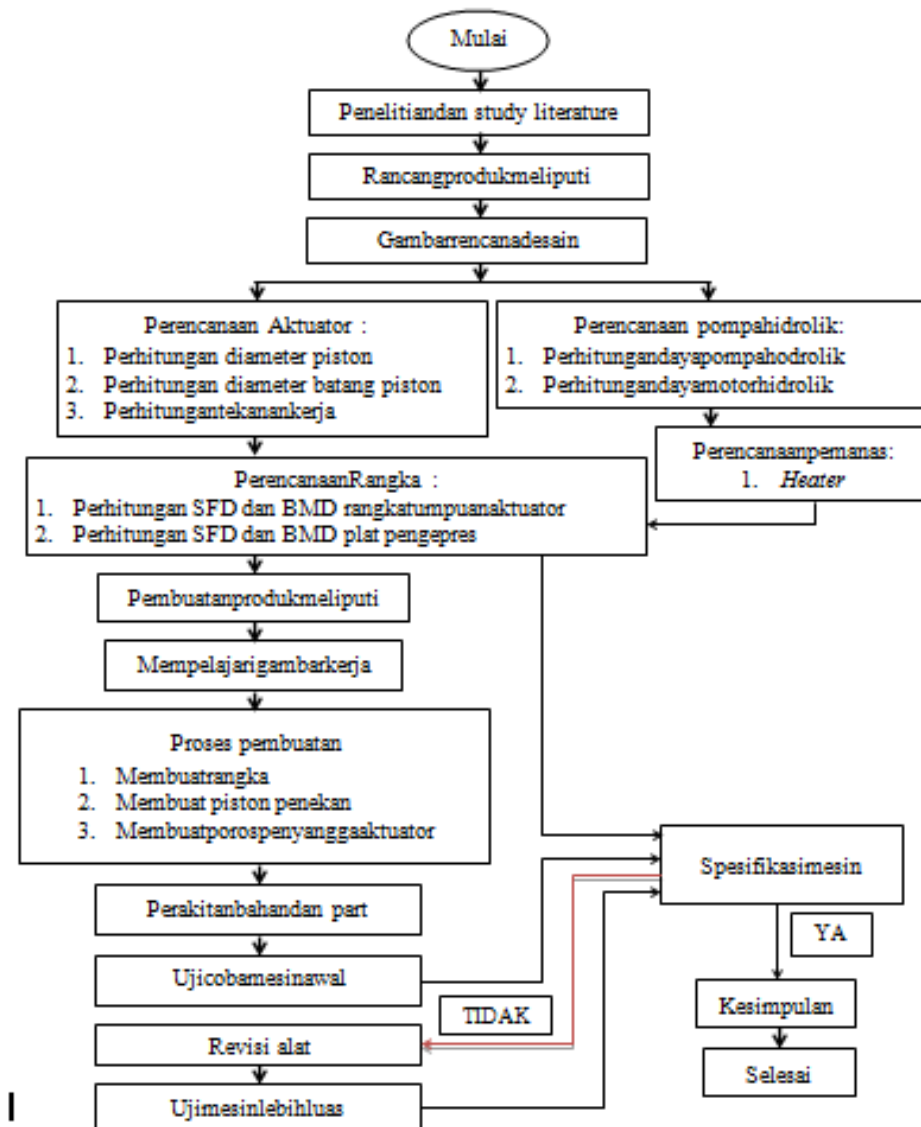
Gambar 4. Rencana desain

- 3. Merencanakan aktuator
- 4. Merencanakan sistem hidrolis



Gambar 5. Skema sistem hidrolis

- 5. Merencanakan rangka
 - 6. Merencanakan sistem pemanas
- Adapu diagram alir perancangan sebagai berikut :

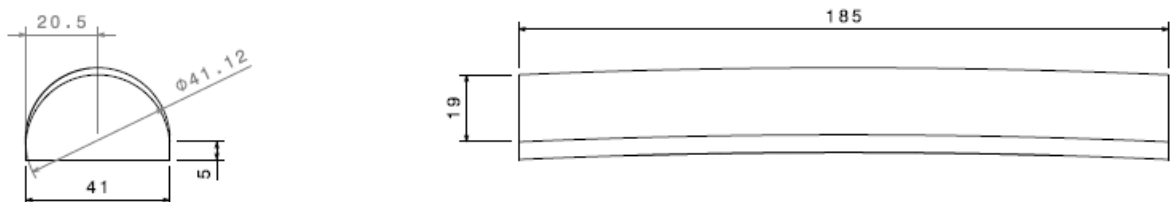


Gambar 6. Diagram alir perancangan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Volume Penginjeksian

- a. Rencana produk yang akan di cetak yaitu gamelan (saron) pada perhitungan volume ini di bagi menjadi dua bagian yaitu volume setengah tabung dan volume balok seperti. Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Rencana produk hasil injeksi

- b. Volume produk yang akan di cetak
Volume setengah tabung:

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1}{2} \times \pi \times r^2 \times p \\
 &= \frac{1}{2} \times \pi \times 20^2 \times 185 \\
 &= 116180 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Volume balok:

$$\begin{aligned}
 V &= p \times l \times t \\
 &= 185 \times 41 \times 5 \\
 &= 37925 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

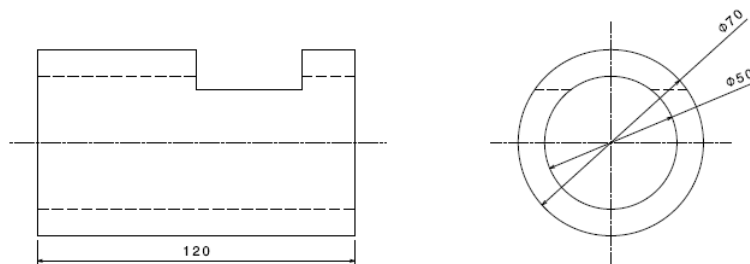
$$\begin{aligned}
 \text{Volume total produk} &= \text{Volume I} + \text{Volume II} \\
 &= 116180 \text{ mm}^3 + 37925 \text{ mm}^3 \\
 &= 154105 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

c. Massa sekali injeksi

Diketahui: massa jenis (ρ) aluminium $2800 \text{ (kg/m}^3) = 2,8 \times 10^{-3} \text{ (gr/mm}^3)$

$$\begin{aligned}
 M &= V \times \rho \\
 &= 154105 \text{ mm}^3 \times 2,8 \times 10^{-3} \text{ gr/mm}^3 \\
 &= 431,494 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

d. Volume Silinder Tuang



Gambar 4.3. Silinder Tuang

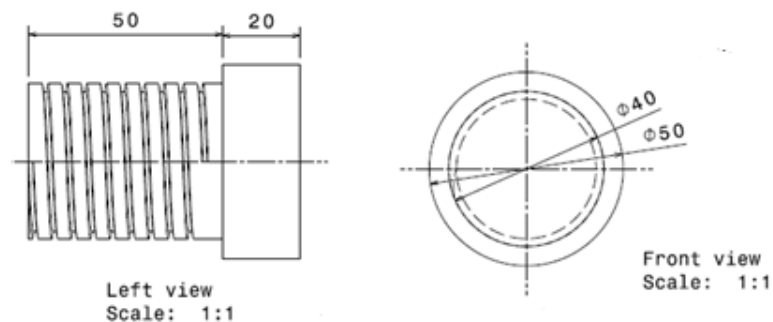
Volume silinder tuang :

Diketahui : $d = 50 \text{ mm}$

$p = 120 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 V &= \pi \times r^2 \times p \\
 &= \pi \times 25^2 \times 120 \\
 &= 235500 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

e. Volume piston



Gambar 4.4. Piston penekan

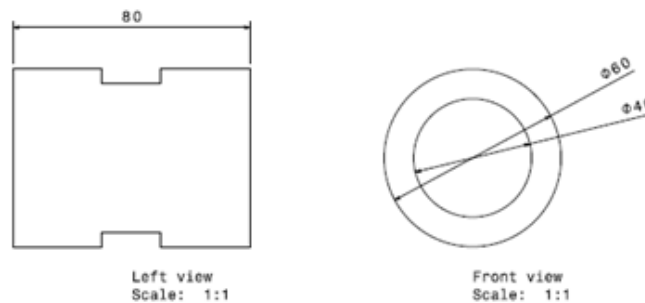
Volume total piston = volume 1 + volume 2

$$\begin{aligned} \text{Volume 1} &= \pi \times r^2 \times p \\ &= 3,14 \times 25^2 \times 20 \\ &= 39250\text{mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume 2} &= \pi \times r^2 \times p \\ &= 3,14 \times 20^2 \times 50 \\ &= 197190\text{mm}^3 \end{aligned}$$

Total volume daripiston adalah $39250 + 62800 = 102050 \text{ mm}^3$

f. Volume sambungan piston



Gambar 4.5. Sambungan Piston

Volume total sambungan piston = volume 1 - volume 2

$$\begin{aligned} \text{Volume 1} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 30^2 \times 80 \\ &= 226080 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume 2} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 20^2 \times 80 \\ &= 100480 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Massa benda = volume x massa jenis

$$\begin{aligned} &= 322790 \text{ mm}^3 \times 7,86 \times 10^{-3} \text{ gr/mm}^3 \\ &= 2537,129 \text{ gr} \end{aligned}$$

g. Menghitung Tekanan Untuk Mendorong Logam Aluminium Cair

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g h = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho g h$$

Dimana,

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$V_1 = \text{Kecepatan piston pada saat maju } 0,083 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= \text{Kecepatan aliran logam aluminium pada lubang gate} \\ &0,51875 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

$$h_1 = 0,1 \text{ (m)}$$

$$h_2 = 0,19 \text{ (m)}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}$$

$$\rho = \text{Aluminium } 2800 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Maka,

$$P_1 + \frac{1}{2} \times 2800 \times 0,083^2 + 2800 \times 0,1 \times 9,81 = 101325 + \frac{1}{2} \times 2800 \times 0,51875^2 + 2800 \times 0,19 \times 9,81$$

$$P_1 + 9,6446 + 2746,8 = 101325 + 376,742 + 5218,92$$

$$P_1 + 2756,4 = 106920,6$$

$$P_1 = 106920,6 - 2756,4$$

$$P_1 = 104146,2 \text{ Pa}$$

Maka untuk mencari gayayang di butuhkan mendorong logam cor cair adalah:

$$\begin{aligned} F_p &= P_1 \times A_1 \\ &= 104146,2 \times 0,0019625 \\ &= 204,42 \text{ N} \end{aligned}$$

h. Total Gaya Untuk Mendorong Logam Aluminium Cair

Jumlah total gaya yang dibutuhkan untuk mendorong piston di tambah dengan gaya yang di butuhkan untuk mendorong logam cor cair $106,186 + 204,42 = 310,60 \text{ N}$. (31,6 kg) dengan faktor keamanan 3,5, Maka total keseluruhan penginjeksian adalah $31,6 \times 3,5 = 110,6 \text{ kg}$

i. Perhitungan Diameter Batang Torak

Perhitungan batang torak dapat dihitung menggunakan persamaan Euler sebagai berikut :

Rumus Euler :

$$K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Beban operasi maksimum dalam kondisi aman adalah :

$$F = \frac{K}{S}$$

Dimana,

K= Beban Kritis (N)

L= Panjang yang menekuk bebas (cm)

Konstruksi aktuator beban bebas tanpa engsel,

= 2 x stroke = 2 x 15 cm = 30 cm

S= Faktor keamanan = 3,5

E= Modulus Elastisitas = $2,1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

I= Momen Inersia $\frac{\pi}{64} \times d^4$

F = Gaya = 1084,9N = 110,6 kg

$$\begin{aligned} d^4 &= \frac{64 \times L^2 \times F \times S}{\pi^3 \times E} \\ &= \frac{64 \times 30^2 \times 110,6 \times 3,5}{\pi^3 \times 2,1 \times 10^5} \\ &= \frac{22296960}{6501420,2} \end{aligned}$$

$$d = \sqrt[4]{3,429}$$

$$= 1,36 \text{ cm}$$

$$= 13 \text{ mm}$$

Jadi batang torak yang diijinkan untuk menekan beban 110,6kg adalah diameter 13 mm, dibawah diameter tersebut batang torak akan mengalami tekukan.

j. Tekanan Kerja Untuk Penginjeksian

Pada sistem ini menggunakan satu buah aktuator hidrolik.

Direncanakan :

Diameter torak : 40 mm
 Diameter batang torak : 20 mm
 Stroke : 150 mm

Tekanan kerja penginjeksian

$$P_m = \frac{F}{A}$$

Dimana,

P_m = Tekanan kerja penginjeksian (N/m²)

F = gaya yang bekerja (110,6 kg)

A = Luasan diameter torak ($\frac{\pi}{4} \times 4,0^2 = 12,56 \text{ cm}^2$)

$$= \frac{110,6}{12,56}$$

$$= 8,80 \text{ N/m}^2$$

k. Daya pompa

Persamaan untuk menghitung daya pompa adalah :

$$P_{\text{pump}} = \frac{Q_E \cdot P_{\text{kerja}}}{600}$$

$$P_{\text{pump}} = \frac{6,25 \times 110,6}{600}$$

$$= \frac{687,5}{600}$$

$$= 1,14 \text{ kW (1,3 hp)}$$

l. Daya motor

Daya motor yang dibutuhkan ditentukan berdasarkan daya pompa dibagi dengan efisiensi motor yaitu 85%.

$$P_{\text{motor}} = \frac{P_{\text{pump}}}{\eta_m}$$

$$P_{\text{motor}} = \frac{1,14}{0,85}$$

$$= 1,34 \text{ kW (1,7 hp)}$$

Jadi motor yang digunakan mempunyai daya sama atau diatas 1,34 KW.

j. Perencanaan Reservoir

Volume reservoir ditentukan dari 3 kali debit aliran yang dibutuhkan ditambah dengan peredaman udara sebesar 10%.

$$V = (3 \times Q) + (3 \times Q \times 0,1)$$

Dimana,

V = Volume dimensi reservoir (liter)

Q = Debit aliran yang dibutuhkan (5,62 ltr/min)

$$V = (3 \times 6,25) + (3 \times 6,25 \times 0,1)$$

$$= 18,75 + 1,875$$

$$= 20,625 \text{ liter}$$

$$= 20625 \text{ cm}^3$$

4. KESIMPULAN

Dari perencanaan mesin HPDC ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dihasilkan rancangan mesin HPDC untuk dilanjutkan proses pembuatan sesuai dimensi komponen dan bahan yang digunakan.
2. Hasil perancangan menghasilkan beberapa perhitungan teknik untuk masing-masing komponen utama baik berupa dimensi dan gambar tekniknya. Gaya penekanan yang diijinkan sebesar 110,6 kg. Pemilihan aktuator sesuai standar BS 5785 : 1980 dengan

diameter torak sebesar 40 mm dan diameter batang torak 20 mm *double acting cylinder*. Daya pompa yang dibutuhkan sebesar 1,3 HP sedangkan daya motor sebesar 1,7 HP. volume *reservoir* sebesar 20625 cm³. Besarnya energi listrik yang dibutuhkan untuk memanaskan aluminium hingga 600°C, dibutuhkan waktu 30 menit dengan daya 121,7 Watt.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Dr.H, Suparno, MS, selaku Rektor Universitas Muria Kudus
2. Ditjen Penguatan Riset dan Pengembangan (DRPM) - Kemristek Dikti, Jakarta.
3. Ka. Lembaga Penelitian Universitas Muria Kudus
4. Dekan Fakultas Teknik-Universitas Muria Kudus.
5. Ka. Progdil dan Ka. Laboratorium Teknik Mesin- Universitas Muria Kudus
6. Ka. Laboratorium bahan teknik – Universitas Gadjah Mada
7. Saudara-saudara mahasiswa yang tergabung dalam tim penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Budi Harjanto, Suyitno, 2008, Pengaruh temperatur tuang dan temperatur cetakan pada high pressure die casting (HPDC) berbentuk piston paduan Aluminium Silikon, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Duskiardi, Tjitro Soejono, 2002, Pengaruh tekanan dan temperatur die proses squeeze casting terhadap kekerasan dan struktur mikro pada material piston komersial lokal, Jurnal teknik mesin, UK Petra, Surabaya.
- Gupta, R, dkk, 2014, Investigation of mechanical properties, microstructure and wear rate of high lead tin bronze after multidirectional forging, Elsevier, Procedia material science.
- Hartono, 2011, Perkembangan estetika musik seni karawitan Jawa dan pengaruhnya terhadap masyarakat pendukungnya, UNM, Malang.
- Komaladewi, dkk, 2009, Pengaruh perlakuan panas dan media pendingin pada paduan perunggu 80%Cu- 20%Sn terhadap umur leleh, Universitas Udayana, Bali.
- Lu, Shu-Zu, “ The Mechanism of Silicon Modification in Al-Si Alloy”, Journal of Metallurgical Transaction, Vol.18A No.10 p.1721-1733, 1987.
- Muhammad Nurman, 2013, Teknik pengecoran die casting, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Irawan, Y.S, 2010, Karakterisasi logam perunggu, Universitas Brawijaya, Malang.
- Priambudi, IGN, dkk, 2009, Pengaruh proses forging terhadap sifat ketangguhan retak dan kekerasan material perunggu sebagai bahan gamelan, Universitas Udayana, Bali.
- Sugita, Gede, Ketut, 2012, Rekayasa perunggu silikon sebagai pengganti perunggu timah putih dengan variasi komposisi, laju pembekuan dan proses anil untuk mendapatkan sifat akustik dan mekanik yang lebih baik, UGM, Yogyakarta.
- Sukoco, 2011, Annealing pada bilah perunggu gamelan untuk mengurangi retak dan sifat keras, Teknik mesin-Universitas Janabadra, Yogyakarta.
- Sriyono, D., 1986, “ Hardenability (Jominy) dan Hardness Test”, BPPT, Serpong, pp.26-32.
- Taufiqurrohman, dkk, 2005, Paduan logam non ferro, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Tjitro Soejono, Firdaus, 2001, Pengecoran squeeze, Jurnal teknik mesin, UK Petra, Surabaya.
- Wibowo, Ari, 2008, Pengaruh pelepasan tegangan sisa dengan metode getaran terhadap frekuensi nada dasar bilah perunggu gamelan, UGM, Yogyakarta.

Yue, T.M and G.A Chadwick, "Squeeze Casting of light alloys and Their Composites", Journal of Material Processing Technology, Vol.58 N0.2-3, 1996.