

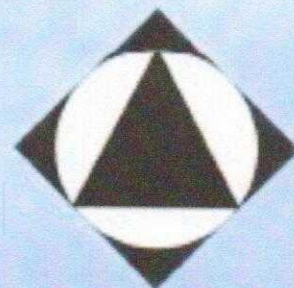
# PROSIDING



## SEMINAR NASIONAL XII REKAYASA DAN APLIKASI TEKNIK MESIN DI INDUSTRI

Kampus ITENAS  
Bandung, 17-18 Desember 2013

Editor : Dr.Ing. M. Alexin Putra  
Tarsisius Kristyadi, Ph.D.  
Dani Rusirawan, Ph.D.  
Novianti Nugraha, MT.  
Ir. Encu Saefudin, MT.  
Iwan Agustiawan, MT.  
Ali, MT.  
Tito Shantika, M.Eng.  
Meilinda Nurbanasari, Ph.D.  
Yusril Irwan, MT.  
Marsono, MT.  
Liman Hartawan, MT.




---

Penyelenggara :  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL (ITENAS) - BANDUNG

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL XII  
Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri  
ITENAS, Bandung, 17 Desember 2013**

**Editor :**

**DR.Ing. M. Alexin Putra  
Tarsisius Kristyadi, Ph.D.  
Dani Rusirawan, Ph.D.  
Novianti Nugraha, MT.  
Ir. Encu Saefudin, MT.  
Iwan Agustiawan, MT.  
Ali, MT.  
Tito Shantika, M.Eng.  
Meilinda Nurbasari, Ph.D.  
Yusril Irwan, MT.  
Marsono, MT.  
Liman Hartawan, MT.**

**Pengarah :**

**DR. Agus Hermanto, Ir., MT.  
Tarsisius Kristyadi, Ph. D.  
DR. Ing. M. Alexin Putra  
Ir. Encu Saefudin, MT  
Ir. Syahril Sayuti, MT.**

**Desain Sampul :**

**Muhammad Ridwan, ST., MT**

**ISSN 1693-3168**

**Cetakan Pertama, Desember 2013**

**Hak Cipta dilindungi Undang-Undang**

**Dilarang mengutip, memperbanyak atau menterjemahkan sebagian atau seluruh isi buku tanpa seijin dari Jurusan Teknik Mesin, ITENAS**

## PENGANTAR

*Assalamu'alaikum warahmatullah wabarrakatuh,*

Pertama-tama marilah kita panjatkan Puji Syukur ke hadirat Allah SWT, karena atas izin dan karunia-Nya kita dapat bertemu dan bersilaturahmi dalam seminar di kampus ITENAS-Bandung. Semoga seminar ini dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan tujuannya

Seminar ini merupakan agenda tahunan civitas akademika Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITENAS, yang sudah dimulai sejak tahun 2002. Seminar ini diharapkan menjadi forum diskusi dan tukar informasi kegiatan studi dan penelitian yang dilakukan oleh para peneliti dari perguruan tinggi (dosen dan mahasiswa), instansi maupun praktisi industri, khususnya yang terkait dengan bidang teknik mesin, sehingga dapat meningkatkan sinergi diantara keduanya.

Pada seminar kali ini, panitia telah berhasil menghimpun 35 makalah dan sekitar 24 makalah akan dipresentasikan. Makalah dikelompokkan kedalam tiga sub topik yaitu Teknologi Konversi Energi (TKE), Teknologi Bahan dan Material Komposit (TBMK), dan Teknologi Perancangan dan Pengembangan Produk (TPPP).

Dalam kesempatan ini, perkenankan kami menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada seluruh penyaji makalah, peserta, civitas akademika Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITENAS, dan semua pihak yang telah berpartisipasi aktif sehingga seminar ini dapat terselenggara. Semoga kerjasama yang telah kita bangun selama ini dapat terus ditingkatkan dimasa-masa mendatang. Mohon maaf atas segala kekurangan dan kekhilafan.

Akhir kata kami mengucapkan selamat mengikuti seminar, semoga semua gagasan dan pikiran yang berkembang selama seminar ini dapat tercatat sebagai sumbangsih yang bermanfaat untuk kejayaan bangsa dan negara kita.

**Wabillahi taufiq walhidayah, Wassalamu'alaikum warahmatullah wabarakatuh**

Bandung, Desember 2013  
Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITENAS

Limhan Hartawan, ST., MT.  
Ketua Program Studi

## DAFTAR ISI

|   | Hal         |
|---|-------------|
| PENGANTAR   | ii          |
| DAFTAR ISI  | iii         |
| <b>TOPIK TEKNOLOGI PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK</b>  |             |
|   | <b>TPPP</b> |
| 01 Rancang Bangun Mesin Penghancur Plastik Getas Dan Pengolah Limbah Cair. ( <u>Isdaryanto Iskandar</u> , Noryawati Mulyono)  | 1           |
| 02 Rancangan Mesin Uji Tarik Polimer dengan Instrumen Pengukuran <i>Loadcell</i> . ( <u>Oyok Yudiyanto</u> , Adhitya Sumardi, <u>Wiwik Purwadi</u> )  | 7           |
| 03 Perancangan Konsep Mesin Cetak <i>Tin Half</i> Dengan Metode <i>Carousel</i> . (Ayi Ruswandi, <u>Wiwik Purwadi</u> , M. Agus Solihin, <u>Junardi Josua Ompusunggu</u> )  | 16          |
| 04 Sintesis Mekanisme <i>Shifter</i> Pemindah Posisi Pada Sistem Transmisi Untuk Kendaraan Xenia/Avanza. ( <u>Encu Saefudin</u> , Sugiharto, Yuyu Wahyudi)  | 32          |
| 05 Perancangan Prototipe <i>Picohydro Portable</i> 200 Watt. ( <u>Tito Shantika</u> dan Muh. Ridwan)  | 39          |
| 06 Perancangan <i>Picohydro Axial</i> Sebagai Pemanfaatan Energi Air Dalam Pipa Distribusi Air Pedesaan. ( <u>Tito Shantika</u> dan Noviyanti Nugraha)  | 49          |
| 07 Analisis Beban Statis Pada Poros Roda Penekan Mesin Cetak Tablet. ( <u>Eka Taufiq Firmansjah</u> dan Budi Prayitno)  | 60          |
| 08 Perancangan dan Pengujian Alat Uji Lelah Dengan Kasus Batang Kantilever. ( <u>Ali</u> )  | 64          |
| 09 Perancangan Simulator Uji Prestasi Motor Bakar Torak Serbaguna. ( <u>Bambang Hermani</u> )   | 72          |
| <b>TOPIK TEKNOLOGI BAHAN DAN MATERIAL KOMPOSIT</b>  |             |
|   | <b>TBMK</b> |
| 01 Penghilangan Struktur Mikro Ledeburit pada FCD dengan Metode Heat Treatment. ( <u>Wiwik Purwadi</u> , Kus Hanaldi, <u>Fazri Septian Abidin</u> )   | 1           |
| 02 Peningkatan Efisiensi dan Kecepatan Produksi Coran Timah Setengah Bola dengan Metode Pengecoran Gravitasi Terbalik dan Cetakan <i>Carousel</i> Kontinyu. ( <u>Wiwik Purwadi</u> , Ayi Ruswandi, M. Agus Solihin, <u>Andi Agus Setiawan</u> ) | 12          |
| 03 Aplikasi Paduan Al-Si-Mg pada <i>Control Chamber – Air Brake</i> Kereta Api. ( <u>Meilinda Nurbanasari</u> , Untung Asmoro, Fitria Ningsih)  | 24          |
| 04 Eksperimentasi Metoda Laminasi dan Metoda Pengujian Kekuatan Pelapisan pada Bambu Laminasi untuk Dijadikan Konstruksi Furnitur. ( <u>Yusril Irwan</u> , Mohamad Arif W)  | 31          |
| 05 Pengujian Transmission Loss Pada Papan Serat Sabut Kelapa Dan Aluminium Hollow Bar Dengan Matriks Gypsum. ( <u>Yusril Irwan</u> , Irsyad Ismail Syam)  | 42          |

| TOPIK TEKNOLOGI KONVERSI ENERGI |  | TKE |
|---------------------------------|--|-----|
| 01                              | Pengembangan Metode Sub-domain Seri Paralel untuk Melakukan Analisis CFD pada Penukar Panas Pipa Bersirip. ( <u>Nathanael P. Tandian</u> dan Eksa Bagas Prasasti)  | 1   |
| 02                              | Perpindahan Kalor Pada Solar-Termal Panel Berdasarkan Debit Aliran Medium. ( <u>Wahyudi</u> , Yogi Sirodz Gaos, Muhamad Yulianto)  | 15  |
| 03                              | Pengaruh Pemasangan <i>Photovoltaic</i> Pada Dinding Bangunan Terhadap Temperatur Ruang. ( <u>Muhammad Irsyad</u> , M. Dyan Susila, Mey Hartanto)  | 23  |
| 04                              | Analisis Koefisien Perpindahan Kalor pada Tube Panel <i>Solar-Termal</i> berdasarkan Perubahan Debit Aliran Air. ( <u>Seftian Haryadi</u> , Mulya Juarsa, Edi Marzuki, M. Yulianto)  | 29  |
| 05                              | Karakteristik Termal Briket Ampas Tebu dan Serbuk Gergajian Kayu. ( <u>Nasrul Iminnafik</u> , Digdo Listyadi S., Hary Sutjahjono, Mahros Darsin)   | 38  |
| 06                              | Perubahan Reynolds Number Pada Sistem-Solar Termal Berdasarkan Perubahan Debit Aliran Untuk Simulasi <i>Organic Rankine Cycle (Orc)</i> . ( <u>Hendra Hermawan</u> , Muhamad Yulianto, Edi Marzuki, Mulya Juarsa)                            | 44  |
| 07                              | Perpindahan Kalor Pada <i>Solar-Thermal Panel</i> Berdasarkan Debit Aliran Tinggi. ( <u>Angga Sanjaya</u> , Yogi Sirodz Gaos, Muhamad Yulianto dan Edi Marzuki, Mulya Juarsa)  | 50  |
| 08                              | Karakterisasi <i>Reynolds Number</i> Pada Sistem <i>Solar Termal</i> Berdasarkan Perubahan Debit Aliran Tinggi. ( <u>Hendra Andriyani</u> , Yogi Sirodz Gaos, Edi Marzuki)   | 58  |
| 09                              | Perubahan Rugi Tekanan pada Sistem <i>Solar-Termal</i> Berdasarkan Perubahan Debit Aliran untuk Simulasi ORC. ( <u>Mokhammad Nur Khasan</u> , Edi Marzuki, Muhamad Yulianto, Yogi Sirodz Gaos, Mulya Juarsa)                                 | 64  |
| 10                              | Analisis <i>Nusselt Number</i> Terhadap Pipa Berdasarkan Perubahan Debit Aliran Pada <i>Solar Thermal</i> . ( <u>Muklis Adi Saputra</u> , Edi Marzuki, Yogi Sirodz Gaos, Muhamad Yulianto, dan Mulya Juarsa)                                 | 72  |
| 11                              | Perpindahan Kalor Pada Tangki Air Berdasarkan Debit Aliran Tinggi. ( <u>Trikusmartono</u> , Muhamad Yulianto, Edi Marzuki, Mulya Juarsa)   | 80  |
| 12                              | Perpindahan Kalor pada Tangki Air Berdasarkan Debit Aliran Air Rendah. ( <u>Adi Saputra Wijaya</u> , Muhamad Yulianto, Mulya Juarsa, dan Edi Marzuki)  | 88  |
| 13                              | Analisis Peluang Konservasi Energi Listrik Pada Sistem Pencahayaan Dan Sistem Pendingin Udara Di Multivision Tower Jakarta. ( <u>Olga Arfiandani</u> , Suharyanto, dan Sarjiya)  | 97  |
| 14                              | Analisis Proses Pengembunan Uap Selama Pendinginan Berdasarkan Variasi Debit Aliran Pendingin Pada Sprayer di dalam Simulator Sungkup Reaktor. ( <u>Ahmad Ruba'i</u> , Luqmanul Hakim, Wahyudin, Ade Satria, Yogi Sirodz Gaos, Mulya Juarsa) | 106 |
| 15                              | Aplikasi Dan Pengaruh Sistem <i>Turbocharger</i> Berkapasitas 100cc – 200cc Pada Performa Mesin Yamaha V-Ixion. ( <u>Alfan Ekajati L</u> , Tri Sigit Purwanto, Kurnia H, Jaka Rahmadi)   | 116 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 16 | Analisis Reliability Untuk Menentukan <i>Mean Time Between Failure (MTBF)</i> Studi Kasus <i>Pulverizer</i> Pada Sebuah PLTU. ( <u>Nuha Desi Anggraeni</u> , Indra Nurhadi)   | 128 |
| 17 | Uji Eksperimental dan Simulasi Kerugian Aliran Air Dalam Pipa PVC. ( <u>Mohammad Alexin Putra</u> , Afriandi Sahputra)  | 134 |
| 18 | Pengering Eceng Gondok Skala Industri Kecil, Perancangan Dan Pembuatan. ( <u>Noviyanti Nugraha</u> , M. Alexin P)   | 138 |
| 19 | Analisis Perpindahan Panas pada Perancangan Tungku <i>Load Bank AC</i> Kapasitas 65 kW Dengan Menggunakan Elemen Pemanas Tipe <i>Embedded Tubular</i> . ( <u>Iwan Agustawan</u> , Usep Ali Albayumi, Muhammad Syauqi) | 147 |
| 20 | Perpindahan Kalor pada Solar-Termal Panel Berdasarkan Debit Aliran Rendah. ( <u>Dede Royani</u> , Edi Marzuki, Muhamad Yulianto, Yogi Sirodz Gaos, Mulya Juarsa)  | 156 |
| 21 | Perpindahan Kalor pada Tangki Air Berdasarkan Debit Aliran Air Medium. ( <u>Muhamad Rizal</u> , Muhamad Yulianto, Yogi Sirodz Gaos, Edi Marzuki dan Mulya Juarsa)   | 164 |
| 22 | Analisis Pengaruh Pengotor Terhadap Proses Perpindahan Kalor Pada Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell And Tube 1-1 Pass Counter Flow</i> . ( <u>Ekwan Piktorino</u> , Edi Marzuki, Mulya Juarsa)                         | 173 |

## Peningkatan Efisiensi dan Kecepatan Produksi Coran Timah Setengah Bola dengan Metode Pengecoran Gravitasi Terbalik dan Cetakan *Carousel* Kontinyu

Wiwik Purwadi<sup>1)</sup>, Ayi Ruswandi<sup>1)</sup>, M. Agus Solihin<sup>1)</sup>, Andi Agus Setiawan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

<sup>2)</sup> Program D4 Mechanical Engineering

Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

Jalan Kanayakan No. 21 Bandung 40135

[andi\\_agussetiawan@ymail.com](mailto:andi_agussetiawan@ymail.com)

### Abstrak

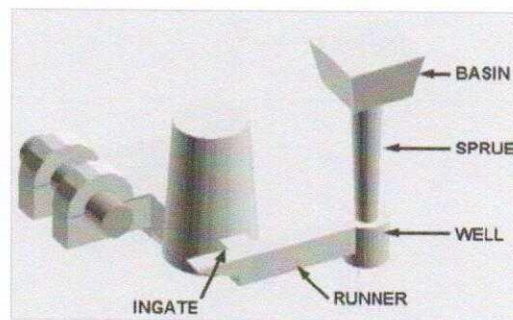
Produk coran sangat banyak digunakan baik dalam bidang teknik maupun seni. Hal ini dikarenakan bentuk produk, ukuran dan material yang sangat bervariasi dan memenuhi banyak aspek kebutuhan. Dalam proses pembuatan produk cor dengan sistem gravitasi dibutuhkan sistem saluran yang berfungsi menyuplai cairan logam ke dalam cetakan dan penambah yang berfungsi untuk mengkompensasi penyusutan logam. Dengan demikian maka tidak seluruh cairan yang dituangkan ke dalam cetakan seluruhnya menjadi benda cor. Perbandingan berat benda jadi dengan berat cairan yang dituangkan disebut efisiensi atau yield benda. Efisiensi yang rendah (40%) dapat ditingkatkan hingga 98% dengan menerapkan metode pengecoran kontinyu sistem gravitasi terbalik dengan cetakan carousel. Setelah merencanakan produk dan bahan yang akan dicor, selanjutnya dilakukan perhitungan panas, waktu penuangan dan kecepatan gerakan. Uji coba dilakukan setelah pembuatan prototipe mesin dengan variasi parameter suhu material cair, suhu cetakan dan kecepatan putar. Dari hasil perhitungan dan percobaan didapatkan hasil berupa peningkatan efisiensi pengecoran hingga 98% dengan kualitas permukaan, sifat metalurgis dan sifat fisik yang baik. Luaran yang dihasilkan dari penelitian ini adalah teknologi pengecoran gravitasi terbalik dan pengecoran kontinyu dengan cetakan carousel yang menghasilkan peningkatan efisiensi pengecoran yang signifikan. Selain luaran yang berbentuk teknologi proses akan didapatkan pula prototipe mesin yang dapat digunakan untuk proses produksi dan pendidikan.

*Key words:* pengecoran gravitasi terbalik, efisiensi, carousel

### 1. Pendahuluan

Produk coran sangat banyak digunakan baik dalam bidang teknik maupun seni. Hal ini dikarenakan bentuk produk, ukuran dan material yang sangat bervariasi dan memenuhi banyak aspek kebutuhan / tuntutan.

Dalam proses pembuatan produk cor dengan sistem gravitasi dibutuhkan sistem saluran yang berfungsi menyuplai cairan logam ke dalam cetakan dan penambah yang berfungsi untuk mengkompensasi penyusutan logam. Dengan demikian maka tidak seluruh cairan yang dituangkan ke dalam cetakan seluruhnya menjadi benda cor. Gambar 1. menunjukkan sistem saluran dan penambah dalam proses pengecoran logam.



Gambar 1. Sistem saluran dan penambah. \*)<http://www.industrialmetalcasting.com>

Efisiensi atau yield didefinisikan sebagai rasio antara berat benda coran dibagi dengan berat keseluruhan logam yang dituangkan. Dengan demikian maka penambah (*Riser*) dan sistem saluran (*basin*, *sprue*, *well*, *runner* dan *ingate*) dapat menambah total jumlah cairan yang dituangkan dan oleh karena itu harus dioptimalkan. Salah satu metode untuk menghitung ukuran *riser* adalah dengan mengatur waktu pembekuan menurut hukum Chvorinov. Waktu pembekuan yang 25% lebih lama daripada waktu pembekuan benda biasanya sudah cukup aman untuk menjamin suplai cairan ke benda<sup>\*)1</sup>.

$$t_{\text{riser}} = 1.25 t_{\text{cast}} \quad (1)$$

atau

$$\left(\frac{V}{A}\right)_{\text{riser}}^n = 1.25 \left(\frac{V}{A}\right)_{\text{casting}}^n \quad (2)$$

Optimalisasi penambah dan sistem saluran untuk meningkatkan efisiensi benda merupakan suatu kebutuhan karena akan berdampak secara signifikan terhadap kecepatan produksi dan biaya produksi. Namun kualitas produk benda cor tetap harus menjadi pertimbangan utama.

Pada dasarnya penuangan cairan logam ke dalam cetakan menggunakan dua prinsip utama, yaitu dengan gaya gravitasi dan penambahan tekanan. Pada penuangan sistem gravitasi, masuknya cairan ke dalam cetakan seluruhnya mengandalkan gaya gravitasi. Pengaturan waktu tuang dilakukan dengan mengatur kecepatan aliran cairan melalui pengaturan ukuran saluran.

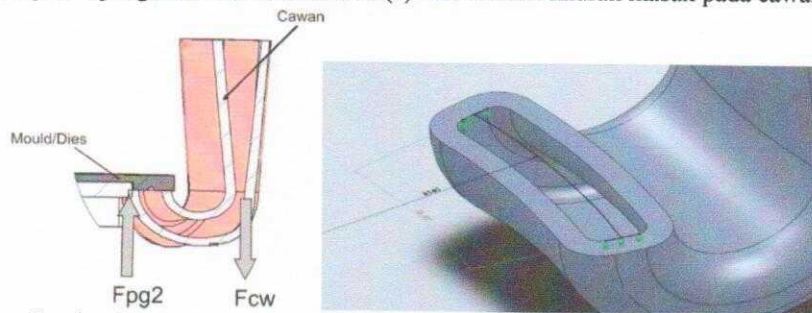
Cetakan yang digunakan dalam proses pengecoran dikelompokkan menjadi cetakan hilang (hanya satu kali pemakaian) dan cetakan tetap yang dapat dipakai berulang kali. Penggunaan cetakan tetap yang terbuat dari logam dibatasi oleh faktor kecepatan rambat panas, efek pembekuan yang cepat dan ukuran benda. Cetakan tetap memberikan akurasi bentuk dan ukuran yang lebih tinggi, tetapi memiliki kelemahan dalam kecepatan produksi untuk sistem gravitasi dan biaya pembuatan. Gambar 2 menunjukkan proses pembuatan *Tin Half Ball* dengan pengecoran gravitasi di PT Timah Bangka dengan beberapa jenis metode cetakan yaitu, *gravity die casting* dan *centrifugal casting*.





Gambar 2. metode pengecoran \*) PT Timah

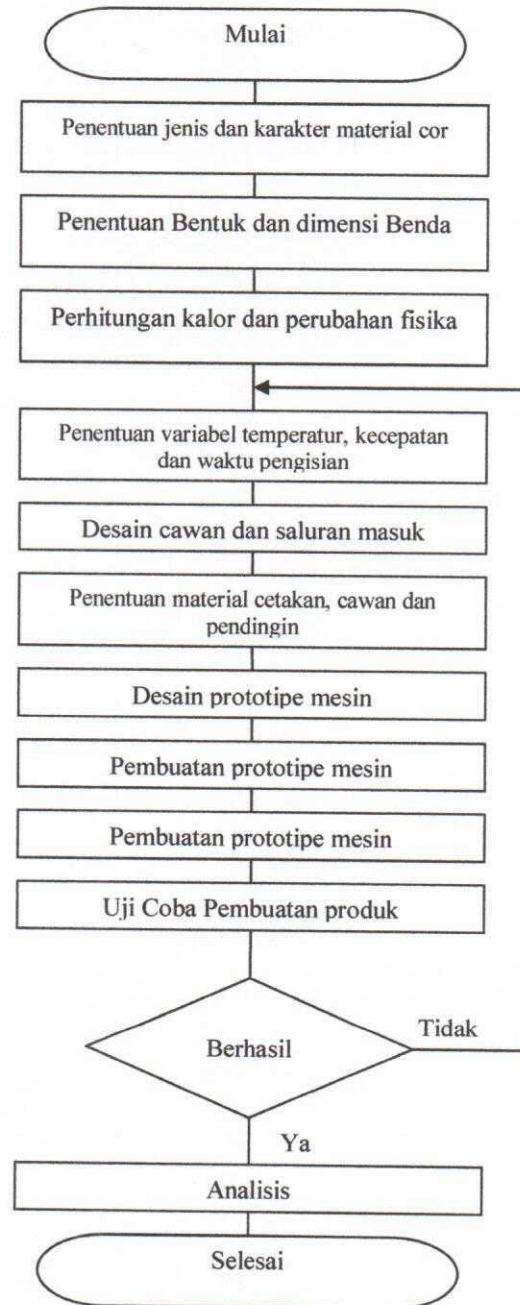
Dengan memadukan metode pengecoran gravitasi, cetakan tetap dan pengecoran secara kontinyu didapatkan proses produksi yang cepat. Penggunaan cawan tuang yang sekaligus berfungsi sebagai sistem saluran dan penambah (*riser*) akan dapat meningkatkan efisiensi proses. Perhitungan yang matang tentang rambatan panas dan karakteristik logam dapat menjamin proses yang tidak hanya cepat dan efisien tetapi juga secara metalurgis menghasilkan produk yang berkualitas baik. Gambar 3 menunjukkan posisi pengisian dan cetakan/*dies* (a) dan bentuk saluran masuk pada cawan (b).



Gambar 3. cawan tuang: posisi terhadap cetakan (a) dan saluran masuk (b).

## 2. Metodologi penelitian

1. Penentuan jenis dan karakter material cor. Produk cor yang akan digunakan adalah setengah bola terbuat dari timah. Dalam langkah ini akan ditentukan karakteristik timah dalam hal suhu cair, kapasitas panas, kecepatan rambat panas dan struktur mikro.
2. Penentuan Bentuk dan dimensi Benda. Bentuk benda setengah bola dengan diameter 10mm.
3. Perhitungan kalor dan perubahan fisika. Dilakukan perhitungan secara deskriptif analitis jumlah panas yang dimiliki serta peri laku penyebaran panas.
4. Penentuan variabel temperatur, kecepatan dan waktu pengisian. Temperatur cetakan dicoba dalam 3 variasi temperatur, yang seluruhnya dibawah temperatur cair bahan cor. Temperatur material divariasikan dalam tiga temperatur dengan *super heat* maksimal 50 derajat *celcius*.
5. Desain cawan dan saluran masuk. Dilakukan desain cawan dan saluran masuk dengan pertimbangan dan perhitungan tekanan metalostatis dan kecepatan pengisian.
6. Penentuan material cetakan, cawan dan pendingin. Penentuan material untuk cetakan berdasarkan sifat fisik bahan dan sifat mekanik. Material cawan dirancang untuk tidak menghasilkan difusi atom bahan ke dalam bahan cor. Material cawan harus memiliki kekerasan lebih rendah daripada material cetakan.
7. Desain *prototipe* mesin. Desain detail rancangan mesin dengan perhitungan gaya dan kecepatan putar.
8. Pembuatan *prototipe* mesin. Proses manufaktur *prototipe* mesin dan uji fungsi.
9. Uji Coba Pembuatan produk dengan variasi temperatur cor, temperatur cetakan, dan kecepatan. Pembuatan produk benda cor dengan parameter yang bervariasi.
10. Analisis. Analisis terhadap hasil proses pembuatan produk cor meliputi analisis metalurgis material, kecepatan produksi dan analisis efisiensi produksi.



**3. Diskusi dan analisis**

**Penentuan jenis dan karakter material cor**

- Jenis Material : Timah Hitam (Pb)
- Temperatur cair : 327.46 °C
- Massa Jenis : 11.34 g·cm<sup>-3</sup>
- Massa Jenis Cair : 10.66 g·cm<sup>-3</sup>
- Kapasitas Kalor : 26.650 J·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>

Kalor Peleburan :  $4.77 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$   
 Konduktivitas Thermal :  $35.3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

**Penentuan Bentuk dan dimensi Benda**

Bentuk Benda : Setengah Bola  
 Diameter Benda : 10 mm

**Perhitungan kalor dan perubahan fisika**

Volume benda :

$$V = \frac{1}{2} * \frac{4}{3} * \pi * r^3 = \frac{2}{3} \pi r^3$$

$$= \frac{2}{3} * 3.14 * 5^3 \text{ mm}^3 \quad (3)$$

$$= 261.67 \text{ mm}^3$$

Perhitungan kalor pemanasan  $Q_1 = m * c * \Delta T$  (4)

$Q_1$  = amount of heat (kJ)  
 $c_p$  = specific heat (kJ/kg.K)  
 $m$  = mass (kg)  
 $\Delta T$  = temperature difference between hot and cold side (K)

**Perhitungan kalor peleburan**

$$Q = m \times L \quad (5)$$

Q = Kalor yang diterima suatu zat (Joule, Kilojoule, Kalori, Kilokalori)  
 M = Massa zat (Gram, Kilogram)  
 L = Kalor lebur zat (Joule/kilogram, Kilojoule/kilogram, Joule/gram)

Perhitungan :

$$Q = \frac{2}{3} \pi r^3 \cdot \rho_s \cdot c \cdot \Delta T_1 + \frac{2}{3} \pi r^3 \cdot \rho_s \cdot L + \frac{2}{3} \pi r^3 \cdot \rho_L \cdot c \cdot \Delta T_2 \quad (6)$$

$$Q = \frac{2}{3} \pi r^3 \cdot ((\rho_s (c \cdot \Delta T_1 + L)) + \rho_L \cdot c \cdot \Delta T_2) \quad (7)$$

**Penentuan variabel temperatur, kecepatan dan waktu pengisian**

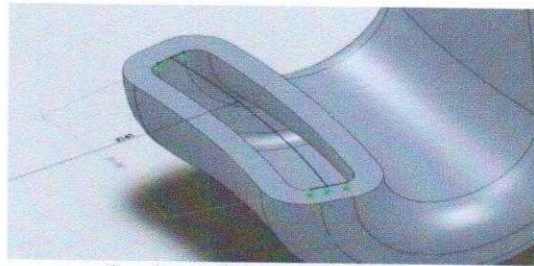
Temperatur cair teoritis :  $327.46 \text{ }^\circ\text{C}$   
 Parameter temperatur cairan : konstan  
 Temperatur cairan :  $350 \text{ }^\circ\text{C}$   
 Temperatur cetakan :  $105 \text{ }^\circ\text{C}$   
 Berat Benda  $\frac{1}{2}$  bola = 2.97 g  
 Perhitungan kecepatan linier:

Tabel 1. Data kecepatan linier per kecepatan.

| No. | RPM | Diameter (mm) | Kecepatan (mm.s <sup>-1</sup> ) |
|-----|-----|---------------|---------------------------------|
| 1   | 10  | 280           | 147                             |
| 2   | 14  | 280           | 205                             |
| 3   | 17  | 280           | 249                             |

**3. Hasil dan Diskusi Desain**

Cawan dan saluran masuk



Gambar 4. Saluran masuk cawan

Bahan: Nodular cast iron

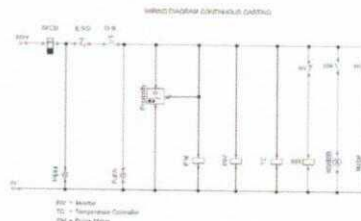
Pentuan material cetakan, cawan dan pendingin

Material cetakan : *Cold work tool steel*

Material cawan : *nodular cast iron*

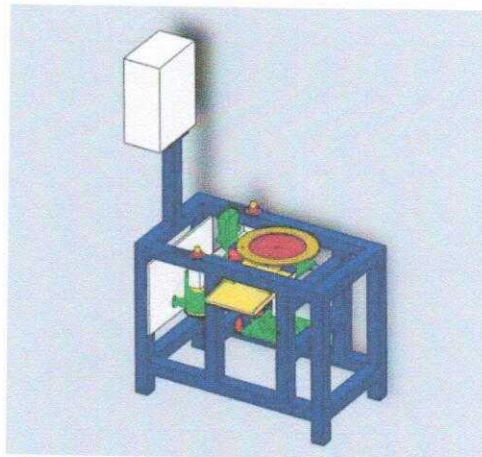
Material pendingin : *tool steel*

Pengaturan kecepatan putar dan pengendalian temperatur dilakukan di dalam rangkaian kontrol panel



Gambar 5. Rangkaian listrik panel kontrol

Prototipe mesin



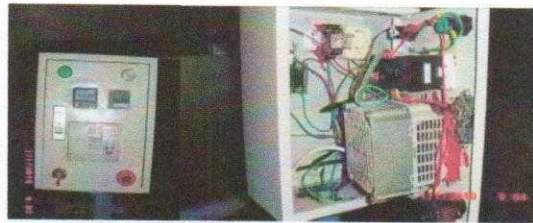
Gambar 6. Desain prototipe mesin *assembly*

**Bagian Utama Mesin:**

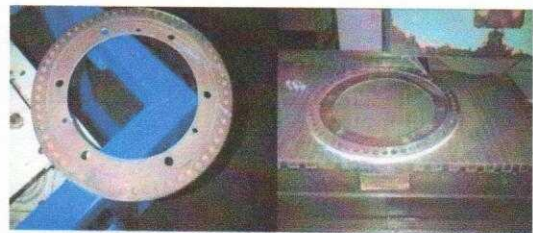
1. Cawan dan saluran masuk



Gambar 7. Cawan dan saluran masuk: (a)tanpa *refractory* (b)dengan *refractory*  
2. Panel pengendali



3. Cetakan



4. Sistem Mekanik

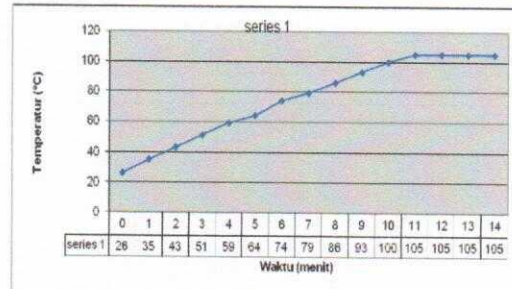


Gambar 10. (a) motor  $\frac{1}{2}$  phase (b)rantai dan sprocket sebagai sistem transmisi  
5. Bentuk Mesin Yang Dirakit



Gambar 11. Bentuk mesin setelah perakitan

**Uji Coba  
 Perubahan Temperatur Cetakan**



Gambar 12. Hasil pengamatan temperatur cetakan

Setelah 11 menit temperatur cetakan menunjukkan nilai konstan pada 105°C

**Parameter Percobaan**

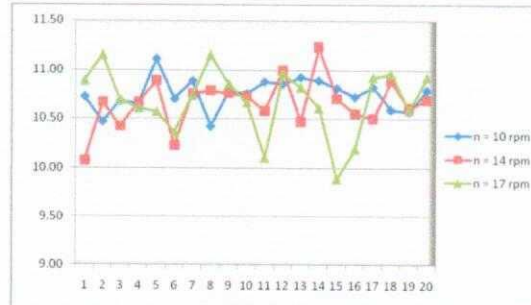
Cetakan mencapai titik konstan pada menit ke-11 pada suhu 105°C

**Pengujian massa jenis**

| NO                | volume          | RPM   |       |       |
|-------------------|-----------------|-------|-------|-------|
|                   | mm <sup>3</sup> | 10    | 14    | 17    |
| 1                 | 261.67          | 10.72 | 10.07 | 10.89 |
| 2                 | 261.67          | 10.47 | 10.67 | 11.15 |
| 3                 | 261.67          | 10.68 | 10.42 | 10.69 |
| 4                 | 261.67          | 10.66 | 10.67 | 10.61 |
| 5                 | 261.67          | 11.12 | 10.89 | 10.57 |
| 6                 | 261.67          | 10.70 | 10.23 | 10.36 |
| 7                 | 261.67          | 10.89 | 10.76 | 10.74 |
| 8                 | 261.67          | 10.42 | 10.79 | 11.15 |
| 9                 | 261.67          | 10.78 | 10.76 | 10.86 |
| 10                | 261.67          | 10.76 | 10.73 | 10.67 |
| 11                | 261.67          | 10.88 | 10.58 | 10.10 |
| 12                | 261.67          | 10.86 | 11.00 | 10.96 |
| 13                | 261.67          | 10.93 | 10.47 | 10.82 |
| 14                | 261.67          | 10.89 | 11.23 | 10.61 |
| 15                | 261.67          | 10.81 | 10.70 | 9.88  |
| 16                | 261.67          | 10.72 | 10.55 | 10.19 |
| 17                | 261.67          | 10.83 | 10.50 | 10.93 |
| 18                | 261.67          | 10.59 | 10.89 | 10.96 |
| 19                | 261.67          | 10.57 | 10.61 | 10.59 |
| 20                | 261.67          | 10.79 | 10.69 | 10.93 |
| Maksimum          |                 | 11.12 | 11.23 | 11.15 |
| Minimum           |                 | 10.42 | 10.07 | 9.88  |
| Rata-rata         |                 | 10.75 | 10.66 | 10.68 |
| Penyimpangan baku |                 | 0.16  | 0.26  | 0.34  |
| Modus             |                 | 10.72 | 10.89 | 11.15 |

Tabel 2. Data hasil pengujian massa jenis produk

Ket : Perhitungan massa jenis diatas menggunakan metode Archimedes dengan mengukur volume real benda.

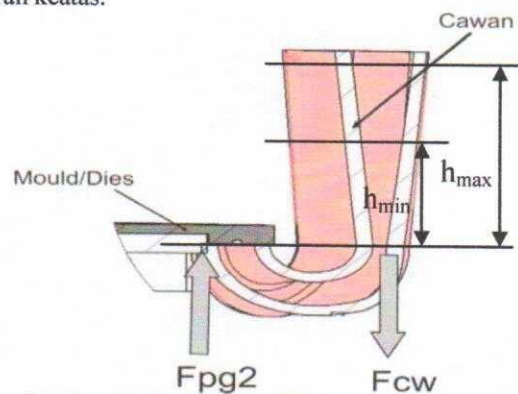


Gambar 13. Grafik pengujian massa jenis

Dari diagram hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa dengan kecepatan putar  $n = 10$  rpm memberikan indikasi bahwa material terisi ke dalam cavity dengan lebih baik karena menunjukkan massa jenis rata-rata lebih tinggi daripada kecepatan 14 rpm dan 17 rpm.

**Pengaruh tekanan atau tinggi cairan**

Perhitungan tekanan cairan keatas:



Gambar 14. Penentuan tinggi minimum cairan

**Perhitungan gaya tekan**

$$F_C = \rho g h_{\max} A$$

$$F_C = 11.34 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{mm}^3} \cdot 9.81 \cdot 10^3 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2} \cdot (70 \cdot 12 \cdot 40) \text{mm}$$

$$F_C = 3737845.4 \frac{\text{gmm}}{\text{s}^2}$$

$$F_C = 3.74 \text{N}$$

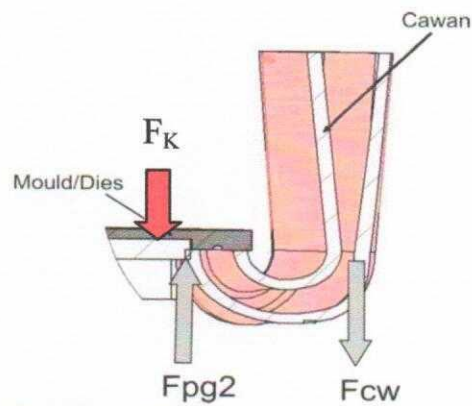
A = Luas Permukaan proyeksi tekanan (mm<sup>2</sup>)

$\rho$  = massa jenis cairan (g/mm<sup>3</sup>)

Hmax = tinggi cairan maximal (mm)

G = gravitasi (kg.m.s-2)

**Perhitungan beban kontra atau pegas**



Gambar 15. Pemberian gaya pegas pada mould

$$F_K = 1.2 * F_C$$

$$F_K = 1.2 * 3.74 N$$

$$F_K = 4.488 N$$

Hasil :



Gambar 16. Produk hasil pencetakan timah setengah bola

**Analisa:**

Masih terdapat timah dengan bentuk tidak sempurna yang disebabkan karena tidak terisi penuh dan pengaruh kerapatan cetakan.





Gambar 17. Bentuk permukaan produk

Analisa:

Gambar diatas menunjukkan *tin half ball* yang terisi penuh dan yang tidak terisi penuh yang dipengaruhi oleh faktor parameter cetakan dan kecepatan putar cetakan.

Kecepatan produksi: kecepatan produksi ditentukan oleh putaran

Tabel 3. Data perhitungan kecepatan produksi dan efisiensi per satuan waktu.

| cavities | rpm | berat produk | jml produk | berat (g/jam) | Berat tertinggal | efisiensi tiap kumulatif /jam(%) |       |       |
|----------|-----|--------------|------------|---------------|------------------|----------------------------------|-------|-------|
|          |     |              |            |               |                  | 1                                | 2     | 3     |
| 60       | 10  | 2.97         | 36,000     | 106,920       | 648.5            | 99.40                            | 99.70 | 99.80 |
| 60       | 14  | 2.97         | 50,400     | 149,688       | 648.5            | 99.57                            | 99.78 | 99.86 |
| 60       | 17  | 2.97         | 61,200     | 181,764       | 648.5            | 99.64                            | 99.82 | 99.88 |

Analisis:

Kecepatan putar cetakan merupakan parameter utama untuk menentukan kecepatan produksi dan proses pengisian material dengan baik.

*Flashing* yang terjadi menunjukkan ketidakrapatan mekanisme penekanan riser. Sistem kerapatan harus diperhatikan dengan baik agar cetakan dan pendingin benar-benar rapat.

Dari data massa jenis rata-rata maka dapat diketahui bahwa dengan kecepatan putar 10 rpm menunjukkan bahwa material terisi dengan lebih baik ke dalam *cavity*.

#### 4. Kesimpulan dan saran

##### Kesimpulan

Pengecoran gravitasi terbalik telah menunjukkan performa yang baik dalam menghasilkan efisiensi produktivitas yang tinggi. Dari hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan linier produk akan menghasilkan yang semakin tinggi. Secara metalurgis, produk yang dihasilkan juga baik dan tidak terkontaminasi oleh adanya inklusi unsur lain dari sistem mekanis cetakan. Kecepatan linier cetakan yang terbaik untuk menghasilkan benda cor berdasarkan hasil pengujian adalah 147 mm/s. Temperatur cawan yang optimal adalah 330°C dan temperatur cairan adalah 350°C. Tinggi minimum material dalam saluran masuk adalah 4 cm agar memastikan material terisi dengan sempurna di dalam *cavity*.

#### **Saran**

1. Kerapatan cetakan dengan pendingin harus betul-betul diperhatikan untuk menghindari terjadinya kebocoran.
2. Dalam proses penuangan, ketika cairan mencapai level terendah harus segera dituang kembali agar menjaga tekanan cairan tetap konstan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Wlodawer, *Gelenkte Erstarrung Von Gusseisen*, Giessereiverlag GmbH, Germany, 1978
2. Dipl. Ing. L. Wenk, *Moeglichkeiten der Giessanordnung und ihre gestalten*, VDG weiterbildung, 1989.
3. C. Schottek, *Einsatz des Sherer Mini Speisers bei Gusseisen mit lamellen – und Kugelgrafit*, VDG weiterbildung, 1989.
4. Purwadi, W., Ruswandi, A., dan Solihin, M. Agus *Perancangan Mesin Cetak Tin Half Ball Dengan Metode Carousell Untuk Meningkatkan Yield Produk*, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung, 2011.
5. Juan, C. Heinrich, dan David, R. Poirier, *Convection Modelling in directional solidification*, elsevier SAS, 2004.
6. Groover, Mikell P., *Fundamentals of modern manufacturing*, 3<sup>rd</sup> ed. Jhon Wiley & sons, Lehigh University, 1999.
7. <http://www.industrialmetalcasting.com>