

## ANALISIS STRUKTURMIKRO DAN KEKERASAN *FLENS* MOTOR SUNGAI YANG DIBUAT DENGAN COR CARA PERAH

Sulistioso Giat S. dan Wagiyo H

Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN  
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang

### ABSTRAK

**ANALISIS STRUKTURMIKRO DAN KEKERASAN *FLENS* MOTOR SUNGAI YANG DIBUAT DENGAN COR CARA PERAH.** Telah dibuat *flens* motor sungai dengan cor cara perah. Komposisi paduan adalah hipereutektik AlSi. *Punch* dari cetakan dibuat tirus, agar di bagian tengah *flens* mendapat tekanan yang lebih besar, karena bagian tersebut merupakan area yang paling berpotensi untuk aus, akibat gesekan dengan poros. Dari hasil pengamatan strukturmikro dengan mikroskop optik didapat morfologi bagian permukaan tengah mempunyai struktur yang paling halus, dibandingkan strukturmikro sisi luar di bagian tengah dari *flens*, karena bagian tersebut sudah membeku sebelum efek tekanan bekerja. Demikian juga hasil uji kekerasan, di bagian tengah mempunyai kekerasan yang paling besar yaitu 94 VHN, sedangkan di sisi luar bagian tengah *flens* hanya 81 VHN. Sedangkan kekerasan *flens* hasil cor dengan cetakan pasir adalah 51,23 VHN.

**Kata kunci :** Flens motor, cor cara perah, strukturmikro, hipereutektik AlSi

### ABSTRACT

**HARDNESS AND MICROSTRUCTURE ANALYSIS OF SQUEEZE CASTING SYNTHESIZED RIVER MOTOR FLENS.** Synthesize of a river motor flense by squeeze casting method have been done. The composition of the alloy is hypereutectic AlSi. The punch of the dice is designed to be conical in order to obtain higher pressure on the central part of the flense, since this part has the highest potential to be worn-out caused by friction with the shaft. The result obtained from microstructure observation using optical microscope shows that the surface of the central part has finest structure, compare to outer part of the flense, since this part already solidified before applying working pressure. The result from hardness test shows that the central part of the flense found to has highest hardness of 94 VHN, while the outer part has the hardness of 81 VHN. The hardness of the flense resulted from sand casting is 51,23 VHN.

**Key words :** Motor flense, squeeze casting, microstructure, hypereutectic AlSi

### PENDAHULUAN

Dewasa ini angkutan sungai dengan menggunakan perahu motor masih memegang peranan penting, terutama bagi daerah yang berada dipinggir sungai dan daerah-daerah yang transportasi daratnya tidak lancar. Pada umumnya berupa perahu yang dilengkapi dengan motor bakar. Daya dan putaran motor ditransmisikan melalui poros yang akan memutar propeler yang terendam dalam air. Salah satu penunjang sistem transmisi tersebut adalah komponen flens yang terbuat dari paduan aluminium[1].

Pada industri otomotif penggunaan aluminium banyak diproses dengan menggunakan teknik pengecoran. Proses pengecoran logam merupakan proses produksi yang utama dalam industri otomotif, karena proses ini mempunyai kelebihan dibanding produksi lainnya. Terutama karena pengecoran mampu membuat bentuk-bentuk yang rumit dengan peralatan dan biaya yang relatif murah serta waktu yang singkat.

Selain itu dapat dibuat paduan material yang strukturmikronya sesuai dengan karakteristik material yang diinginkan. Sekitar 86 % jumlah aluminium pada otomotif dibuat dengan menggunakan teknik cor [2]. Bahan yang banyak digunakan pada industri otomotif berupa paduan AlSi. Paduan ini mempunyai kemampuan cor yang baik dan umumnya mempunyai dimensi yang stabil terhadap perubahan suhu. Salah satu komponen dibidang otomotif yang menggunakan paduan AlSi yaitu *flens*. Mutu hasil cor yang baik tidak hanya ditentukan dengan strukturmikro yang halus dan homogen tetapi juga dengan kekuatan dan kekerasan yang baik [3].

Ada beberapa kelebihan metode pengecoran cara perah dibandingkan dengan metode pengecoran pada umumnya yaitu mampu menghasilkan produk cor dengan bentuk yang lebih kompleks dibandingkan dengan cara pengecoran konvensional dan *forging*. Dapat menggunakan paduan kasar (*wrought alloys*) dan

paduan cor (*casting alloys*), mampu mengeliminasi cacat yang disebabkan oleh penyusutan (*shrinkage*) dan porositas, dan tekanan yang diperlukan relatif kecil dibandingkan proses penempaan untuk produk yang sama. Sedangkan kelemahannya dibandingkan cor pasir adalah, umur pakai cetakan relatif lebih singkat dibandingkan umur pakai cetakan pada *pressure die casting*, mempunyai keterbatasan kompleksitas bentuk benda cor dibanding *pressure die casting* dan biaya investasi lebih mahal dibanding *pressure die casting*, tetapi lebih murah jika dibandingkan dengan proses tempa.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dari *flens* yang dibuat dengan metode cor cara perah (*squeeze casting*), sementara saat ini masih digunakan, hasil cor dengan pasir (*sand casting*). Sedang bahan baku yang digunakan berasal dari *flens* hasil cor pasir yang didaur ulang. Hasil pengecoran cara perah ini diharapkan mempunyai porositas lebih sedikit dan kekerasannya lebih tinggi dan mempunyai strukturmikro yang halus serta homogen. Pada umumnya produksi pengecoran logam di industri dilakukan dengan pengecoran cetakan pasir, sehingga berakibat pada porositas yang tinggi, strukturmikronya yang tidak homogen dan densitas yang rendah. Didalam penelitian ini juga akan dilakukan karakterisasi kekerasan, analisis komposisi dan strukturmikro pada paduan *flens* hasil cor cara perah, khususnya pada komponen *flens* (*flange bearing*), yang mampu mengakomodir beban aksial maupun radial yang berupa beban gesek dan tekanan bidang, beban-beban ini yang menyebabkan keausan[4].

Pada penelitian yang terdahulu [5] sampel dibuat dari paduan Al-Si, berbentuk 2 buah silinder bertumpuk dengan dimensi diameter silinder bagian bawah 20mm, tebal 10mm, dan silinder bagian atas 14mm, tebal 10mm dan pada penelitian untuk optimalisasi proses cor perah, sampel diambil dari piston[6]. Sedangkan pada penelitian ini sampel dibuat dari *flens* yang ada dipasaran dan di cor lagi dengan bentuk dan dimensi yang sama dengan flens sebelum di cor.

## METODE PERCOBAAN

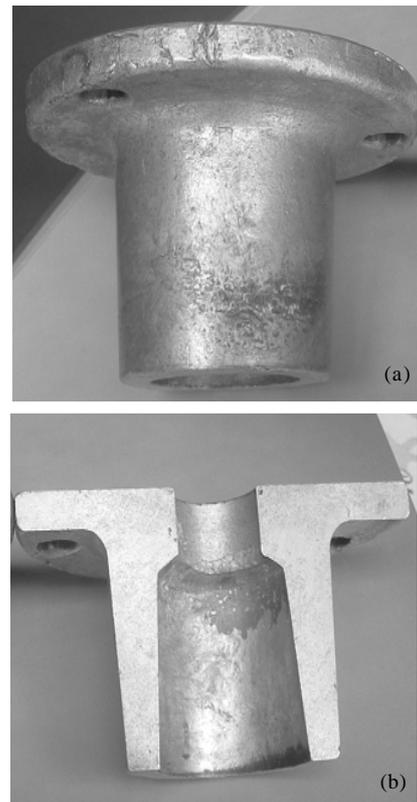
Flens motor sungai yang banyak digunakan di sungai Musi, dilebur kembali dengan tungku pada suhu 950 °C, bersamaan dengan peleburan dilakukan juga pemanasan cetakan dengan tungku yang lain pada suhu 200 °C, dengan maksud agar perbedaan suhu antara sampel yang masih mencair dengan cetakan tidak terlalu besar, sehingga sampel tidak langsung membeku, dan tekanan yang diberikan di bagian atas sampel masih dalam keadaan setengah cair. Setelah sampel semua cair, cetakan diletakkan diatas mesin hidrolik selanjutnya sampel dituang dan saat sampel akan membeku dilakukan penekanan, setelah seluruh sampel membeku, tekanan dilepas, kemudian sampel yang sudah membentuk flens dilepas dari cetakan dan dipotong-potong sesuai dengan

posisi yang akan diuji keras, dan diamati strukturmikronya. Selain itu juga dilakukan uji komposisi. Uji keras menggunakan alat *Vickers hardness*, pengamatan strukturmikro menggunakan mikroskop optic Nikon Opticshot 35mm, dilakukan di P3IB – BATAN Serpong. Uji komposisi menggunakan metode *spark*, uji ini dilakukan di Laboratorium Metalurgi P2M – LIPI , Serpong.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Strukturmakro dan Strukturmikro

Hasil pengecoran cara perah berupa flens seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Dari Gambar 1a kelihatan flens yang masih utuh, *soundness* (tampak kasat mata), kelihatan masih kurang bagus kelihatan bintik-bintik hitam hal ini disebabkan oleh *slag* yang kurang bersih waktu mengambilnya, meskipun tidak banyak berpengaruh pada strukturmikro yang di tengah akan tetapi akan mengurangi kualitas penampilannya.



Gambar 1. Strukturmakro dari flens perahu motor

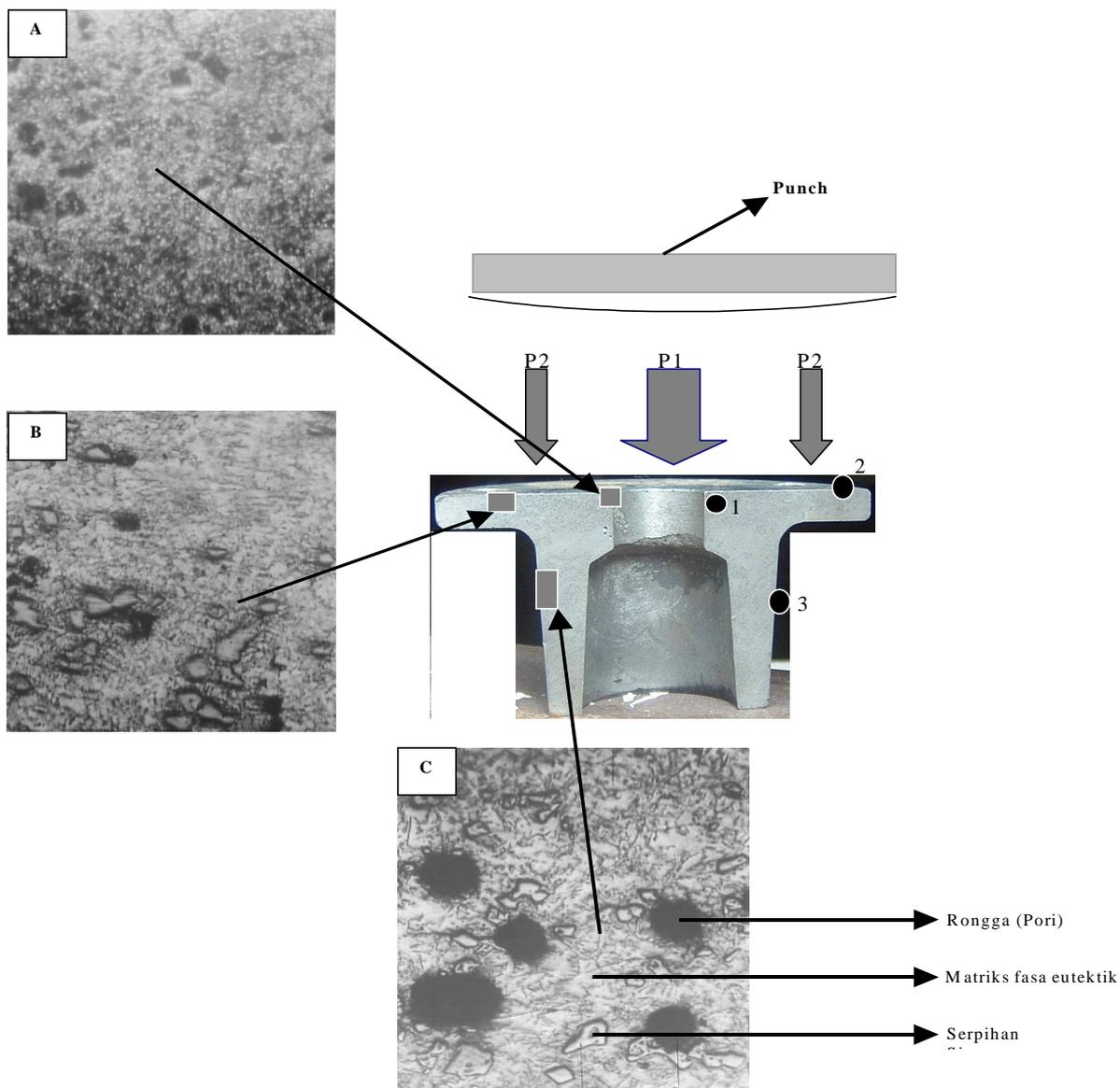
Sedang Gambar 1b merupakan tampang lintang/ sudah dibelah untuk dikarakterisasi. Strukturmikro dari tampang lintang flens yang diambil untuk beberapa tempat seperti ditunjukkan Gambar 2. Dari Gambar 2 kelihatan perbedaan strukturmikro dari ketiga bagian sesuai dengan posisi yang diambil. Gambar 2a. menunjukkan strukturmikro sampel flens di bagian atas tengah, pada gambar tersebut tampak serpihan Si

berbentuk pelat kecil dan tersebar secara merata, juga terlihat adanya pola dendritik yang acak dan tersebar secara merata, ini menunjukkan struktur cor. Meskipun tersebar merata, polanya masih belum teratur dan tidak tampak adanya pori. Struktur mikro tersebut terjadi karena adanya tekanan yang lebih besar dibandingkan tekanan di bagian lain dari sampel disebabkan bentuk tirus dari *punch*, pola struktur mikro seperti ini yang memberikan nilai kekerasan yang tinggi dan baik untuk menahan gesekan, sehingga flens lebih tahan terhadap keausan.

Pada Gambar 2b terlihat bentuk Si yang berupa pelat atau jarum serta tumbuh pada jarak tertentu dan tidak rapat. Bentuk Si ini terjadi karena pendinginan yang lambat sehingga Si berbentuk kasar dan menimbulkan sifat mekanis yang kurang baik, tekanan yang diterima pada bagian ini dari

*punch* lebih kecil dibandingkan bagian tengah, sehingga tampak serpihan Si lebih besar dibandingkan bagian tengah, tapi tidak tampak adanya pori dan nilai kekerasannya tidak berbeda dengan bagian tengah karena efek tekanan dari *punch* masih efektif.

Sedangkan pada Gambar 3c terdapat banyak pori yakni berupa lubang-lubang. Cacat berbentuk lubang ini sebagian besar diakibatkan oleh adanya gas hidrogen yang terperangkap sewaktu pembekuan logam. Cacat ini tidak dapat dihilangkan, tapi dapat dikurangi dengan jalan menjaga agar suhu *dies* di bagian tidak jauh berbeda dengan sampel cair yang dituang kedalam cetakan, sehingga sampel cair tidak cepat membeku, dengan demikian tekanan yang diberikan oleh *punch* akan efektif di bagian ini. Struktur mikro seperti ini dan pori yang banyak mengakibatkan penurunan kekerasan.



Gambar 2. Peta struktur mikro dari flens hasil cor perah

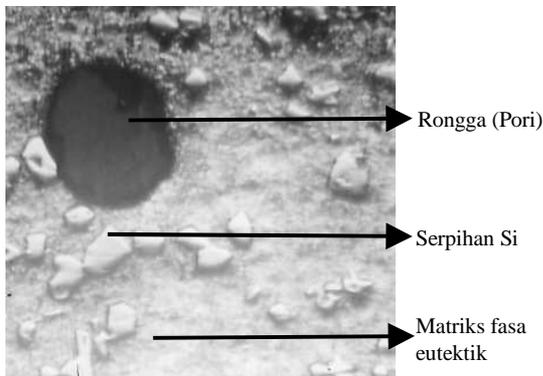
Mekanisme kekerasan yang terjadi pada paduan AlSi adalah penguatan fasa kedua, yang mana partikel Si tersebar merata pada matriks fasa eutektik, dan menjadi penghalang bagi gerakan dislokasi. Semakin kecil ukuran partikel Si yang terdistribusi maka keberadaan partikel Si akan semakin efektif untuk menahan gerakan dislokasi, dan paduan AlSi akan semakin keras.

Tabel berikut adalah kekerasan sampel hasil cor perah pada beberapa posisi, dengan mengacu pada Gambar 2.

Tabel 1. Kekerasan sampel pada beberapa posisi

| POSISI  | KEKERASAN (VHN) |
|---------|-----------------|
| Titik 1 | 93,8            |
| Titik 2 | 94              |
| Titik 3 | 83              |

Pola strukturmikro pada Gambar 3 menunjukkan serpihan Si yang besar-besar serta tersebar tidak merata atau mengelompok pada suatu tempat saja, juga tampak adanya pori yang besar hal ini disebabkan karena sampel membeku tanpa adanya tekanan.



Gambar 3. Strukturmikro dari flens hasil cor cetakan pasir

Keberadaan serpihan Si dalam komponen flens akan menambah kekerasan pada paduan flens tapi karena ukurannya besar dan tidak terdistribusi dengan merata maka tidak memberikan kontribusi kekerasan pada sampel. Dari foto strukturmikro hasil cor cara perah dengan hasil cor dengan cetakan pasir tampak perbedaan khususnya pada bagian tengah atas. Perbedaan tersebut terutama dari porositas yang terjadi dan bentuk serpihan Si. Disini pada bagian tengah atas hasil cor cara perah porositas banyak terjadi dan serpihan Si berbentuk pelat kecil-kecil. Sedangkan pada hasil cor biasa, porositas yang terjadi banyak dan besar, serta serpihan Si berbentuk pelat yang besar-besar.

### Analisis Komposisi

Hasil analisis komposisi pada flens dengan cara cor perah diperlihatkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Komposisi kimia flens hasil cor perah

| Unsur   | Al   | Si   | Zn   | Cu   | Fe   | Mg   |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| % berat | 66,8 | 20,9 | 10,6 | 0,67 | 0,66 | 0,15 |

Dari hasil uji komposisi didapat unsur terbanyak setelah aluminium adalah unsur silikon. Sehingga dapat dikatakan bahwa jenis paduannya adalah paduan aluminium-silikon. Melihat jumlah kandungan unsur silikon dalam paduan ini maka jenis paduan ini termasuk paduan AlSi hipereutektik. Pada komponen flens ini, kandungan silikon yang terdapat pada paduan AlSi yaitu sekitar 20%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa jenis material paduan yang dipakai untuk komponen flens ini jika ditinjau dari jumlah kandungan unsur silikonnya sudah sesuai untuk pemakaian dengan kondisi beban seperti diatas. Silikon yang sangat keras dan getas terdistribusi pada matriks aluminium yang memiliki sifat lunak dan ulet memungkinkan adanya sifat tahan aus yang baik pada paduan aluminium-silikon, adapun keberadaan unsur paduan lainnya juga berpengaruh terhadap sifat paduan secara umum.

Tembaga (Cu) dalam paduan aluminium-silikon membentuk senyawa  $AlCu_2$  dengan komposisi 0,67% dapat meningkatkan kekuatan walaupun sedikit. Dipihak lain juga dapat mengurangi sifat kegetasan dan daya tahan korosi. Besi (Fe) dalam paduan aluminium-silikon dengan kandungan 0,66% akan membentuk  $Al_6Fe$  dan  $FeAl_3$ . Penambahan unsur Fe pada pengecoran yang menggunakan *die* diperlukan untuk mengurangi lengketnya produk cor dengan *die*. Magnesium (Mg) dalam paduan aluminium-silikon dapat membentuk senyawa  $Mg_2Si$  dengan komposisi 0,15% dapat memberikan perbaikan pada kekuatan paduan.

### Analisis Kekerasan

Merujuk pada Gambar 3, ditampilkan distribusi kekerasan pada tiga titik (potongan) yaitu potongan 1 (bagian tengah dari permukaan), potongan 2 (bagian luar dari permukaan) dan potongan 3 (bagian luar tengah). Nilai kekerasan dari ketiga potongan tersebut ditampilkan pada Tabel 1. Potongan 1 dan potongan 2 memiliki nilai kekerasan yang hampir sama yaitu sekitar 93,8 VHN sampai dengan 94 VHN. Hal ini disebabkan karena adanya pemberian tekanan sebesar 10 Mpa pada saat pencetakan sampel. Tekanan yang tidak rata (tekanan P2 lebih besar dibandingkan P dan P1) saat proses pembentukan akan memberikan nilai kekerasan yang tidak sama pada daerah yang lain.

Sehingga nilai kekerasan pada potongan 1 dan potongan 2 lebih tinggi dibandingkan potongan yang lainnya. Dengan kata lain, kedua bagian ini mempunyai kekerasan yang relatif tinggi. Adapun potongan 3 (bagian luar bawah) memiliki nilai kekerasan yang lebih rendah yaitu sekitar 81 kg/mm<sup>2</sup>. Hal ini terjadi karena potongan 3 terletak dibagian yang langsung berhubungan dengan *dies*, sehingga ketika cairan sampel dituang ke dalam cetakan (*dies*) potongan 3 membeku lebih cepat dengan demikian tekanan yang diberikan di bagian atas flens menjadi tidak efektif lagi di bagian ini, jika dibandingkan dengan kekerasan rata-rata dari flens hasil cor cara perah, kekerasan cor biasa memiliki perbedaan nilai kekerasan yang signifikan.

Pada hasil cor biasa, nilai kekerasannya yaitu 51,32 kg/mm<sup>2</sup>, nilai kekerasan ini homogen untuk semua bagian, karena pada proses cor cetakan pasir semua bagian membeku secara bersamaan, tanpa ada tekanan, sehingga nilai kekerasannya lebih rendah dibandingkan nilai kekerasan hasil cor perah. Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini adalah membuat lubang poros flens menjadi lebih kuat, sehingga tahan terhadap gesekan sehingga mempunyai umur pakai yang lebih panjang.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekerasan hasil cor cara perah lebih tinggi daripada hasil cor dengan cetakan pasir dengan nilai kekerasan hasil cor cara perah berkisar antara 81VHN sampai dengan 94 VHN dan kekerasan hasil cor biasa yaitu 51,37 VHN.
2. Strukturmikro hasil cor biasa terlihat banyak porositas dibandingkan hasil cor cara perah. Dari hasil serpihan Si didapat pada hasil cor cara perah memiliki serpihan Si berbentuk pelat kecil-kecil sedangkan hasil cor biasa memiliki serpihan Si berbentuk pelat dengan ukuran besar-besar.

## DAFTARACUAN

- [1]. ALTENPOHL, D., *Aluminium Viewed From Within : An Introduction Into The Metallurgy of Aluminium Fabrication*, 1<sup>st</sup> Edition. (1981)
- [2]. DUNLOP.G.L., *Materials Research 96*, IMEA Conference, Vol. III. (1996)
- [3]. D.N. ADNYANA., *Logam dan Paduan*, Jakarta, (1985)
- [4]. BEELEY, P.R., *Foundry Technology*, Butterworth Scientific, London, (1982)
- [5]. SULISTIOSO GS, M.DANI, WAGIYO, ELMAN P, SUNARDI dan FIRDAUS, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **4** (1), (2002) 26-29

- [6]. MOHAMMAD DANI, SULISTIOSO G.S, PARIKIN, .DUSKIARDI dan EDI SIRADJ, Optimalisasi parameter Proses Produk Coran AlSi dengan Teknik Squeeze Casting, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Iptek Bahan*, (2002) 94 - 98
- [7]. TUCKER, R.C., JR, *Wear Failure*, Metal Handbook Vol. 11, (1994)
- [8]. ROY A LINDBERG, *Processes and Materials Research of Manufacture*, Prentice Hall of India, New Delhi, (1982)
- [9]. FIRDAUS, Perancangan Proses Squeeze Casting untuk pengembangan Flens Motor Sungai, *Tesis Program Studi Teknik Mesin*, Fakultas Teknik UI, (2001)
- [10]. SCHMIDT and DAVIDSON, C. J, *Material Research 96*, IMMA Conference, Vol. III, Canada, (1996)
- [11]. N.L.M. VELDMAN, A.K. DAHLE, dan D.H. ST. JOHN, *Materials 98*, IMEA Conference, Vol.1, (1998)
- [12]. SZERI, A.Z., *Tribology : Friction, Lubrication and Wear*, Mc.Graw Hill Co., (1988)
- [13]. HU, B.H., NIU, X.P., et, Al., *Journal of Processing and Fabrication of Advanced Materials VI : Squeeze Casting of Al-Si-Cu-Fe-Mn-Mg Alloys*, **1**, (1998)
- [14]. YUE, T.M., CHADWICK, G.A., *Journal of Material Processing Technology*, (1996)
- [15]. PAULUS WONGSO, Pengaruh Waktu Peleburan Terhadap Porositas Gas Aluminium Tuang Dengan Menggunakan Dapur Cruss, *Skripsi* (1987)
- [16]. EL. MAHALLAWY N.A., TAHA M.A. and M. LOTFI ZAMZAM, *Journal of Materials Processing Technology* **40**, (1994)
- [17]. DUSKIARDI 2001, Pengaruh Parameter Proses Terhadap Sifat Mekanik dan Strukturmikro Produk Squeeze Casting, *Tesis Program Studi Teknik Mesin, Fak. Teknik - UI*, (2001)