

## Analisa perpindahan panas pada *dies squeeze casting*

Mafruddin<sup>1\*</sup>, M. Nur Iskandar<sup>2</sup>, Dwi Irawan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro  
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

\*Corresponding author: [mafruddin.mawon@yahoo.com](mailto:mafruddin.mawon@yahoo.com)

### Abstract

*The squeeze casting process is a metal casting process that requires a tool called die. The die is a component that determines casting performance. Based on this, it is necessary to do a performance analysis (thermal) on squeeze casting to determine components performance. This study aims to determine the performance of the die in squeeze casting which requires the allocation of heat that occurs and thermal efficiency die. This research was conducted with a real experimental method with variations in testing at temperatures of 100°C, 200°C, 300°C, and 400°C using Magnesium AZ31 material and combined with aluminum. From the results of research published on the biggest thermal heater that is at a temperature of 400° C of 970.68 W with a thermal efficiency of 18%. While the heat that occurs at a temperature of 100°C is 489.25 W and thermal efficiency is 9%, at a temperature of 200°C is 806.28 W and thermal efficiency is 15% and at a temperature of 300°C is 864.98 W and thermal efficiency is 16%.*

**Keywords:** Temperature, die, squeeze casting performance.

### Abstrak

Proses pengecoran *squeeze* merupakan proses pengecoran logam yang memerlukan suatu alat yang disebut dengan *squeeze casting*. *Die* pada *squeeze casting* merupakan komponen yang menentukan kinerja dari *squeeze casting*. Untuk itu perlu dilakukan analisa kinerja (thermal) *die* pada *squeeze casting* untuk mengetahui kinerja dari komponen tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari *die* pada *squeeze casting* yang diukur dari besarnya perpindahan panas yang terjadi dan efisiensi thermal *die*. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen nyata dengan variasi pengujian pada temperatur 100°C, 200°C, 300°C dan 400°C menggunakan material Magnesium AZ31 dan dipadukan dengan aluminium. Dari hasil penelitian diketahui bahwa perpindahan panas pada *heater* ke bahan yang paling besar yaitu pada temperatur 400°C sebesar 970.68 W dengan efisiensi thermal *die* yaitu 18%. Sedangkan perpindahan panas yang terjadi pada temperatur 100°C yaitu 489,25 W dan efisiensi thermal *die* yaitu 9%, pada temperatur 200°C yaitu 806,28 W dan efisiensi thermal *die* yaitu 15% dan pada temperatur 300°C yaitu 864,98 W dan efisiensi thermal yaitu 16%.

**Kata kunci:** Temperatur, *die*, kinerja *squeeze casting*.

### Pendahuluan

Proses pengecoran *squeeze* merupakan suatu proses pengecoran dimana logam cair dibekukan menggunakan tekanan yang tinggi dalam cetakan logam [1]. Proses pengecoran *squeeze* mampu meningkatkan sifat fisis dan mekanis terutama pada material dengan paduan dasar Aluminium dan

Magnesium [2]. Pada proses pengecoran *squeeze* hasil dari proses pengecoran dipengaruhi oleh komposisi bahan, semakin banyak penambahan unsur Magnesium pada Aluminium maka nilai kekerasan juga semakin meningkat [3].

Untuk melakukan proses pengecoran *squeeze* diperlukan suatu alat yang biasa disebut dengan *squeeze casting*. *squeeze casting* memiliki komponen utama

yaitu *diess* atau cetakan. Di dalam *diess* terdapat komponen pemanas atau *heater* yang digunakan untuk memanaskan bahan sampai pada temperatur *semi solid* (untuk material tertentu) atau pada temperatur diatas 400°C. Selain pemanas, komponen *diess* pada *squeeze casting* yaitu isolator dan penutup. Isolator biasanya terbuat dari pahan dengan nilai konduktifitas termak yang rendah dan berfungsi untuk mengurangi perpindahan panas dari *heater* kelingkungan. Kinerja dari *diess* pada *squeeze casting* dipengaruhi oleh perpindahan panas yang terjadi pada *heater* ke bahan dan panas yang terbuang ke lingkungan.

Perpindahan panas dari *heater* kelingkungan merupakan kerugian panas yang terjadi pada proses pengecoran logam. *Diess* pada *squeeze casting* merupakan komponen yang menentukan kinerja dari *squeeze casting*. Semakin besar panas yang terbuang maka semakin rendah kinerja dari *diess squeeze casting*. Untuk itu perlu dilakukan analisa kinerja (thermal) *diess* pada *squeeze casting* untuk mengetahui kinerja dari alat *diess* pada *squeeze casting* tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari *diess* pada *squeeze casting* yang diukur dari besarnya perpindahan panas yang terjadi dan efisiensi thermal *diess*. Dari hasil analisa nantinya dapat digunakan sebagai acuan untuk memperbaiki dan meningkatkan kinerja dari *diess* pada *squeeze casting*.

## Tinjauan Pustaka

Pengecoran logam merupakan suatu proses pembuatan benda dengan metode mencairkan logam dan menuangkannya kedalam rongga cetakan. Pengecoran logam dapat dilakukan dengan berbagai macam bahan baku logam seperti besi, baja paduan tembaga dan lain-lain.

Proses *squeeze casting* atau yang biasa disebut dengan penempaan logam cair (*liquid metal forging*) adalah suatu proses yang mengkombinasikan keuntungan atau kelebihan dari proses

*forging* dan *casting*. Perlengkapan proses *squeeze casting* meliputi: *punch*, dan ejector pin (*direct*) serta *die*, *cavity*, *pouring hole*, *injection chamber plunger* dan *gating system* (*indirect*). Pada *squeeze casting* akan terjadi kontak logam cair dengan permukaan *die* yang memungkinkan terjadinya perpindahan panas atau *heat transfer* yang cukup cepat, sehingga menghasilkan struktur mikro yang homogen dengan sifat mekanik yang baik serta produk mendekati ukuran yang sebenarnya (*near-netshape*). Penelitian pertama tentang pengaruh tekanan terhadap perilaku logam cair (Al-Si) selama proses pendinginan dilakukan oleh Welter pada tahun 1931 [1].

Pada sistem pengecoran istilah pengecoran *semi solid* adalah proses pengecoran bahan logam dimana dalam proses tersebut material berada pada kondisi fasa cair dan padat atau yang biasa disebut fasa *semi solid*. Proses pengecoran *semi solid* mempunyai kelebihan seperti kecepatan proses produksinya yang tinggi dan cacat porositas yang cenderung lebih rendah. Kondisi *semi solid* pada proses pengecoran ini diperoleh dengan melakukan proses memanaskan diatas temperatur *solid*. Pada pengecoran *semi solid* ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil dari proses pengecoran itu sendiri, diantaranya yaitu temperatur tuang sangat berpengaruh terhadap struktur mikro serta kekerasan. Penurunan temperatur dapat menyebabkan kenaikan nilai kekerasan [4]. Material Magnesium dan paduannya memiliki potensi besar dalam industri dalam hal proses *semi solid* [5]. Hasil pengecoran *squeeze* pada material paduan aluminium dan Magnesium mampu meningkatkan sifat fisik dan mekanisnya [6].

Perpindahan kalor pada *heat exchanger* dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari suatu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan suhu atau temperatur pada daerah tersebut. Macam-

macam proses perpindahan kalor yaitu perpindahan panas konduksi dan perpindahan panas konveksi serta radiasi [7]. Untuk silinder yang panjangnya melebihi diameternya dapat diasumsikan bahwa aliran kalor berlangsung menurut arah radial, sehingga koordinat ruang yang kita perlukan untuk menentukan sistem ini hanyalah jari-jari. Luas bidang aliran kalor dalam sistem silinder ini yaitu

$$A_r = 2 \pi r L \quad (1)$$

Sehingga perpindahan panas pada silinder yaitu

$$Q_r = -k A_r \frac{\partial T}{\partial r} \quad (2)$$

dimana:

- $Q_r$  = Perpindahan panas (W)
  - $k$  = Konduktivitas thermal (W/m °C)
  - $A_r$  = Luas penampang silinder (m<sup>2</sup>)
  - $\frac{\partial T}{\partial r}$  = Gradient temperatur (°C)
  - $r$  = Jari-jari silinder (m)
  - $L$  = Panjang silinder (m)
- Dan tahanan thermal pada silinder

adalah :

$$R_{th} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 \pi k L} \quad (3)$$

Dimana :

- $R_{th}$  = Tahanan thermal (°C /W)
- $r_1$  = Jari – jari lingkaran dalam (m)
- $r_2$  = Jari – jari lingkaran luar (m)
- $k$  = Konduktivitas thermal (W/m °C)
- $L$  = Panjang silinder (m)

Sehingga penyelesaian perpindahan panas untuk silinder atau pada heater ke bahan yaitu sebagai berikut :

$$Q = \frac{\Delta T}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{2 \pi k L}} \quad (4)$$

Dimana :

- $Q$  = Perpindahan panas silinder (W)
- $\Delta T$  = Perbedaan tempertur (°C)
- $r_1$  = Jari – jari dalam (m)
- $r_2$  = Jari – jari luar (m)
- $k$  = Konduktivitas thermal (W/m °C)
- $L$  = Panjang silinder (m)

## Metode Penelitian

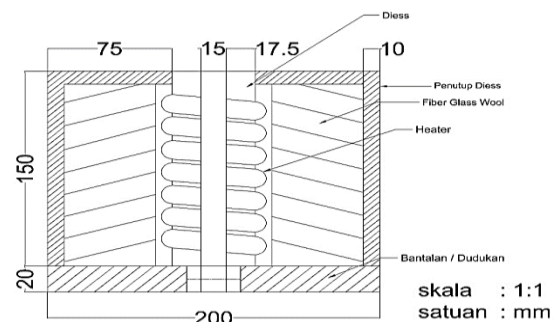
Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen nyata (*true experimental research*) dengan variasi pengujian pada temperatur 100°C, 200°C, 300°C dan 400°C dengan material pengujian menggunakan material Magnesium AZ31 dan dipadukan dengan alumunium. Metode penelitian meliputi tahap persiapan, pembuatan alat, sampai dengan mengujian *diess squeeze casting*.

Adapun spesifikasi *diess* pada alat *squeeze casting* yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter *diess squeeze casting*

No.	Bahan	Jenis Bahan
1.	<i>Diess</i> (cetakan)	Menggunakan bahan <i>Stenless Steel</i> 316
2.	<i>Semi solid</i> (pemanas)	Turbuler spiral (in coloi)
3.	Dudukan	Menggunakan baja karbon rendah
4.	Penutup	Menggunakan bahan <i>Stenless Steel</i>
5.	Fiber glass wool	Paper caskets insulation

Spesifikasi *diess casting* pada alat *squeeze casting* yaitu seperti pada Gambar 1.

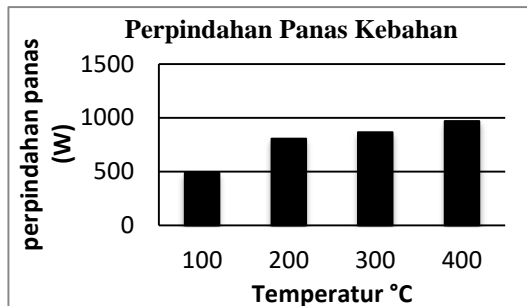


Gambar 1. *Diess squeeze casting*

Pengujian dilakukan dengan melakukan pemanasan pada material uji selama 15 menit pengujian, yang kemudian dilakukan pengambilan data berupa temperatur pada material uji, temperatur heater, temperatur isolator dan temperatur penutup.

## Hasil dan Pembahasan

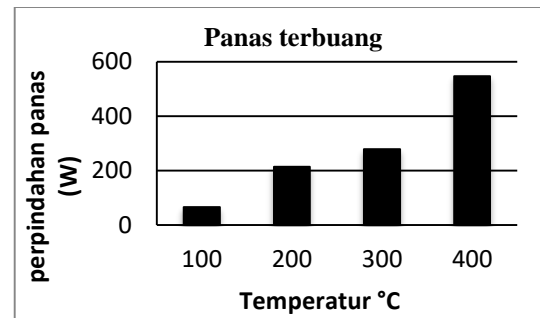
Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan perpindahan panas yang terjadi dari *heater* ke bahan diperoleh data sebagai berikut.



Gambar 2. Perpindahan panas dari *heater* ke bahan

Berdasarkan Gambar 2, perpindahan panas dari *heater* ke bahan dapat diketahui besarnya perpindahan panas yang terjadi dari *heater* ke bahan pada masing-masing temperatur. Perpindahan panas yang terjadi pada temperatur 100°C yaitu 489,25 W, pada temperatur 200°C yaitu 806,28 W, pada temperatur 300°C yaitu 864,98 W dan pada temperatur 400°C yaitu 970,68 W. Fenomena yang terjadi yaitu semakin besar temperatur pada pemanas (*heater*) maka semakin besar perpindahan panas yang terjadi dari pemanas ke bahan uji. Perpindahan panas yang terjadi dari pemanas (*heater*) ke bahan dipengaruhi oleh perbedaan temperatur pada pemanas dan jenis bahan yang digunakan sebagai *diess*, sehingga semakin besar perbedaan temperatur maka perpindahan panas juga akan semakin besar. Selain itu, penggunaan bahan *diess* dengan konduktivitas yang tinggi juga akan meningkatkan perpindahan panas yang terjadi dari *heater* ke bahan.

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diperoleh besarnya panas yang terbuang melalui dinding luar dan penutup pada bagian atas *diess* atau cetakan yaitu sebagai berikut.



Gambar 3. Panas yang terbuang

Perpindahan panas yang terjadi pada *diess* tidak hanya perpindahan panas dari *heater* atau pemanas ke bahan, tetapi juga terjadi perpindahan panas dari *heater* ke dinding luar dan penutup pada bagian atas *diess*.

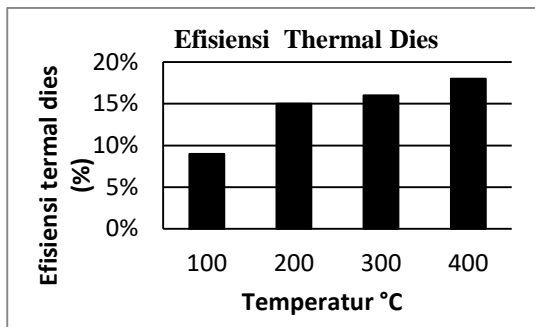
Berdasarkan Gambar 3, panas yang terbuang melalui dinding dan penutup dapat diketahui besarnya perpindahan panas yang terjadi pada *heater* ke dinding luar dan penutup (panas yang terbuang). Panas yang terbuang pada temperatur 100°C yaitu 66,54 W, pada temperatur 200°C yaitu 214,22 W, pada temperatur 300°C yaitu 278,29 W dan pada temperatur 400°C yaitu 546,85 W. Sama halnya dengan perpindahan panas dari *heater* ke bahan, perpindahan panas yang terjadi pada *heater* ke dinding luar dan penutup juga terjadi fenomena semakin besar temperatur pemanas maka semakin besar perpindahan panas yang terjadi.

Perpindahan panas yang terjadi dari *heater* ke dinding luar dan penutup dipengaruhi oleh perbedaan temperatur antara *heater* dan temperatur dinding bagian luar dan temperatur penutup, jenis bahan yang digunakan serta diameter *diess* dan penutup. Pada temperatur 400°C terjadi panas yang terbuang tertinggi. Hal ini disebabkan perbedaan temperatur antara *heater* dengan dinding luar dan penutup serta temperatur lingkungan yang tinggi sehingga mempengaruhi perpindahan panas yang terjadi.

Perpindahan panas dari *heater* ke dinding luar *diess* juga dipengaruhi oleh bahan isolator yang digunakan. Pada penelitian ini bahan isolator menggunakan *fiber glass wool* yang memiliki nilai

konduktifitas yang rendah, sehingga besarnya panas yang terbuang disebabkan oleh perbandingan antara diameter *heater* dan diameter dinding luar serta ketebalan lapisan isolator.

Pada penelitian ini menggunakan pemanas listrik, dimana daya listrik untuk pemanas yaitu 5250 Watt. Dari hasil perhitungan diperoleh besarnya efisiensi thermal *diess* pada alat *squeeze casting* yaitu sebagai berikut.



Gambar 4. Efisiensi thermal *diess*

Berdasarkan Gambar 4, efisiensi thermal *diess* dapat diketahui kinerja dari *diess* atau cetakan pada alat *squeeze casting*. Efisiensi thermal *diess* pada temperatur 100°C yaitu 9%, pada temperatur 200°C yaitu 15%, pada temperatur 300°C yaitu 16% dan pada temperatur 400°C yaitu 18%.

Pada temperatur 100°C menghasilkan efisiensi yang paling rendah. Hal ini terjadi karena panas yang diserap bahan sangat kecil sehingga mempengaruhi nilai efisiensi thermal *diess*. Sedangkan pada temperatur 400°C menghasilkan efisiensi thermal yang tertinggi. Perpindahan panas dari *heater* ke bahan pada temperatur 400°C cukup tinggi sehingga efisiensi thermal juga tinggi, meskipun panas yang terbuang pada temperatur ini juga tinggi tetapi masih menghasilkan kinerja yang baik jika dibandingkan dengan temperatur dibawahnya.

Dari hasil penelitian dan perhitungan diketahui bahwa efisiensi thermal *diess* pada masing-masing variasi temperatur masih sangat rendah. Efisiensi thermal *diess* dipengaruhi oleh efisiensi

dari *heater* dan besarnya panas yang terbuang melalui dinding dan penutup. Untuk pemanas perlu digunakan sistem pemanas yang memiliki efisiensi yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kinerja dari *diess*.

Efisiensi thermal *diess* juga dipengaruhi oleh besarnya panas yang terbuang melalui dinding dan penutup. Panas yang terbuang melalui dinding dipengaruhi oleh jenis bahan dan perbandingan diameter *heater* dan diameter dinding penutup luar *diess*. Panas yang terbuang melalui dinding masih sangat besar sehingga perlu dilakukan perbaikan pada *diess*. Perbandingan diameter *heater* dan *diess* perlu diperbesar sehingga ketebalan isolator akan bertambah. Dengan penambahan ketebalan isolator maka perpindahan panas yang melalui dinding akan lebih kecil. Selain itu bahan untuk dinding luar juga harus mempunyai nilai konduktifitas yang rendah untuk memperkecil panas yang terbuang.

## Kesimpulan

Dari hasil penelitian diketahui bahwa perpindahan panas pada *heater* ke bahan yang paling besar yaitu pada temperatur 400°C sebesar 970,68 W dengan efisiensi thermal *diess* yaitu 18%. Sedangkan perpindahan panas yang terjadi pada temperatur 100°C yaitu 489,25 W dan efisiensi thermal *diess* yaitu 9%, pada temperatur 200°C yaitu 806,28 W dan efisiensi thermal *diess* yaitu 15% dan pada temperatur 300°C yaitu 864,98 W dan efisiensi thermal yaitu 16%.

## Referensi

- [1] Duskriadi dan Soejono Tjiro 2002. Pengaruh Tekanan Dan Temperatur Die Proses *Squeeze casting* Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Material Piston Komersial Lokal. *Jurnal Teknik Mesin Vol.4,1 Hal 1-5*.
- [2] Purwanto, H., dkk., 2011. Pengaruh Cetakan Pada Pengecoran *Squeeze*

- Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Aluminium Daur Ulang (Al-64%Si,93% Fe). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke 2 Tahun 2011 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang*.
- [3] Cholis, S.N.,dkk. (2013). Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Pengecoran Aluminium. (*Doctoral dissertation, Universitas Sebelas Maret*).
- [4] Chambali, M., dkk., 2013. Pengaruh Temperatur Bahan Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Proses Semi Solid Casting Paduan Aluminium Daur Ulang. *Momentum, Vol. 9, No. 1, April 2013, Hal. 6-12 ISSN 0216-7395*.
- [5] Abedi, Hamid Reza,et all. (2010). The semi-solid tensile deformation behavior of wrought AZ31 magnesium alloy. *Materials and Design. 31. 4386-4391. 10.1016/j.matdes.2010.05.004*.
- [6] GUO, Z. H., et all. (2012). Optimization of AZ80 magnesium alloy *squeeze* cast process parameters using morphological matrix. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 22(2), 411-418*.
- [7] Holman, P. Jack, 1997. *Perpindahan Kalor*. Jakarta: Edisi ke Enam. Penerbit Erlangga.