

TEKNIK PENINGKATAN KARAKTERISTIK FISIK BENDA COR *SQUEEZE* Al-Si

Elfendri

ABSTRAK

Pengecoran *squeeze* Al-Si adalah proses pengecoran dimana logam cair Al-Si dibekukan dibawah tekanan tinggi sehingga akan menghasilkan produk dengan butir halus. Parameter kandungan silikon Al-Si, temperatur tuang dan cetakan mempengaruhi tingkat kehalusan butir, ketebalan dan densitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kandungan silikon Al-Si, temperatur tuang dan cetakan terhadap ketebalan dan densitas pada proses pengecoran *squeeze* benda tipis Al-Si sehingga didapat benda tipis dengan densitas tinggi yang bebas retak.

Pengecoran *squeeze* ini menggunakan penekan hidrolik bertekanan 135 MPa. Temperatur yang dipakai adalah 220, 275 dan 330⁰C untuk cetakan dan 665, 775 dan 885⁰C untuk logam cair. Kandungan silikon material menggunakan tiga variasi yaitu : 0,45, 3,22 dan 6,04% berat. Ketebalan hasil cor diukur menggunakan jangka sorong, berat sampel ditakar menggunakan neraca ohaus digital.

Peningkatan kandungan silikon akan menurunkan tingkat ketebalan dan meningkatkan densitas benda cor Al-Si. Peningkatan temperatur tuang dan cetakan akan menurunkan tingkat ketebalan dan meningkatkan densitas benda cor Al-Si. Kombinasi komposisi silikon, temperatur tuang dan cetakan tinggi akan menghasilkan benda cor *squeeze* Al-Si yang tipis dengan densitas tinggi dan bebas retak.

Kata kunci : Al-Si.*squeeze*, ketebalan, densitas

ABSTRACT

Solidification of molten metal in squeeze casting was done under high pressure condition, it's will produces small grains. Grains size, thickness and density depend on silicon content, molding and pouring temperature of squeeze cast parameters. The aim of this research is to analyze silicon content, melt and mold temperature on thickness and density of to get a high characteristic fhisicof thin wall squeeze castof Al-Si

Hydraulic pressure of 135 MPa is applied to forge molten metal of aluminum-silicon alloys. Mold temperature from 220 to 330⁰C, pouring temperature from 665 to 885⁰C and silicon content from 0,45 to 6,04% weight were considered. Thickness and density were used to indicate the characteristic fhisic of thin wall squeeze castof Al-Si. Vernier caliper was used toruleofdimension of thin wall.

The increasing of silicon content decreases thickness andincreases density of thin wall. The increasing of pouring and mold temperature increases density and decreases thickness of thin wall. Combination of the higher silicon content, melt and mold temperature produced a lowest thickness, high density and flawless thin wall squeeze cast of hot crack

Keywords : Al-Si, *squeeze* casting, thickness, density

1. PENDAHULUAN

Proses pengecoran *squeeze* merupakan metoda pengecoran yang mudah diterapkan, ekonomis, efisien dalam penggunaan bahan baku dan bisa berproduksi tinggi dengan siklus terus menerus (www.key-to-nonferrous.com). Proses *squeeze* bisa menghasilkan coran yang mempunyai sifat fisis seperti hasil tempa, meningkatkan sifat mekanis, menghaluskan butir dan permukaan coran bagus terutama pada bahan dengan paduan dasar aluminium dan magnesium (Ghomashchi dan Vikrov, 2000). Proses pengecoran *squeeze* mampu menekan jumlah cacat porositas pada produk coran (Suyitno dan Iswanto, 2009). Teknik pengecoran *squeeze* mampu memproduksi produk dengan bentuk dan ketelitian tinggi (Sudarsono, 2008).

Parameter utama proses pengecoran *squeeze* adalah temperatur tuang, temperatur cetakan, tekanan dan lama penekanan (Ghomashchi dan Vikrov, 2000). Penelitian terhadap bahan Mg-44%Al (Sudarsono, 2008), Al 2024 (Hajjari dan Divandari, 2008), Al-6,4%Si-1,93%Fe (Purwanto, 2007; Wahyudiono, 2007), LM25 (Britnell dan Neailey, 2003), LM13 (Maleki dkk., 2008) dan Al-5,9%Si (El-Khair, 2004) memperlihatkan pengecilan ukuran butir seiring dengan kenaikan tekanan. Porositas akan menurun bila tekanan dinaikkan (Purwanto, 2007; Wahyudiono, 2007; Hajjari dan Divandari, 2008; Sudarsono, 2008). Baek and Kwon (2008) menyatakan bahwa penambahan tekanan pada paduan Al-Si akan meningkatkan fluiditas. Pemberian tekanan akan menyebabkan terjadinya *interdendritic fluid flow* yang akan menimbulkan segregasi (Britnell dan Neailey, 2003). Zhong dkk. (2003) menyatakan bahwa penerapan tekanan akan memperbesar kemungkinan mikrosegregasi pada bahan A2024.

Penelitian pengaruh peningkatan temperatur cetakan pada bahan Al-12,6%Si (Duskiardi dan Tjitro, 2002), Al-6,4%Si-

1,93%Fe (Purwanto, 2007; Wahyudiono, 2007) dan LM13 (Maleki dkk., 2008) memperlihatkan peningkatan ukuran butir silikon dan SDAS serta penurunan nilai kekerasan dan kekuatan tarik bahan.

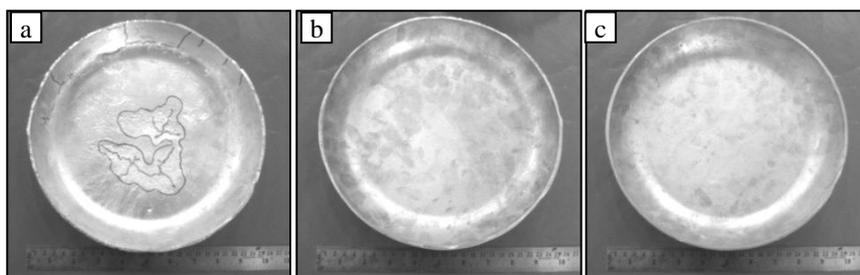
Peningkatan temperatur tuang akan meningkatkan ukuran butir silikon dan SDAS (Maleki dkk., 2008), sedangkan Purwanto (2007) dan Wahyudiono (2007) menemukan hal sebaliknya. Purwanto (2007) dan Wahyudiono (2007) menyatakan bahwa kenaikan temperatur tuang tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan dan kekuatan tarik, sedangkan Sudarsono (2008) menyatakan bahwa kenaikan temperatur tuang akan meningkatkan karakteristik bahan. Yang (2003) menyatakan bahwa temperatur tuang berpengaruh terhadap sifat mekanik bahan Zn-4.6%Al, namun tidak memberikan penegasan tentang tingkat pangaruh tersebut.

Penelitian pengaruh parameter parameter proses pengecoran *squeeze* dan komposisi silikon terhadap ketebalan dan densitas benda cor tipis Al-Si belum ditemukan. Berdasarkan hal, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh parameter proses pengecoran *squeeze* (kandungan silikon, temperatur tuang dan cetakan) terhadap ketebalan dan densitas benda cor tipis Al-(0,45-6,04)%Si.

2. METODA PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah paduan Al-0.45%Si, Al-3.22%Si dan Al-6.04%Si. Tekanan yang diberikan adalah 135 MPa dengan durasi penekanan 30 detik. Temperatur tuang divariasikan 665⁰C, 775⁰C dan 885⁰C dan temperatur cetakan yang digunakan adalah 220⁰C, 275⁰C dan 330⁰C dengan durasi waktu penuangan 10-15 detik.

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cetakan permanen dari bahan baja karbon tinggi dengan design spesifik pada Gambar 1. Bahan dilebur menggunakan dapur krusibel dengan burner berbahan bakar minyak



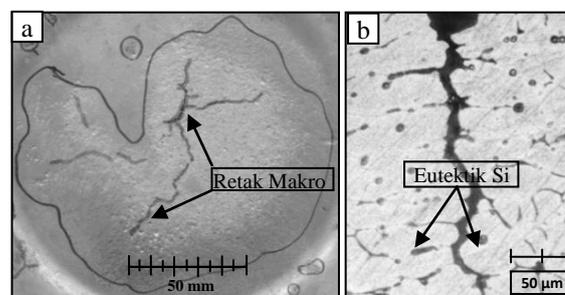
Gambar 2. Hasil pengecoran (a) Al-0.45%Si, (b) Al-3.22%Si dan (c) Al-6.04%Si, temperatur tuang 655°C dan temperatur cetakan 220°

Porositas yang muncul dibedakan atas ukuran dan penyebabnya. Porositas berdasar-kan ukuran dapat digolongkan atas dua jenis yaitu : porositas mikro dan makro. Porositas berdasarkan penyebabnya dapat digolong atas dua jenis yaitu : porositas penyusutan dengan bentuk tidak teratur dan porositas gas berbentuk lingkaran. Porositas penyusutan disebabkan oleh ketidakmampuan/kekurangan silikon eutektik untuk menetralkan penyusutan dan kontraksi panas (deformasi) selama proses pembekuan. Selama pembekuan terjadi proses *feeding* dimana silikon eutektik yang terbentuk akan melingkungi butir dendrit dan bersirkulasi ke semua sistem struktur. Bagian dari struktur yang tidak terisi atau dialiri silikon eutektik akan muncul sebagai porositas penyusutan. Kekosongan ini disebabkan oleh dua hal yaitu : 1) silikon eutektik yang terbentuk sedikit, sehingga tidak mampu mengisi semua rongga yang ada, 2) sulitnya logam cair mengalir dalam struktur dendritik pada rongga cetakan yang kecil atau akibat ketipisan benda cor, 3) proses pembekuan logam cair yang terjadi dalam waktu yang bersamaan, sehingga proses *feeding* saat proses pembekuan tidak terjadi. Opsi ini memungkinkan untuk terjadinya porositas penyusutan yang akan menjadi inisial retak.

Porositas akan membangkitkan tegangan lokal dan merupakan inisial retak. Porositas gas dan penyusutan akan berkembang dari ukuran mikro ke makro, selanjutnya akan bertransformasi menjadi retak panas dipengaruhi oleh penyusutan dan kontraksi panas selama pembekuan. Temperatur tuang

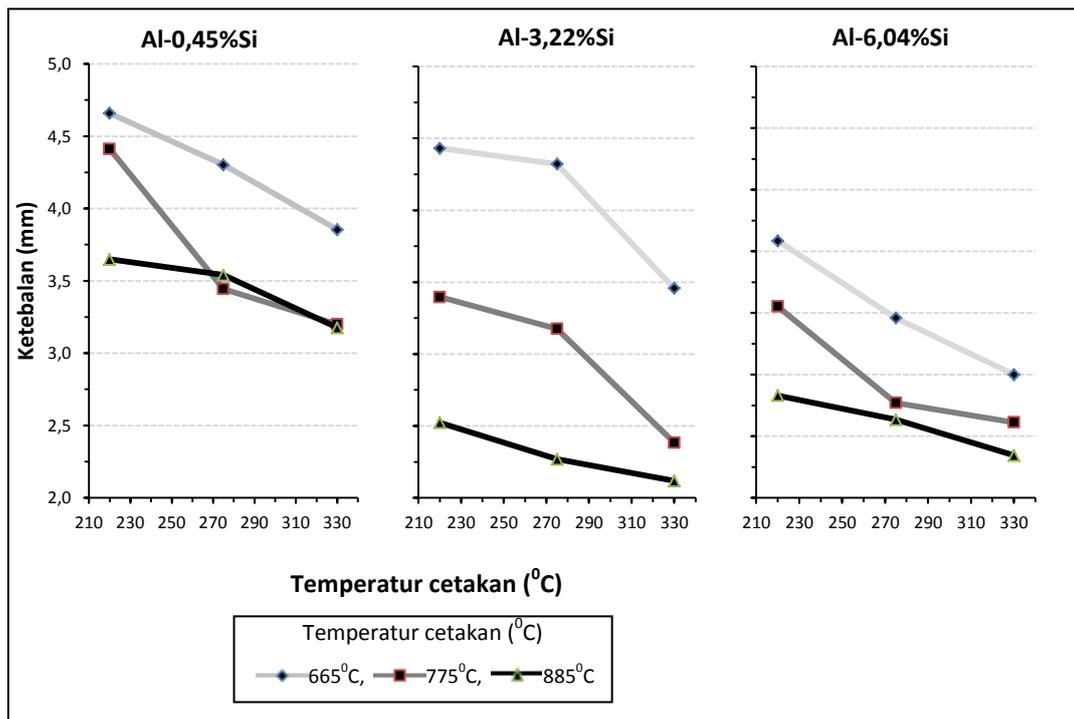
dan cetakan yang tinggi akan mengakibatkan pembekuan lambat, sehingga tersedia tegangan-regangan penyusutan dan kontraksi panas yang besar untuk perkembangan retak panas. Temperatur tuang dan cetakan yang tinggi akan mengakibatkan muncul dan berkembangnya retak panas intergranular

Al-0.45%Si menghasilkan coran dengan retak yang terdapat pada dasar dan sekeliling tepi coran, sedangkan Al-6.04%Si dan Al-3.22%Si menghasilkan coran tanpa retak. Retak yang dihasilkan Al-0.45%Si adalah retak panas dimana dari pengamatan mikroskop optik retak terjadi pada batas butir, ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Cacat retak pada benda cor, (a) Daerah retak, (b) Daerah ujung retak

Peningkatan kandungan silikon, temperatur tuang dan temperatur cetakan akan menurunkan ketebalan dan menaikkan densitas benda cor Al-Si (Gambar 4). Pengaruh kandungan silikon, temperatur tuang dan temperatur cetakan terhadap ketebalan dan densitas berkaitan dengan ukuran butir dan tekanan eksternal yang diberikan.



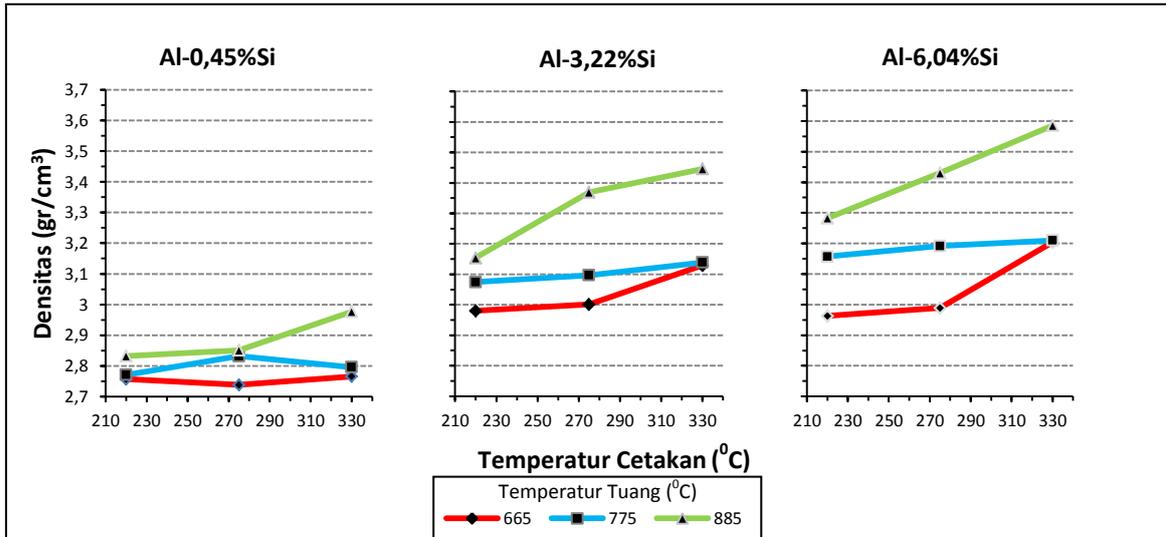
Gambar 4. Ketebalan sebagai fungsi komposisi Si, temperatur cetakan dan tuang

Pada kondisi tekanan tetap maka temperatur tuang dan cetakan yang tinggi akan menyebabkan terjadinya daerah pembakuan yang lebar dan proses pembekuan yang lambat. Proses pembekuan yang lambat akan memberikan kesempatan untuk terjadinya lebih banyak nukleasi, sehingga butir yang terbentuk semakin banyak pula. Hal ini akan memberi konsekuensi terhadap ukuran butir dimana akan diperoleh ukuran butir dendrit yang semakin halus (Purwanto, 2007; Wahyudiono, 2007). Penurunan dimensi butir akan menurunkan tingkat ketebalan benda cor yang dihasilkan dan kandungan silikon yang tinggi

Kandungan silikon berpengaruh terhadap kecepatan pembekuan, proses *feeding* dan nukleasi dendrite pada pengecoran *squeeze* aluminium silikon. Kandungan silikon yang tinggi akan memperlebar daerah pembekuan sehingga terjadi proses pembekuan yang lambat. Proses pembekuan yang lambat akan memberikan kesempatan untuk terjadinya

lebih banyak nukleasi dendrit, sehingga butir yang terbentuk semakin banyak pula.

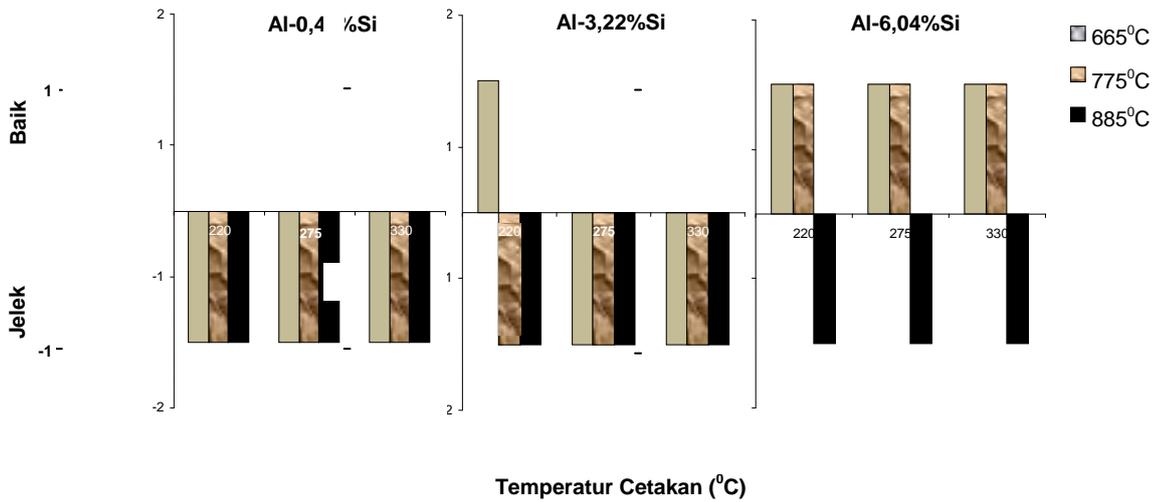
Hal ini akan memberi konsekuensi terhadap ukuran butir dimana akan diperoleh ukuran butir dendrit yang semakin halus. Kandungan silikon yang tinggi akan menstimulasi terjadinya lebih banyak nukleasi, sehingga butir dendrite yang terbentuk semakin banyak pula. Hal ini akan memberi konsekuensi terhadap ukuran butir dimana akan diperoleh ukuran butir dendrit yang semakin halus. Peningkatan komposisi silikon dan pembekuan yang lambat akan memperbesar kemampuan *feeding* saat pembekuan dan meningkatkan jumlah silikon eutektik, hal ini akan menyebabkan peningkatan ketebalan serpihan eutektik silikon dan menurunkan dimensi dendrite yang dihasilkan. Peningkatan ketebalan eutektik silikon akan menekan dimensi dendrite sehingga akan menurunkan ketebalan benda cor.



Gambar 5. Densitas sebagai fungsi komposisi Si, temperatur cetakan dan tuang.

Daerah pembekuan yang lebar akibat energi panas yang besar akan mengurangi secara signifikan gaya koherensi dendrit yang terbentuk (Eskin dkk., 2004). Tekanan eksternal yang diterima logam cair saat terjadi pembekuan akan memperbesar gaya adhesi butir dan meningkatkan kerapatan butir. Kondisi ini memungkinkan diambil korelasi dimana peningkatan temperatur tuang, temperatur cetakan dan pembekuan terjadi dibawah tekanan akan menghasilkan benda cor yang semakin tipis dan densitas tinggi (gambar 5). Peningkatan temperatur tuang dan cetakan akan menurunkan ketebalan dan meningkatkan densitas benda cor Al-Si.

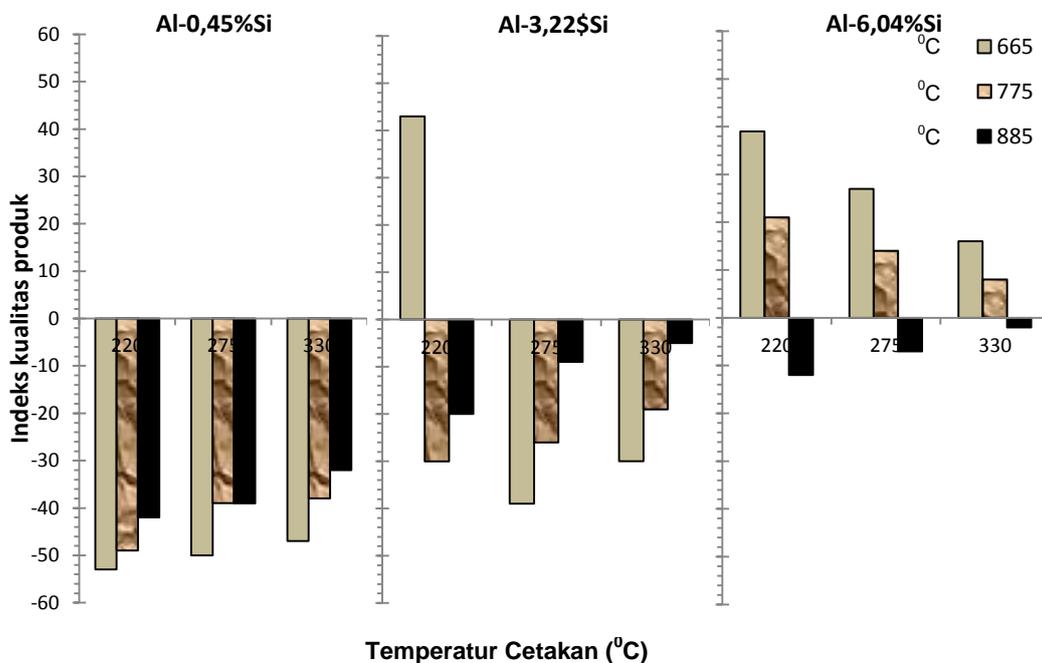
Karakteristik fisik benda cor diindikasikan dengan indeks kualitas makro yang memuat variabel retak makro, ketebalan dan densitas benda cor. Retak makro dideskripsikan dengan menggunakan data kontrol kualitas. Data kontrol kualitas bertujuan untuk memberikan penilaian terhadap baik atau jeleknya produk (Gambar 6). Penilaian baik atau jelek didasarkan pada retak makro yang muncul pada setiap benda hasil proses pengecoran *squeeze*. Benda tanpa retak makro diberi nilai 1 yang berarti baik, sedangkan benda yang mempunyai retak makro diberi nilai -1 yang berarti jelek.



Gambar 6. Data kontrol kualitas sebagai fungsi dari komposisi Si, temperatur tuang dan cetakan.

Indeks kualitas makro benda cor ditentukan berdasarkan kontrol kualitas makro, ketebalan dan densitas benda cor (Gambar 7). Indeks retak makro dijadikan sebagai faktor pengali untuk mendapatkan nilai indeks positif dan negatif. Densitas benda cor tipis Al-Si diberi nilai 1 – 27, dimana nilai 1 untuk benda cor dengan densitas tertinggi yang dianggap mempunyai kualitas makro terbaik. Ketebalan

produk benda cor Al-Si juga diberi nilai 1 – 27, dimana nilai satu untuk benda cor dengan ketebalan paling rendah. Nilai ketebalan dan densitas dikalikan dengan nilai kontrol kualitas sehingga dihasilkan indeks kualitas produk. Benda cor Al-Si karakteristik fisik terbaik atau kualitas terbaik diberikan kepada benda cor Al-Si dengan indeks kualitas positif terkecil.



Gambar 7. Indeks kualitas produk fungsi komposisi Si, temperatur tuang dan cetakan.

Penerapan temperatur tuang dan cetakan yang tinggi akan melahirkan produk tipis dengan densitas tinggi namun cenderung retak. Peningkatan temperatur tuang dan cetakan akan menurunkan kualitas produk benda cor Al-Si (Gambar 7). Penerapan tekanan *squeeze* saat terjadi pembekuan dan peningkatan komposisi silikon paduan Al-Si diatas 0,7% berat akan menurunkan ketebalan, meningkatkan densitas dan memperkecil kemungkinan munculnya retak panas. Peningkatan komposisi silikon Al-Si akan meningkatkan kualitas produk benda cor Al-Si

4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

Peningkatan temperatur tuang dalam interval 665-885⁰C pada proses pengecoran *squeeze* Al-(0,45-6,04)%Si akan meningkatkan densitas dan menurunkan ketebalan benda cor. Peningkatan temperatur cetakan dalam interval 220-330⁰C pada proses pengecoran *squeeze* Al-(0,45-6,04)%Si akan meningkatkan densitas dan menurunkan ketebalan benda cor. Peningkatan komposisi silikon paduan Al-Si dalam interval 0,45-6,04% berat pada proses pengecoran *squeeze* akan menurunkan ketebalan dan meningkatkan densitas benda cor. Karakteristik benda cor yang paling tinggi ditemukan pada kombinasi parameter kandungan silikon 6,04%, temperatur tuang 775⁰C dan temperatur cetakan 330⁰C.

DAFTAR PUSTAKA

- Baek, J. dan Kwon, H.W., 2008, "*Effect of Squeeze Casting Process Parameters on Fluidity of Hypereutectic Al-Si Alloy*", Journal of Materials Science Technology, Vol. 24 No.1, pp. 7-11.
- Britnell D.J. dan Neiley K., 2003, "*Macroseggregation in Thin Walled Casting Produced via The Direct Squeeze Casting Process*", Journal of Materials Processing Technology , vol. 138, pp. 306-310.
- Duskriadi dan Tjitro, S., 2002, "*Pengaruh Tekanan dan Temperatur Die Proses Squeeze Casting terhadap Kekerasan dan Sturuktur Mikro pada Material Piston Komersil Lokal*", Jurnal Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra, Vol. 4, pp. 1-5.
- El-khair, M.T. A., 2005, "*Microstructure Characterization and Tensile Properties of Squeeze Casting AlSiMg Alloy*", Materials Letters, vol. 59, pp. 894-900.
- Eskin, D.G., Suyitno dan Katgerman, L., 2004, "*Mechanical Properties in the Semi-Solid and Hot Tearing of Aluminium Alloys*", Progress in Materials Science, vol.49, pp. 629-711.
- Ghromashchi, M.R. dan Vikrov, A., 2000, "*Squeeze Casting: An Overview*", Journal of Materials Processing Technology, vol. 101, pp. 1-9.
- Hajjari, E. dan Divandari, M., 2008, "*An Investigation on The Microstructure and Tensile Properties of Direct Squeeze Cast and Gravity Die Cast 2024 Wrought Al Alloy*", Materials and Design, vol. 29, pp. 1685-1689.
- Maleki, A., Shafyei, A. dan Niroumand, B., 2008, "*Effects of Squeeze Casting Parameter on The Microstructure Of LM13 Alloy*", Journal of Materials Processing Technology, In Press.
- Purwanto, H., 2007, "*Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan dan Tekanan pada Pengecoran Squeeze terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Paduan Al-6.4% Si-1.93% Fe*",

Thesis S-2 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada,

Alloys”, Hi-Link Project Report, pp. 1-8.

Stefanescu, D.M., 2002, “*Science and Engineering of Casting Solidification*”, Kluwer Academic/Plenum Publiser, New York.

Wahyudiono, A., 2007, “*Pengaruh Tekanan dan Temperatur terhadap Laju Perambatan Retak Fatik Al-6,4%Si-1,93%Fe dengan Pengecoran Squeeze*”, Thesis S-2 Teknik Mesin. Universitas Gadjah Mada.

Sudarsono, 2008, “*Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan dan Tekanan pada Pengecoran Squeeze terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Paduan Magnesium (Mg-44%Al)*”, Thesis S-2 Teknik Mesin UGM.

www.key-to-nonferrous.com, diakses tanggal 12 januari 2009.

Suyitno, Eskin, D.G., dan Katgerman, L., 2006, “*Structure Observations Related to Hot Tearing of Al-Cu Billets Produced by Direct-Chill Casting*”, Materials Science and Engineering A, vol.420. pp. 1-7.

Yang, L.J., 2003, “*The Effect of Casting Temperature on The Properties of Squeeze Cast Aluminum And Zinc Alloys*”, Journal of Materials Processing Technology, vol. 140, pp. 391-396.

Suyitno dan Iswanto, P.T., 2009, “*Casting Soundness And Microstructure Of Thin Wall Squeeze Cast of Al-Si*

Zhong, Y., Su, G. dan Yang, K., 2003, “*Microsegragation and Improved Methods of Squeeze Casting 2024 Aluminium Alloy*”, Journal of Materials Science Technology, vol. 19, no. 5, pp. 413-417.

