

Pengaruh Variasi Persentase *Water Glass* Terhadap Karakteristik Cetakan CO₂ Untuk Aplikasi Pengecoran Logam Al-Cu-Si

Jemmy Charles Kewas

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado

jemmycharles@unima.ac.id

ABSTRAK

Proses pengecoran logam secara umum adalah merupakan kegiatan proses produksi dalam mengolah logam dengan cara mencairkan logam dan menuanginya ke dalam cetakan, salah satu logam paduan yang sering diproduksi pada proses pengecoran adalah Al-Cu-Si. Salah satu kemajuan dibidang proses pengecoran logam, yaitu pengecoran dengan cetakan pasir. Faktor yang mendorong pemakaian cetakan pasir dalam pengecoran logam disebabkan karena pembuatan cetakan tidak memerlukan keahlian khusus, pasir murah sehingga ekonomis dan juga bisa dipakai ulang. Cetakan pasir khusus dengan pengikat *water glass* dibuat dengan campuran pasir silika dengan *water glass* yang dapat mengeras pada suhu kamar dan menunjukkan kekuatan yang cukup untuk suatu cetakan. Salah satu bahan pengikat yang digunakan adalah jenis *water glass* yang bertujuan memperbaiki kekuatan geser dan permeabilitas pasir cetak. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental skala laboratorium, yang bertujuan untuk mengetahui permeabilitas dan kekuatan geser pada cetakan pasir silika setelah dilakukan penambahan bahan pengikat *water glass* sebesar 3%, 4%, 5% dan 6% dengan penyemprotan gas CO₂ selama 2 menit. Dari hasil analisis data didapatkan hasil bahwa nilai permeabilitas semakin meningkat setelah penambahan *water glass* 3% dan 4% yakni 111,369 cm³/menit dan 112,764 cm³/menit, kemudian nilai permeabilitas cetakan CO₂ mengalami penurunan setelah penambahan *water glass* 5% dan 6%, yakni 111,543 cm³/menit dan 110,083 cm³/menit. Sedangkan kekuatan geser cetakan CO₂ mengalami peningkatan setelah penambahan *water glass* 3% dan 4%, yakni 17,22 kg.f/cm² dan 17,52 kg.f/cm², kemudian kekuatan geser mengalami penurunan setelah penambahan *water glass* 5% dan 6%, yakni 16,58 kg.f/cm² dan 9,36 kg.f/cm².

Kata kunci: *Cetakan Pasir, water glass, logam paduan Al-Cu-Si.*

ABSTRACT

Metal casting is one of processing metals, this is make metals to be melting and pouring them into the molds, one of the metals alloy often produced in the casting process is Al-Cu-Si. One of the advancements in the metal casting process is sand molding. The factors that made this sand molding are special is do not special require expertise to making molds, cheaper so that it is economical, and can also be reused. Sand molding with water glass binders are made with a mixture of silica sand with water glass, it will be harden at room temperature and make increase strength. One of binders to used is water glass, it is aims to improve the shear strength and permeability. This study uses a laboratory scale experimental method, which aims to determine the permeability and shear strength of silica sand molds after the addition of water glass binder by 3%, 4%, 5% and 6% by spraying CO₂ gas for 2 minutes. The results of the data analysis showed that the permeability value increased after the addition of 3% and 4% water glass, that is 111,369 cm³ / minute and 112,764 cm³ / minute, then the CO₂ mold permeability value decreased after the addition of 5% and 6% water glass, 111,543 cm³ / minute and 110,083 cm³ / minute. While the shear strength of CO₂ mold has increased after the addition of water glass 3% and 4%, which is 17.22 kg.f / cm² and 17.52 kg.f / cm², then the shear strength has decreased after the addition of water glass 5% and 6% , that is 16.58 kg.f / cm² and 9.36 kg.f / cm².

Keywords: *Sand Molding, water glass, Al-Cu-Si metal alloys*

PENDAHULUAN

Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang paling luas pemakaiannya di dunia ini dalam kurun waktu tiga dasawarsa terakhir (Suryanto, 2002). Melimpahnya ketersediaan logam di alam, tentunya tidak dapat digunakan secara langsung, maka perlu melakukan proses pembuatan (*manufacturing*) terlebih dahulu. Salah satu jenis pengerjaan logam yang dapat digunakan adalah proses pengecoran logam. Proses pengecoran logam secara umum adalah merupakan kegiatan proses produksi dalam mengolah logam dengan cara mencairkan logam dan menuanginya ke dalam cetakan (Van, V., dan H. Lawrence, 1985).

Salah satu logam yang sering digunakan adalah aluminium. Logam aluminium merupakan logam yang cepat sekali membeku, ini dikarenakan logam ini mempunyai nilai susut yang besar dan sifat cair-kentalnya (Beumer, 1978). Aluminium (Al) jika dipadu dengan silikon (Si), dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak (Wirjosumarto, et. al. 2004). Aluminium murni memiliki kekerasan yang rendah, yaitu 17 BHN. Kekerasannya akan meningkat dengan dilakukan penambahan paduan, misalnya dengan Tembaga (Cu) maka kekerasannya mencapai 135 BHN (Schönmetz dan Gruber, 1994)

Salah satu kemajuan dibidang proses pengecoran logam, yaitu pengecoran dengan cetakan pasir. Faktor yang mendorong pemakaian cetakan pasir dalam pengecoran logam disebabkan karena pembuatan cetakan tidak memerlukan keahlian khusus, pasir murah sehingga ekonomis dan juga bisa dipakai ulang (Amstead, 1989). Bentuk butiran pasir

bervariasi dari bulat sampai bersudut (Heine, 1976).

Salah satu keuntungan dari cetakan pasir adalah cetakan ini memiliki nilai permeabilitas yang dapat diatur. Permeabilitas adalah kemampuan pasir cetak untuk mengalirkan gas atau udara panas yang dihasilkan dari menguapnya H₂O, menjadi H₂ dan O₂ melalui pori-pori cetakan, akibat pengaruh panas logam cor (Surdia, et. al. 1991).

Berbagai upaya telah dikembangkan oleh para ahli teknik di bidang pengecoran logam untuk mendapatkan kualitas cetakan pasir yang baik, salah satunya dalam hal kekuatan geser cetakan pasir. Kekuatan geser berbeda-beda menurut jenis dan jumlah pengikat serta kadar air yang terkandung di dalam pasir cetak. Kekuatan yang tidak cukup akan menyebabkan mudah pecahnya cetakan, sedangkan kekuatan yang berlebihan akan mencegah penyusutan coran dan menyebabkan retak serta pembongkarannya menjadi sukar (Surdia, et. al. 1991).

Salah satu bahan pengikat yang digunakan adalah jenis *water glass* yang bertujuan memperbaiki kekuatan geser dan permeabilitas pasir cetak. *Water glass* merupakan bahan pengikat yang mudah larut dalam air, mempunyai ketahanan panas yang tinggi dan memiliki nilai viskositas yang rendah (Surdia, et. al. 1991). Prinsip kerja cetakan CO₂ didasarkan pada kenyataan bahwa apabila gas CO₂ melalui pasir cetak yang mengandung *water glass* sebagai pengikat, maka pengerasan akan terjadi sebagai akibat reaksi kimia antara *water glass* dan gas CO₂. Kekuatan ikatan diperoleh dari silika gel yang terbentuk melalui reaksi kimia (Jain, 1979).

Pada proses pembuatan cetakan CO₂, *water glass* ini dicampur dengan pasir silika (SiO₂) dan kemudian gas CO₂ ditiupkan ke dalam campuran tersebut dan waktu yang

diperlukan untuk pengerasan bagi benda yang kecil atau sedang sekitar 15 – 30 detik (Amstead, et. al. 1989). Pengerasan yang terjadi antara pasir silika dengan pengikat *water glass* dikarenakan reaksi eksotermis (pengeluaran panas). Reaksi ini sangat keras dan air akan hilang karena membentuk hidrogen. Oleh karena itu diperoleh cetakan yang kuat tanpa menggunakan air. Hasil coran yang diperoleh dapat mempunyai ketelitian yang tinggi jika dibandingkan dengan *green sand mould* dan *dry sand mould*. Proses ini telah luas dipakai pada produksi besi tuang, baja dan juga pengecoran *non-ferrous* (Surdia, et. al. 1991)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui permeabilitas dan kekuatan geser pada cetakan pasir silika setelah dilakukan penambahan bahan pengikat *water glass* sebesar 3%, 4%, 5% dan 6% dengan penyemprotan gas CO₂ selama 2 menit.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental (*experimental research*), dengan menggunakan analisa varian dua arah. Model ini dipilih karena percobaan melibatkan dua faktor, yaitu faktor variasi kadar pengikat, dalam hal ini *water glass* dan waktu penyemprotan gas CO₂ pada cetakan pasir silika. Faktor kadar *water glass* terdiri dari empat level kajian, yaitu kadar 3%, 4%, 5% dan 6%, sedangkan faktor waktu penyemprotan gas CO₂ adalah 2 menit, dilakukan di Laboratorium Pengecoran Logam dan Laboratorium Proses Produksi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Alat penelitian yang digunakan berupa: *Lab. Sieving Machine Type*

*Vibro, Moisture Analyser Type MA 30, Sand Ramer Type PRA, Crucible Furnace Type C18, Permeability Meter Type PDU, Universal Strength Machine Type PFG, Tabung Regulator Las, pemanas listrik, dan timbangan elektrik. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir silika (SiO₂) Mesh 200, gas CO₂, *water glass* (natrium silikat - larutan NaOH), dan logam campuran Al-Cu-Si.*

Dalam penelitian ini, variabel bebas yang digunakan adalah kadar *water glass* dengan variasi 3%, 4%, 5%, dan 6%, variabel terikatnya adalah waktu penyemprotan gas CO₂, yaitu 2 menit, variabel terkontrol berupa tekanan penyemprotan gas CO₂ sebesar 1 kg.f/cm² dan jarak semprotnya 5 cm diatas permukaan cetakan.

Rancangan penelitian dibuat berdasarkan faktor yang berpengaruh, yaitu kadar *water glass* pada cetakan CO₂ terhadap permeabilitas dan kekuatan geser pasir cetak. Variasi kadar *water glass* terdiri dari empat tingkatan, yaitu 3%, 4%, 5% dan 6%. Selanjutnya dilakukan analisa data menggunakan perhitungan nilai rata-rata, dan interval grafik hubungan setiap variabel penelitian.

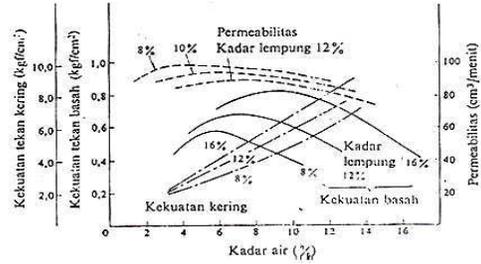
HASIL DAN PEMBAHASAN

Logam cor logam Al-Cu-Si yang digunakan dalam pengecoran diuji konsentrasinya di PT. Prima Alloys Surabaya, dengan hasil sebagai berikut:

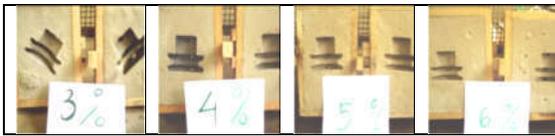
Tabel 1. Chemical Analysis Logam Paduan Al-Cu-Si

Element	Symbol	Concentration		AA Design
		Range (samples) %	Fix (WT) %	
Silicon	Si	11.2 – 13.5	11.28	4032
Ferro	Fe	1.0	0.7	
Copper	Cu	0.5 – 1.3	1.23	
Manganese	Mn	0.4 – 1.2	0.12	
Magnesium	Mg	0.8 – 1.3	1.65	
Chrome	Cr	0.1	0.02	
Zinc	Zn	0.25	0.03	
Aluminium	Al	Remainder	84.97	

• **Permeabilitas Cetakan CO₂**



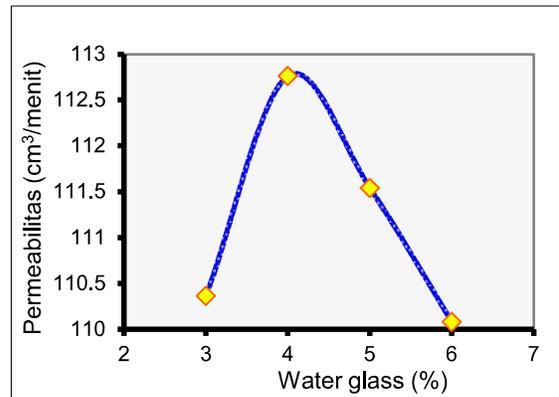
Gambar 3. Pengaruh Kadar Air dan Kadar Lempung Pada Kekuatan dan Permeabilitas Pasir Cetak. Sumber: Surdia, et, al. (1991)



Gambar 1. Cetakan Pasir Silika



Gambar 2. Proses Penuangan Logam Al-Cu-Si



Gambar 4. Pengaruh Persentase Water Glass Terhadap Nilai Permeabilitas

Tabel 2. Permeabilitas dan Kekuatan Geser Pasir Silika Dengan Campuran Variasi Persentase Kadar Water Glass

Waktu Semprotan Gas CO ₂	Kadar Water Glass (%)	Permeabilitas (cm ³ /menit)	Kekuatan Geser (kg.f/cm ²)
2 menit	3	111,369	17,22
	4	112,764	17,52
	5	111,543	16,58
	6	110,083	9,36

Tabel 3. Kadar Air dan Kadar Lempung Pasir Silika

Perlakuan	Pengujian	
	Uji Kadar Air	Uji Kadar Lempung
Berat Awal (gr)	10	100
Berat Akhir (gr)	9,9874	98,98
Hasil (%)	0,074	1,042

Menurut Surdia, et, al. (1991), hubungan antara permeabilitas dan kekuatan pasir cetak akan meningkat seiring bertambahnya kadar lempung dan kadar air (gambar 3). Nilai permeabilitas dan kekuatan akan mencapai titik maksimum pada suatu titik dimana butir-butir pasir dikelilingi oleh ketebalan tertentu dari campuran lempung dan air. Selanjutnya permeabilitas dan kekuatan pasir cetak akan terus menurun seiring penambahan lempung dan air dalam pasir cetak. Jika kelebihan kadar air, kekuatan dan permeabilitas akan menurun karena ruangan antara butir-butir pasir ditempati oleh lempung yang berlebihan air. Selanjutnya tanah lempung yang berbutir

menempati ruangan antara butir-butir pasir dan menurunkan permeabilitas (Schönmetz dan Gruber, 1994).

Pada hasil penelitian seperti yang ditunjukkan pada gambar 4, hubungan antara nilai permeabilitas terhadap variasi persentase kadar *water glass*, menunjukkan kecenderungan secara umum, dimana dengan penambahan variasi persentase kadar *water glass*, nilai permeabilitas semakin menurun, tetapi khususnya pada penambahan kadar *water glass* antara 3%-4%, nilai permeabilitasnya cenderung semakin meningkat dari 110,369 cm³/menit menjadi 112,764 cm³/menit, atau kenaikannya sekitar 2,1%, hal ini dipengaruhi oleh pasir silika yang digunakan sebagai bahan cetakan, memiliki kadar air kurang dari 1% yaitu 0,074% dan kadar lempung kurang dari 10% yaitu 1,042%, sehingga menyebabkan celah atau ruangan antara butir-butir pasir terisi oleh *water glass* 3%-4%, pada kadar inilah sifat permeabilitas sangat baik, dikarenakan pasir dikelilingi ketebalan yang cocok dari *water glass*.

Selanjutnya dengan penambahan kadar persentase *water glass* 5%-6%, nilai permeabilitasnya cenderung mengalami penurunan dari 111,543 cm³/menit menjadi 110,083 cm³/menit (tabel 2), atau terjadi penurunan sekitar 1,3%, penurunan ini disebabkan oleh ruangan antara butir-butir pasir kelebihan kadar *water glass* yang semakin tinggi, sehingga ruangan atau celah antara butir-butir pasir terisi oleh *water glass* yang berlebihan, sedangkan kadar air dan kadar lempung tidak berpengaruh.

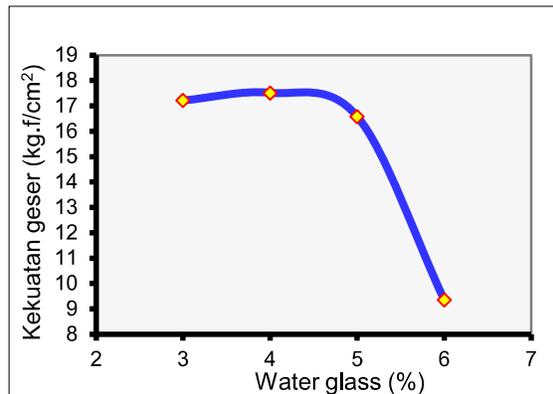
Nilai permeabilitas pada pasir silika yang dipergunakan untuk pembuatan cetakan CO₂ (Heine, 1976), disamping

dipengaruhi oleh faktor kadar *water glass*, juga dipengaruhi oleh kadar lempung dan kadar air yang terkandung di dalam pasir silika. Menurut Surdia, et. al. (1991), kadar lempung yang dianjurkan antara 10%-20% dan kadar air 1%-16%.

Berdasarkan hasil uji kadar air dan kadar lempung (tabel 3), pasir silika yang digunakan untuk membuat cetakan mengandung kadar air 0,074%, sedangkan kadar lempungnya 1,042%, maka memperhatikan kondisi tersebut, pasir silika yang digunakan akan berkurang kekuatannya, sehingga ruangan antara butir-butir pasir silika tersebut akan mudah untuk dilalui oleh gas panas yang diakibatkan oleh penguapan H₂O yang terkandung dalam pasir menjadi hidrogen (H₂) dan oksigen (O₂) saat terkena logam cor Al-Cu-Si yang dituang ke dalam rongga cetak (Avner, 1974), hal ini bisa menyebabkan cacat hasil coran (gambar 6).

Faktor lain yang mempengaruhi peningkatan nilai permeabilitas dari 110,369 cm³/menit menjadi 112,764 cm³/menit, dipengaruhi oleh ukuran butiran pasir silika yang mempunyai ukuran 200 Mesh atau jenisnya *coarse sand*, sedangkan permeabilitas yang menurun dari 111,543 cm³/menit sampai 110,083 cm³/menit, dipengaruhi oleh ukuran butiran pasir silika yang semakin halus atau kurang dari 200 Mesh atau jenisnya *fine sand* (Heine, 1976).

- **Kekuatan Geser Cetakan CO₂**



Gambar 5. Pengaruh Persentase *Water Glass* Terhadap Kekuatan Geser

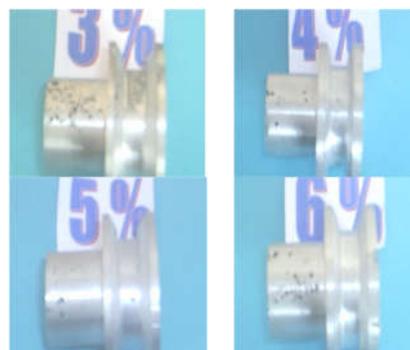
Telah dijelaskan di atas, bahwa nilai kekuatan pasir cetak mempunyai karakteristik serupa dengan nilai permeabilitas, dimana jika kadar lempung dibuat tetap dan kadar air ditambah, maka kekuatan akan berangsur-angsur bertambah sampai titik maksimum dan selanjutnya menurun (Surdia, et. al. 1999). Kecenderungan serupa timbul kalau kadar air dibuat tetap dan kadar lempung ditambah, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Air yang tidak cukup akan menurunkan kekuatan karena kurang lekatnya lempung.

Pasir dengan pengikat bentonit, kadar air menyebabkan kekuatan basah maksimum, akan tetapi pasir dengan pengikat lempung yang dikeringkan mempunyai permeabilitas dan kekuatan yang meningkat dibandingkan dalam keadaan basah, karena air bebas dan air yang diabsorpsi (diserap) pada permukaan tanah lempung dihilangkan (Surdia, et. al. 1991).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara kekuatan geser terhadap kadar *water glass* secara umum, dengan penambahan variasi

persentase kadar *water glass*, kekuatan geser-nya semakin menurun (Gambar 5). Penurunan tersebut sama seperti ditunjukkan pada Gambar 3, tetapi pada penambahan kadar *water glass* 3% - 4%, kekuatan geser mengalami kenaikan dari 17,22 kg.f/cm² menjadi 17,52 kg.f/cm² atau terjadi kenaikan 1,7%, hal ini dipengaruhi oleh pasir silika yang digunakan untuk membuat cetakan memiliki kadar air yang rendah yaitu 0,074% dan kadar lempung yang rendah yaitu 1,042%, serta dipengaruhi oleh meningkatnya nilai permeabilitas (Heine, 1976).

Penambahan kadar *water glass* antara 5% - 6%, kecenderungan kekuatan geser-nya semakin menurun dari 16,58 kg.f/cm² menjadi 9,36 kg.f/cm², atau terjadi penurunan 44%, hal ini disebabkan karena pasir silika dengan dilakukan penambahan kadar *water glass* tersebut diatas, celah atau ruangan antara butir-butir pasir silika terisi oleh *water glass* yang semakin tinggi persentasenya, dengan kondisi tidak dilakukan penambahan kadar air dan kadar lempung, sehingga sifat pasir silika tersebut menjadi lumer (lentur) dimana nilai permeabilitas-nya semakin rendah (Davies, 1973), dengan demikian menyebabkan kekuatan geser cetakan ini mengalami penurunan yang signifikan.



Gambar 6. Hasil Cor Logam Al-Cu-Si Sesudah di *Finishing*

KESIMPULAN

Kesimpulan dari pengaruh variasi persentase *water glass* terhadap karakteristik cetakan CO₂ untuk aplikasi pengecoran logam Al-Cu-Si, maka didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Nilai permeabilitas semakin meningkat setelah penambahan *water glass* 3%, 4%, dan nilai permeabilitas mengalami penurunan setelah penambahan *water glass* 5%, 6%.
2. Kekuatan geser mengalami peningkatan setelah penambahan *water glass* 3%, 4%, dan kekuatan geser mengalami penurunan setelah penambahan *water glass* 5%, 6%.

DAFTAR PUSTAKA

Amstead, B. H., Philip F. O dan Myron L. B. 1989. *Teknologi Mekanik*. Jilid I, Edisi ketujuh versi S1. Terjemahan: Ir. Sriati Djaprie, M.E., M.Met. Penerbit Erlangga. Jakarta

Avner, Sidney H. 1974. *Introduction to Physical Metallurgy*. Second Edition. McGraw-Hill Book Company. Singapore.

Beumer, B. J. M., 1978. *Ilmu Bahan Logam*. Terjemahan: B.S. Anwir Matondang. PT. Bhratara Karya Aksara. Jakarta.

Davies, G. J. 1973. *Solidification and Casting*. Applied Science Publishers Ltd. London.

Heine, R.W. 1976. *Principles of Metal Casting*. Tata McGraw-Hill Book Co. New York.

Jain, P L. 1979. *Principles of Foundry Technology*. Tata McGraw-Hill. New Delhi.

Schönmetz dan Gruber. 1994. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*. Terjemahan: Eddy D. Hardjapamekas. Penerbit Angkasa Bandung. Bandung.

Surdia, T dan Kenji, C. 1991. *Teknik Pengecoran Logam*. Cetakan Keenam, PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

Van, V. dan Lawrence, H. 1985. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*. Edisi Kelima. Terjemahan: Ir. Sriati Djaprie, M.E., M.Met. Penerbit Erlangga. Jakarta.