

# Analisis Porositas Pengecoran Logam Cetakan Plaster Dengan Variasi Komposisi Bahan Plaster Dan Air Dengan Menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM)

Firly Afianto<sup>1</sup>, Maftuchin Romlie<sup>2</sup>, Yoto<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang  
e-mail : Firly.afiato18@gmail.com

**Abstrak:** Cetakan plaster adalah salah satu tipe cetakan dalam pengecoran logam, ada beberapa faktor lain yang dapat menghasilkan coran dengan kualitas yang bagus, seperti komposisi cetakan bahan pengikatnya atau bahan dasarnya dan pengeringan cetakan dengan tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi yang sesuai dengan cetakan plaster dengan pengikat air, sebagai analisis cacat porositas pada hasil pengecoran cetakan plaster menggunakan Scanning Electron Microscope dan analisis nilai kekerasan pada pengecoran cetakan plaster. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan metode one-shot case study. Adapun hasil dari penelitian ini menunjukkan pada hasil uji visual didapatkan dari cetakan plaster 43%, 46% dan 50% semua memiliki cacat penyinteran dan rongga udara. Berdasarkan hasil pengamatan struktur mikro coran cetakan plaster 50% cacat porositas banyak terjadi dengan penyebaran struktur butir aluminium tidak merata dan butir silikon yang kecil. Berdasarkan nilai kekerasan microvickers tertinggi terdapat pada coran 50% dengan nilai kekerasan 97,1 HV lebih tinggi dari coran 43% dengan nilai kekerasan 96,2 HV. Dapat disimpulkan bahwa seiring bertambahnya air dan berkurangnya plaster, nilai kekerasannya akan berkurang.

**Kata Kunci**— Plaster, Porositas, Komposisi, Scanning Electron Microscope.

**Abstract:** Plaster molding is one type of mold in metal casting, there are several other factors that can produce castings with good quality, such as the composition of the mold binder or base material and the drying of the mold properly. This study aims to determine the appropriate composition of plaster molds with water binders, as an analysis of porosity defects in plaster casting results using a Scanning Electron Microscope and analysis of hardness values in plaster mold castings. This study uses a quantitative research method with a one-shot case study method. The results of this study showed that the visual test results obtained from plaster molds 43%, 46% and 50% all had sintering defects and air voids. Based on the results of observations of the microstructure of the 50% plaster mold castings, porosity defects occur frequently with the uneven distribution of the aluminum grain structure and small silicon grains. Based on the highest microvickers hardness value found in 50% castings with a hardness value of 97.1 HV which is higher than 43% castings with a hardness value of 96.2 HV. It can be concluded that with increasing water and decreasing plaster, the hardness value will decrease

**Keywords**— Plaster, Porosity, Composition, Scanning Electron Microscope.

Pengecoran logam adalah proses produksi manufaktur yang prosedurnya menggunakan logam cair yang di panaskan kemudian dicetak menggunakan cetakan khusus (Mold). Menurut Mikell P. Groveer (2010:225) ada dua macam kategori berdasarkan tipe cetakan yaitu : cetakan permanen dan cetakan tidak permanen. Metode pengecoran untuk cetakan tidak permanen seperti sand casting, shell molding, vacuum moulding, investment casting, plaster mold casting dan ceramic mold casting. Sedangkan untuk cetakan permanen seperti slush casting , low pressure casting, vacuum permanent mold casting, die casting, squeeze casting, semi solid metal casting, dan centrifugal casting. pengecoran logam plaster (Casting Plaster Mold) salah satunya memiliki potensi sebagai model pembelajaran material untuk mengetahui porositas material, kepadatan material & kerapuhan material tersebut (Brittle). Kemudian Sifat mekanik pada material tersebut seperti Modulus Elastisitas ( E ), modulus beban Tarik ( MoR ), sifat tegangan kritis (KIC ), awal patah dan nilai yield di bawah kompresi tegangan searah dan kompresi hidrostatik sebagai fungsi penelitian porositas suatu material.

Pengecoran logam menggunakan metode cetakan plaster dinilai lebih ekonomis dan efisien dalam mengolah material yang luas atau besar, dan memungkinkan biasa digunakan dalam pengecoran Gravity Die Casting. kemudian konsistensi untuk produksi cetakan logam sedang yang berbentuk kompleks dan biasa digunakan untuk fabrikasi pengecoran metode Investment. Kekurangan untuk pengecoran plaster yaitu tidak adanya permeabilitas, sehingga membatasi gas-gas yang keluar dari rongga cetakan. Kemudian masalah kekurangan ini bisa diselesaikan dengan menggunakan komposisi yang benar dan perlakuan yang di kenal sebagai proses Antioch.

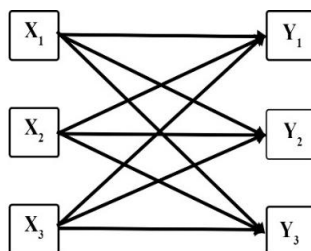
Material aluminium banyak digunakan dalam dunia industri manufaktur, alat berat, aerospace dan otomotif. Menurut Rustono (2014) Logam aluminium adalah logam berwarna putih keperakan yang lunak. Logam aluminium sendiri memiliki kelebihan yaitu berat jenis yang ringan, mempunyai titik lebur yang rendah, konduktor listrik yang baik dan tahan terhadap karat dengan baik. Kekurangan pada aluminium adalah ketahanan terhadap keausan yang kurang baik, kekuatannya yang rendah dibanding dengan besi dan baja. Dan di sini peran paduan aluminium (Al-Si) banyak diaplikasikan yang di mana kombinasi yang bagus antara sifat mekaniknya dan hanya membutuhkan kepadatan yang rendah. Kelebihannya yaitu dalam penambahan kekuatan yang bagus dan anti korosi, menambah ketahanan aus terhadap komponen yang bergerak, dan koefisien ekspansi termal yang bagus dan sangat bagus untuk sifat-sifat pengecoran logam seperti murah dan produksi pengecoran logam yang sangat efisien.

Dalam pengecoran logam banyak sekali kecacatan pada produk atau hasil benda kerja salah satunya adalah kecacatan porositas. Porositas adalah suatu cacat pada produk atau benda kerja yang dapat menurunkan kualitas produk atau benda kerja tersebut seperti benda kerja yang mudah patah menerima beban yang tidak sesuai, kekuatan tariknya tidak sesuai yang diinginkan produsen dsb. Ada beberapa penyebab terjadinya cacat porositas antara lain cawan tuang yang terlalu basah, penuangan logam cair yang lambat, permeabilitas yang kurang sempurna dan cacat penyusutan.

Dalam analisa penelitian di atas agar penelitian ini akurat maka dibutuhkan alat untuk mengamati kecacatan porositas material coran logam disebut Scanning Electron Microscope yang paling sering digunakan dalam penelitian porositas material, struktur material dan morfologi dari material coran logam. Dari uraian di atas, perlu adanya penelitian tentang pengaruh komposisi plaster dan air dalam pengecoran logam plaster terhadap porositas hasil spesimen menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). Berdasarkan acuan tersebut, diperlukan adanya penelitian lanjut agar pengecoran cetakan plaster ini menjadi lebih baik dengan adanya penelitian berjudul “ Analisa Porositas Logam Cetakan Plaster dengan Variasi Komposisi Bahan Plaster dan Air Menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) ”.

## METODE

Dilihat dari jenis metode penelitian, maka penelitian ini termasuk dalam penelitian kuantitatif. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis hasil pengecoran Al-Si menggunakan cetakan plaster dengan variasi komposisi bahan plaster dan air dilihat dari segi struktur mikro dan cacat pengecoran. Desain yang digunakan adalah penelitian pre-experimental dengan jenis one-shot case study untuk penelitian ini, one-shot case study yang di mana suatu kelompok diberikan sebuah perlakuan dan selanjutnya diobservasi hasilnya. Penelitian ini menggunakan 1 variabel bebas (independent) dengan 3 variasi dan 3 variabel terikat (dependent) seperti pada gambar bagan berikut.



Gambar 1 Hubungan Antar Variabel

### Variabel Bebas

Penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah komposisi plaster dan air sebagai cetakan pola pengecoran dengan kriteria sebagai berikut :

- Kelompok X1 : Komposisi cetakan 43% Plaster (0,93 gr) dan 57% Air (1,07 ml)
- Kelompok X2 : Komposisi cetakan 46% Plaster (0,96 gr) dan 54% Air (1,04 ml)
- Kelompok X3 : Komposisi cetakan 50% Plaster (1 gr) dan 50% Air (1 ml)

### Variabel Terikat

Pada penelitian ini variabel terikatnya meliputi

- Kelompok Y1 : Cacat permukaan coran
- Kelompok Y2 : Nilai porositas dan
- Kelompok Y3 : Nilai kekerasan coran

### Variabel Kontrol

Dalam penelitian ini variabel kontrolnya meliputi :

- Temperatur peleburan logam yang digunakan 700°C.
- Suhu ruangan penuangan cairan logam 24°C – 26°C.
- Pengikat yang digunakan hanya air.
- Cetakan dipanggang selama 5 jam dengan suhu 200°C
- Logam yang digunakan adalah Al-Si pada piston bekas kendaraan roda dua atau sepeda motor.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Cacat Permukaan Coran

Berdasarkan pengamatan yang sudah dilakukan pada setiap spesimen hasil pengecoran logam yang dilaksanakan di laboratorium pengecoran logam Teknik Mesin UM menggunakan kamera DSLR Canon EOS 1500D dengan Lensa Kit EF S18-55 mm, hasil dari pemeriksaan foto makro pada spesimen cetakan plaster dengan 3 variasi komposisi yang berbeda. Dapat dilihat pada gambar 2, gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 2 Pengamatan Hasil Cacat permukaan Coran dengan Komposisi Cetakan Plaster 43% dan Air 57%

Berdasarkan hasil pengamatan pada hasil coran Gambar 2 komposisi cetakan plaster 43% dengan air 57% pada bagian atas hasil coran terdapat cacat coran penyinteran dan sedikit rongga udara pada setiap spesimen kiri, tengah maupun kanan spesimen. Kemudian pada bagian bawah yang paling banyak terjadi adalah cacat rongga udara, cacat penyinteran, cacat ekor tikus dan cetakan yang rontok yang sedikit. Dan dari semua hasil coran logam spesimen 1 memiliki cacat spesimen yang paling sedikit.



Gambar 3 Pengamatan Hasil Cacat permukaan Coran dengan Komposisi Cetakan Plaster 46% dan Air 54%.

Berdasarkan hasil pengamatan pada hasil coran Gambar 3 komposisi cetakan plaster 46% dengan air 54% pada bagian atas hasil coran terdapat cacat coran penyinteran saja pada setiap spesimen kiri, tengah maupun kanan spesimen. Kemudian pada bagian bawah yang paling banyak terjadi adalah cacat rongga udara, cacat penyinteran, cacat ekor tikus dan cetakan yang rontok. Yang paling banyak adalah cacat rongga udara yang banyak sekali menyebar pada setiap spesimen kiri, tengah dan kanan. Dan dari semua hasil coran logam spesimen 1 memiliki cacat spesimen yang banyak.

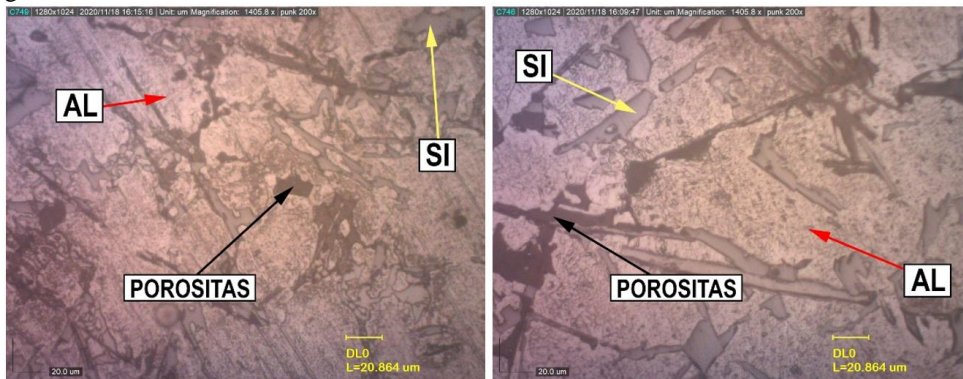


Gambar 4 Pengamatan Hasil Cacat permukaan Coran dengan Komposisi Cetakan Plaster 50% dan Air 50%

Berdasarkan hasil pengamatan pada 3 hasil pengecoran logam Al-Si pada gambar 3, gambar 4 dan gambar 5 menggunakan cetakan ketiga komposisi plaster dan air sebagai pengikat yang berbeda diketahui bahwa cacat yang terjadi pada 3 komposisi yaitu cacat penyinteran, ekor tikus, cacat lubang rongga udara berdasarkan ciri cirinya. Cacat pengecoran penyinteran terjadi di semua 9 spesimen pada permukaan bawah dan atas termasuk bagian kanan, tengah dan kiri. Sama halnya dengan cacat lubang rongga udara yang juga terjadi di semua 9 spesimen pada permukaan bagian bawah saja dari bagian kanan, tengah dan kiri tetapi hanya pada spesimen 3 pada permukaan atas bagian kiri terjadi rongga udara. Sedangkan cacat ekor tikus pada bagian bawah hampir semua spesimen kecuali spesimen 3 dengan komposisi Plaster 50% dengan pengikat air 50% pada bagian kiri bawah. pernyataan ini didukung oleh pernyataan oleh Mikell P. Groover (200:235) yang menyebutkan Cetakan kemudian dipanggang selama beberapa jam untuk menghilangkan kelembapan, sedangkan jika cetakan tidak di panggang kurang dari 5 jam akan menyebabkan rongga udara pada bagian bawah spesimen.

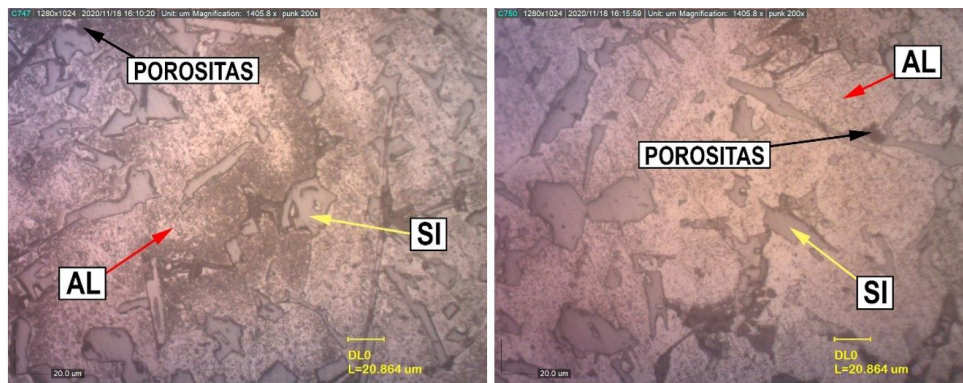
### Hasil Cacat Porositas Coran

Setelah melakukan pengamatan cacat pengecoran dilakukan pengamatan struktur mikro pada setiap spesimen bagian tengah (B) menggunakan alat Mikroskop logam dengan perbesaran lensa 200x dan perbesaran kamera 500x setelah spesimen dipoles dengan ampelas grit 80, grit 800, grit 2000 atau CAMI 900 dan diberi cairan etsa selama 30 detik, maka diperoleh hasil pengamatan struktur mikro pada 3 spesimen di bagian tengah (B) spesimen dengan komposisi cetakan plaster dan air yaitu komposisi plaster 43% dengan pengikat air 57%, komposisi plaster 46% dengan pengikat air 54% dan plaster 50% dengan pengikat air 50% pada gambar berikut.



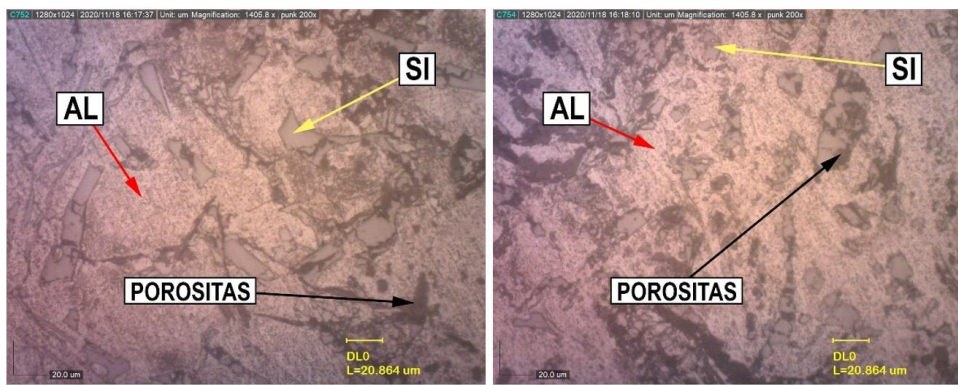
Gambar 5 Foto Mikro Hasil Coran Komposisi Cetakan Plaster 43% dan Air 57%

Berdasarkan hasil foto mikro coran gambar 5 dengan komposisi cetakan plaster 43% dan air 57% dapat dilihat bahwa butir silikon (Si) pada foto tersebut menyebar tidak merata dengan diagonal ukuran yang lebih bervariasi. Kemudian pada cacat porositas terlihat banyak dengan ukuran besar dan kecil. seperti pada Gambar di atas butir aluminium (Al) menyebar hampir merata dengan ukuran yang besar.



Gambar 6 Foto Mikro Hasil Coran Komposisi Cetakan Plaster 46% dan Air 54%.

Hasil foto mikro coran gambar 6 dengan komposisi cetakan plaster 46% dan air 54% pada bagian tengah spesimen (B) dapat dilihat bahwa butir Aluminium (Al) penyebarannya merata dengan ukuran yang lebih besar dibandingkan spesimen cetakan plaster 43% dengan pengikat air 57%. Kemudian pada butir Silikon (Si) spesimen cetakan 46% lebih merata dan mengisi pada batas-batas butir daripada spesimen cetakan 43% yang tidak merata dengan ukuran diagonal bervariasi. Selanjutnya cacat porositas pada spesimen cetakan 46% lebih sedikit penyebarannya dengan ukuran yang kecil dibandingkan dengan spesimen cetakan 43%.



Gambar 7 Foto Mikro Hasil Coran Komposisi Cetakan Plaster 50% dan Air 50%.

Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro pada gambar 5, gambar 6 dan gambar 7 yang telah didapat pada komposisi cetakan plaster 50% dan air 50%, dapat dilihat pada cacat porositas spesimen dengan komposisi cetakan plaster 50% dan air 50% dengan penyebaran yang banyak tetapi dengan ukuran porositas yang lebih kecil dari spesimen cetakan plaster 43%. Dengan butir aluminium (Al) menyebar tidak merata yang mengisi pada batas batas butir daripada spesimen cetakan plaster 43%. Kemudian butir Silikon pada spesimen cetakan plaster 50% ini lebih kecil dengan penyebaran yang tidak merata daripada spesimen cetakan plaster 43%. Pernyataan tersebut juga di dukung oleh penelitian T Bucki (2020) porositas pengecoran logam paduan aluminium Silikon cetakan plaster biasa dengan perbandingan komposisi plaster, serbuk aluminium oksida dan air (1g :1g :1.5 ml) menunjukkan dalam pengamatan mikroskop, terdistribusi secara merata dengan signifikan pada seluruh bagian wilayah dan dalam pengamatannya menunjukkan pengeringan cetakan plester menyebabkan pengurangan yang signifikan dalam jumlah pori-pori dalam pengecoran dibandingkan dengan pengecoran cetakan. Dalam penelitian juga menunjukkan cetakan plaster yang terdehidrasi menyebabkan pengurangan yang signifikan jumlah lubang di bandingkan dengan cetakan plaster biasa yang tanpa dipanggang.

### Hasil Nilai Kekerasan Coran

Hasil kekerasan Microvickers yang telah diuji ketiga spesimen di Laboratorium Pengujian Logam Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Malang untuk mengetahui tingkat kekerasan hasil pengecoran Al-Si Cetakan Plaster dan Air dengan komposisi Plaster 43% dengan pengikat air 57%, komposisi Plaster 46% dengan pengikat air 54% dan komposisi Plaster 50% dengan pengikat air 50% menggunakan alat Microvickers Hardness Tester. Pengujian kekerasan Microvickers ini menggunakan gaya penetrasi 200 gram dan dwell 10 detik. Pada pengujian kekerasan Microvickers ini dilakukan di tiga titik pada 9 spesimen dengan 3 komposisi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 1 Uji Kekerasan Microvickers

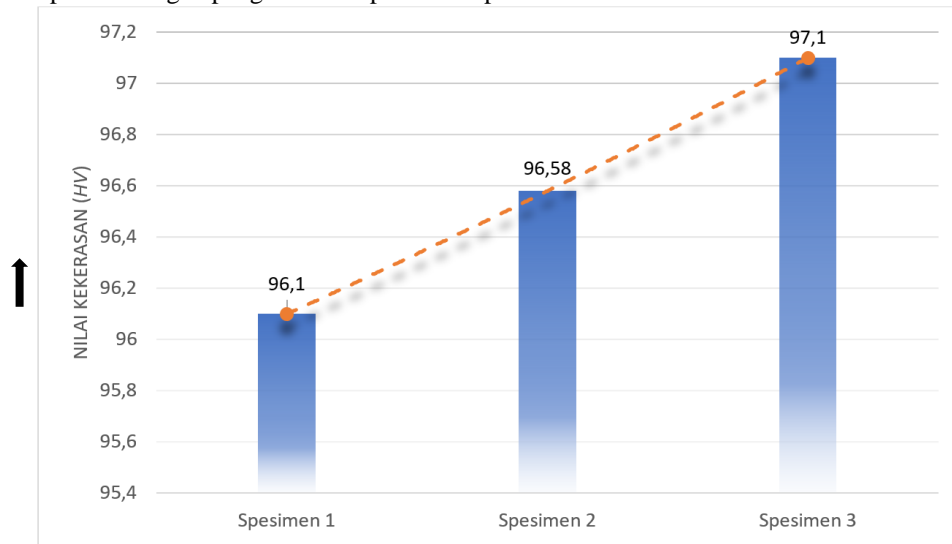
Komposisi Plaster dan Air (Spesimen)	Bagian	Titik			Rata-Rata Titik Spesimen (HV)	Rata-Rata Variasi Spesimen (HV)
		1	2	3		
43% dan 57% (1)	Kanan (A)	90,7	93,4	106,5	96,86	96,2
	Tengah (B)	91,9	86,1	90,9	89,63	
	Kiri (C)	106,8	99,9	99,8	102,16	
46% dan 54% (2)	Kanan (A)	96,9	93,2	98,38	96,16	96,58
	Tengah (B)	114,2	112,5	103,3	110	
	Kiri (C)	82,9	83,3	84,6	83,6	
50% dan 50% (3)	Kanan (A)	113,4	91,3	98,4	101,03	97,15
	Tengah (B)	67,1	75,8	95,7	79,53	
	Kiri (C)	100,8	138,9	93	110,9	

Berdasarkan pengujian kekerasan Microvickers yang telah di laksanakan, dapat diketahui kekerasan paling tinggi terdapat pada Spesimen dengan komposisi Plaster 50% pengikat air 50% dengan nilai kekerasan rata rata variasi spesimen 97,1 HV. Sedangkan kekerasan paling rendah terdapat pada Spesimen dengan komposisi Plaster 43% pengikat air 57% dengan nilai kekerasan rata-rata variasi spesimen 96,2 HV. Berikut untuk Gambar 4.7 diagram batang dari hasil pegujian kekerasan rata-rata setiap titik spesimen Microvickers .



Gambar 8 Diagram batang nilai kekerasan rata-rata titik bagian

Hasil dari konversi ke diagram batang nilai rata-rata kekerasan variasi spesimen pengecoran logam Al-Si dengan variasi cetakan komposisi plaster dengan pengikat air dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 9 Diagram Batang nilai rata-rata kekerasan variasi spesimen

Pernyataan tersebut di tegaskan oleh pernyataan Sriwahyudi, dkk (2014) cacat porositas yang tinggi pada logam akan menyebabkan nilai kekerasan logam tersebut akan menurun. Seiring bertambahnya pengikat air dan berkurangnya plaster dalam cetakan , maka nilai kekerasannya akan berkurang.

## PENUTUP

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat ditarik kesimpulan dari pengecoran cetakan plaster dengan pengikat air sebagai berikut: (1) cacat permukaan coran terjadi disetiap spesimen terdapat 3 jenis cacat yaitu cacat penyinteran, rongga udara dan ekor tikus. Bersamaan dengan cacat rongga udara di spesimen 2 dan 3 lebih banyak terjadi. (2) Cacat

Porositas Coran terjadi di semua spesimen dengan catatan spesimen 3 memiliki cacat porositas yang banyak dengan ukuran kecil dan struktur butir aluminium dan silikon yang tidak merata dengan ukuran kecil. Spesimen 2 memiliki cacat porositas yang lebih sedikit dibandingkan dengan yang lainnya dan struktur butir aluminium dan silikon yang merata dengan ukuran besar. (3) nilai kekerasan coran uji kekerasan Microvickers tertinggi adalah spesimen 3 komposisi cetakan plaster 50% dan air 50% dengan nilai kekerasan 97,1 HV. Uji kekerasan Microvickers terendah adalah spesimen 1 komposisi cetakan paster 43% dan air 50% dengan nilai kekerasan 96,1 HV. Seiring bertambahnya pengikat air dan berkurangnya plaster dalam cetakan, maka nilai kekerasannya akan berkurang.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Akuan, A. 2009, Tungku Peleburan Logam. Bandung: Universitas Jendral Ahmad Yani.
- American Society for Metal Handbook Vol 15, 9th Edition. Casting. USA: ASM Handbook Commite
- Annusavice, Kenneth J. 2003. Philips : Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi. Jakarta: EGC
- Aqida S.N, M.I. Ghazhali dan J.Hashim. 2005. The Effect of Porosity on Fatigue for Cast Metal Matrix Composites. Journal of Composite Materials. Malaysia:Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn.
- Bucki, T , M Sidorko dan D Bolibruchova. 2020. The effect of application of the plaster as a mould material on the microstructure and properties of AlSi9 aluminium alloy. IOP Conf. 723(012005). Polandia:Kielce University of Technology.
- Callister, W. D. 2001. Fundamentals of Materials Science and Engineering. Department of Metallurgical Engineering The University of Utah.
- Deasy, Titiek. S, Rusnaldy dan Gunawan DH. 2014. Pembuatan Bahan Standar Al-Si12(b) dari Skrap Aluminium; Study Komposisi Kimia, Porositas dan Sifat Kekerasan Bahan. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Groover, M. 2000, Fundamental of Modern Manufacturing. New York: Bradley University.
- Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. 2013. Teknik Pengecoran Logam. Jakarta: Balai Pustaka.
- Permana, Galang. E. 2020. Studi Pengaruh Metode Pengecoran Terhadap Density, Porositas, Sruktur Mikro dan Kekerasan. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ponco , Ratih K.S, Erwin Siahaan dan Steven Darmawan. 2016. Pengaruh Unsur Silikon pada Aluminium Alloy (Al-Si) terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin.Jakarta Universitas Tarumanegara. Jakarta
- Rustono. 2014. Studi Sifat Mekanik Paduan Al-Si pada Piston Bekas dengan Penambahan Magnesium (Mg). Tegal: Universitas Pancasakti Tegal.
- Saputra, Welsan E. 2019. Analisis Komposisi Campuran Brick Powder sebagai Media Cetakan terhadap Hasil Pengecoran Al-Si. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Gattu, M dan Arjun S Sanakanan. 2017. Effect of size and porosity on strength of Plaster of Paris specimens. India:Indian Institute of Technology, Roorkee.