

ANALISIS PENGARUH VARIASI JENIS BAHAN PENGIKAT TERHADAP PERMEABILITAS PASIR CETAK PADA PENGECORAN LOGAM

Tisya Pramesta Ramadhani ^{1*}, Farizi Rachman, S.Si., M.Si. ², Widya Emilia Primaningtyas, ST., MT. ³

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur Jurusan Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia ^{1*}

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur Jurusan Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia ²

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur Jurusan Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia ³

Email: tisyapramdhani0401@gmail.com ¹

Abstract – The results of field observations and reports on the production and quality control of PT. Aneka Adhilogam Karya in 2021, show that the percentage of reject product decrease by 0.23% and company's quality target decrease by 0.5% from the previous year, it can be concluded that every year the company try to reduce the percentage of reject products which are suspected to be caused by problems in the composition of the molding sand. It was found that the moisture content of the molding sand exceed the normal limit of 11,2%, so that the reject product was suspected to be caused by problems in the composition of the molding sand. Research on the correct composition of molding sand between the composition of sand and binder is needed to improve the quality of casting results. This research was carried out using an experimental method and then comparing the permeability of molding sand and casting results from two types of addition of binders, namely bentonite and molasses. Variations in the composition used are 1%, 3%, and 5%. The results of this study obtained a recommendation for the composition of molding sand that has the highest permeability and produces a product with the least quantity of defects is molding sand with the addition of 5% molasses binder, with a permeability value of 53.50 ± 0.50 cm³/minute and a defect area of 11.97%.

Keyword: Sand Molding, Bentonite, Molasses, Permeability, Analysis of Variance

1. PENDAHULUAN

Pengecoran logam merupakan salah satu bidang industri manufaktur yang masih banyak digunakan di Indonesia. Menurut halaman resmi Asosiasi Pengecoran Logam Indonesia (Aplindo) [1], terdapat 52 perusahaan pengecoran yang terdaftar dalam keanggotaan Aplindo. Kemudian terdapat 33 perusahaan pengecoran besar berbahan dasar besi (ferrous), sembilan perusahaan berbasis baja paduan (alloy steel), 16 perusahaan besar dan 20 perusahaan skala kecil-menengah (IKM) untuk aluminium (nonferrous) yang berada di Indonesia [2]. Sehubungan dengan banyaknya perusahaan pengecoran logam di Indonesia, maka para pengusaha harus bersaing dan bersifat kompetitif dengan cara menaikkan mutu perusahaan. Menaikkan mutu perusahaan salah satunya dapat dilakukan dengan cara menurunkan persentase hasil produk yang gagal.

PT. Aneka Adhilogam Karya merupakan perusahaan swasta nasional yang bergerak di bidang pengecoran logam dan berlokasi di Kecamatan Ceper, Kabupaten Klaten, Jawa tengah [3]. Menurut laporan hasil produksi dan *quality control* perusahaan didapatkan bahwa persentase jumlah *reject*

produksi tahun 2020 hingga 2021 menurun dari 2,39% menjadi 2,08% [4][5]. Selain itu sasaran

mutu perusahaan tahun 2020 dan 2021 juga menurun dari maksimal produksi *reject* sebesar 3,5% menjadi 3% [6]. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa perusahaan tiap tahunnya berusaha menekan persentase dari produk *reject*, yang berarti perlu dilakukan perbaikan untuk terus meningkatkan mutu perusahaan. Dari hasil observasi dan pengumpulan data, terdapat dua macam *defect* yang sering terjadi di PT. AAK yaitu cacat keropos dan rantap. *Defect* tersebut diduga timbul karena ketidaksesuaian komposisi pasir cetaknya. Sehingga diperlukan penelitian tentang komposisi pasir cetak yang tepat antara pasir dan bahan pengikatnya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Akmal dan Sofudiman Lubis, variasi jenis bahan pengikat menghasilkan nilai kekerasan, *density*, dan permeabilitas yang berbeda [7][8]. Maka pada penelitian ini akan membandingkan permeabilitas pasir cetak dan hasil pengecoran dua jenis *binder* berbeda yang tersedia di PT. Aneka Adhilogam Karya yaitu bentonit dan tetes tebu. Variasi komposisi yang digunakan adalah 1%, 3%, dan 5%. Hasil uji permeabilitas spesimen uji akan dianalisis secara statistik menggunakan metode *Anova Two Way* untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor terhadap respon. Dari hasil analisis statistik tersebut dapat diketahui apakah terdapat pengaruh variabel prediktor terhadap respon. Hasil penelitian ini dapat menjadi

rekomendasi bagi perusahaan pengecoran logam dalam menentukan komposisi pasir cetak.

2. METODOLOGI

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen kemudian membandingkan permeabilitas pasir cetak dan hasil pengecoran dari dua jenis penambahan pengikat yaitu bentonit dan tetes tebu serta satu spesimen kontrol (tanpa binder). Variasi binder yang digunakan adalah 1%, 3%, dan 5%. Hasil uji permeabilitas spesimen uji dianalisis dengan metode *Two Way Anova* menggunakan *Minitab 19*, kemudian hasil dari pengecoran logam dilakukan pengamatan jenis cacat dan perhitungan luas area cacat dengan bantuan *software Image J*. Berikut adalah langkah-langkah dalam penelitian ini.

1. Pengumpulan data perusahaan
2. Identifikasi penyebab cacat pengecoran
3. Studi literatur
4. Uji kadar air
5. Perumusan masalah
6. Pemilihan jenis binder
7. Persiapan pembuatan cetakan
8. Pembuatan spesimen cetakan
9. Uji permeabilitas
10. Analisis statistik hasil uji permeabilitas
11. Pengumpulan data analisis uji statistik
12. Pembahasan hasil analisis uji statistik
13. Pengecoran logam
14. Dokumentasi hasil pengecoran logam
15. Analisis cacat pengecoran
16. Pembahasan hasil analisis cacat pengecoran
17. Kesimpulan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pada 7 macam komposisi pasir cetak yaitu tanpa binder (spesimen kontrol), dengan penambahan bentonit sebesar 1%, 3% dan 5% dan penambahan tetes tebu dengan tiap variasi komposisi sebesar 1%, 3% dan 5% .

3.1 Perhitungan Kebutuhan Komposisi Spesimen Uji

Untuk menentukan kebutuhan bahan pengikat dan air dalam pembuatan spesimen uji permeabilitas, dapat dihitung berdasarkan kebutuhan pasir kali yang ditentukan oleh Politeknik Manufaktur Ceper sebagai tempat dilakukannya pengujian. Massa pasir yang ditentukan yaitu 2000 gram, sehingga massa bahan pengikat dan air pada masing-masing spesimen adalah seperti Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Hasil Perhitungan Kebutuhan Komposisi Spesimen Uji Permeabilitas

N o	Kode Sampel	Komposisi (gram)
--------	----------------	---------------------

		Pas ir	Ai r	Bahan Pengi kat
1	Spesime n Kontrol	200 0	12 0	-
2	Bentonit 1%	200 0	12 0	20
3	Bentonit 3%	200 0	12 0	60
4	Bentonit 5%	200 0	12 0	100
5	Tetes tebu 1%	200 0	40	20
6	Tetes tebu 3%	200 0	40	60
7	Tetes tebu 5%	200 0	40	100

3.2 Pengujian Permeabilitas Pasir Cetak

Pengujian permeabilitas pasir cetak dilakukan di Laboratorium Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten. Spesimen yang diuji sebanyak 7 variasi komposisi dengan dilakukan 3 kali pengulangan pada setiap variasinya. Sebelum dilakukan uji permeabilitas, tiap spesimen harus terlebih dahulu dilakukan pengujian berat sampel dengan massa yang diizinkan yaitu 138-180 gram. Tabel 3.2 berikut adalah hasil pengujian permeabilitas dengan satuan cm³/menit.

Tabel 3. 2 Hasil Pengujian Permeabilitas

N o	Kode Sampe l	Berat Samp el (gram)	Permeabil itas (cm ³ /meni t)	Rat a- rata
1	Spesim en Kontrol	148	50	50,0 0 ± 0,00
		148	50	
		148	50	
2	Bentoni	148	48	48,0 0
		148	48	

	t 1%	148	48	± 0,00					
3	Bentoni t 3%	147	45	45,3	3	± 0,58	6000	360	180
		147	45						
		147	46						
4	Bentoni t 5%	147	40	40,8	3	± 0,76	6000	360	300
		147	41						
		147	41,5						
5	Tetes tebu 1%	148	43	43,1	7	± 0,29	6000	120	60
		148	43,5						
		148	43						
6	Tetes tebu 3%	149	44	44,5	0	± 0,87	6000	120	180
		149	45,5						
		149	44						
7	Tetes tebu 5%	150	54	53,5	0	± 0,50	6000	120	300
		150	53						
		150	53,5						

Dari data hasil uji permeabilitas di atas dapat dilihat bahwa variasi komposisi pasir cetak dengan tambahan bahan pengikat tetes tebu 5% memiliki permeabilitas paling tinggi.

3.3 Perhitungan Kebutuhan Komposisi untuk Pengecoran

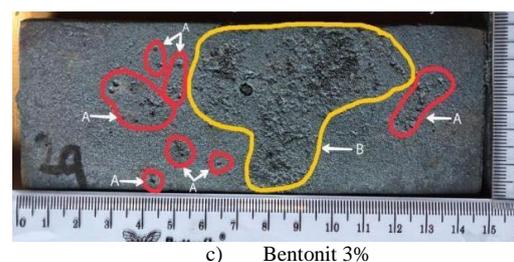
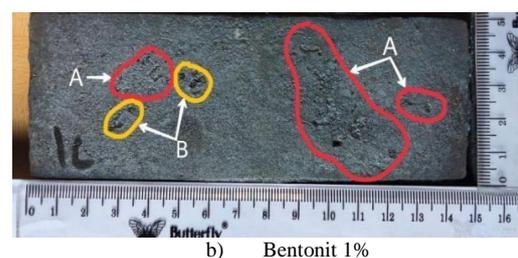
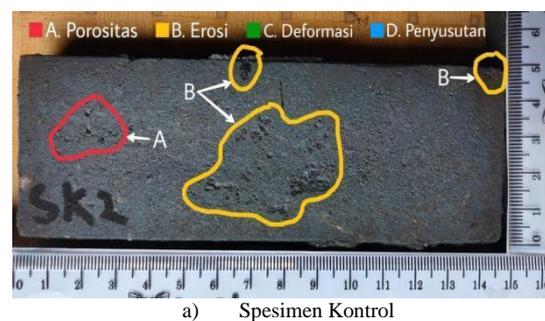
Massa pasir untuk membuat satu cetakan adalah 2000 gram, maka massa pasir yang diperlukan untuk membuat 3 cetakan adalah 6000 gram, sehingga massa bahan pengikat dan air pada masing-masing spesimen adalah seperti Tabel 3.3 berikut.

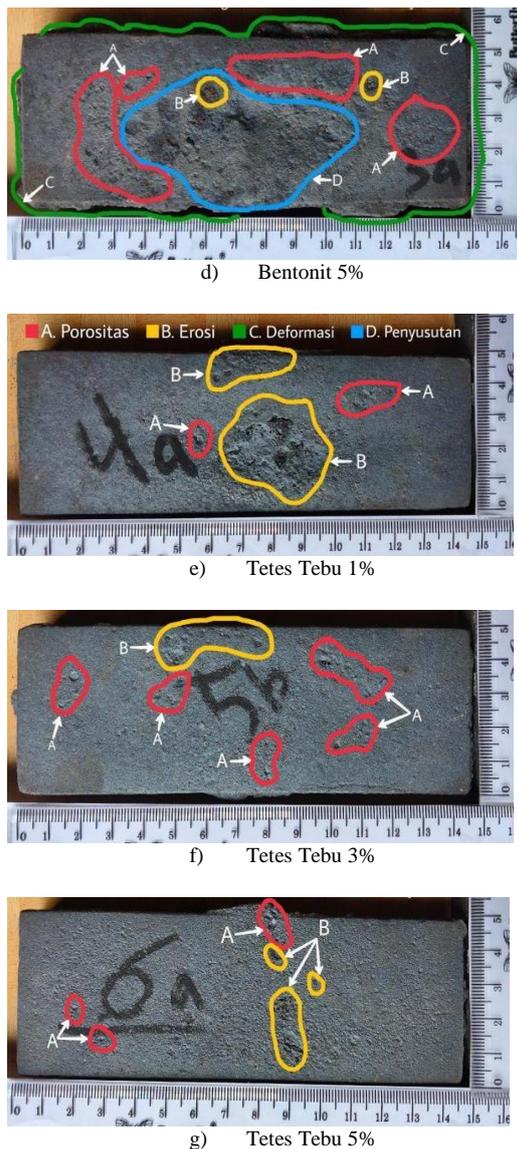
Tabel 3. 3 Hasil Perhitungan Kebutuhan Komposisi untuk Pengecoran

No	Kode Sampel	Komposisi (gram)		
		Pasir	Air	Bahan Pengikat
1	Spesimen Kontrol	6000	360	-
2	Bentonit 1%	6000	360	60

3.4 Pengamatan Jenis Cacat Pengecoran

Pengamatan ini dilakukan pada hasil produk cor yang telah dipisahkan dari bagian *gating system*. Terdapat 4 macam jenis cacat yang teridentifikasi dari pengamatan visual yaitu porositas, erosi, deformasi, dan penyusutan. Gambar 3.1 berikut adalah dokumentasi hasil produk pengecoran logam dengan menggunakan komposisi pasir cetak yang berbeda.





Gambar 3. 1 Hasil Pengecoran Loga

Berdasarkan pada Gambar 3.1 di atas, area yang ditandai huruf A adalah area dengan cacat porositas yang disebabkan oleh kurangnya lubang angin pada cetakan sehingga gas terperangkap dan menimbulkan rongga-rongga udara pada hasil pengecoran. Pencegahan yang dapat dilakukan yaitu dengan memastikan kepadatan pasir cetak yang baik dan merata serta penambahan lubang angin pada cetakan agar gas-gas tidak terperangkap dan bisa keluar dari cetakan.

Kemudian area yang ditandai huruf B adalah area dengan cacat kekasaran erosi yang disebabkan karena pasir cetakan terlepas akibat erosi pada permukaan cetakan sehingga pasir menempel pada coran. Penyebab lainnya yaitu karena cetakan yang kurang padat dan kecepatan penuangan yang terlalu lambat. Pencegahan dapat dilakukan dengan cara membuat cetakan dengan kepadatan dan kecepatan penuangan yang cukup.

Area selanjutnya yang ditandai dengan huruf C adalah jenis cacat deformasi dimana pada gambar

penambahan bentonit 5% nampak bahwa hasil coran membengkak. Cacat ini disebabkan oleh kurangnya kekuatan tekan pasir dan kadar bentonit yang terlalu tinggi. Meningkatnya kadar bentonit akan memperbesar terbentuknya gumpalan akibat reaksi antara bentonit dan air, sehingga pencampuran dan pemadatan pasir cetak tidak seragam. Pencegahan dapat dilakukan dengan cara menurunkan kadar bentonit dan meningkatkan kekuatan tekan cetakan pasir.

Selanjutnya cacat pada Gambar 3.1 adalah cacat penyusutan yang ditandai dengan huruf D. Terjadinya cacat penyusutan pada spesimen bentonit 5% ini berkaitan dengan cacat deformasi (membengkak) yang telah dibahas sebelumnya. Tekanan dari logam cair yang dimasukkan ke dalam cetakan dengan kekuatan yang kurang mengakibatkan pembekakan ke arah samping coran dan diiringi dengan penyusutan kebawah. Pencegahan dapat dilakukan dengan waktu penuangan yang cukup agar coran membeku dengan baik. Selain itu membuat cetakan dengan kekuatan yang cukup agar pasir tidak rontok.

Dari Gambar 3.1 dapat diamati secara visual bahwa hasil pengecoran yang memiliki jenis cacat paling banyak ialah komposisi dengan penambahan bentonit 5%. Namun perlu dilakukan perhitungan luas area cacat untuk memvalidasi komposisi pasir cetak yang memiliki kuantitas cacat pengecoran paling banyak.

3.5 Pengamatan Jenis Cacat Pengecoran

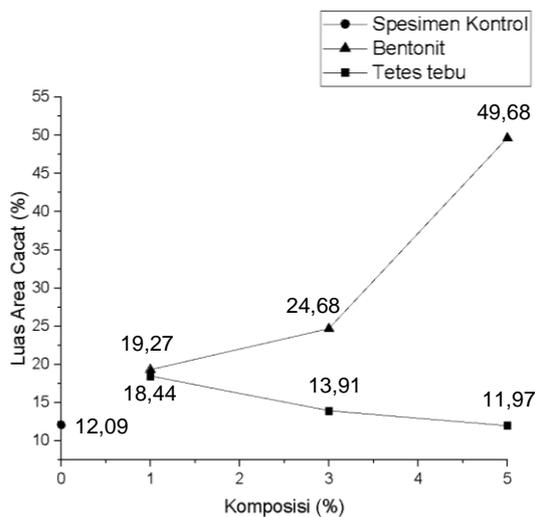
Perhitungan luas area cacat dihitung menggunakan bantuan *software Image J* pada tiap area cacat kemudian dijumlahkan untuk mengetahui total luas area cacat pada tiap produk. Dimensi produk sesuai pola yaitu 15x5x1,5 cm, maka luas permukaan produk adalah 75 cm². Selanjutnya dilakukan perhitungan lebih lanjut untuk mengetahui persentase luas area cacat seperti pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3. 4 Perhitungan Luas Area Cacat Pengecoran

Komposisi	Luas Area Cacat (cm ²)	Persentase (%)
Spesimen Kontrol	9,069	12,09
Bentonit 1%	14,449	19,27
Bentonit 3%	18,510	24,68
Bentonit 5%	37,261	49,68
Tetes tebu 1%	13,833	18,44
Tetes tebu 3%	10,435	13,91

Tetes tebu 5%	8,977	11,97
---------------	-------	-------

Dari uraian jenis cacat yang terjadi pada tiap hasil produk serta perhitungan persentase luas cacat, maka dapat disimpulkan bahwa komposisi pasir cetak dengan penambahan tetes tebu 5% memiliki kuantitas cacat paling sedikit yaitu sebesar 11,97% dan penambahan bentonit 5% memiliki kuantitas cacat paling banyak seperti grafik pada Gambar 3.2 di bawah ini



Gambar 3. 2 Grafik Pengaruh Jenis Bahan Pengikat terhadap Cacat Pencetakan

3.4 Uji Statistika

Pada penelitian ini, dilakukan uji pengolahan data secara statistik dengan metode Anova. Terdapat dua jenis metode Anova yaitu one way dan two way, berdasarkan jumlah variabel pada penelitian ini yang berjumlah lebih dari 1, maka metode yang digunakan adalah *two way Anova* atau Anova dua arah. Sebelum menganalisis data hasil uji Anova, sebaiknya dilakukan uji normalitas dan homogenitas terlebih dahulu guna mengetahui apakah residual berdistribusi normal dan bersifat homogen.

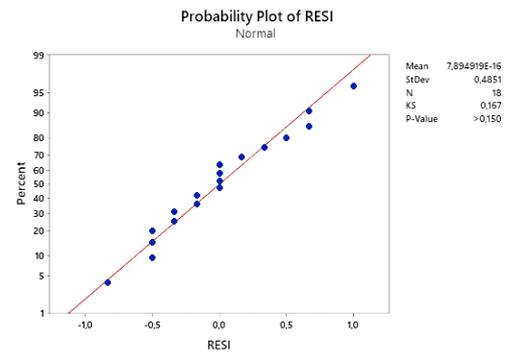
1. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan guna mengetahui bahwa residual berdistribusi normal atau tidak. Sebelum melakukan pengujian, hipotesis awal perlu dibuat agar dapat menyimpulkan hasil dari pengujian.

Hipotesis Awal:

- H0: residual berdistribusi normal
- H1: residual tidak berdistribusi normal

Setelah membuat hipotesis awal, uji normalitas dilakukan dengan menggunakan software minitab 19, dan Gambar 3.3 berikut merupakan hasil uji normalitas yang telah dilakukan.



Gambar 3. 3 Hasil Uji Normalitas

Pada uji normalitas yang dilakukan, nilai signifikansi (α) yang digunakan adalah sebesar 0,05 atau 5% dan nilai P-Value menunjukkan nilai lebih besar dari 0,05 yang berarti H0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa residual berdistribusi normal.

2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan guna mengetahui apakah variasi pada penelitian ini bersifat homogen. Sebelum melakukan pengujian, hipotesis awal perlu dibuat agar dapat menyimpulkan hasil dari pengujian.

Hipotesis Awal:

- H0: variasi pada tiap kelompok sama (homogen)
- H1: variasi pada tiap kelompok tidak sama (tidak homogen)

Tabel 3. 5 Hasil Uji Homogenitas pada Minitab 19

Method	Test Statistic	P-Value
Multiple Comparisons	-	0,598
Levene	0,19	0,936

Tabel 3.5 di atas adalah hasil pengujian homogenitas pada semua variasi dengan menggunakan nilai signifikansi (α) sebesar 5% atau 0,05. Nilai metode levene yang dihasilkan sebesar 0,936 atau lebih besar dari nilai signifikansi (α). Sehingga dapat disimpulkan bahwa H0 diterima atau variasi pada tiap kelompok sama (homogen).

3. Anova

Setelah dilakukan uji normalitas dan homogenitas, maka dapat dilanjutkan dengan menganalisis hasil uji Anova dua arah menggunakan *Minitab 19*. Hipotesis awal perlu dibuat terlebih dahulu agar dapat menyimpulkan hasil dari pengujian.

Hipotesis variabel jenis *binder*:

- a. H0: jenis *binder* mempengaruhi permeabilitas pasir cetak
 b. H1: jenis *binder* tidak mempengaruhi permeabilitas pasir cetak

Hipotesis variabel komposisi:

- a. H0: komposisi mempengaruhi permeabilitas pasir cetak
 b. H1: komposisi tidak mempengaruhi permeabilitas pasir cetak

Tabel 3.6 Analysis of Variance

Source	D F	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Binder	1	24,500	24,500	73,50	0,000
Komposisi	2	16,028	8,014	24,04	0,000
Binder *Komposisi	2	252,250	126,125	378,37	0,000
Pure Error	12	4,000	0,333		
Total	17	296,778			

Pengujian Anova dalam penelitian ini menggunakan nilai signifikansi (α) sebesar 5% atau 0,05. Berdasarkan pada Tabel 3.6 di atas dapat dilihat nilai F-Value dan P-Value. Untuk mengetahui kesimpulan dari hasil pengujian ini, nilai P-Value dibandingkan dengan nilai signifikansi sebesar 0,05. Apabila P-Value lebih besar dari 0,05, maka H0 ditolak atau menerima H1, sedangkan jika P-Value lebih kecil dari 0,05, maka H0 diterima atau menolak H1. Pada kolom P-Value baris *binder*, nilai P-Value lebih kecil dari 0,05, yang berarti variasi dari jenis *binder* atau bahan pengikat mempengaruhi permeabilitas pasir cetak. Pada kolom P-Value baris komposisi, nilai P-Value juga menunjukkan lebih kecil dari 0,05, maka variasi komposisi juga mempengaruhi permeabilitas pasir cetak. Kemudian pada kolom P-Value baris interaksi *binder* dan komposisi juga menunjukkan lebih kecil dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat interaksi atau perbedaan pengaruh terhadap permeabilitas pasir cetak ditinjau dari interaksi antara jenis dan komposisi bahan pengikat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Hasil uji Anova dari variabel jenis bahan pengikat menunjukkan P-Value sebesar 0,000 dimana lebih kecil dari nilai α yaitu sebesar 0,05, maka didapatkan bahwa jenis bahan pengikat mempengaruhi permeabilitas pasir cetak dimana penambahan tetes tebu sebagai jenis bahan pengikat memiliki permeabilitas tertinggi.
2. Sesuai dengan hasil uji Anova dari variabel variasi komposisi menunjukkan P-Value sebesar 0,000 dimana lebih kecil dari nilai α yaitu sebesar 0,05, maka didapatkan bahwa variasi komposisi mempengaruhi permeabilitas pasir cetak. Variasi komposisi yang memiliki permeabilitas tertinggi yaitu pada penambahan tetes tebu 5% dengan nilai permeabilitas sebesar $53.50 \pm 0.50 \text{ cm}^3/\text{menit}$.
3. Terdapat korelasi antara hasil uji permeabilitas dengan hasil analisis cacat pengecoran. Seiring bertambahnya kadar tetes tebu, maka permeabilitas semakin tinggi dan kuantitas cacat produk semakin sedikit. Namun seiring bertambahnya kadar bentonit, maka permeabilitas semakin rendah dan kuantitas cacat produk semakin banyak. Penambahan 5% tetes tebu pada pasir cetak adalah komposisi terbaik dengan permeabilitas pasir tertinggi sebesar $53.50 \pm 0.50 \text{ cm}^3/\text{menit}$ dan kuantitas cacat produk semakin sedikit 11,97%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat berjalan sampai sejauh ini tidak terlepas oleh bantuan berbagai pihak, untuk itu peneliti mengucapkan terima kasih kepada keluarga, dosen pembimbing, pembina OJT dan karyawan PT. Aneka Adhilogam Karya, *Jepe Pettern*, dan teknisi laboratorium pengecoran Politeknik Manufaktur Ceper serta teman-teman dan adik-adik Prodi Teknik Desain dan Manufaktur yang telah membantu dan menyemangati penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.

6. PUSTAKA

- [1] Asosiasi Pengecoran Logam Indonesia. (2015). *Daftar Anggota*, <URL : <http://aplindo.web.id/daftar-anggota>>, diakses pada 23 November 2021.
- [2] Hariyanti, D. (2014). *Industri Pengecoran Logam: Mayoritas dari Jepang*. URL: <https://ekonomi.bisnis.com/read/20141211/257/381506/industri-pengecoran-logam-mayoritas-dari-jepang>, diakses pada 25 November 2021.
- [3] Aneka Adhilogam Karya. (2017). *Company Profile PT. AAK*: <https://anekaadhilogam.com/>, diakses pada 05 Desember 2022
- [4] Aneka Adhilogam Karya. (2020). *Hasil Laporan Produksi dan Quality Control 2020. Laporan Produksi Perusahaan*, Klaten

- [5] Aneka Adhilogam Karya. (2021). *Hasil Laporan Produksi dan Quality Control 2021*. **Laporan Produksi Perusahaan**, Klaten
- [6] Aneka Adhilogam Karya. (2021). *Sasaran Mutu Perusahaan*. **Laporan Produksi Perusahaan**, Klaten
- [7] Akmal, M., & Masyarukan, S. (2019). *Analisa Penambahan Bentonit 3%, 5%, dan 7% Pasir Hitam Terhadap Hasil Pengecoran Aluminium*. **Jurnal Ilmiah Teknik Mesin**, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- [8] Lubis, S., & Siregar, I. (2020). *Proses Pengecoran Alumunium sebagai Bahan Pembuat Blok Silinder*. **Jurnal Mesin (Mesin, Elektro, Sipil)**, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Sumatera Utara, Vol.1, No.1.