

BAB IV
HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data dan Perhitungan Hasil Pengujian

4.1.1 Data dan Perhitungan Prosentase Porositas

4.1.1.1 Perhitungan True Density

Perhitungan *true density* menggunakan standar ASTM E252-84 rumus (2-5) di bawah ini:

$$\rho_{th} = \frac{100}{\left\{ \left(\frac{\%Al}{\rho_{Al}} \right) + \left(\frac{\%Cu}{\rho_{Cu}} \right) + \left(\frac{\%Fe}{\rho_{Fe}} \right) + etc \right\}}$$

dengan:

- ρ_{th} = True Density (gr/cm³)
- $\rho_{Al}, \rho_{Cu}, \rho_{Fe}, etc$ = Densitas unsur (gr/cm³)
- $\%Al, \%Cu, \%Fe, etc$ = Prosentase berat unsur (%)

- dengan tahapan:
- a. Data densitas unsur diperoleh dari tabel unsur.
 - b. Data prosentase berat unsur diperoleh dari hasil uji komposisi menggunakan *Spark Spectrometer* (lampiran 1).

Tabel 4.1 Perhitungan densitas unsur dan prosentase berat

Unsur	Densitas 1/(g/cm ³)	Prosentase Berat (%)	Densitas x Prosentase Berat
Si	0.4292	0.661	0.2837012
Fe	0.1271	0.248	0.0315208
Cu	0.1116	0.187	0.0208692
Mn	0.1346	0.034	0.0045764
Mg	0.5522	1.023	0.5649006
Zn	0.1401	0.055	0.0077055
Ti	0.2219	0.010	0.002219
Cr	0.1391	0.107	0.0148837
Ni	0.1123	0.017	0.0019091
Pb	0.0882	0.008	0.0007056
Sn	0.1371	0.004	0.0005484
V	0.1639	0.010	0.001639
Cd	0.1156	0.002	0.0002312
Total A		2.366	0.9354097
Al	0.3705	97.634	36.173397
Total B			37.1088067

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned}\rho_{th} &= \frac{100}{\left\{ \left(\frac{\% Al}{\rho_{Al}} \right) + \left(\frac{\% Cu}{\rho_{Cu}} \right) + \left(\frac{\% Fe}{\rho_{Fe}} \right) + etc \right\}} \\ &= \frac{100}{Total B} \\ &= \frac{100}{37.108806} \\ &= 2.695 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

4.1.1.2 Perhitungan *Apparent Density*

Data hasil penimbangan menggunakan metode piknometri dan standar ASTM B311-93 dihitung menggunakan rumus (2-6) dibawah ini:

$$\rho_s = \rho_w \frac{W_s}{W_s - (W_{sb} - W_b)}$$

dengan:

- ρ_s = Densitas sampel atau *Apparent Density* (gr/cm³).
- ρ_w = Densitas air (gr/cm³).
- W_s = Berat sampel di udara (gr)
- W_{sb} = Berat sampel dan keranjang di dalam air (gr)
- W_b = Berat keranjang di dalam air (gr)

Tabel 4.2 Data penimbangan sampel dan keranjang

Putaran (rpm)	Spesimen	W_s (gr)	W_b (gr)	W_{sb} (gr)
950	1	605.98	8.03	386.90
	2	609.43	8.03	389.26
	3	603.89	8.03	385.42
	Rata-rata	606.43	8.03	387.19
1150	1	600.11	8.03	382.85
	2	598.16	8.03	382.34
	3	603.43	8.03	385.96
	Rata-rata	600.57	8.03	383.72
1450	1	609.25	8.03	389.99
	2	573.95	8.03	367.79
	3	625.31	8.03	400.14
	Rata-rata	602.69	8.03	385.53
1750	1	576.68	8.03	369.14
	2	573.01	8.03	367.36
	3	588.86	8.03	377.11
	Rata-rata	579.52	8.03	371.07
2200	1	606.25	8.03	387.69
	2	617.37	8.03	396.13
	3	625.51	8.03	401.32
	Rata-rata	616.38	8.03	395.05

Sehingga diperoleh perhitungan *apparent density* sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data *apparent density* (gr/cm³)

Spesimen	Kecepatan Putar Cetakan (rpm)				
	950	1150	1450	1750	2200
<i>Apparent Density</i>					
1	2.6597	2.6552	2.6716	2.6666	2.6670
2	2.6621	2.6636	2.6711	2.6809	2.6841
3	2.6576	2.6674	2.6729	2.6707	2.6850
Rata-rata	2.6598	2.6621	2.6718	2.6727	2.6783

Contoh perhitungan menggunakan data kecepatan putar cetakan 950 rpm spesimen 1:

$$\begin{aligned} \rho_s &= \rho_w \frac{W_s}{W_s - (W_{sb} - W_b)} \\ &= 0.9968 \frac{605.98}{605.98 - (386.90 - 8.03)} \\ &= 2.6597 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

4.1.1.3 Perhitungan Prosentase Porositas

Perhitungan prosentase porositas menggunakan rumus (2-7) sebagaimana berikut ini:

$$\%P = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}}\right) \times 100\%$$

dengan:

$\%P$ = Prosentasi porositas (%)

ρ_s = Densitas sampel atau *Apparent Density* (gr/cm³).

ρ_{th} = *True Density* (gr/cm³).

Tabel 4.4 Data prosentase porositas (%)

Spesimen Porositas (%)	Kecepatan Putar Cetakan (rpm)				
	950	1150	1450	1750	2200
1	1.310	1.477	0.867	1.055	1.040
2	1.223	1.165	0.888	0.522	0.403
3	1.386	1.024	0.822	0.900	0.371
Jumlah	3.919	3.666	2.578	2.477	1.814
Nilai rata-rata	1.306	1.222	0.859	0.826	0.605

Contoh perhitungan menggunakan data kecepatan putar cetakan 950 rpm spesimen 1 :

$$\begin{aligned} \%P &= \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}}\right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{2.6597}{2.695}\right) \times 100\% \\ &= 1.310\% \end{aligned}$$

4.1.2 Data dan Perhitungan Kekuatan Tarik

Pada penelitian ini digunakan data rata-rata dari tiga kali pengulangan pengujian spesimen sebagai data yang digunakan dalam pembahasan dan pembuatan grafik hubungan antara kecepatan putar cetakan dengan kekuatan tarik yang terjadi pada aluminium paduan (Al-Mg-Si) hasil pengecoran sentrifugal horizontal.

Dari hasil pengujian kekuatan tarik menggunakan mesin uji tarik didapatkan beban tarik maksimum pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5 Data beban tarik maksimum (N) pada pengujian tarik

Spesimen	Kecepatan Putar Cetakan (rpm)				
	950	1150	1450	1750	2200
1	4300	4850	4400	4250	3850
2	5350	4750	4350	3850	4100
3	4800	5100	4150	3900	4000
Rata-rata	4816	4900	4300	4000	3983

4.1.2.1 Perhitungan Kekuatan Tarik

Nilai kekuatan tarik didapatkan dari hasil bagi beban maksimum tarik dengan luas penampang awal seperti pada rumus (2-10) dibawah ini:

$$\sigma_B = \frac{P_{max}}{A_0}$$

dengan :

σ_B = Kekuatan tarik (N/mm²)

P_{max} = Beban tarik maksimum (N)

A_0 = Luas penampang awal (mm²) = 28.26 mm²

Tabel 4.6 Data kekuatan tarik (N/mm²)

Spesimen Kekuatan Tarik	Kecepatan Putar Cetakan (rpm)				
	950	1150	1450	1750	2200
1	152.159	171.621	155.697	150.389	136.235
2	189.314	168.082	153.928	136.235	145.081
3	169.851	180.467	146.851	138.004	141.543
Jumlah	511.323	520.170	456.476	424.628	422.859
Rata-rata	170.441	173.390	152.159	141.543	140.953

Contoh perhitungan menggunakan data kecepatan putar cetakan 950 rpm spesimen 1 :

$$\sigma_B = \frac{P_{max}}{A_0}$$

$$= \frac{4300}{28.26}$$

$$= 152.159 \text{ N/mm}^2$$

4.2 Analisis Statistik

4.2.1 Analisis Statistik Prosentase Porositas

Analisis statistik prosentase porositas hasil coran diambil salah satu contoh data dengan kecepatan putar cetakan 950 rpm.

- Data Rata-Rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{3.919}{3} = 1.306$$

- Standar Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{|1.310 - 1.306|^2 + \dots + |1.386 - 1.306|^2}{3-1}} = 0.082$$

- Standar deviasi Rata-Rata

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0.082}{\sqrt{3}} = 0.047$$

- Interval Penduga

$$\bar{x} - t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right) \bar{\sigma} < \mu < \bar{x} + t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right) \bar{\sigma}$$

$$db = n-1 \\ = 3-1=2$$

Dari tabel A-7 dengan $\alpha = 5\%$ dapat diketahui:

$$t\left(\frac{\alpha}{2}; db\right) = t(0.025; 2) = 4.303$$

Maka:

$$1.306 - [(4.303)(0.047)] < \mu < 1.306 + [(4.303)(0.047)]$$

$$1.306 - 0.202241 < \mu < 1.306 + 0.202241$$

$$1.103 < \mu < 1.509$$

Jadi interval penduga prosentase porositas hasil pengecoran sentrifugal horizontal aluminium paduan dengan kecepatan putar cetakan 950 rpm didapatkan 1.103 gr/cm³ sampai 1.509 gr/cm³ dengan tingkat keyakinan 95%.

Tabel 4.7 Interval penduga prosentase porositas aluminium paduan hasil pengecoran sentrifugal horizontal

Kecepatan Putar Cetakan (rpm)	Porositas rata-rata (%)	Standar Deviasi	Standar Deviasi rata-rata	Interval Penduga Porositas rata-rata
950	1.306	0.082	0.047183904	1.103 <μ< 1.509
1150	1.222	0.232	0.133761506	0.646 <μ<1.798
1450	0.859	0.034	0.019667627	0.775 <μ<0.944
1750	0.826	0.274	0.158129857	0.145 <μ< 1.506
2200	0.605	0.377	0.217787153	0.332 <μ<1.542

4.2.2 Analisis Statistik Kekuatan Tarik

Analisis statistik kekuatan tarik hasil coran diambil salah satu contoh data dengan kecepatan putar cetakan 950 rpm.

- Data Rata-Rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{511.323}{3} = 170.441$$

- Standar Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum |x - \bar{x}|^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{|(152.159 - 170.441)|^2 + \dots + |122.081 - 170.441|^2}{3-1}} = 18.585$$

- Standar deviasi Rata-Rata

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{18.585}{\sqrt{3}} = 10.730$$

- Interval Penduga

$$\bar{x} - t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right)\bar{\sigma} < \mu < \bar{x} + t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right)\bar{\sigma}$$

$$db = n-1 = 3-1=2$$

Dari tabel A-7 dengan α = 5 % dapat diketahui:

$$t\left(\frac{\alpha}{2}; db\right) = t(0.025; 2) = 4.303$$

Maka:

$$170.441 - [(4.303)(10.730)] < \mu < 170.441 + [(4.303)(10.730)]$$

$$170.441 - 46.171 < \mu < 170.441 + 46.171$$

$$124.271 < \mu < 216.611$$

Jadi interval penduga kekuatan tarik hasil pengecoran sentrifugal horizontal aluminium paduan dengan kecepatan putar cetakan 950 rpm didapatkan 70.849 N/mm² sampai 238.186 N/mm² dengan tingkat keyakinan 95%.

Tabel 4.8 Interval penduga kekuatan tarik aluminium paduan hasil pengecoran sentrifugal horizontal

Kecepatan Putar Cetakan (rpm)	Kekuatan Tarik rata-rata (N/mm ²)	Standar Deviasi	Standar Deviasi rata-rata	Interval Penduga Kekuatan Tarik rata-rata
950	170.441	18.585	10.730	124.271 < μ < 216.611
1150	173.390	6.379	3.683	157.542 < μ < 189.238
1450	152.159	4.681	2.703	140.529 < μ < 163.788
1750	141.543	7.712	4.453	122.383 < μ < 160.702
2200	140.953	7.71	2.571	129.891 < μ < 152.015

4.3 Analisis Varian Satu Arah

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh kecepatan putar cetakan terhadap kekuatan tarik dan porositas aluminium paduan (Al-Mg-Si) hasil pengecoran sentrifugal horizontal dapat diketahui dari hasil analisis variannya. Apabila nilai F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} berarti faktor yang diuji memberikan pengaruh yang nyata. Namun apabila F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} maka faktor yang diuji tidak memberikan pengaruh yang nyata.

Dari data hasil perhitungan prosentase porositas dan kekuatan tarik dapat dilakukan analisis statistik menggunakan analisis varian satu arah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh kecepatan putar cetakan terhadap porositas dan kekuatan tarik aluminium paduan (Al-Si-Mg) hasil pengecoran sentrifugal horizontal. Hipotesis yang digunakan pada analisis ini, yaitu :

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5$$

{Tidak ada pengaruh nyata besar kecepatan putar cetakan terhadap kekuatan tarik dan porositas aluminium paduan (Al-Mg-Si) hasil pengecoran sentrifugal horizontal}

$$H_1 : \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3 \neq \alpha_4 \neq \alpha_5$$

{Ada pengaruh nyata besar kecepatan putar cetakan terhadap kekuatan tarik dan porositas aluminium paduan (Al-Mg-Si) hasil pengecoran sentrifugal horizontal}

Dengan mengacu pada data di atas dapat diketahui nilai :

- n (jumlah pengulangan) = 3 kali

- k (jumlah variasi) = 5 variasi
- N (jumlah seluruh data yang diambil) = 15 data

4.3.1 Analisis Varian Satu Arah Porositas

Langkah-langkah dalam analisa varian satu arah adalah sebagai berikut :

1. Jumlah seluruh perlakuan

$$\sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = 1.310 + 1.477 + 1.013 + \dots + 0.371 = 14.454$$

2. Jumlah kuadrat seluruh perlakuan

$$\left[\sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \right] = (1.310)^2 + (1.477)^2 + (1.013)^2 + \dots + (0.371)^2 = 15.514$$

3. Faktor koreksi (fk)

$$fk = \frac{\left[\sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{n \times k} = \frac{[1.310 + 1.477 + \dots + 0.371]^2}{3 \times 5} = 13.927$$

4. Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - fk = 15.514 - 13.927 = 1.587$$

5. Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{\sum_{n=1}^n \left[\sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{n} - fk = \frac{3.919^2 + 3.666^2 + \dots + 1.814^2}{3} - 13.927 = 1.029$$

6. Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP = 1.587 - 1.029 = 0.558$$

7. Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k-1} = \frac{1.029}{5-1} = 0.257$$

8. Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{k(n-1)} = \frac{0.558}{5(3-1)} = 0.056$$

9. Nilai F_{hitung}

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{0.257}{0.056} = 4.614$$

Dengan menentukan tingkat kesalahan (α) sebesar 5 %, maka untuk $F_{\text{tabel}} (\alpha; k-1; N-k) = F_{\text{tabel}} (0,05; 4; 10)$ adalah 3,48 (Walpole, 1995:473).

Tabel 4.9 Tabel analisis varian satu arah nilai porositas

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F _{hitung}	F _(0,05; 4; 10)
Pengujian	4	1.0291	0.2573	4.6136	3.48
Galat	10	0.5576	0.0558		
Total	14	1.5867			

Dengan menggunakan tingkat kesalahan (α) sebesar 5 % dari tabel A.7 analisis varian satu arah diatas diperoleh hasil $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan kecepatan putar cetakan mempunyai pengaruh nyata terhadap nilai prosentase porositas aluminium paduan (Al-Mg-Si) hasil pengecoran sentrifugal horizontal dengan tingkat keyakinan 95 %.

4.3.2 Analisis Varian Satu Arah Kekuatan Tarik

Langkah-langkah dalam analisa varian satu arah adalah sebagai berikut :

1. Jumlah seluruh perlakuan

$$\sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = 152.159 + 189.314 + \dots + 141.543 = 2335.456$$

2. Jumlah kuadrat seluruh perlakuan

$$\left[\sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \right] = (152.159)^2 + (189.314)^2 + \dots + (141.543)^2 = 367480.413$$

3. Faktor koreksi (fk)

$$fk = \frac{\left[\sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{n \times k} = \frac{[152.159 + 189.314 + \dots + 141.543]^2}{3 \times 5} = 363623.797$$

4. Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - fk = 367480.413 - 363623.797 = 3856.616$$

5. Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{\sum_{n=1}^n \left[\sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{n} - fk = \frac{511.323^2 + 520.170^2 + \dots + 422.859^2}{3} - 363623.797$$

$$JKP = 2882.027$$

6. Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP = 3856.616 - 2882.027 = 974.589$$

7. Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k-1} = \frac{2882.027}{5-1} = 720.507$$

8. Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{k(n-1)} = \frac{974.589}{5(3-1)} = 97.459$$

9. Nilai F_{hitung}

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{720.507}{97.459} = 7.4929$$

Dengan menentukan tingkat kesalahan (α) sebesar 5 %, maka untuk $F_{tabel}(\alpha; k-1; N-k) = F_{tabel}(0,05; 4; 10)$ adalah 3,48 (Walpole, 1995:473).

Tabel 4.10 Tabel analisis varian satu arah nilai kekuatan tarik

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat rata-rata	F_{hitung}	$F_{(0,05; 4; 10)}$
Pengujian	4	2882.0275	720.5069	7.4929	3.48
Galat	10	974.5886	97.4589	-	
Total	14	65440.7358	-	-	

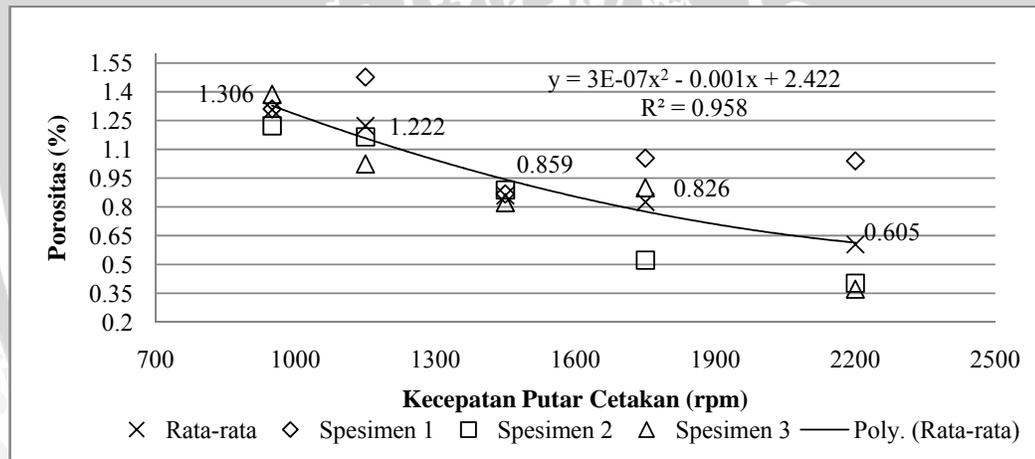
Dengan menggunakan tingkat kesalahan (α) sebesar 5 % dari tabel A.7 analisis varian satu arah diatas diperoleh hasil $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan kecepatan putar cetakan mempunyai pengaruh nyata terhadap nilai kekuatan tarik aluminium paduan (Al-Mg-Si) hasil pengecoran sentrifugal horizontal dengan tingkat keyakinan 95 %.

4.4 Pembahasan

Menuangkan logam cair ke dalam cetakan yang berputar adalah prinsip dari proses pengecoran sentrifugal. Dengan adanya gaya sentrifugal, logam cair terlempar ke luar dan tertekan pada permukaan cetakan sehingga terbentuk rongga silindris. Hal ini menyebabkan logam cair seakan-akan diperlakukan seperti pada proses tempa.

Kecepatan putar cetakan pada saat proses pengecoran sentrifugal merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas benda hasil coran, dengan adanya peningkatan kecepatan putar maka gaya sentrifugal yang dihasilkan semakin besar sehingga logam cair akan lebih cepat terlempar kedinding cetakan dan proses pembekuan akan terjadi lebih cepat akibatnya butir yang dihasilkan lebih kecil, selain itu adanya gaya sentrifugal akan memberikan tekanan pada logam cair sehingga gas-gas yang terjebak pada logam cair akan semakin rendah.

Hubungan antara kecepatan putar cetakan dengan porositas aluminium paduan (Al-Mg-Si) hasil pengecoran sentrifugal horizontal diperlihatkan pada gambar 4.1 berikut ini:

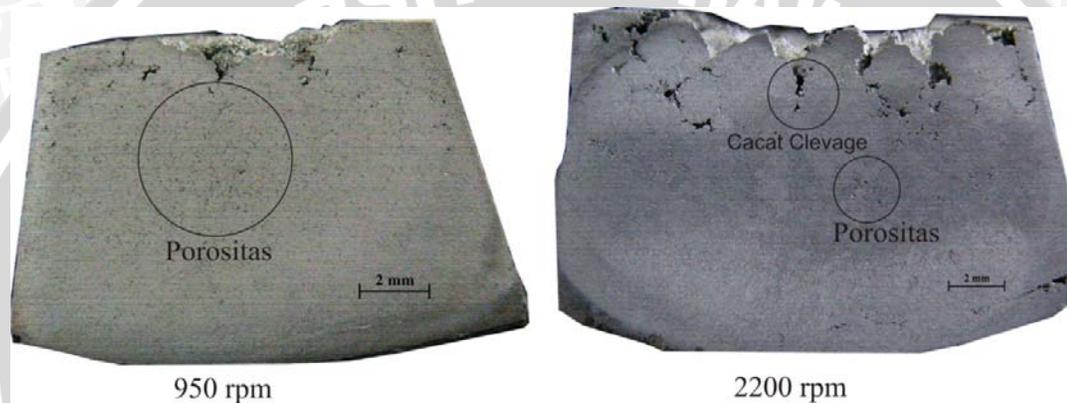


Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putar Cetakan Terhadap Porositas Aluminium Paduan (Al-Mg-Si) Hasil Pengecoran Sentrifugal Horizontal

Pada grafik hubungan antara kecepatan putar cetakan terhadap porositas aluminium paduan (Al-Mg-Si) hasil pengecoran sentrifugal horizontal memperlihatkan bahwa terjadi *trend* nilai porositas yang dipengaruhi oleh kecepatan putar cetakan. Pada grafik tersebut menunjukkan *trend* kurva porositas yang cenderung menurun. Porositas tertinggi terjadi pada kecepatan putar 950 rpm dengan nilai porositas sebesar 1.306% sedangkan untuk nilai porositas terendah terjadi pada kecepatan putar cetakan 2200 rpm dengan nilai porositas sebesar 0.621%. Penurunan besarnya prosentase porositas tersebut disebabkan karena semakin tinggi gaya sentrifugal akibat peningkatan

kecepatan putar cetakan, adanya gaya sentrifugal yang bergerak meninggalkan pusat putaran menyebabkan terlemparnya logam cair ke dinding cetakan sehingga logam cair akan tertekan ke dinding cetakan, maka struktur butiran menjadi lebih rapat dan padat akibat mendapat tekanan dari gaya sentrifugal tersebut, serta gas yang ada pada logam cair terdorong melewati permukaan bagian dalam dan bebas keluar dari logam cair.

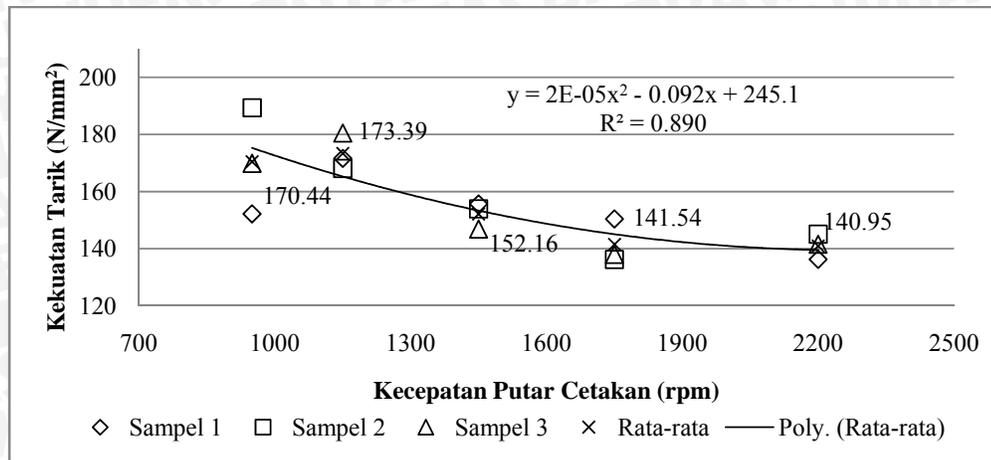
Porositas pada hasil pengecoran sentrifugal terjadi karena terjebaknya gas pada logam cair ketika logam cair tersebut membeku, dengan meningkatnya kecepatan putar cetakan maka gas yang terjebak akan semakin berkurang sehingga didapatkan prosentase porositas yang semakin rendah. Hal ini dapat dilihat pada foto makro hasil coran pada gambar 4.2 berikut ini:



Gambar 4.2 Foto Makro Hasil Coran

Setiap produk hasil coran pada aplikasinya akan mengalami beban dinamis atau beban yang bertambah seiring waktu, sehingga akan terjadi pertambahan panjang pada penampang melintang benda tersebut, dengan melakukan uji tarik maka sifat mekanis berupa kekuatan akan diketahui. Kekuatan tarik sangat dipengaruhi oleh ukuran butir dan porositas yang terkandung pada suatu material, semakin halus dan semakin rendahnya prosentase porositas maka kekuatan tarik material tersebut akan semakin tinggi.

Hubungan antara kecepatan putar cetakan dengan kekuatan tarik aluminium paduan (Al-Mg-Si) hasil pengecoran sentrifugal horizontal diperlihatkan pada gambar 4.3 berikut ini:



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putar Cetakan Terhadap Kekuatan tarik Aluminium Paduan (Al-Mg-Si) Hasil Pengecoran Sentrifugal Horizontal

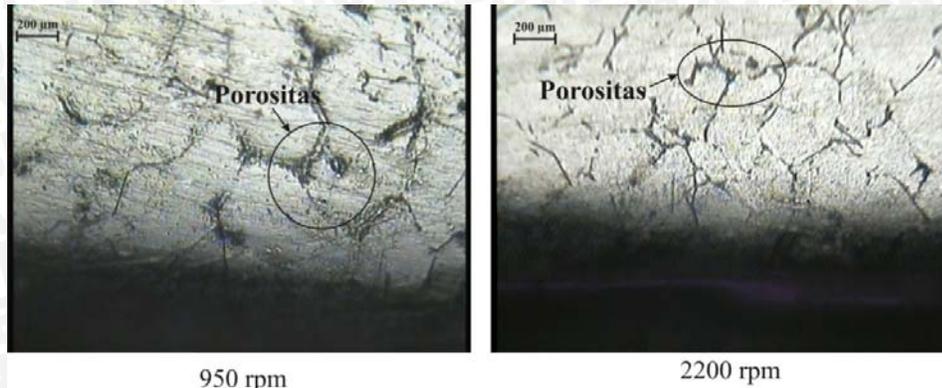
Pada grafik hubungan antara kecepatan putar cetakan terhadap kekuatan tarik aluminium paduan (Al-Mg-Si) hasil pengecoran sentrifugal horizontal memperlihatkan bahwa terjadi *trend* nilai porositas yang dipengaruhi oleh kecepatan putar cetakan. Pada grafik tersebut menunjukkan *trend* kurva kekuatan tarik yang cenderung naik sampai pada besar kekuatan tarik 173.39 N/mm² yang terjadi pada spesimen dengan kecepatan putar cetakan 1150 rpm dan kemudian turun sampai pada besar kekuatan tarik 140.95 N/mm² yang terjadi pada kecepatan putar cetakan 2200 rpm.

Peningkatan nilai kekuatan tarik ini disebabkan oleh adanya peningkatan gaya sentrifugal akibat dari meningkatnya kecepatan putar cetakan, semakin besar gaya sentrifugal yang terjadi, akan mendesak logam cair ke dinding cetakan sehingga pendinginan akan lebih cepat dan butir tidak sempat berkembang dan waktu pembentukan butir akan menjadi lebih singkat, selain itu adanya peningkatan gaya sentrifugal akan menyebabkan cabang dendrit patah dan berfungsi sebagai *grain refiner* sehingga butir akan menjadi lebih halus sehingga mempunyai hambatan slip yang lebih besar sehingga akan lebih sulit untuk mengalami deformasi dan kekuatan tariknya semakin besar.

Hal serupa juga dikemukakan dalam penelitian S.R. Chang, J.M. Kim dan C.P. Hong (2001), disebutkan bahwa semakin besar kecepatan putar cetakan maka logam cair akan tertekan ke dinding cetakan sehingga pendinginan akan menjadi lebih cepat dan butir yang dihasilkan akan semakin halus.

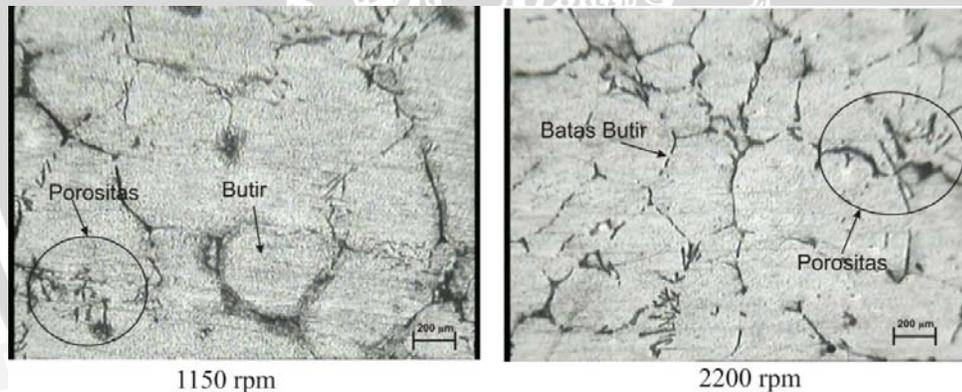
Pada gambar 4.4 memperlihatkan foto mikro dari hasil coran pada daerah *chilled*. Daerah ini merupakan daerah dimana terjadi kontak langsung antara logam cair dengan dinding cetakan, sehingga butiran yang dihasilkan kecil dan halus akibat

pendinginan yang cepat. Dengan adanya peningkatan kecepatan putar cetakan dapat diketahui bahwa butir yang dihasilkan semakin kecil.



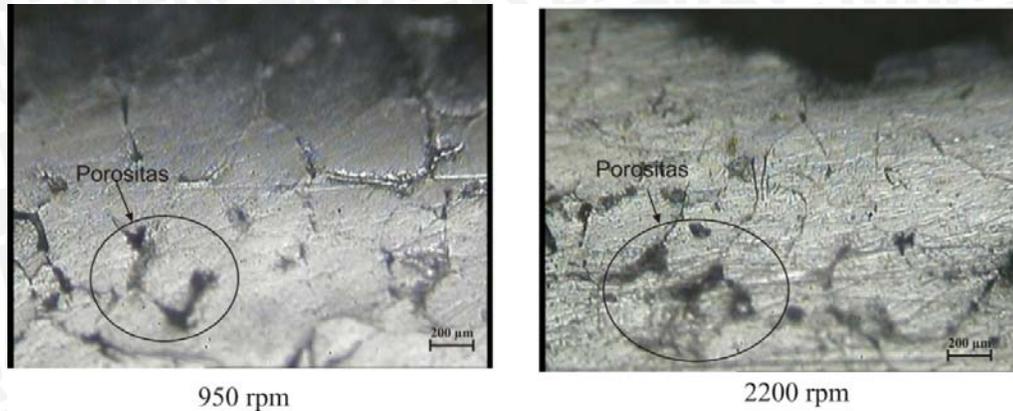
Gambar 4.4 Foto Mikro Hasil Penelitian dengan Perbesaran 100 kali pada daerah *chilled*

Columnar zone merupakan struktur yang tumbuh setelah gradien suhu pada dinding cetakan turun dan kristal pada *chill zone* tumbuh secara dendritik dengan arah yang tegak lurus dengan dinding cetakan. Batas permukaan antara struktur kolumnar dengan cairan dapat berbentuk selular maupun selular dendritik. Pada gambar 4.5 memperlihatkan foto mikro dari hasil coran pada daerah *columnar* dimana butir yang dihasilkan semakin kecil seiring dengan peningkatan kecepatan putar cetakan.



Gambar 4.5 Foto Mikro Hasil Penelitian dengan Perbesaran 100 kali pada daerah *columnar*

Pada daerah *equaxed*, daerah yang berasal dari mencairnya kembali lengan dendrit dan membentuk butir baru akibat suhu yang ada disekitar masih tinggi, dapat diketahui butir juga semakin kecil dengan meningkatnya kecepatan putar cetakan. Pada gambar 4.6 memperlihatkan foto mikro dari hasil coran pada daerah *equiaxed*.



Gambar 4.6 Foto Mikro Hasil Penelitian dengan Perbesaran 100 kali pada daerah *equiaxed*

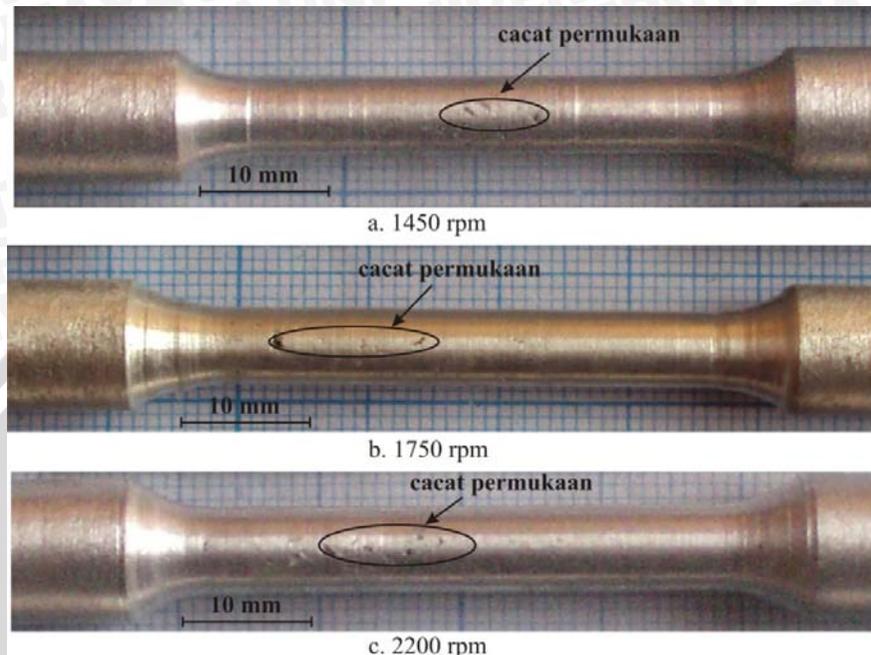
Penurunan nilai kekuatan tarik disebabkan karena kecepatan putar cetakan yang terlalu tinggi sehingga pembekuan yang terjadi semakin cepat, selain itu kecepatan putar yang terlalu tinggi (1450, 1750 dan 2200 rpm) menyebabkan getaran pada mesin sentrifugal, dan mengakibatkan adanya segregasi melingkar pada hasil coran. Adanya perbedaan luas penampang pada corong dan cetakan mengakibatkan tekanan yang rendah dan kecepatan yang tinggi pada daerah pembesaran mendadak sehingga udara yang masuk kedalam cetakan semakin besar dan udara ini akan terjebak pada cetakan, akibatnya udara tidak dapat keluar seluruhnya sehingga menimbulkan cacat pada permukaan bagian dalam ketika logam cair mengalami pembekuan. Selain itu kecepatan putar cetakan yang tinggi dapat meningkatkan tegangan melingkar yang cukup besar, sehingga menimbulkan cacat *cleavage* secara radial atau retakan secara melingkar ketika logam mengalami penyusutan selama proses pembekuan.



Gambar 4.7 Cacat Pada Permukaan Bagian Dalam Hasil Coran

Retakan secara melingkar (*cleavage radial*) yang terjadi pada hasil coran ini, juga mengakibatkan adanya cacat permukaan pada spesimen uji tarik. Hal ini disebabkan dalamnya retakan yang terjadi pada spesimen hasil coran terlalu dalam, sehingga ketika mengalami proses permesinan dalam pembuatan spesimen uji tarik,

cacat ini masih ada pada permukaan spesimen uji tarik. Hal ini mengakibatkan adanya pemusatan tegangan pada spesimen sehingga kekuatan tariknya menurun. Pada gambar 4.8 ditunjukkan cacat permukaan pada spesimen uji tarik.



Gambar 4.8 Cacat permukaan pada spesimen uji tarik

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hanguang Fu, et all (2003) juga menyebutkan bahwa kecepatan putar yang tinggi akan meningkatkan gaya sentrifugal yang dapat menimbulkan retak (*crack*) pada roll sehingga akan menurunkan kekuatan dari benda hasil coran.

Semakin tingginya kecepatan putar cetakan pada proses pengecoran sentrifugal akan meningkatkan gaya sentrifugal, dimana gaya ini akan menekan logam cair ke dinding cetakan sehingga akan didapatkan struktur coran yang padat dan gas yang terjebak pada coran akan terurai keluar sehingga porositas yang terjadi akan semakin rendah selain itu adanya gaya sentrifugal yang tinggi akan melempar logam cair ke dinding cetakan sehingga proses pendinginan akan lebih cepat karena logam cair akan lebih cepat menumbuk cetakan dan dari proses pendinginan yang lebih cepat ini akan dihasilkan ukuran butir yang lebih kecil dan kekuatan tariknya akan meningkat. Akan tetapi dengan meingkatnya gaya sentrifugal mengakibatkan udara yang masuk kedalam rongga cetakan semakin besar karena tekanan yang rendah dan kecepatan yang tinggi pada rongga cetakan, sehingga udara akan terhisap masuk ke dalam rongga cetakan dan mengakibatkan adanya pusaran (*vortex*). Hal ini menyebabkan udara yang

terjebak dan udara yang terjebak semakin besar seiring dengan meningkatnya kecepatan putar cetakan sehingga akan menimbulkan cacat pada hasil coran. Adanya cacat ini yang menyebabkan sifat mekanik berupa kekuatan tarik menjadi rendah.

