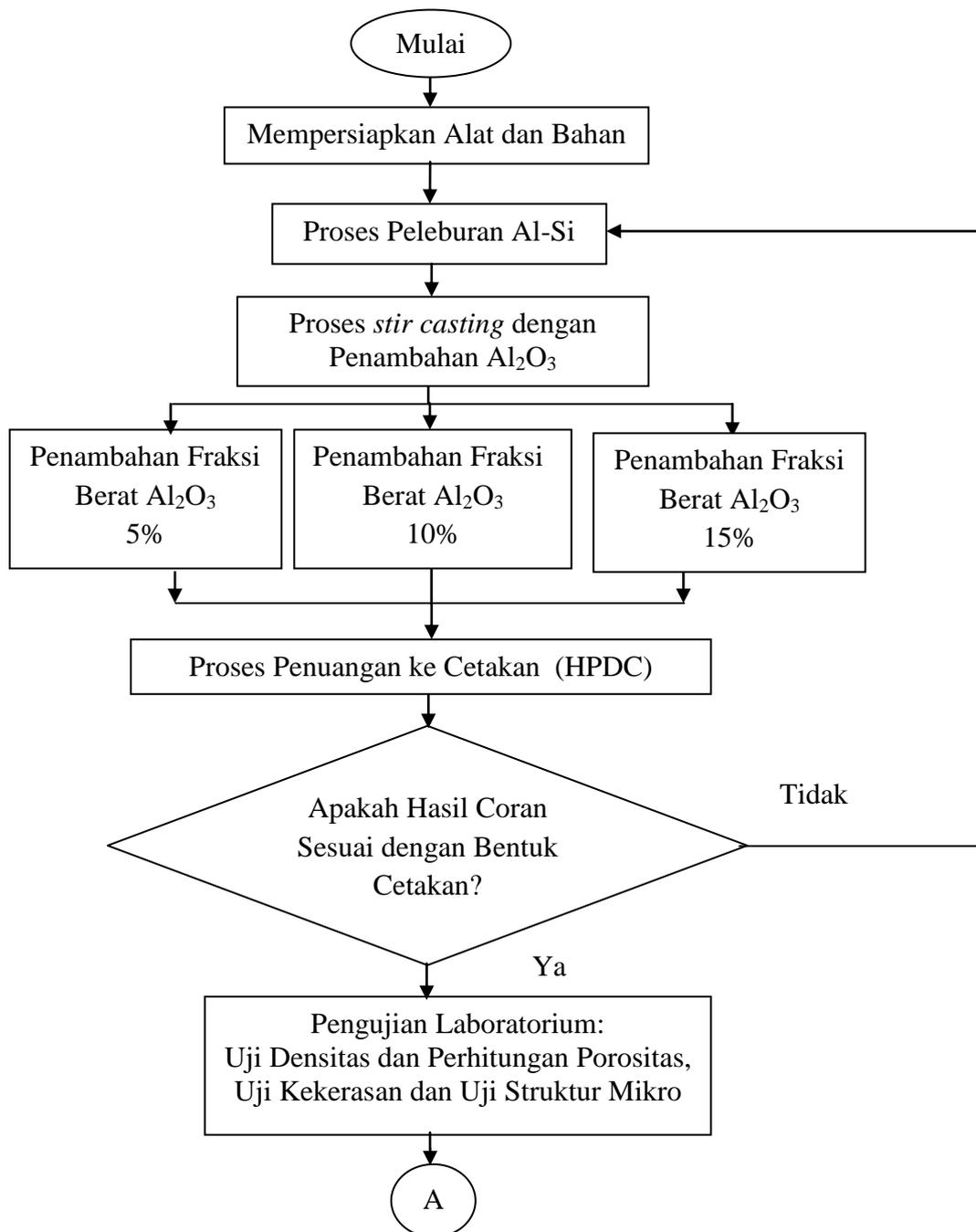
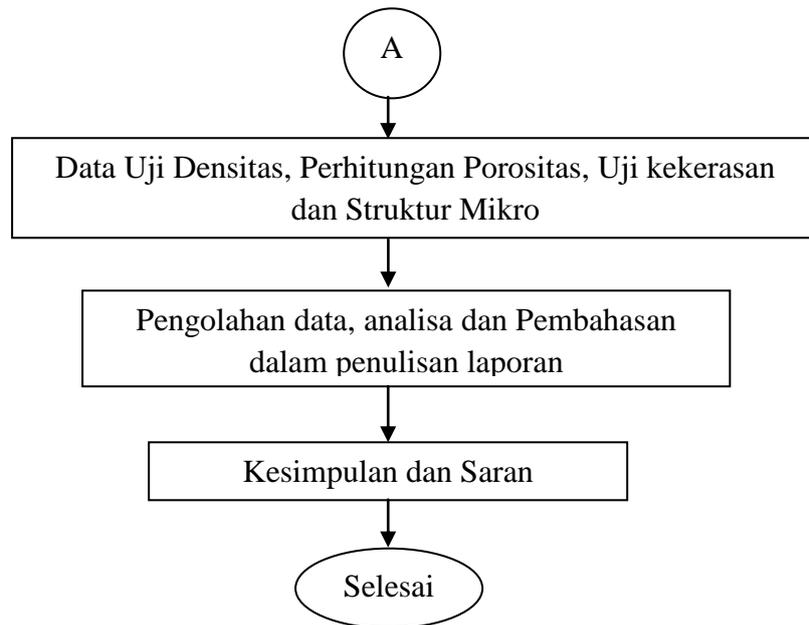


BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini langkah-langkah pengujian mengacu pada diagram alir pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.

Keterangan diagram alir pada Gambar 3.1 :

1. Mempersiapkan alat dan bahan

Persiapan awal yang diperlukan antara lain, memotong Al-Si dalam hal ini ADC12 batangan supaya dapat masuk ke dalam kowi, menimbang hasil potongan ADC12 sesuai dengan massa yang dibutuhkan, menimbang fraksi berat aluminium oksida (Al_2O_3) sebesar 5%, 10% dan 15% dari berat potongan Al-Si tersebut, menyambung tungku, tabung gas LPG dan selang krusibel, menyiapkan alat HPDC, kowi, pengaduk, *thermocouple* dan display.

2. Proses peleburan

Proses peleburan Al-Si dilakukan di kampus Teknik Mesin UNDIP menggunakan tungku krusibel dengan bahan bakar LPG.

3. Proses *stir casting*

Pengadukan dilakukan ketika Al-Si sudah mencair, aluminium oksida (Al_2O_3) di tambahkan ke dalam adukan Al-Si secara perlahan ketika *blade* mulai bergerak dengan berat 5%, 10% dan 15%. Kecepatan putar *stir casting* diatur konstan 160 rpm [9].

4. Proses penuangan ke cetakan (HPDC)

Proses Penuangan dilakukan pada temperatur konstan sebesar 750°C dengan tekanan konstan 7 Mpa [9].

5. Kelayakan hasil coran

Spesimen hasil pengecoran diteliti apakah layak untuk diuji atau tidak. Kelayakan hasil coran ini dilihat dari kesempurnaan produk hasil coran sesuai dengan bentuk dimensi cetakan.

6. Pengujian laboratorium

Pengujian Laboratorium dilakukan untuk mendapatkan data dan mengetahui sifat-sifat dari spesimen uji. Pengujian Laboratorium ini meliputi:

1. Uji densitas dan penghitungan porositas dilakukan dengan menggunakan neraca digital merk sarforius. Hal ini bertujuan untuk mengetahui massa spesimen uji pada keadaan kering dan keadaan basah di dalam rendaman air sehingga dapat dihitung massa jenis spesimen uji dan juga besarnya porositas yang terjadi pada spesimen uji tersebut.
2. Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan *Rockwell Hardness Tester* (Skala HRB). Pengujian ini untuk mengetahui nilai kekerasan dari masing-masing spesimen uji.
3. Uji struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop metalurgi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui struktur mikro dari spesimen uji.

7. Pengolahan data, analisis, dan pembahasan

Mengolah data-data yang sudah didapatkan dengan mengacu pada materi yang terdapat pada referensi literatur, dan menampilkannya dalam bentuk grafik, dan Tabel yang dibuat dalam penulisan laporan.

8. Kesimpulan dan saran

Mengambil kesimpulan dari hasil pengolahan data, analisis dan memberikan saran untuk lanjutan dari penelitian ini.

3.2 Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Gergaji mesin

Gergaji mesin digunakan untuk memotong Al-Si batangan menjadi bentuk yang lebih kecil sehingga Al-Si dapat dimasukkan ke dalam kowi. Bentuk gergaji mesin yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Gergaji Mesin.

Gergaji mesin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.

2. Tungku krusibel dan *burner*

Tungku yang digunakan untuk melebur aluminium serbuk besi adalah dapur krusibel tipe dapur tetap dengan skala Laboratorium dengan menggunakan bahan bakar LPG. Kontruksi dapur pada dasarnya terdiri atas krusibel sebagai tempat peleburan logam yang terletak di tengah-tengah dapur, sedangkan untuk dapur terbuat dari bahan tahan api yang sekaligus sebagai penyekat panas (isolator panas). Tungku ini mempunyai kapasitas maksimal 2 kg dan *burner* dipasang pada tungku sebagai penghubung tungku ke tabung gas. Bentuk tungku krusibel dapat dilihat pada Gambar 3.3 (a) sedangkan bentuk *burner* dapat dilihat pada Gambar 3.3 (b).



Gambar 3.3 (a). Tungku Krusibel dan (b) *Burner*.

Tungku krusibel pada Gambar 3.3 (a) dan *burner* pada Gambar 3.3 (b) adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.

3. Kowi

Sebagai tempat untuk melebur Al-Si, mencampur Al-Si/Al₂O₃, dan menuang coran tersebut digunakan kowi yang terbuat dari baja dan diberi tangkai untuk memudahkan proses penuangan ke dalam cetakan. Kowi pada Gambar 3.4 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.4. Kowi.

4. *Blower*

Blower digunakan untuk memberikan suplai udara masuk ke dalam *burner* sehingga nyala api yang masuk ke dalam tungku dari LPG menjadi lebih panas. *Blower* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.5. *Blower*.

5. Mesin *high pressure die casting* (HPDC)

Mesin *high pressure die casting* digunakan untuk mengepres Al-Si masuk ke dalam cetakan. Alat pres ini menggunakan sistem dongkrak hidrolis dengan penekanan konstan 7 MPa. Mesin *high pressure die casting* seperti pada Gambar 3.6 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



6. *Permanent mold*/cetakan coran

Permanent mold yang digunakan adalah jenis cetakan cor yang terbuat dari baja ST 37. *Permanent mold* dibuat berdasarkan jenis pola cetakan logam yaitu bentuk sepatu rem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Cetakan Sepatu Rem.

Permanent mold pada Gambar 3.7 dibuat melalui proses CNC di Laboratorium Proses Produksi Politeknik Negeri Semarang. *Permanent mold* terdiri dari dua buah plat besi tuang yang bisa disatukan untuk setiap jenis pola cetakan logamnya.

7. *Stir casting*

Stir casting digunakan untuk mengaduk campuran Al-Si dan aluminium oksida (Al_2O_3) dengan kecepatan konstan dan fraksi berat yang bervariasi. *Stir casting* yang digunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.8. adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.8. *Stir Casting*

8. Neraca digital

Neraca yang digunakan adalah neraca digital. Neraca ini digunakan untuk mengukur massa dari Al-Si dan Al_2O_3 sebelum digunakan dalam proses pengecoran, dan juga untuk mengukur massa kering dan massa basah spesimen uji. Neraca digital seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.9. Neraca Digital.

9. Gergaji tangan

Digunakan untuk memotong spesimen hasil pengecoran injeksi bertekanan (HPDC) dalam beberapa bagian sesuai dengan pengujian yang dibutuhkan. Gergaji tangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.10. Gergaji Tangan.

10. *Thermocouple* dan *display*

Thermocouple digunakan untuk mengukur temperatur lebur dan temperatur tuang dari Al-Si. *Thermocouple* yang digunakan seperti yang

ditunjukkan pada Gambar 3.11 (a) adalah tipe K dengan temperatur pengukuran maksimal 1200°C . *Display* digunakan untuk menampilkan nilai pengukuran temperatur. *Thermocouple* pada Gambar 3.11 (a) dan *display* pada Gambar 3.11 (b) adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



(a)



(b)

Gambar 3.11. (a) *Thermocouple* dan (b) *Display*.

11. Mesin amplas dan poles

Mesin amplas dan poles digunakan untuk proses pembuatan spesimen untuk pengujian kekerasan dan struktur mikro. Proses pengamplasan menggunakan kertas amplas dengan kekasaran 200, 400, 600, 800, 1000, 1200 dan 1500. Spesimen yang telah rata pada kedua permukaannya kemudian dilakukan pemolesan menggunakan kain beludru yang diberi autosol agar pada proses etsa permukaan spesimen sudah rata dan mengkilap. Mesin amplas pada Gambar 3.12 (a) dan mesin poles pada Gambar 3.12 (b) adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



(a)



(b)

Gambar 3.12. (a) Mesin Amplas dan (b) Mesin Poles.

12. Rockwell hardness tester

Rockwell hardness tester digunakan untuk melakukan uji kekerasan menggunakan metode *Rockwell* pada spesimen uji. *Rockwell hardness tester* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.13 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.13. *Rockwell Hardness Tester*.

13. Mikroskop metalurgi dan kamera

Mikroskop metalurgi digunakan untuk melihat mikro struktur dari spesimen dan mengambil foto menggunakan kamera setelah mendapatkan Gambar yang yang diinginkan. Mikroskop set yang digunakan seperti pada Gambar 3.14 dengan merek Olympus BX41M adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



(a)



(b)

Gambar 3.14. (a) Mikroskop metalurgi dan (b) Kamera.

14. Vernier caliper

Vernier caliper digunakan sebagai alat bantu untuk mengetahui kerataan spesimen sebelum dilakukan uji kekerasan dan struktur mikro. *Vernier caliper* yang digunakan seperti pada Gambar 3.15 yaitu merek Mitutoyo dengan ketelitian 0,05 mm. *Vernier caliper* pada Gambar 3.15 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.15. Vernier Caliper.

3.3 Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Material ADC12 batangan

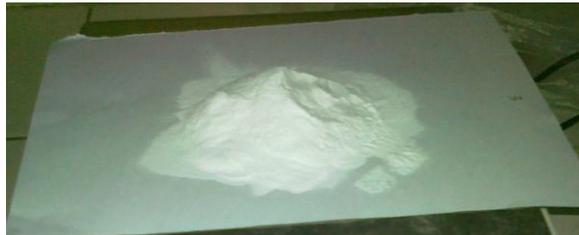
Seperti yang ditunjukkan pada Pada Gambar 3.16 Al-Si batangan telah dipotong guna mempermudah pada saat penimbangan sesuai dengan fraksi berat yang diinginkan dan mempercepat pada proses peleburan. Al-Si batangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.16 dibeli dari PT. Pinjaya Logam, Mojokerto, Jawa Timur



Gambar 3.16. Al-Si (ADC12) Batangan.

2. Serbuk aluminium oksida (Al_2O_3)

Serbuk Aluminium Oksida (Al_2O_3) dicampurkan secara perlahan dengan Al-Si ketika sudah mencair. Proses pencampuran dan pengadukan dilakukan dengan proses *stir cast*. Serbuk Aluminium Oksida seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.17 dibeli dari toko kimia MKR, Semarang.



Gambar 3.17. Serbuk aluminium Oksida (Al_2O_3).

3.4 Proses Pembuatan Spesimen

Langkah-langkah dilakukan selama proses pengecoran yaitu:

1. Proses pemotongan

Sebelum dicor Al-Si batangan dipotong kurang lebih 5 cm, kemudian ditimbang sesuai kebutuhan pengecoran kurang lebih sebesar 300 gram. Proses pemotongan Al-Si batangan ditunjukkan pada Gambar 3.18, sedangkan proses penimbangan Al-Si yang telah dipotong ditunjukkan pada Gambar 3.19.



Gambar 3.18. Proses Pemotongan Al-Si Batangan.



Gambar 3.19. Penimbangan Potongan Al-Si.

2. Proses penimbangan

Serbuk aluminium oksida (Al_2O_3) ditimbang dengan fraksi berat 5 wt%, 10 wt% dan 15 wt% dari berat Al-Si yang telah dipotong dan ditimbang sesuai kebutuhan pengecoran. Penimbangan aluminium oksida ditunjukkan pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20. Penimbangan Serbuk Aluminium Oksida.

3. Proses peleburan

Aluminium yang sudah ditimbang sesuai massa yang dibutuhkan dimasukkan ke dalam kowi. *Burner* pada tungku dinyalakan menggunakan korek api. Kemudian menyalakan blower dan mengarahkan selang blower agar hembusan udara dari blower masuk ke dalam *burner*. Setelah api pada *burner*

menyala dengan baik, kowi diletakkan di atas *burner* dan kowi ditutup dengan potongan keramik lantai untuk meminimalisir kalor keluar dari *burner*. Proses peleburan Al-Si ditunjukkan pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21. Proses Peleburan Menggunakan Tungku Krusibel.

4. Proses *stir casting*

Al-Si dileburkan diatas titik leleh dengan temperatur konstan sekitar 750°C . Al-Si yang telah mencair di dalam kowi kemudian diaduk melalui proses *stir casting* dengan kecepatan sebesar 160 rpm, hingga membentuk pusaran. Aluminium oksida ditambahkan ke dalam kowi berisi Al-Si yang telah mencair dan terbentuk pusaran. Temperatur ditahan sebesar 750°C dan waktu pengadukan 1 menit. Parameter yang diatur ketika proses *Stir Casting* adalah variasi penambahan fraksi berat aluminium oksida (Al_2O_3) 5 wt%, 10 wt% dan 15 wt% dari berat Al-Si. Proses *Stir Casting* ditunjukkan pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22. Proses *Stir Casting*.

5. Proses penuangan ke cetakan

Setelah pencampuran dan pengadukan selesai sesuai fraksi berat yang ditentukan, kemudian dilakukan penuangan ke dalam cetakan sepatu rem. Temperatur penuangan dijaga sebesar 750°C . Proses penuangan dilakukan dengan cepat dan berhati-hati untuk menghindari terjadi pembekuan setelah kowi diangkat dari tungku. Kemudian mendorong tuas penekan pada mesin HPDC ke depan untuk memberikan penekanan pada aluminium cair sehingga aluminium cair masuk ke seluruh bagian cetakan. Kendala pada saat proses penuangan yaitu aluminium cepat sekali membeku. Pengukuran temperatur aluminium cair ditunjukkan pada Gambar 3.23 sedangkan proses penuangan aluminium cair ke dalam mesin HPDC ditunjukkan pada Gambar 3.24.



Gambar 3.23. Pengukuran Temperatur Penuangan.



Gambar 3.24. Proses Penuangan ke Cetakan HPDC.

6. Proses pendinginan

Pendinginan dilakukan di cetakan dan ditunggu sampai 5 menit. Setelah itu cetakan dibuka dan biarkan hasil coran dingin dengan sendirinya. Kemudian mengeluarkan hasil pengecoran dari cetakan. Hasil pengecoran Al-Si/Al₂O₃ berbentuk sepatu rem ditunjukkan pada Gambar 3.25.



Gambar 3.25. Spesimen Hasil Pengecoran HPDC.

7. Proses pemotongan spesimen

Pemotongan spesimen dilakukan untuk membaginya menjadi beberapa bagian yang lebih kecil, sehingga spesimen dapat dikarakterisasikan. Pemotongan dilakukan dengan menggunakan gergaji tangan. Proses pemotongan spesimen ditunjukkan pada Gambar 3.26.



Gambar 3.26. Proses Pemotongan Spesimen.

3.5 Pengujian Spesimen

3.5.1 Pengujian Densitas dan Penghitungan Porositas

Penghitungan porositas dilakukan untuk mengetahui nilai porositas dari spesimen uji. Untuk mengetahui nilai porositas, maka pertama kali dilakukan pengujian densitas. Alat uji densitas yang digunakan adalah neraca digital merk sarforious. Tahapan dalam pengujian densitas adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen uji, neraca digital, gelas, dan benang.
2. Memotong sepatu rem pada sisi bagian kanan, tengah, dan kiri.
3. Mengkalibrasi neraca digital supaya tepat dititik nol.
4. Memasukkan spesimen uji kering meliputi bagian kanan, tengah, dan kiri.
5. Mengulangi penimbangan sampai tiga kali setiap bagian untuk diambil massa rata-rata.
6. Mencatat angka massa yang ditunjukkan di neraca digital
7. Memasukkan sampel kering ke dalam gelas berisi air meliputi bagian kanan, tengah, dan kiri.
8. Mengulangi penimbangan di dalam air sampai tiga kali setiap bagian untuk diambil massa rata-rata.
9. Mencatat angka massa yang ditunjukkan di neraca digital.

Setelah didapatkan data massa sampel kering dan massa sampel basah dari spesimen uji, maka dapat diketahui besarnya densitas aktual dari spesimen uji tersebut. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM C 134-95. Untuk menghitung nilai densitas aktual digunakan Persamaan (3.1) sedangkan untuk menghitung nilai densitas teoritis digunakan Persamaan (3.2) [21].

1. Densitas aktual:

$$\rho_m = \frac{m_s}{(m_s - m_g)} \times H_2O \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

2. Densitas teoritis (total):

$$\rho_{th} = \rho_{Al-Si} \cdot V_{Al-Si} + \rho_{Alumina} \cdot V_{Alumina} \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana:

ρ_m : densitas aktual (gram/cm³)

m_s : massa sampel kering (gram)

m_g	: massa sampel yang digantung di dalam air (gram)
ρ_{H_2O}	: massa jenis air = 1 gram/cm ³
ρ_{th}	: densitas teoritis (gram/cm ³)
ρ_{Al-Si}	: densitas Al-Si (gram/cm ³)
$\rho_{Alumina}$: densitas Al ₂ O ₃ (gram/cm ³)
V_{Al-Si}	: fraksi volume Al-Si (gram)
$V_{Alumina}$: fraksi volume Al ₂ O ₃ (gram)

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah volume ruang kosong (rongga pori) yang dimiliki oleh zat padat terhadap jumlah dari volume zat padat itu sendiri. Porositas suatu bahan pada umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka atau *apparent porosity*, dan dapat dinyatakan dengan persamaan (3.3) [21].

$$Porosity = 1 - \frac{\rho_m}{\rho_{th}} \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana:

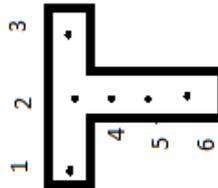
ρ_m	: densitas aktual (gram/cm ³)
ρ_{th}	: densitas teoritis (total) (gram/cm ³)

Dengan diketahuinya densitas aktual dan densitas teoritis menggunakan Persamaan (3.2), maka porositas spesimen uji dapat ditentukan dengan Persamaan (3.3).

3.5.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode *Rockwell* dengan skala B (HRB) dengan beban mayor 100 kgf dan indentor yang digunakan adalah *steel ball* 1/16". Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP. Metode *Rockwell* termasuk salah satu metode pengukuran kekerasan berdasarkan lekukan. Dalam metode ini penetrator ditekan dalam spesimen uji. nilai kekerasan diperoleh dari perbedaan kedalaman beban

mayor dan minor. Jadi, nilai kekerasan didasarkan pada kedalaman bekas penekanan. Pengujian ini dilakukan dengan menguji kekerasan spesimen uji pada 6 titik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.27. Pengujian kekerasan pada spesimen uji ditunjukkan pada Gambar 3.28.



Gambar 3.27. Titik Pengujian Kekerasan.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian kekerasan adalah sebagai berikut:

1. Memotong spesimen uji (sepatu rem) pada bagian sisi kanan, tengah dan kiri.
2. Megamplas dikedua sisi atas dan bawah spesimen uji menggunakan amplas 200, 400, 600, 800, 1200 dan 1500. Pengamplasan bertujuan supaya kedua sisi permukaan spesimen uji rata dan sejajar.
3. Setelah kedua permukaan spesimen uji rata dan sejajar, maka dilakukan pengujian kekerasan dengan menggunakan alat *Rockwell Hardness Tester* skala HRB.
4. Memasang indentor *steel ball 1/16"*.
5. Meletakkan benda uji di anvil, menyeting pembebanan mayor sebesar 100 KgF. Memutar *handwheel* hingga penetrator menekan spesimen dan jarum kecil pada *dial indicator* menuju titik merah.
6. Mengatur *dial indicator* sehingga jarum besar tepat pada garis B dan C.
7. Menarik beban handle pembebanan ke depan.
8. Mendorong *handle unloading*, kemudian membaca nilai kekerasan yang ditunjukkan oleh *dial indicator*.
9. Mengulangi pengujian sebanyak 6 titik di spesimen uji produk sepatu rem.



Gambar 3.28. Pengujian Kekerasan.

3.5.3 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan setelah spesimen uji mengalami proses pengamplasan menggunakan kertas amplas ukuran 200, 400, 600, 800, 1200 dan 1500. Kemudian dilakukan *polishing* dengan menggunakan kain beludru dan autosol hingga permukaan spesimen uji mengkilap tanpa ada goresan. Proses pengamplasan dan *polishing* ditunjukkan pada Gambar 3.29 dan 3.30. Setelah dilakukan *polishing*, kemudian dilakukan *etching* untuk memberi pewarnaan pada permukaan spesimen uji sehingga batas butir dari spesimen uji akan terlihat lebih jelas. *Etching* dilakukan dengan menggunakan larutan Keller's yaitu 2,5 ml HNO_3 + 1 ml HF + 1,5 ml HCl + 95 ml aquades. Spesimen uji dicelupkan ke dalam larutan Keller's selama 20 detik, kemudian dibilas menggunakan air hangat dan dibiarkan selama 12 jam. Proses *etching* ditunjukkan pada Gambar 3.31. Setelah proses *etching*, dilakukan pengamatan spesimen uji menggunakan mikroskop metalurgi dengan perbesaran 1000X, dan kemudian memotret Gambar apabila sudah terlihat jelas. Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP dengan menggunakan alat Mikroskop OLYMPUS BX41M. Proses pemotretan ditunjukkan pada Gambar 3.32.



Gambar 3.29. Proses Pengamplasan.



Gambar 3.30. Proses *Polishing*.



Gambar 3.31. Pemberian Etsa pada Spesimen Uji.



Gambar 3.32. Pengujian Struktur Mikro.