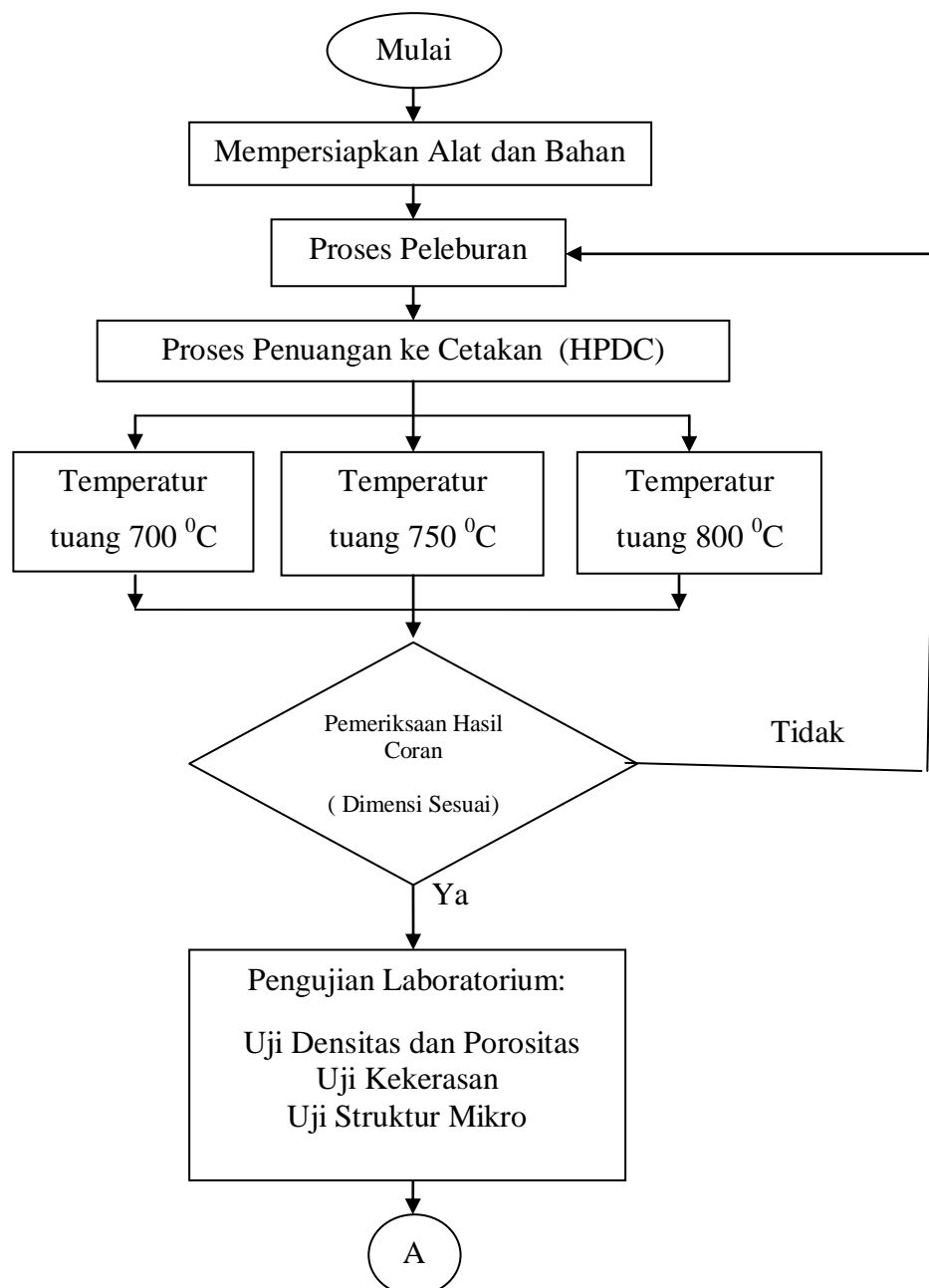
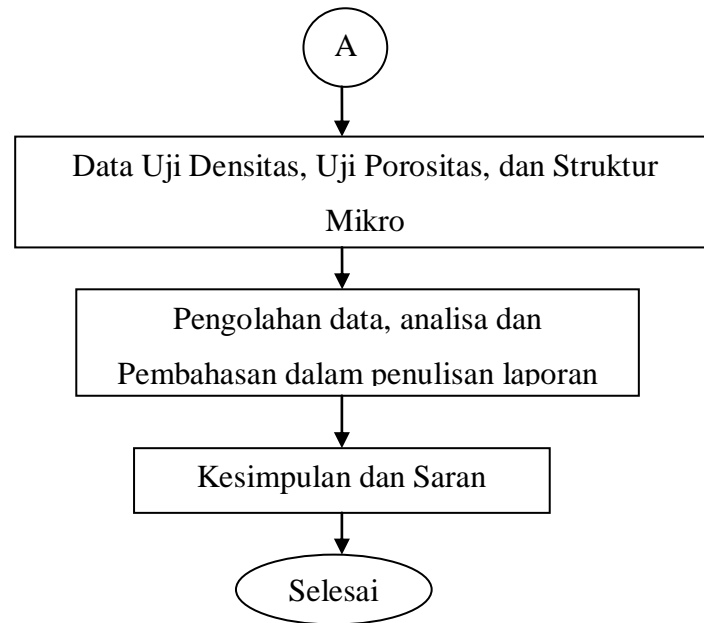


## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini langkah-langkah pengujian mengacu pada diagram alir berikut:





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Keterangan :

1. Mempersiapkan Alat Dan Bahan

Persiapan yang diperlukan antara lain, menimbang ADC 12 sesuai dengan masa yang dibutuhkan, menyambung tungku, tabung gas LPG dan selang krusibel, menyiapkan alat HPDC, kowi, pengaduk, Thermocouple dan display.

2. Proses Pengecoran

Proses pengecoran dilakukan di kampus Teknik Mesin UNDIP menggunakan tungku krusibel dengan bahan bakar LPG.

3. Proses Penuangan ke cetakan ( HPDC)

Proses Penuangan dilakukan pada 3 variasi temperatur yang berbeda yaitu  $700^{\circ}\text{C}$ ,  $750^{\circ}\text{C}$ ,  $800^{\circ}\text{C}$ .

4. Pemeriksaan Hasil Coran

Spesimen hasil pengecoran diteliti apakah layak untuk diuji atau tidak. Kelayakan hasil coran ini dilihat dari Porositas dan kesempurnaan dimensi hasil coran.

## 5. Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat dari spesimen uji.

Pengujian laboratorium ini meliputi:

- a. Uji densitas dan porositas dilakukan dengan menggunakan neraca digital. Hal ini bertujuan untuk menentukan massa jenis spesimen uji pada keadaan kering dan keadaan basah didalam air dan juga besarnya porositas yang terjadi pada spesimen uji tersebut.
- b. Uji kekerasan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari masing-masing spesimen uji dengan menggunakan *Rockwell Hardness Tester* (Skala HRB).
- c. Uji struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik. Hal ini bertujuan untuk melihat struktur mikro pada spesimen uji.

## 6. Pengolahan Data, Analisa dan Pembahasan

Mengolah data-data yang sudah didapatkan dengan mengacu pada materi yang terdapat pada referensi, dan menampilkan data-data tersebut dalam bentuk grafik, dan tabel yang dibuat dalam penulisan laporan.

## 7. Kesimpulan dan Saran

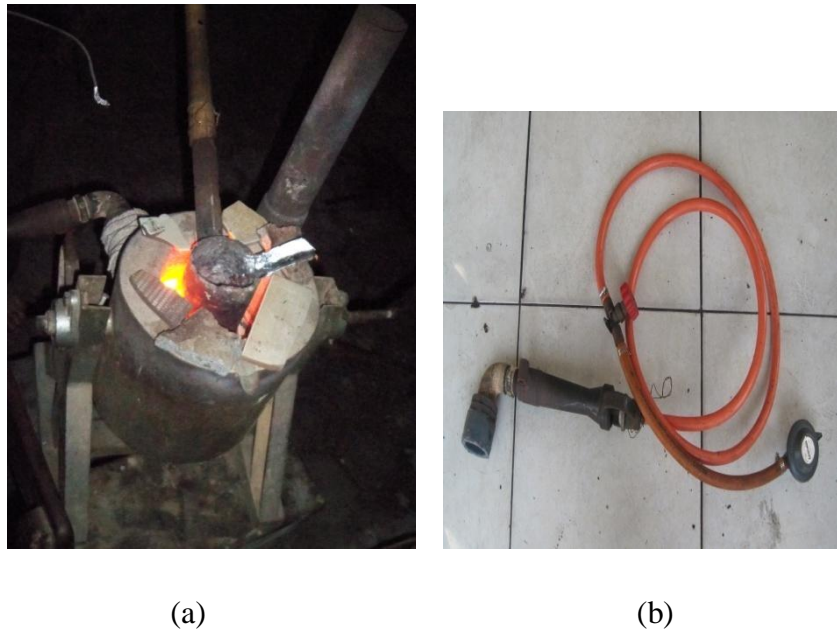
Menarik kesimpulan dari hasil pengolahan data dan analisa dan memberi saran untuk lanjutan dari penelitian ini.

### 3.2 Peralatan Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Tungku krusibel dan burner

Tungku yang digunakan untuk melebur aluminium serbuk besi adalah dapur krusibel dengan 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. Tungku dan burner ini milik Laboratorium METFIS Universitas Diponegoro Semarang.



Gambar 3.2 (a) Tungku Krusibel dan (b) *Burner*

b. Kowi

Kowi digunakan sebagai tempat untuk melebur, mencampur, dan menuang coran. Kowi terbuat dari baja dan diberi tangkai untuk memudahkan proses penuangan ke dalam cetakan. Kowi ini milik Laboratorium METFIS Universitas Diponegoro Semarang.



Gambar 3.3 Kowi

c. Blower

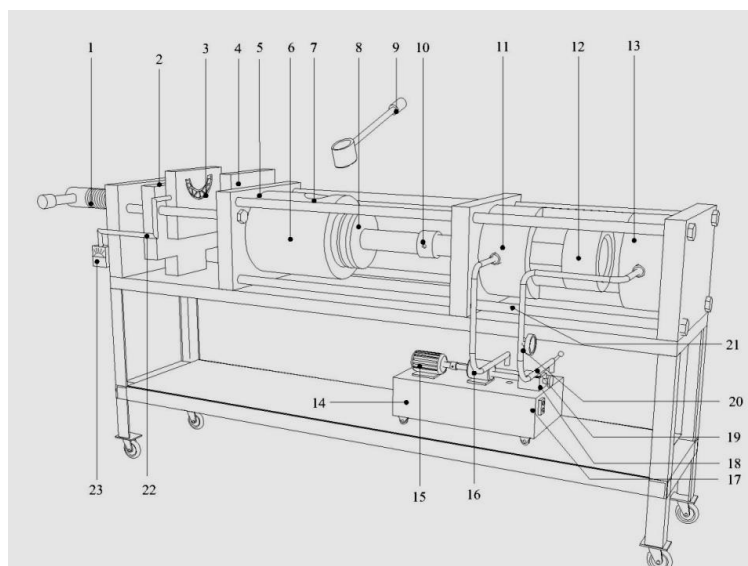
Blower berfungsi untuk memberikan suplai udara kedalam burner sehingga api yang masuk kedalam tungku krusible menjadi lebih bertekanan dan panas. Blower ini milik Laboratorium METFIS Universitas Diponegoro Semarang.



Gambar 3.4 Blower

d. HPDC (*High Pressure Die Casting*)

Digunakan untuk mengepres ADC 12 masuk ke dalam cetakan. Alat pres ini menggunakan sistem dongkrak hidrolis dengan pressure 7 MPa. Alat HPDC ini milik Laboratorium METFIS Universitas Diponegoro Semarang.



Gambar 3.5 Tampilan bagian-bagian alat HPDC

e. *Permanent mold* / cetakan coran

Cetakan coran yang digunakan adalah jenis *permanent mold* yang terbuat dari besi tuang yang merupakan salah satu jenis baja karbon tinggi. Permanent mold dibuat berdasarkan jenis pola cetakan logam yaitu bentuk sepatu rem .



Gambar 3.6 Cetakan Sepatu Rem

*Permanent mold* di buat melalui proses CNC di Laboratorium Produksi POLINES Semarang, dua buat plat besi tuang yang kemudian akan disatukan untuk setiap jenis pola cetakan logamnya.



Gambar 3.7 Proses CNC pembuatan cetakan coran

f. Timbangan

Timbangan yang digunakan adalah timbangan digital. Timbangan ini digunakan untuk mengukur masa dari ADC 12 sebelum digunakan dalam proses pengecoran dan juga digunakan untuk menentukan berat basah dan berat kering dari benda pada saat uji densitas. Timbangan ini milik Laboratorium METFIS Universitas Diponegoro Semarang.



Gambar 3.8 Timbangan Digital

g. Gergaji tangan

Digunakan untuk memotong ADC12 batangan dalam beberapa bagian sesuai dengan yang dibutuhkan. Agar aluminium batangan cepat melebur dalam kowi, maka gergaji digunakan untuk memperkecil ukuran aluminium.



Gambar 3.9 Gergaji Tangan

h. *Thermocouple dan display*

Digunakan untuk mengukur temperatur lebur dan temperatur tuang dari ADC 12. Thermocouple yang digunakan adalah tipe K dengan temperature pengukuran maksimal 1200°C. Thermocouple dan display ini milik Laboratorium METFIS Universitas Diponegoro Semarang.



(a)

(b)

Gambar 3.10 (a) *Thermocouple* dan (b) *Display*

i. Mesin amplas dan poles

Mesin ini digunakan untuk proses pembuatan specimen untuk pengujian kekerasan dan struktur mikro. Proses pengamplasan menggunakan kertas amplas dengan kekasaran 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500, dan 2000. Spesimen yang telah rata di kedua permukaannya kemudian di polis menggunakan kain beludru agar pada proses etsa permukaan specimen sudah rata dan mengkilap. Mesin amplas dan poles ini milik Laboratorium METFIS Universitas Diponegoro Semarang.



Gambar 3.11 Mesin Amplas Dan Poles

j. Mikroskop optik dan kamera

Digunakan untuk mengamati struktur mikro dari specimen dan kemudian mengambil foto setelah mendapatkan gambar yang diinginkan menggunakan kamera.



(a)

(b)

Gambar 3.12 (a) Mikroskop Optik dan (b) Kamera

k. *Vernier caliper*

Digunakan sebagai alat bantu untuk mengukur dimensi dan juga mengetahui kerataan spesimen uji kekerasan dan mikrografi. *Vernier* yang digunakan yaitu *vernier caliper* mitutoyo dengan ketelitian 0,05 mm. Vernier caliper ini milik Laboratorium METFIS Universitas Diponegoro Semarang.



Gambar 3.13 *Vernier Caliper*

### 3.3 Persiapan Bahan

ADC 12 batangan

Gambar dibawah terlihat bahwa ADC 12 batangan telah dipotong agar mempercepat proses peleburan dan mempermudah untuk menimbang sesuai dengan masa yang diinginkan.



Gambar 3.14 ADC 12 Batangan

### 3.4 Proses Pembuatan Spesimen Sepatu Rem

Langkah – langkah dilakukan selama proses pengecoran yaitu:

#### 1. Proses Penimbangan

Sebelum dicor ADC12 dipotong kurang lebih 5 cm, kemudian ditimbang sesuai kebutuhan pengecoran sebesar 300 gram



Gambar 3.15 menimbang ADC 12

## 2. Proses Peleburan

Aluminium yang sudah ditimbang sesuai massa di atas dimasukkan ke dalam kowi, dan kowi dimasukkan ke dalam tungku krusibel. Burner pada tungku dinyalakan dan kowi ditutup dengan potongan keramik lantai.



Gambar 3.16 Proses peleburan menggunakan tungku krusibel.

## 3. Proses Penuangan ke cetakan

Sebelum penuangan, cetakan dipanaskan sampai temperatur  $150^{\circ}$  agar laju pendinginan tidak terlalu cepat dan memudahkan dalam melepaskan hasil coran . Temperatur penuangan dibuat 3 (tiga) variasi yaitu  $700^{\circ}$ ,  $750^{\circ}$ ,  $800^{\circ}$ . Proses penuangan dilakukan dengan cepat dan berhati-hati untuk menghindari terjadi pembekuan setelah kowi diangkat dari tungku. Kendala pada saat proses penuangan yaitu aluminium cepat sekali membeku.



Gambar 3.17. Proses penuangan ke cetakan

#### 4. Pendinginan

Setelah dituang di dalam cetakan tunggu sampai 5 menit baru setelah itu cetakan di buka, biarkan hasil coran dingin secara sendirinya.



Gambar 3.18 Pendinginan setelah pengecoran

## 5. Proses Pemotongan Sampel

Setelah sepatu rem telah jadi langkah selanjutnya adalah memotong specimen menjadi 3 bagian : bawah , tengah , dan atas . Spesimen dipotong untuk selanjutnya dilakukan uji densitas , uji kekerasan, dan mikrografi



Gambar 3.19 Pemotongan specimen hasil pengecoran

## 3.5 Pengujian Spesimen

### 3.5.1 Pengujian Densitas

Uji densitas menggunakan neraca digital merk sarforious. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian densitas adalah sebagai berikut:

1. Memotong Sepatu rem pada sisi bagian atas, tengah, dan bawah.
2. Mengkalibrasi/mentarra neraca digital supaya tepat dititik nol.
3. Memasukkan sampel kering meliputi bagian atas, tengah, dan bawah.
4. Mengulangi penimbangan sampai tiga kali setiap bagian untuk diambil massa rata-rata.
5. Mencatat angka yang ditunjukkan neraca digital.
6. Memasukkan sampel kering kedalam air meliputi bagian atas, tengah, bawah .

7. Mengulangi penimbangan didalam air sampai tiga kali setiap bagian untuk diambil massa rata-rata.
8. Mencatat angka yang ditunjukkan neraca digital.

Setelah diketahui massa basah dan massa kering dari benda uji , dapat diketahui besarnya densitas aktual dari benda uji tersebut. Uji densitas bertujuan untuk dapat mengetahui densitas dari benda uji agar selanjutnya data tersebut dapat digunakan sebagai perbandingan dengan densitas teoritis untuk mengetahui besar porositas yang terjadi.

### 3.5.1.1 Perhitungan Densitas

Densitas merupakan besaran fisis yaitu perbandingan massa ( $m$ ) dengan volume benda ( $V$ ). Pengukuran densitas yang materialnya berbentuk padatan atau *bulk* digunakan metode Archimedes. Untuk menghitung nilai densitas aktual dan teoritis digunakan persamaan :

#### 1. Densitas aktual:

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

#### 2. Densitas teoritis:

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

Dimana:

$\rho_m$  : densitas aktual (gram/cm<sup>3</sup>)

$m_s$  : massa sampel kering (gram)

$m_g$  : massa sampel yang digantung di dalam air (gram)

$\rho_{H_2O}$  : massa jenis air = 1 gram/cm<sup>3</sup>

$\rho_{th}$  : densitas teoritis (gram/cm<sup>3</sup>)

$\rho_{Al}$  : densitas Al (gram/cm<sup>3</sup>)

$\rho_{Si}$  : densitas Fe (gram/cm<sup>3</sup>)

$V_{Al}$  : fraksi volume Al

$V_{Si}$  : fraksi volume Si

### 3.5.1.2 Perhitungan porositas

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 :

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

dimana:

$\rho_m$  : densitas aktual (gram/cm<sup>3</sup>)

$\rho_{th}$  : densitas teoritis (gram/cm<sup>3</sup>)

Dengan diketahuinya densitas aktual dan densitas teoritis menggunakan rumus (3.2), maka porositas material dapat ditentukan dengan persamaan (3.3).[13]

### 3.5.2 Pengujian Kekerasan

Metode pengujian kekerasan yang digunakan adalah metode *Rockwell*. Metode *Rockwell* termasuk salah satu metode pengukuran kekerasan berdasarkan lekukan. Dalam metode ini penetrator ditekan dalam benda uji. Harga kekerasan didapat dari perbedaan kedalaman dari beban mayor dan minor. Jadi nilai kekerasan didasarkan pada kedalaman bekas penekanan. Metode ini sangat cepat dan cocok untuk pengujian massal. Karena hasilnya dapat secara langsung dibaca pada jarum penunjuk, maka metode ini sangat efektif untuk pengetesan massal.

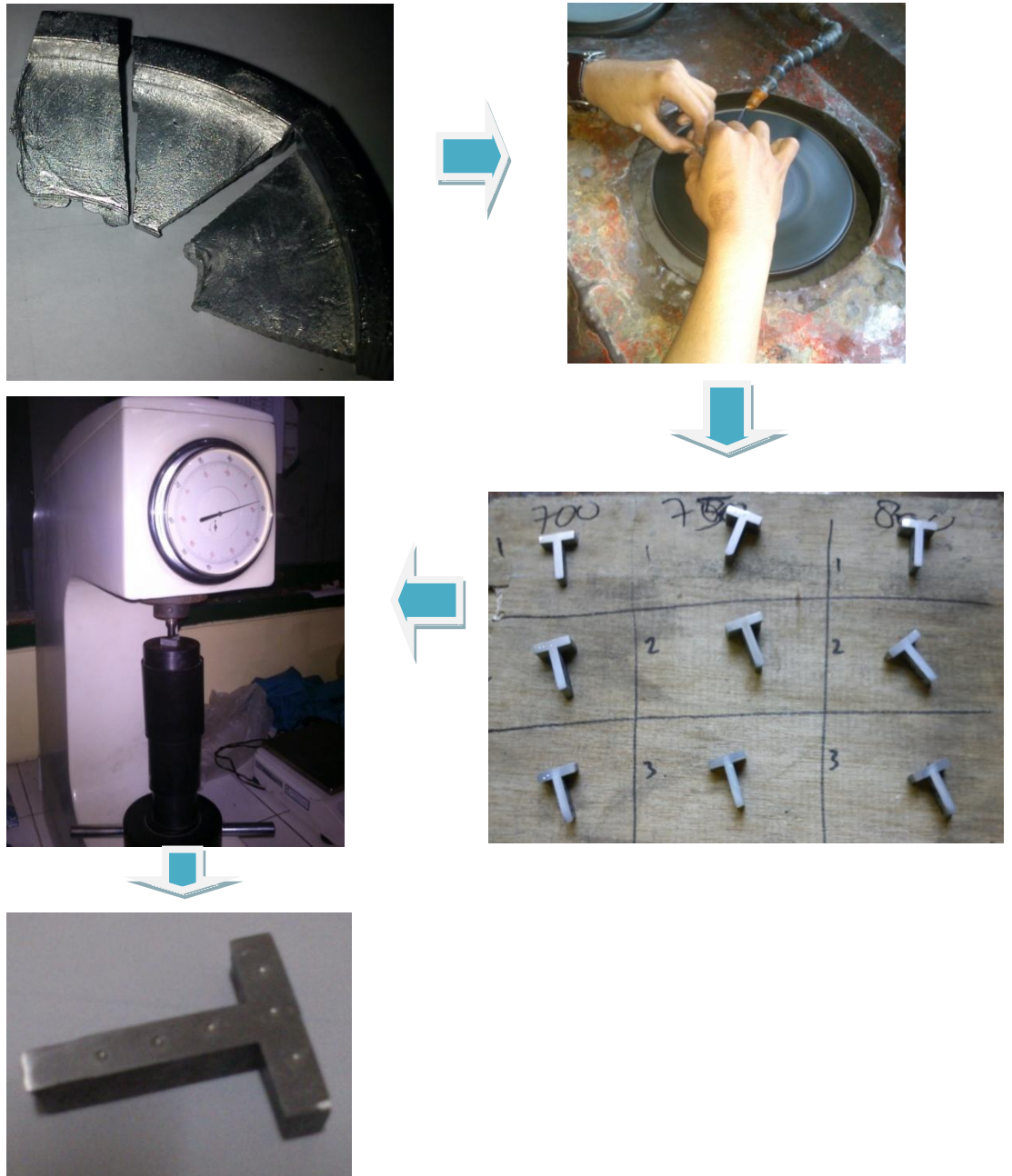
Uji kekerasan *Rockwell* mempunyai kemampuan ulang (*reproducible*), namun perlu diperhatikan:

1. Penekan dan landasan harus bersih dan terpasang dengan baik.
2. Permukaan yang diuji harus bersih, kering, halus, dan bebas dari pengotor.
3. Permukaan harus datar dan tegak lurus terhadap penekan.
4. Menguji permukaan silinder memberikan hasil pembacaan yang rendah. Pengukuran pada permukaan silinder memerlukan koreksi dimana data-data koreksinya secara teoritis dan empiris telah dipublikasikan.
5. Jarak antara satu pengujian dengan pengujian berikutnya harus 3-5 kali diameter bekas penekan.
6. Kecepatan pembebanan harus sama dengan waktu pemberian beban, baik untuk pengujian pertama maupun selanjutnya.
7. Tebal benda uji harus sedemikian rupa sehingga tidak terjadi gembung pada permukaan dibaliknya.

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

1. Memotong Sepatu rem pada sisi bagian atas, tengah, dan bawah.
2. Melakukan Proses Pengamplasan menggunakan amplas dengan kekasaran 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500. Pengamplasan dilakukan hingga permukaan benda ujinya rata dan sejajar antara permukaan atas dan bawah nya.
3. Setelah permukaan benda uji rata di kedua sisinya , langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian dengan alat *Rockwell Hardness Tester* dengan skala HRB.
4. Benda uji diletakkan di anvil
5. Setting Pembebanan mayor di posisi 100KgF
6. Penetrator yang digunakan adalah stell ball.
7. Putar Handwheel hingga penetrator menekan ke benda uji , hingga jarum kecil penunjuk beban minor pada *Dial Indicator* mencapai titik yang berwarna merah untuk mendapatkan pembebanan sebesar 10 KgF.
8. Setelah itu setting nol *Dial Indicator* di posisinya.
9. Tekan handle pelepas beban mayor , tunggu hingga 30 detik agar beban mayor tersalurkan penuh.

10. Nilai kekerasan langsung dapat di baca di *Dial Indicator* pada jarum yang berwarna merah.
11. Pengujian dilakukan 6x pada masing-masing benda uji.



Gambar 3.20 Tahapan pengujian kekerasan

### 3.5.3 Pengujian Mikrografi

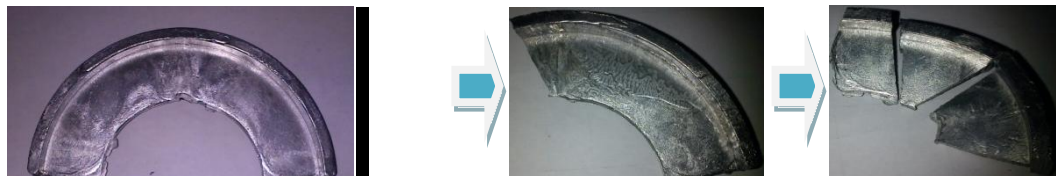
Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Universitas Diponegoro Semarang dengan menggunakan alat Mikroskop OLYMPUS BX41M.

Pengujian struktur mikro dilakukan setelah spesimen uji mengalami proses polishing dan etching, hingga spesimen uji tampak mengkilap serta tidak ada goresan pada permukaan spesimen uji.

Sebelum melakukan pengamatan struktur mikro, material uji (sepatu rem ADC12) harus melalui beberapa proses persiapan yang harus dilakukan yakni:

#### 1. Pemotongan (*Sectioning*)

Sepatu rem di potong menjadi tiga bagian berbeda yaitu bagian atas , bawah, dan tengah .



Gambar 3.21 *Sectioning* sepatu rem menjadi 3 bagian

#### 2. Pengamplasan (*Grinding*)

Pengamplasan bertujuan untuk meratakan permukaan material uji setelah proses pemotongan material uji. Proses pengamplasan dibedakan atas pengamplasan kasar dan pengamplasan sedang. Pengamplasan kasar dilakukan sampai permukaan material uji benar-benar rata, sedangkan pengamplasan sedang dilakukan untuk mendapatkan permukaan material uji yang lebih halus. Pada saat melakukan proses pengamplasan material uji harus diberi cairan pendingin guna menghindari terjadinya *overheating* akibat panas yang ditimbulkan pada saat proses pengamplasan. Amplas yang digunakan adalah amplas 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000 .<sup>[17]</sup>



Gambar 3.22 Pengamplasan spesimen uji

### 3. Pemolesan (*Polishing*)

Proses pemolesan bertujuan untuk menghasilkan permukaan material uji yang benar-benar rata dan sangat halus permukaannya hingga tampak mengkilap tanpa ada goresan sedikitpun pada material uji. Pemolesan dilakukan dengan menggunakan serat kain yang diolesi pasta autosol metal polish <sup>[17]</sup>.



Gambar 3.23. Pemolesan spesimen uji

### 4. Pengetsaan (*Etching*)

Pengetsaan bertujuan untuk memperlihatkan struktur mikro dari material uji dengan menggunakan mikroskop. Material uji yang akan di etsa harus bebas dari perubahan struktur akibat deformasi serta dipoles secara teliti dan merata pada seluruh permukaan material uji yang akan diuji struktur mikronya . Larutan etsa untuk ADC12 yang digunakan adalah :

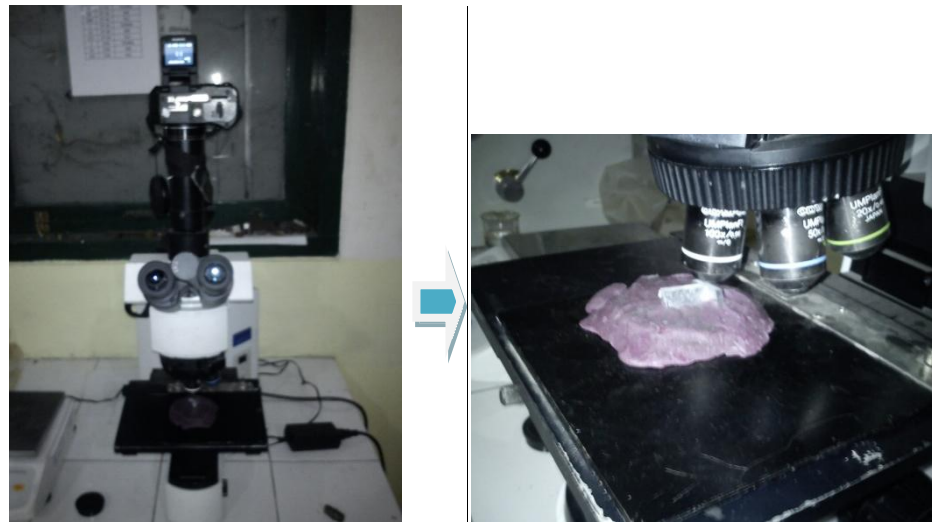
2,5 ml HNO<sub>3</sub>  
1 ml HF  
1,5 ml HCL  
95 ml Aquades

} Dilarutkan

Setelah larutan etsa disiapkan , langkah selanjutnya adalah :

1. spesimen dicelupkan kedalam larutan  $\pm$  30 detik
2. kemudian dibilas dengan air hangat
3. dikeringkan dengan tisu
4. dan didiamkan selama 1 hari terlebih dahulu sebelum dilakukan pengamatan dengan mikroskop optik.

Setelah semua proses persiapan dilakukan, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 500x dan 1000x. Dari hasil pengamatan mikroskopis akan diperoleh informasi dan analisa data tentang struktur mikro yang terbentuk.



Gambar 3.24. Pengamatan dan pemotretan menggunakan mikroskop