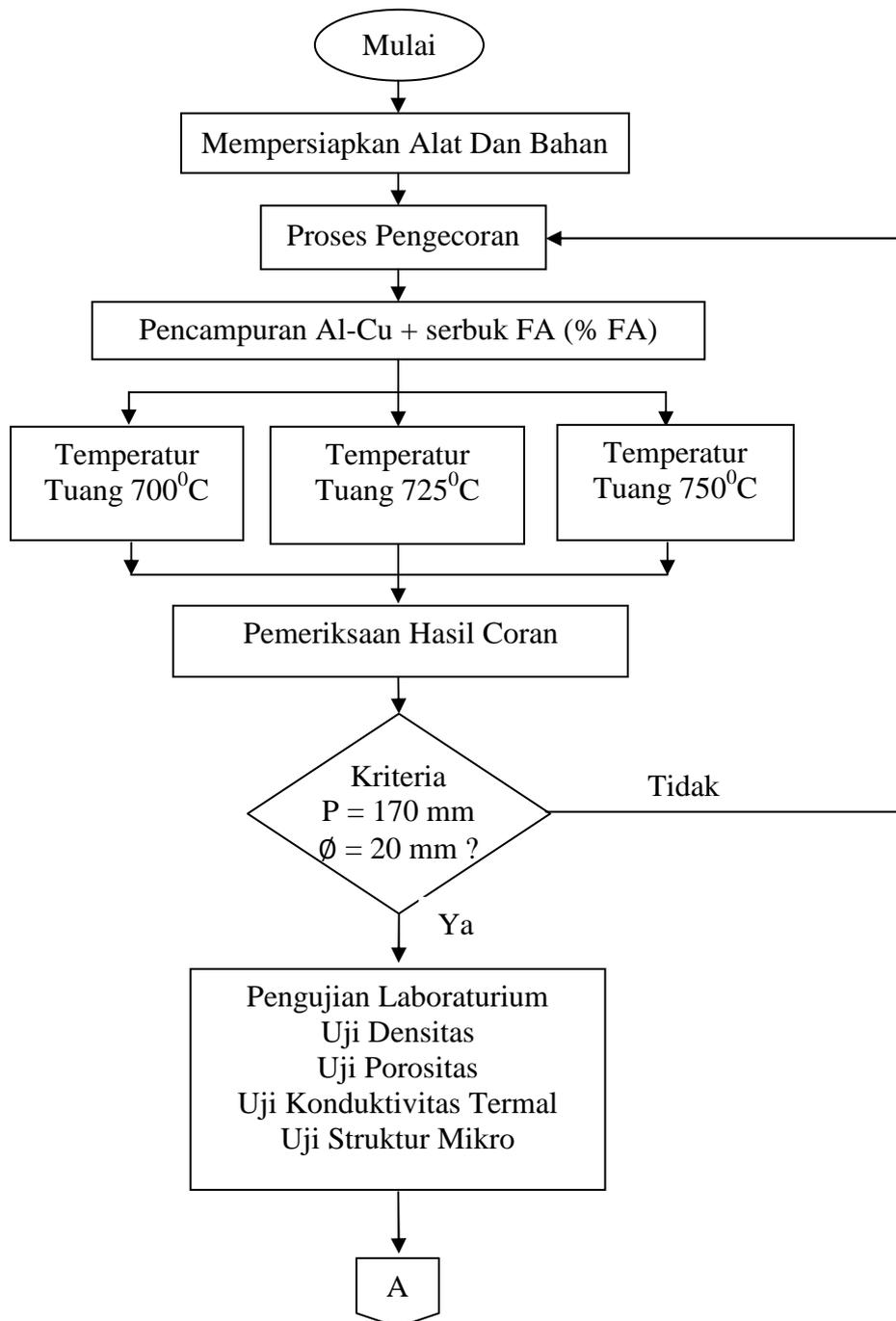
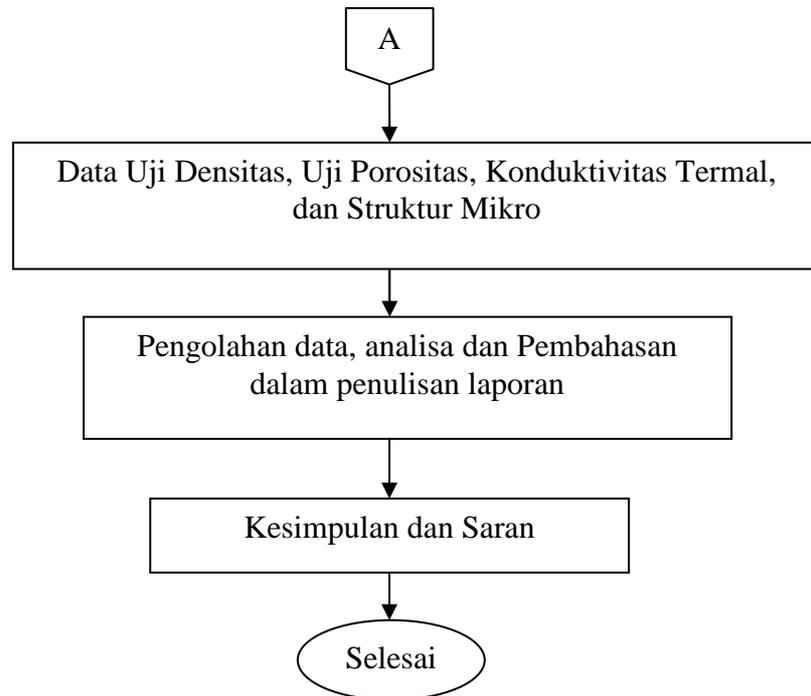


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Diagram alir penelitian selama proses penelitian dapat diperlihatkan pada Gambar 3.1 dibawah ini :





Gambar 3.1 Diagram Alir

Keterangan :

1. Mempersiapkan Alat Dan Bahan

Persiapan yang diperlukan antara lain, menimbang aluminium dan serbuk *fly ash* sesuai dengan masa yang dibutuhkan, menyambung tungku dengan tabung gas LPG dengan selang *krusibel*, menyiapkan cetakan, kowi, pengaduk dan cawan tuang.

2. Proses Pengecoran

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

3. Pencampuran Aluminium Ditambah Serbuk Besi

Mencampurkan serbuk *fly ash* dengan persentase tertentu pada saat proses *stir casting* untuk memperkuat aluminium.

4. Temperatur Tuang

Untuk mengetahui perbedaan pencampuran antara aluminium dengan serbuk *fly ash* pada saat di tuang pada cetakan.

5. Pemeriksaan Hasil Coran

Spesimen hasil pengecoran diteliti apakah layak untuk diuji atau tidak. Kelayakan hasil coran ini dilihat dari porositas dan cacat.

6. Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan untuk melihat pencampuran serbuk besi pada komposit aluminium pada spesimen uji. Pengujian laboratorium ini meliputi:

a. Uji densitas dilakukan dengan menggunakan neraca digital *merk sarforious*. Hal ini bertujuan untuk menentukan massa jenis pada pencampuran serbuk besi dengan komposit aluminium pada keadaan kering dan keadaan basah didalam air.

b. Uji Porositas.

Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara jumlah volume ruang kosong (rongga pori) yang dimiliki oleh zat padat terhadap jumlah dari volume zat padat itu sendiri

c. Uji konduktivitas termal.

Hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai konduktivitas termal pada komposit aluminium dengan pencampuran serbuk *fly ash* yang berbentuk silinder padat.

d. Uji struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik.

Hal ini bertujuan untuk melihat struktur mikro serbuk *fly ash* yang tercampur dengan komposit aluminium pada saat proses *stir casting*.

7. Pengolahan Data, Analisa dan Pembahasan

Mengolah 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.

8. Kesimpulan dan Saran

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

3.2 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

a. Tungku *krusibel* dan *burner*

Tungku yang digunakan untuk melebur aluminium serbuk *fly ash* 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.



(a)

(b)

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

b. *Blower*

Blower digunakan untuk menyuplai oksigen untuk mengoptimalkan proses pembakaran. *Blower* ini juga digunakan untuk mendorong gas bahan bakar (LPG) agar terpusat masuk ke dalam tungku pembakaran.



Gambar 3.3 *Blower*

c. 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.



Gambar 3.4 Kowi

d. Alat Pres

Digunakan untuk mengepres Al-Cu yang dicampur serbuk *fly ash* setelah dituang ke dalam cetakan. Alat *pres* ini menggunakan sistem dongkrak hidrolis dengan kekuatan maksimal 2 ton.



Gambar 3.5 Alat Pres

e. Pengaduk (*Stir Cast*)

Digunakan untuk mencampur Al-Cu dengan serbuk *fly ash* sekaligus untuk membuang kerak yang terdapat pada aluminium cair.



Gambar 3.6 Pengaduk (*Stir Cast*)

f. *Permanent mold* / cetakan coran

Cetakan coran yang digunakan adalah jenis *permanent mold* yang terbuat dari baja perkakas yang merupakan salah satu jenis baja karbon medium. *Permanent mold* dibuat berdasarkan jenis pola cetakan logam yaitu bentuk silinder. Ukuran dimensi pola cetakan yaitu : Pola silinder, Diameter (\emptyset) = 20 mm. Panjang = 200 mm.



Gambar 3.7 Cetakan Logam Silinder

Sedangkan jarak pola permukaan cetakan seragam yaitu 15mm, tetapi dikurangi tinggi besi yang di gunakan untuk mengepres setelah penuangan 30mm menjadi panjang total spesimen yaitu : 170mm. *Permanent mold* di buat dengan melakukan proses *machining daro* dua buat plat baja yang kemudian akan disatukan untuk setiap jenis pola cetakan logamnya.

g. Timbangan

Timbangan yang digunakan adalah timbangan digital. Timbangan ini digunakan untuk mengukur masa dari aluminium, serbuk *fly ash* yang digunakan dalam proses pengecoran.



Gambar 3.8 Timbangan Digital

h. Gergaji tangan

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



Gambar 3.9 Gergaji Tangan

i. *Sieving* (ayakan)

Digunakan untuk mendapatkan ukuran serbuk yang seragam. Ukuran *sieve* yang digunakan adalah *mesh 350*.



Gambar 3.10 *Mesh 350*

j. *Thermocouple* dan *Thermodisplay*

Digunakan untuk mengukur suhu lebur aluminium, suhu pencampuran, dan suhu tuang dari paduan aluminium serbuk besi. *Thermocouple* yang digunakan adalah tipe K dengan temperatur pengukuran maksimal 1200°C.



(a)

(b)

Gambar 3.11 (a) *Thermocouple* dan (b) *Thermodisplay*

k. Mesin amplas dan poles

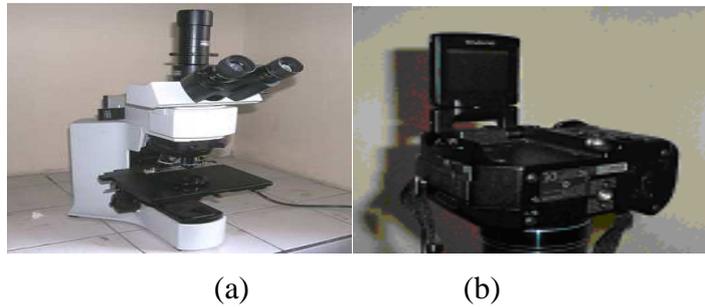
Mesin ini digunakan untuk proses pembuatan specimen untuk pengujian struktur mikro. Spesimen yang telah diresin sebelumnya, di polis menggunakan mesin amplas agar pada proses etsa permukaan specimen sudah rata dan mengkilap.



Gambar 3.12 Mesin Amplas Dan Poles

l. Mikroskop optik dan kamera

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



Gambar 3.13 (a) Mikroskop Optik dan (b) Kamera

m. *Vernier caliper*

Digunakan sebagai alat bantu untuk mengukur diameter dalam pembuatan spesimen uji tarik. *Vernier* yang digunakan yaitu *vernier caliper* mitutoyo dengan ketelitian 0,05 mm.



Gambar 3.14 Vernier Caliper

n. Alat Uji Densitas

Alat uji densitas yang digunakan adalah neraca digital merk *sarforious* di Laboratorium S-1 Bahan Teknik Mesin UGM. Pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu dengan sampel kering dan dengan sampel basah yang diletakkan di dalam air.



Gambar 3.15 Neraca Digital

o. Alat Uji Konduktivitas Termal

Digunakan untuk mencari nilai konduktivitas termal material. Alat yang digunakan terdapat di Laboratorium Thermofluid Teknik Mesin Universitas Diponegoro.



Gambar 3.16 Alat Uji Konduktivitas Termal

p. Alat bantu lainnya

Alat bantu lain yang digunakan selama proses penelitian ini adalah :

1. Tang penjepit.
2. Obeng.
3. Kunci pas.
4. Sarung tangan tahan panas.
5. Amplas.
6. Penumbuk.
7. Ragum
- 8.

3.3 Persiapan Bahan

Bahan-bahan yang dipakai adalah:

1. Aluminium batangan

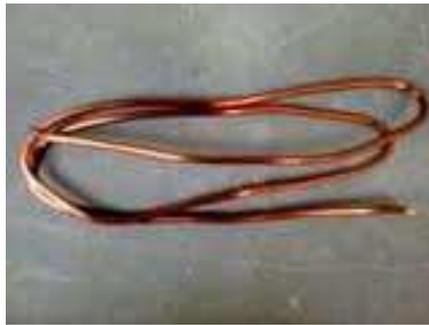
Gambar 3.17 terlihat bahwa aluminium batangan telah dipotong agar mempercepat proses peleburan dan mempermudah untuk menimbang sesuai kebutuhan.



Gambar 3.17 Aluminium

2. Potongan Tembaga

Gambar 3.18 terlihat tembaga yang telah dipotong-potong agar mempercepat proses peleburan dan mempermudah untuk menimbang sesuai kebutuhan.



Gambar 3.18 Tembaga

3. Serbuk *Fly Ash*

Gambar 3.19 memperlihatkan *fly ash* yang telah terlebih dahulu dikalsinasi pada temperature 800°C selama 3 jam, kalsinasi dilakukan untuk mengurangi kadar karbon dalam *fly ash*. Sebelum dikalsinasi berwarna abu sedangkan setelah dikalsinasi berwarna merah muda. Geram yang dihasilkan dibuat kecil dan tipis dengan cara ditumbuk setelah itu diayak menggunakan mesh 350 agar dapat tercampur dengan paduan karena titik lebur *fly ash* lebih tinggi dari aluminium.



Gambar 3.19 Serbuk *Fly ash*

3.4 Proses Pembuatan Spesimen dengan Variasi Komposisi Serbuk *fly ash*

Langkah – langkah dilakukan selama proses pengecoran yaitu:

1. Proses Penimbangan

a. Penimbangan aluminium

Sebelum dicor aluminium dipotong 15cm, kemudian ditimbang sesuai kebutuhan pengecoran. Paduan aluminium serbuk *fly ash* yang dibuat yaitu aluminium dengan persentase FA 5%, 10%, 15%. Sehingga perhitungan adalah sebagai berikut: Berat total coran yang diinginkan untuk sekali pengecoran adalah 1000gr. Sehingga, kebutuhan dari masing – masing campuran adalah:

Variasi massa aluminium yang akan digunakan.

$$\text{I. } 91\% \times 1000\text{gr} = 910\text{gr}$$

$$\text{II. } 86\% \times 1000\text{gr} = 860\text{gr}$$

$$\text{III. } 81\% \times 1000\text{gr} = 810\text{gr}$$

b. Penimbangan massa tembaga $4\% \times 1000 \text{ gr} = 40 \text{ gr}$

c. Penimbangan serbuk *fly ash*

$$\text{Berat serbuk } fly \text{ ash I yaitu } 5\% \times \text{berat total aluminium} = 5\% \times 1000\text{gr} = 50\text{gr}$$

$$\text{Berat serbuk } fly \text{ ash II yaitu } 10\% \times \text{berat total aluminium} = 10\% \times 1000\text{gr} = 100\text{gr}$$

$$\text{Berat serbuk } fly \text{ ash III yaitu } 15\% \times \text{berat total aluminium} = 15\% \times 1000\text{gr} = 150\text{gr}$$

2. Proses Peleburan

Aluminium yang sudah ditimbang sesuai masa di atas dimasukkan ke dalam kowi, dan kowi dimasukkan ke dalam tungku krusibel. *Burner* pada tungku dinyalakan dan kowi ditutup.

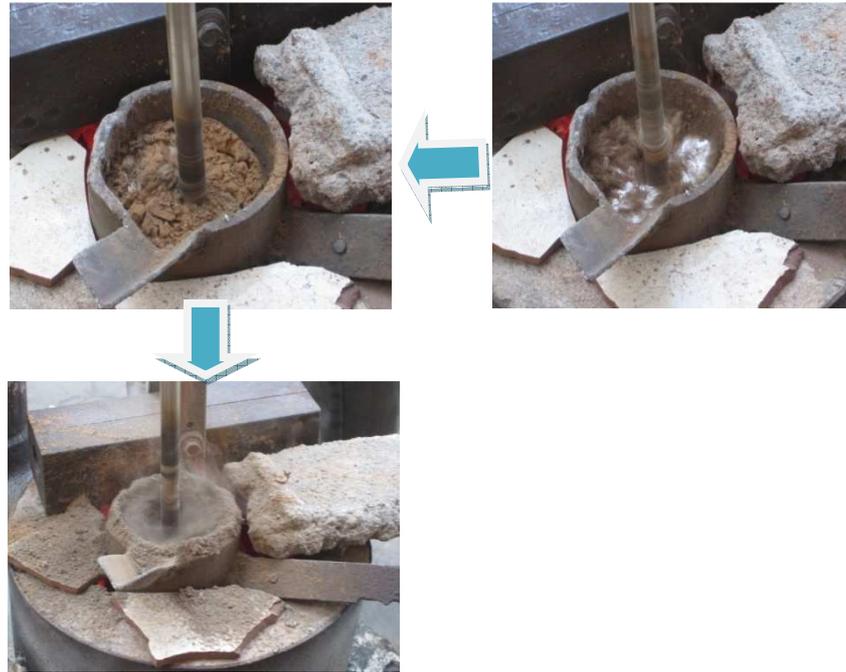


Gambar 3.20 Proses peleburan menggunakan tungku *krusibel*.

3. Pengadukan (*Stir Cast*)

Setelah Aluminium mencair pada suhu 660°C , hidupkan pengaduk untuk mencampurkan serbuk *fly ash* kedalam aluminium yang sudah mencair, tuang secara perlahan-lahan tembaga dan serbuk *fly ash* ditepian pusran dalam proses ini terjadi penggumpalan di permukaan karena dalam kandungan *fly ash* masih ada karbon yang densitasnya lebih rendah dari pada aluminium sesuai dengan prosentase tembaga dan serbuk *fly ash* yang ditimbang selama 5 menit pengadukan, agar serbuk *fly ash* nya benar-benar tercampur dan tidak banyak yang mengendap. Setelah itu siap untuk dituang ke dalam cetakan.





Gambar 3.21 Proses *Stir Casting* Al-Cu dengan FA.

4. Penuangan dan Pengepresan

Sebelum penuangan cetakan dipanaskan sampai suhu tertentu sehingga nantinya akan didapat laju pendinginan yang berbeda. Temperatur penuangan dibuat 3 (tiga) variasi yaitu 700°C , 725°C , dan 750°C . Proses penuangan dilakukan dengan cepat dan berhati-hati untuk menghindari terjadi pembekuan setelah kowi diangkat dari tungku, setelah dituang ke dalam cetakan dipres menggunakan alat pres dengan maksud untuk meminimalisir porositas. Tetapi pada saat pengepresan menemui kendala yaitu aluminium cepat sekali membeku.





Gambar 3.22 Proses Penuangan dan Pengepresan

5. Pendinginan

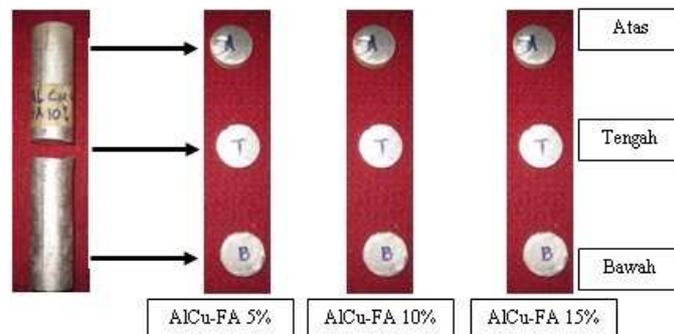
Setelah dituang di dalam cetakan tunggu sampai 30 menit baru setelah itu cetakan di buka, biarkan hasil coran dingin secara sendirinya.



Gambar 3.23 Spesimen Hasil Pengecoran

3.5 Pengujian Spesimen

Pengambilan sampel uji dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3.21 untuk material komposit Al-Cu-FA.



Gambar 3.24 Spesimen uji densitas, porositas, konduktivitas termal dan struktur mikro

3.5.1 Uji Densitas

Alat uji densitas yang digunakan adalah neraca digital merk *sarforious* di Laboratorium S-1 Bahan Teknik Mesin UGM. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian densitas adalah sebagai berikut:

1. Memotong aluminium 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.

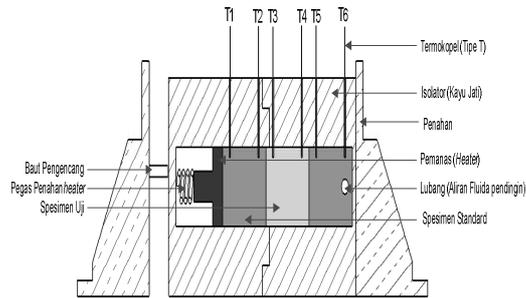
3.5.2 Uji Porositas

Dengan diketahuinya densitas aktual dan densitas teoritis menggunakan rumus (2.2), maka porositas material dapat ditentukan dengan persamaan (2.3).

3.5.3 Uji Konduktivitas Termal

Konduksi yaitu perpindahan panas dimana panas mengalir dari daerah bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair, atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. [9]

Alat Uji Konduktivitas termal yang digunakan terdapat di Laboratorium Thermofluid jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.



Gambar 3.25 Alat Uji Konduktivitas Termal.

Peralatan tersebut adalah :

1. Rangka/ Suport dan Spesimen Uji.
2. Voltmeter.
3. Amperemeter.
4. Termokopel Tipe *T* (4 buah).
5. *Heater*.
6. Data aquisisi dan komputer.
7. Pompa air dan wadah/bak untuk sirkulasi air.

Bahan pengujian :

1. Material Standar : Kuningan ($k = 89,7 \text{ W/m.K}$), $\varnothing = 25\text{mm}$, $l = 30\text{mm}$.
2. Material uji: komposit Al-Cu dan serbuk *fly ash* dengan dimensi $\varnothing = 20\text{mm}$, $l = 30\text{mm}$.
3. *Silikon heat transfer*.
4. Air.

Langkah-langkah yang digunakan dalam pengujian konduktivitas termal adalah sebagai berikut:

1. Memberi *silikon heat transfer* pada permukaan kontak antara silinder material standar (kuningan) dan permukaan silinder material uji.
2. Memasukan material uji ke dalam alat uji.
3. Menempatkan isolator (kayu) pada rangka/ *support* alat uji.
4. Merekatkan dan mengencangkan antara kedua bagian isolator (kayu).
5. Memasang sensor temperatur (termokopel) pada titik-titik lubang yang telah disediakan pada isolator. Cara : mengukur kedalaman lubang terlebih dahulu dengan

menggunakan jarum, kemudian membandingkannya dengan panjang termokopel yang akan dimasukkan pada lubang alat uji.

6. Menghubungkan selang aliran air pendingin pada pompa yang ditempatkan pada wadah/ bak untuk sirkulasi aliran air.
7. Menghidupkan pompa untuk sirkulasi air.
8. Menghidupkan *heater* dengan mengatur *voltage* dan arus.
9. Membaca dan memantau hasil pengukuran, sensor temperatur hingga dicapai pembacaan temperatur pada kondisi tunak (*steady state*).
10. Mencatat data temperatur setiap 15 detik pada laporan sementara yang telah disediakan hingga kondisi *steady*.
11. Hentikan pengamatan ketika kondisi sudah mencapai *steady* atau sudah tidak ada perubahan temperatur.
12. Matikan *heater* dan pompa.

3.5.4 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.