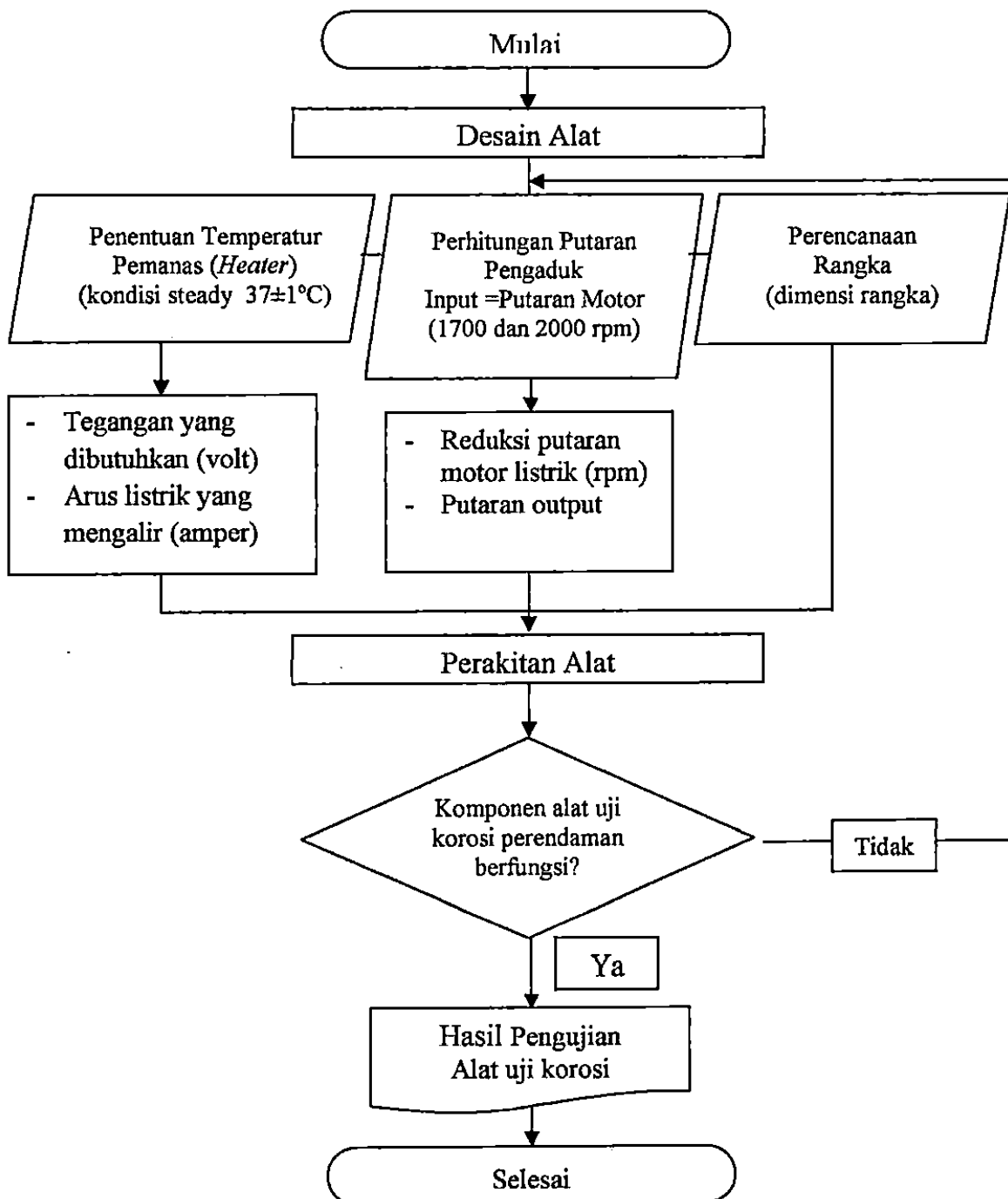


**BAB III**  
**METODE PERANCANGAN DAN PEMBUATAN**  
**ALAT UJI KOROSI PERENDAMAN**

**3.1. Diagram Alir Perancangan**

Perancangan alat uji korosi ini dibuat sesuai dengan prosedur yang ada pada diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Alat uji Korosi Perendaman

### 3.2. Komponen Utama Alat Uji Korosi Perendaman

Desain alat pengujian korosi perendaman terdiri dari dua komponen utama yaitu :

1. *Heater*
2. Motor Listrik

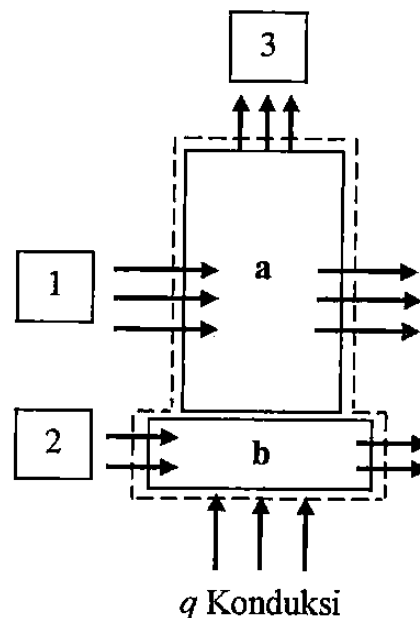
Komponen utama adalah komponen yang bekerja sesuai fungsi alat uji korosi tersebut, selain komponen utama terdapat juga komponen pendukung. Komponen pendukung adalah komponen yang berfungsi sebagai pendukung kerja dari komponen utama. Komponen pendukung pada alat pengujian korosi terdiri dari rangka, pengunci sambungan, kabel, saklar, kipas pendingin, voltmeter, amperemeter, dan alat pengatur tegangan (potensio).

### 3.3. Perencanaan Temperatur Pemanas (*Heater*)

Dalam perancangan dan pembuatan alat uji korosi perendaman ini, temperatur fluida kerja dibuat konstan  $37 \pm 1$  °C.

Laju perpindahan kalor yang terjadi pada *heater* dan gelas uji diasumsikan sebagai silinder seperti pada gambar 3.2 di bawah ini.

1. Perpindahan kalor konveksi paksa aliran melewati silinder (a)
2. Perpindahan kalor konveksi paksa aliran melewati silinder (b)
3. Perpindahan kalor konveksi bebas permukaan plat datar menghadap keatas



**Gambar 3.2** Diagram Benda Bebas Laju  
Perpindahan kalor pada alat uji korosi

Dalam laju perpindahan kalor yang terjadi pada *heater* dan gelas uji, terjadi laju perpindahan kalor konveksi paksa dan konveksi bebas. Laju perpindahan kalor konveksi paksa yang terjadi dikarenakan adanya kipas pendingin yang berfungsi melepas energi dari sistem, sedangkan laju perpindahan kalor konveksi bebas yang terjadi dikarenakan gaya apung aliran fluida secara alami.

Untuk mendapatkan persamaan umum perpindahan kalor konveksi yang terjadi digunakan ketentuan konservasi energi sebagai berikut:

(Incropera, Frank.P., (2007).

$$\dot{E}_{masuk} + \dot{E}_{dibangkitkan} - \dot{E}_{keluar} = \frac{\Delta \dot{E}}{\Delta t} \dots\dots\dots 3.1$$

karena pada sistem tidak ada energi yang dibangkitkan maka untuk  $E_{dibangkitkan}$  diabaikan.

Dimana :

$$\dot{E}_{masuk} = q \text{ konduksi} = V.I$$

$$\dot{E}_{keluar} = q \text{ konveksi paksa aliran melewati silinder (a)} + q \text{ konveksi paksa aliran melewati silinder (b)} + q \text{ konveksi bebas permukaan penutup.}$$

### 3.3.1. Temperatur fluida ditentukan konstan pada suhu $\pm 37^\circ \text{C} \rightarrow$ kondisi steady

$$\frac{\Delta \dot{E}}{\Delta t} = 0 \rightarrow \dot{E}_{masuk} = \dot{E}_{keluar}$$

$$V.I = q_{konv.paksa(a)} + q_{konv.paksa(b)} + q_{konv.bebas} \dots\dots\dots 3.2$$

Dimana :

V = Tegangan listrik yang masuk (volt)

I = Arus listrik yang masuk (amper)

$q_{konv.paksa(a)}$  = Perpindahan kalor konveksi aliran melewati silinder (a).

$q_{konv.paksa(b)}$  = Perpindahan kalor konveksi aliran melewati silinder (b).

$q_{konv.bebas}$  = Perpindahan kalor konveksi bebas permukaan penutup.

### 3.3.2. Perpindahan kalor konveksi paksa pada silinder (a) dan (b).

$$q_{konv.paksa(a,b)} = h \cdot A \cdot \Delta T = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty) \dots \dots \dots 3.3$$

Dimana :

$q$  = Laju perpindahan kalor konveksi ( W ).

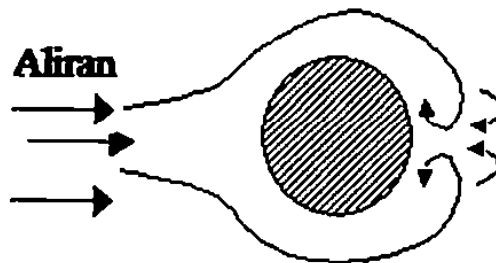
$h$  = Koefisien konveksi lokal (  $W/m^2.K$  ).

$A$  = Luas keseluruhan permukaan (  $m^2$  ).

$\Delta T$  = Beda temperatur antara fluida ( $T_\infty$ ) dengan permukaan ( $T_s$ ).

Untuk mencari laju kalor konveksi, nilai koefisien konveksi lokal ( $h$ ) antara konveksi paksa dengan konveksi bebas berbeda, perbedaannya terletak pada nilai persamaan angka *Nusselt* (Incropera, Frank.P., (2007).

Persamaan angka *Nusselt* yang digunakan adalah aliran melintang melewati silinder :



**Gambar 3.3** Aliran Melintang Pada Silinder

Untuk  $Re < 2.10^5$  maka aliran yang terjadi adalah laminar,  $Re > 2.10^5$  aliran yang terjadi adalah aliran turbulen. Bilangan *Nusselt* rata-rata untuk aliran melintang silinder ditentukan menggunakan persamaan *Churchill Bernstein* (Incropera, Frank.P., (2007).

$$Nu_D = 0.3 + \frac{0.62 Re_D^{1/2} Pr^{1/3}}{[1 + (Re_D)^{-5/8}]^{4/5}}$$

Selain menggunakan persamaan diatas , Zhukaskas dan Jacob juga mengusulkan alternatif persamaan yang lebih sederhana untuk aliran melintang melewati silinder yaitu :

$$\overline{Nu}_D = \frac{hD}{k} = CRe_D^m Pr^{1/3} \dots\dots\dots 3.5$$

**Tabel 3.1** Persamaan konstan 3.5 untuk aliran melintang melewati silinder (Incropera, Frank.P., (2007).

Re	C	m
0.4 - 4	0.989	0.330
4 - 40	0.911	0.385
40 - 4000	0.683	0.466
4000 - 40,000	0.193	0.618
40,000 - 400,000	0.027	0.805

Untuk silinder sirkuler panjang karakteristiknya adalah diameter, sehingga angka *Reynold* didefinisikan sebagai berikut :

$$Re_D = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu} \dots\dots\dots 3.6$$

Dimana :

- $\rho$  = Densitas ( kg/m<sup>3</sup> )
- $V$  = Kecepatan angin ( m/s )
- $\mu$  = Viskositas ( N. s/m<sup>2</sup> )
- $\nu$  = Viskositas kinematis ( m<sup>2</sup>/s )

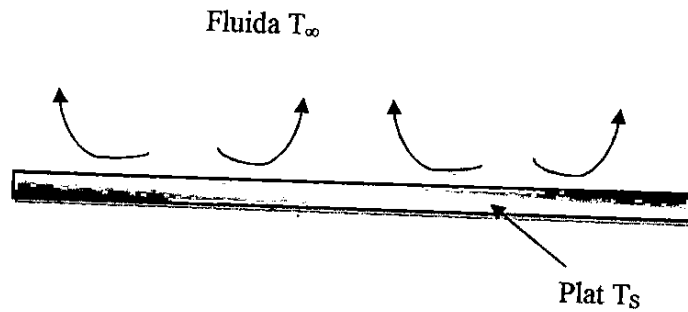
**3.3.3. Laju perpindahan kalor konveksi bebas aliran eksternal melewati plat**

**datar :**

$$q_{konv.bebas} = h . A . \Delta T = h . A . (T_s - T_\infty) \dots\dots\dots 3.7$$

Dimana :

- $q$  = Laju perpindahan kalor konveksi ( W ).
- $h$  = Koefisien konveksi lokal ( W/m<sup>2</sup>.K ).
- $A$  = Luas permukaan plat penutup atas ( m<sup>2</sup> ).
- $\Delta T$  = Beda temperatur antara fluida (T<sub>∞</sub>) dengan permukaan (T<sub>s</sub>).



**Gambar 3.4** Aliran Eksternal Melewati Plat Datar

Untuk mencari laju perpindahan kalor konveksi bebas yang terjadi pada plat penutup atas silinder, persamaan angka nusselt yang digunakan adalah persamaan angka *Nusselt* konveksi bebas aliran eksternal melewati plat datar (Incropera, Frank.P., (2007) :

$$Nu_L = 0,54Ra_L^{\frac{1}{4}} \text{ untuk } (10^4 \leq Ra_L \leq 10^7) \dots\dots\dots 3.8$$

$$Nu_L = 0,15Ra_L^{\frac{1}{3}} \text{ untuk } (10^7 \leq Ra_L \leq 10^{11}) \dots\dots\dots 3.9$$

Untuk Menentukan persamaan angka *Nusselt* yang akan digunakan, angka  $Ra_L$  dicari dengan rumus :

$$Ra_L = Gr_L \cdot Pr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} \dots\dots\dots 3.10$$

Dimana :

Gr = Angka Grashof

$g$  = Percepatan Gravitasi (  $m/s^2$  )

$a$  = Thermal diffusi (  $m^2/s$  )

$\beta$  = Koefisien ekspansi thermal volumetris

$\nu$  = Viskositas kinematis (  $m^2/s$  )

$L$  = Panjang karakteristik (diameter silinder) ( m )

Efek dari konveksi bebas jelas tergantung pada koefisien ekspansi  $\beta$ , dimana  $\beta$  diperoleh tergantung pada fluidanya. untuk gas ideal,  $\rho = \frac{P}{RT} \dots\dots\dots 3.11$

$$\text{dan } \beta = -\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho} \frac{P}{RT^2} = \frac{1}{T} \dots\dots\dots 3.12$$

dimana T adalah temperatur absolut. untuk cairan dan gas non-ideal,  $\beta$  harus diperoleh dari tabel properti yang sesuai.

**3.3.4. Mencari laju perpindahan kalor konveksi paksa yang terjadi pada silinder (a), (b), dan laju perpindahan kalor konveksi bebas pada penutup atas silinder .**

**1. Laju perpindahan kalor konveksi paksa pada silinder (a)**

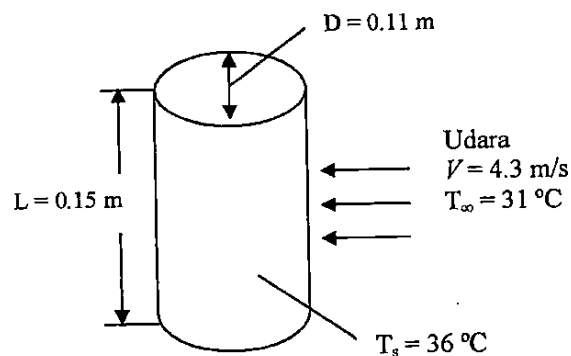
Diketahui :

- Kondisi operasi untuk silinder dipanaskan

Menentukan :

- Koefisien konveksi yang terkait pada kondisi operasi
- Koefisien konveksi dari korelasi yang sesuai
- Laju perpindahan kalor konveksi pada seluruh permukaan silinder

Skema dan data :



**Gambar 3.5** Skema gelas uji pada alat uji korosi

Asumsi :

- Kondisi steady
- Temperatur permukaan silinder uniform

Properti : Tabel A.4, udara

$$T_s = 36 \text{ }^\circ\text{C} = 36 + 273 = 309 \text{ K}$$

$$T_\infty = 31 \text{ }^\circ\text{C} = 31 + 273 = 304 \text{ K}$$

Untuk mencari properti pada temperatur 309 K ditentukan dengan interpolasi :

Densitas :

$$\frac{T - T'}{T'' - T'} = \frac{\rho - \rho'}{\rho'' - \rho'}$$

$$\frac{309 - 300}{350 - 300} = \frac{\rho - 1.1614}{0.9950 - 1.1614}$$

$$\rho = 1.1614 + \left( \frac{309 - 300}{350 - 300} \right) \times (0.9950 - 1.1614)$$

$$\rho = 1.1314 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Viskositas :

$$\frac{T - T'}{T'' - T'} = \frac{\mu - \mu'}{\mu'' - \mu'}$$

$$\frac{309 - 300}{350 - 300} = \frac{\mu - 184.6}{208.2 - 184.6}$$

$$\mu = 184.6 + \left( \frac{309 - 300}{350 - 300} \right) \times (208.2 - 184.6)$$

$$\mu = 188.8 \times 10^{-7} \text{ N.s/m}^2$$

Konduktivitas thermal :

$$\frac{T - T'}{T'' - T'} = \frac{k - k'}{k'' - k'}$$

$$\frac{309 - 300}{350 - 300} = \frac{k - 26.3}{30.0 - 26.3}$$

$$k = 26.3 + \left( \frac{309 - 300}{350 - 300} \right) \times (30.0 - 26.3)$$

$$k = 26.9 \times 10^{-3} \text{ W/m.K}$$



*Pr* : Angka Prandtl

$$\frac{T - T'}{T'' - T'} = \frac{Pr - Pr'}{Pr'' - Pr'}$$

$$\frac{309 - 300}{350 - 300} = \frac{Pr - 0.707}{0.700 - 0.707}$$

$$Pr = 0.707 + \left( \frac{309 - 300}{350 - 300} \right) \times (0.700 - 0.707)$$

$$Pr = 0.705$$

Analisis :

- Dengan koefisien perpindahan kalor konveksi dapat ditentukan dari data dengan menggunakan hukum *Newton* tentang pendinginan, (persamaan 3.3) :

$$q_{konv.paksa (a)} = h \cdot A \cdot \Delta T = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty)$$

Sebelum menghitung laju perpindahan kalor konveksi yang terjadi pada silinder, terlebih dahulu mencari koefisien dari konveksi paksa silinder tersebut dengan menentukan persamaan angka *Nusselt* yang akan digunakan :

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k} \rightarrow h = \frac{Nu \cdot k}{L}$$

Dimana :

*Nu* = Angka *Nusselt*

*h* = Koefisien konveksi paksa ( W/m<sup>2</sup>.K )

*k* = Konduktivitas thermal medium ( W/m.K )

*L* = Panjang silinder ( m )

Mencari angka *Nusselt* menggunakan hubungan Zhukovsky, based *Q* dan *m* pada

Dengan semua sifat dievaluasi pada  $T_s$ , (persamaan 3.6) :

$Re = \text{Angka Reynold}$

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$= \frac{1.1314 \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 4.3 \text{ m/s} \times 0.11 \text{ m}}{188.8 \times 10^{-7} \text{ N.s/m}^2}$$

$$Re = 28344.9$$

Maka besarnya angka *Nusselt* dan koefisien konveksi adalah :

$$Nu_D = \frac{hD}{k} = 0.193(28344.9^{0.618})(0.705^{1/3}) = 96.95$$

$$h = \frac{Nu \cdot k}{L} = \frac{96.95 \times 26.9 \times 10^{-3} \text{ W/m.K}}{0.11 \text{ m}} = 23.70 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

mencari luas permukaan silinder :

$A$  = lingkaran dan selimut silinder

= Luas lingkaran + Luas selimut silinder

- Luas lingkaran =  $\pi \cdot r^2 = \pi \times 0.055^2 = 0.0095 \text{ m}^2$

Luas selimut silinder =  $P \times L$  dimana :  $P$  = keliling lingkaran

-  $P = \pi \cdot D = \pi \times 0.11 \text{ m} = 0.345 \text{ m}$

- Luas selimut =  $0.345 \text{ m} \times 0.15 \text{ m}$   
 $= 0.51 \text{ m}^2$

$A$  = 1 lingkaran dan selimut silinder

$$= 0.0095 \text{ m}^2 + 0.51 \text{ m}^2$$

$$= 0.5195 \text{ m}^2$$

Laju perpindahan kalor konveksi paksa silinder (a) :

$$q_{konv.paksa(a)} = h \cdot A \cdot \Delta T = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty)$$

$$q_{konv.paksa(a)} = 23.70 \text{ W/m}^2.\text{K} \times 0.5195 \text{ m}^2 \times (309 \text{ K} - 304 \text{ K})$$

$$= 61.56 \text{ Watt}$$

## 2. Laju perpindahan kalor konveksi paksa pada silinder (b)

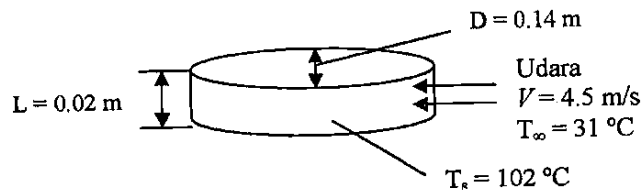
Diketahui :

- Kondisi operasi untuk silinder dipanaskan

Menentukan :

- Koefisien konveksi yang terkait pada kondisi operasi
- Koefisien konveksi dari korelasi yang sesuai
- Laju perpindahan kalor konveksi pada seluruh permukaan silinder

Skema dan data :



**Gambar 3.6** Skema pemanas (*heater*) pada alat uji korosi

Asumsi :

- Kondisi steady
- Temperatur permukaan silinder uniform

Properties : Tabel A.4 udara

$$T_s = 102 \text{ }^\circ\text{C} = 102 + 273 = 375 \text{ K}$$

$$T_\infty = 31 \text{ }^\circ\text{C} = 31 + 273 = 304 \text{ K}$$

Untuk mencari properti pada temperatur 375 K ditentukan dengan interpolasi :

Densitas :

$$\frac{T - T'}{T'' - T'} = \frac{\rho - \rho'}{\rho'' - \rho'}$$

$$\frac{375 - 350}{400 - 350} = \frac{\rho - 0.9950}{0.8711 - 0.9950}$$

$$\rho = 0.9950 + \left( \frac{375 - 350}{400 - 350} \right) \times (0.8711 - 0.9950)$$

$$\rho = 0.9330 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Viskositas :

$$\frac{T - T'}{T'' - T'} = \frac{\mu - \mu'}{\mu'' - \mu'}$$

$$\frac{375 - 350}{400 - 350} = \frac{\mu - 208.2}{230.1 - 208.2}$$

$$\mu = 208.2 + \left( \frac{375 - 350}{400 - 350} \right) \times (230.1 - 208.2)$$

$$\mu = 219.15 \times 10^{-7} \text{ N.s/m}^2$$

Konduktivitas thermal :

$$\frac{T - T'}{T'' - T'} = \frac{k - k'}{k'' - k'}$$

$$\frac{375 - 350}{400 - 350} = \frac{k - 30.0}{33.8 - 30.0}$$

$$k = 30.0 + \left( \frac{375 - 350}{400 - 350} \right) \times (33.8 - 30.0)$$

$$k = 31.9 \times 10^{-3} \text{ W/m.K}$$

*Pr* : Angka Prandtl

$$\frac{T - T'}{T'' - T'} = \frac{Pr - Pr'}{Pr'' - Pr'}$$

$$\frac{375 - 350}{400 - 350} = \frac{Pr - 0.700}{0.690 - 0.700}$$

$$Pr = 0.700 + \left( \frac{375 - 350}{400 - 350} \right) \times (0.690 - 0.700)$$

$$Pr = 0.695$$

Analisis :

- Dengan koefisien perpindahan kalor konveksi dapat ditentukan dari data dengan menggunakan hukum *Newton* tentang pendinginan, (persamaan 3.3) :

$$q_{konv.paksa(b)} = h \cdot A \cdot \Delta T = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty)$$

Sebelum menghitung laju perpindahan kalor konveksi yang terjadi pada silinder, terlebih dahulu mencari koefisien dari konveksi paksa silinder tersebut dengan menentukan persamaan angka *Nusselt* yang akan digunakan :

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k} \rightarrow h = \frac{Nu \cdot k}{L}$$

Mencari angka *Nusselt* menggunakan hubungan *Zhukaskas*, harga C dan m pada persamaan (3.5), dilihat pada tabel 3.1 :

$$Nu_D = \frac{hD}{k} = C Re_D^m Pr^{1/3}$$

Dengan semua sifat dievaluasi pada  $T_s$ , (persamaan 3.6) :

$Re$  = Angka Reynold

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$= \frac{0.9330 \text{ kg/m}^3 \times 4.5 \text{ m/s} \times 0.14 \text{ m}}{219.15 \times 10^{-7} \text{ N.s/m}^2}$$

$$Re = 26821.3$$

Maka besarnya *Nusselt* dan koefisien konveksi adalah :

$$Nu_D = \frac{hD}{k} = 0.193(26821.3^{0.618})(0.695^{1/3}) = 93.25$$

$$h = \frac{Nu \cdot k}{L} = \frac{93.25 \times (31.9 \times 10^{-3} \text{ W/m} \cdot \text{K})}{0.14 \text{ m}} = 21.24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

mencari luas permukaan silinder :

$A$  = lingkaran dan selimut silinder

= Luas lingkaran + Luas selimut silinder

- Luas lingkaran  $D_1 = \pi \cdot r^2 = \pi \times 0.07^2 = 0.0153 \text{ m}^2$

- Luas lingkaran  $D_2 = \pi \cdot r^2 = \pi \times 0.03^2 = 0.0028 \text{ m}^2$

Luas selimut silinder =  $P \times L$  dimana :  $P$  = keliling lingkaran

- $P = \pi \cdot D = \pi \times 0.41 \text{ m} = 0.439 \text{ m}$
- Luas selimut =  $0.439 \text{ m} \times 0.02 \text{ m}$   
=  $0.0087 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}
 A &= 1 \text{ lingkaran berlubang dan selimut silinder} \\
 &= (0.0153 \text{ m}^2 - 0.0028 \text{ m}^2) + 0.0087 \text{ m}^2 \\
 &= 0.0212 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Laju perpindahan kalor konveksi paksa silinder (b) :

$$q_{konv.paksa(b)} = h \cdot A \cdot \Delta T = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty)$$

$$\begin{aligned}
 q_{konv.paksa(b)} &= 21.24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 0.0212 \text{ m}^2 \times (375 \text{ K} - 304 \text{ K}) \\
 &= 31.97 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

### 3. Laju perpindahan kalor konveksi bebas aliran eksternal melewati plat datar :

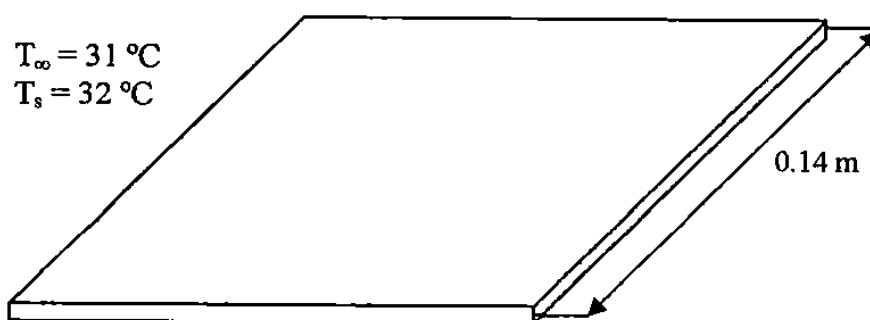
Diketahui :

- Kondisi operasi untuk permukaan plat panas

Menentukan :

- Koefisien konveksi yang terkait pada kondisi operasi
- Laju perpindahan kalor konveksi pada permukaan penutup atas silinder

Skema dan data :



Gambar 3.7 Skema penutup gelas uji pada plat uji panas

Asumsi :

- Kondisi steady
- Temperatur permukaan penutup atas silinder uniform

Properties : Tabel A.4, udara

$$T_s = 32^\circ\text{C} = 32 + 273 = 305 \text{ K}$$

$$T_\infty = 31^\circ\text{C} = 31 + 273 = 304 \text{ K}$$

Untuk mencari properti pada temperatur 305 K ditentukan dengan interpolasi :

Viskositas kinematis :

$$\frac{T - T'}{T'' - T'} = \frac{\nu - \nu'}{\nu'' - \nu'}$$

$$\frac{305 - 300}{350 - 300} = \frac{\nu - 15.89}{20.92 - 15.89}$$

$$\nu = 15.89 + \left(\frac{305 - 300}{350 - 300}\right) \times (20.92 - 15.89)$$

$$\nu = 16.39 \times 10^{-6} \text{ N.s/m}^2$$

Konduktivitas thermal :

$$\frac{T - T'}{T'' - T'} = \frac{k - k'}{k'' - k'}$$

$$\frac{305 - 300}{350 - 300} = \frac{k - 26.3}{30.0 - 26.3}$$

$$k = 26.3 + \left(\frac{305 - 300}{350 - 300}\right) \times (30.0 - 26.3)$$

$$k = 26.6 \times 10^{-3} \text{ W/m.K}$$

Thermal diffusivity ( $\alpha$ ) :

$$\frac{T - T'}{T'' - T'} = \frac{\alpha - \alpha'}{\alpha'' - \alpha'}$$

$$\frac{305 - 300}{350 - 300} = \frac{\alpha - 22.5}{29.9 - 22.5}$$

$$\alpha = 22.5 + \left(\frac{305 - 300}{350 - 300}\right) \times (29.9 - 22.5)$$

$$\alpha = 23.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$Pr$  : Angka Prandtl

$$\frac{T - T'}{T'' - T'} = \frac{Pr - Pr'}{Pr'' - Pr'}$$

$$\frac{305 - 300}{350 - 300} = \frac{Pr - 0.707}{0.700 - 0.707}$$

$$Pr = 0.707 + \left( \frac{305 - 300}{350 - 300} \right) \times (0.700 - 0.707)$$

$$Pr = 0.706$$

Koefisien ekspansi thermal volumetris ( $\beta$ ), (persamaan 3.12) :

$$\beta = \frac{1}{T} = \frac{1}{305 \text{ K}} = 0.0032 \text{ K}^{-1}$$

Analisis :

- Dengan koefisien perpindahan kalor konveksi bebas dapat ditentukan dari data dengan menggunakan hukum *Newton* tentang pendinginan.

$$q_{konv.bebas} = h \cdot A \cdot \Delta T = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty)$$

angka *Nusselt* untuk permukaan atas plat panas atau permukaan bawah plat dingin, (persamaan 3.8 dan 3.10) :

$$Nu_L = 0,54 Ra_L^{\frac{1}{4}} \text{ untuk } (10^4 \leq Ra_L \leq 10^7)$$

$$Nu_L = 0,15 Ra_L^{\frac{1}{3}} \text{ untuk } (10^7 \leq Ra_L \leq 10^{11})$$

Untuk Menentukan persamaan angka nusselt yang akan digunakan, terlebih dahulu mencari angka *Rayleigh* ( $Ra$ ), (persamaan 3.10) :

$$\begin{aligned} Ra_L &= Gr_L \cdot Pr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} \\ &= \frac{(9.8 \text{ m/s}^2)(0.0032 \text{ K}^{-1})(305 - 304)(0.14 \text{ m}^3)}{(16.39 \times 10^{-6} \text{ N.s/m}^2)(23.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})} \end{aligned}$$

$$Ra_L = 11546148.83$$



Jika diketahui arus listrik yang masuk sebesar = 0.5 amper

Maka :

$$V \times 0.5 \text{ amper} = 61.56 \text{ Watt} + 31.97 \text{ Watt} + 0.126 \text{ Watt}$$

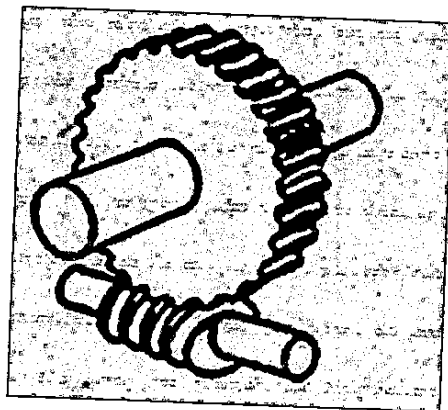
$$V \times 0.5 \text{ amper} = 93.65 \text{ Watt}$$

$$V = \frac{93.65 \text{ Watt}}{0.5 \text{ Amper}} = 187.3 \text{ Volt}$$

Untuk mendapatkan suhu fluida pada kondisi steady pada temperatur  $\pm 37^\circ \text{C}$  dibutuhkan tegangan sebesar  $\pm 180$  volt dan arus sebesar 0.5 amper.

### 3.4. Perencanaan Putaran Motor Listrik

Dalam pembuatan alat uji korosi ini terdapat komponen pengaduk yang berfungsi menggerakkan fluida dalam gelas uji. Tujuannya adalah, sebagai salah satu faktor yang mempercepat terjadinya laju korosi. Fluida pada gelas uji digerakan oleh magnetik stirer yang pergerakannya dipengaruhi oleh gaya magnet dari magnet keping yang dipasang pada poros motor penggerak. Puataran motor pada pengaduk dibuat pelan, sehingga untuk pemindahan daya dan rpm, motor ditransmisikan menggunakan roda gigi cacing (*Worm Gear*).



Gambar 3.8 Roda Gigi Cacing dan Batang Ulir Cacing

### 3.4.1. Perhitungan Putaran Pengaduk

Jika putaran roda gigi yang berpasangan dinyatakan dengan  $n_1$  (rpm) pada poros penggerak dan  $n_2$  (rpm) pada poros yang digerakan, diameter lingkaran jarak bagi  $d_1$  dan  $d_2$  (mm), dan jumlah gigi  $z_1$  dan  $z_2$ , maka perbandingan putaran  $u$  adalah :

$$u = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{m.z_1}{m.z_2} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{1}{i} \dots\dots\dots 3.13$$

Dimana :

$i$  = Perbandingan transmisi.

$m$  = Modul.

Dalam perencanaan putaran output roda gigi cacing ini diketahui data sebagai berikut :

Kecepatan putaran motor listrik diatur oleh seberapa besar tegangan yang masuk pada motor listrik dengan data sebagai berikut :

- Putaran input ( $n_1$ ) = 2050 rpm pada tegangan 220 volt
- Putaran input ( $n_1$ ) = 1700 rpm pada tegangan 150 volt
- Jumlah gigi pada roda cacing ( $z_2$ ) = 58
- Jumlah gigi ulir cacing : karena jenis ulir tunggal maka ( $z_1$ ) = 1

Untuk mencari putaran output ( $n_2$ ) :

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai output ( $n_2$ ), sehingga didapat nilai kalibrasi dengan tegangan listrik yang masuk sebagai berikut :

$$V(\text{tegangan listrik}) = n = \frac{n_1}{i}$$

Maka :

$n = 2050$  rpm pada tegangan 220 volt

$$n_2 = \frac{n_1}{i}$$

$$n_2 = \frac{2050 \text{ rpm}}{58}$$

$$n_2 = 35.3 \text{ diasumsikan } 35 \text{ rpm}$$

$n = 1700$  rpm pada tegangan 150 volt

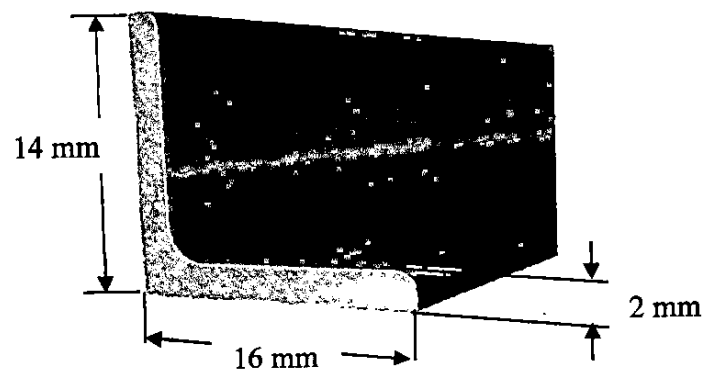
$$n_2 = \frac{n_1}{i}$$

$$n_2 = \frac{1700 \text{ rpm}}{58}$$

$$n_2 = 29.3 \text{ diasumsikan } 29 \text{ rpm}$$

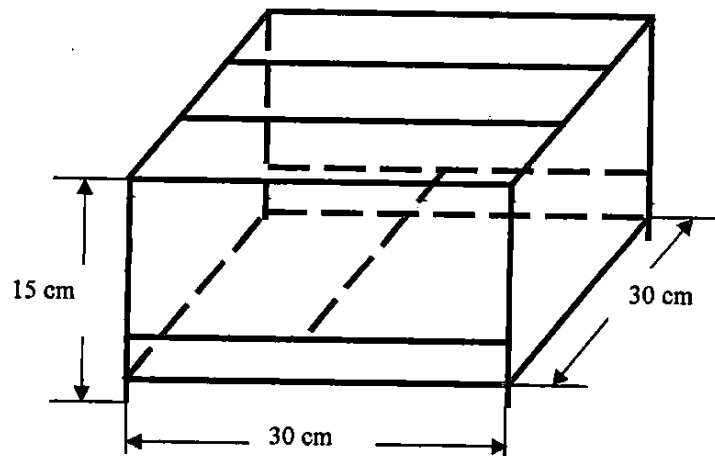
### 3.5. Rangka

Kerangka berfungsi sebagai penyangga sekaligus tempat dudukan komponen-komponen pada alat uji korosi perendaman. Kerangka yang kuat dapat membuat kondisi kerja alat lebih optimal dan tidak mudah rusak. Kerangka pada alat uji korosi perendaman ini akan dibuat menggunakan alumunium siku dengan spesifikasi sebagai berikut (gambar 3.9) :



**Gambar 3.9** Alumunium siku

Pembuatan rangka dalam perancangan alat uji korosi perendaman ini didesain untuk menyangga motor listrik, tempat duduk *heater*, dan komponen pendukung lainnya. Rangka pada alat uji korosi perendaman dibuat dengan desain awal seperti balok sebagai berikut (gambar 3.10) :



**Gambar 3.10** Desain rangka alat uji korosi perendaman.

Rangka pada alat uji korosi perendaman ini dibuat menggunakan alumunium siku dengan spesifikasi dapat dilihat pada Gambar 3.9 (Alumunium siku) dan pada bagian sambungan digunakan baut tembus untuk menyambung. Untuk melihat lebih detail mengenai bentuk rangka pada alat uji korosi perendaman ini, dapat dilihat pada gambar teknik Lampiran (1,2, 3 dan 4).

### **3.6. Alat dan Bahan**

Perancangan dan pembuatan suatu alat pengujian tentu saja membutuhkan alat dan bahan, oleh karena itu alat dan bahan yang digunakan harus mudah diperoleh dipasaran agar dapat digunakan untuk membuat ataupun untuk perbaikan alat pengujian tersebut.

### 3.6.1. Alat

Adapun peralatan yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan alat pengujian korosi perendaman ini antara lain :

1. Mesin Grinda
2. Mesin Bor
3. Gergaji Besi
4. Obeng
5. Pisau Pemotong Akrilit
6. Kikir
7. Jangka sorong
8. Mistar ukur
9. Solder
10. Alat pendukung lainnya

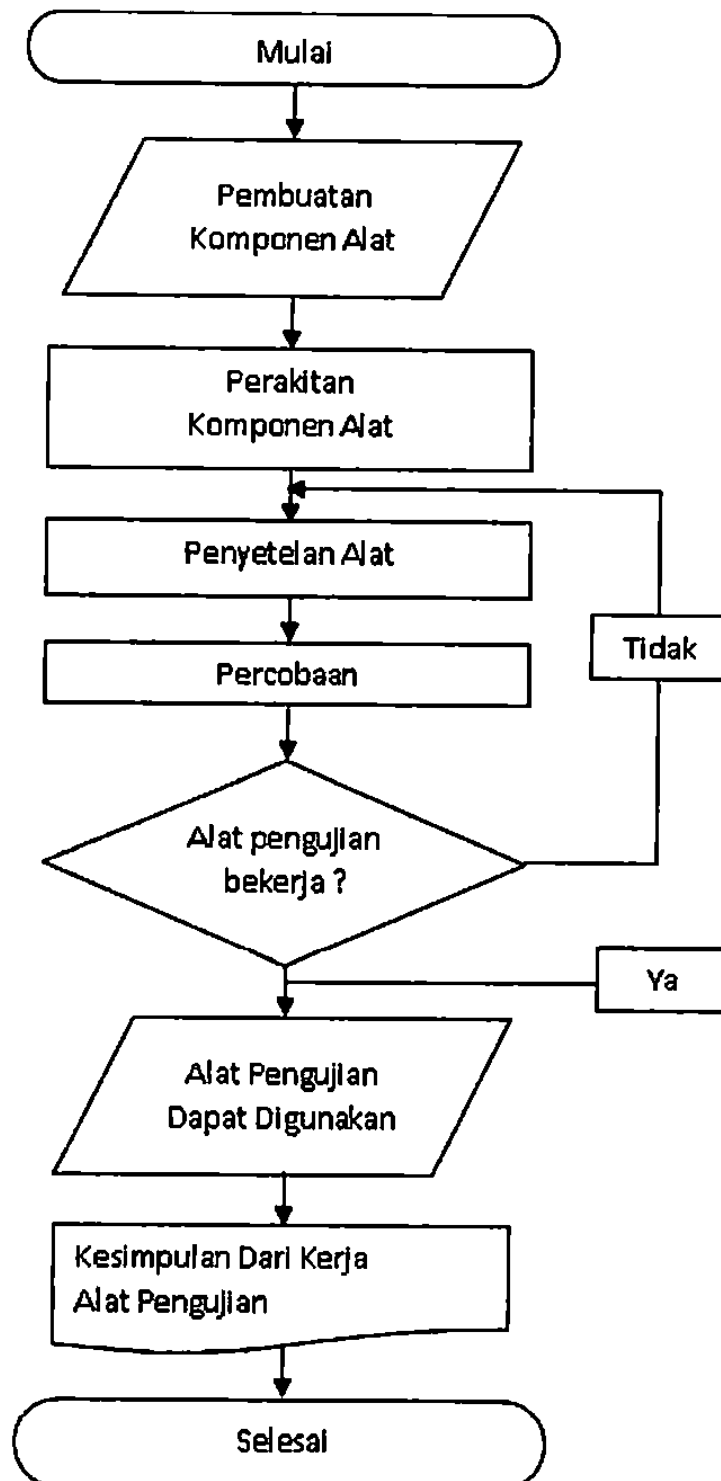
### 3.6.2. Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam perancangan dan pembuatan alat pengujian korosi ini antara lain :

- |                   |                  |                  |
|-------------------|------------------|------------------|
| 1. Motor listrik  | 6. Magnet Keping | 11. Mur dan Baut |
| 2. Alumunium siku | 7. Isolatip      | 12. PCB          |
| 3. Plat monel     | 8. Tenol         | 13. Sensor panas |
| 4. Elemen pemanas | 9. Voltmeter     | 14. Kabel        |
| 5. Akrilit        | 10. Amperemeter  | 15. Batere       |

### 3.7. Diagram Alir Pembuatan Alat

Setelah melewati proses perancangan, dilanjutkan dengan proses pembuatan alat pengujian korosi perendaman. Proses pembuatan alat uji korosi perendaman ini dibuat sesuai dengan prosedur yang ada pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Diagram Alir Pembuatan Alat Pengujian Korosi Perendaman

### 3.8. Perakitan

Proses perakitan dilakukan setelah melalui proses perancangan dan proses perencanaan komponen pada alat uji korosi perendaman ini. Dalam proses perakitan alat uji korosi perendaman ini adapun langkah-langkah perakitan adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan komponen-komponen yang akan dirakit.
2. Mempersiapkan kerangka untuk dirakit.
3. Mempersiapkan mur dan baut sebagai penyambung kerangka dan penyambung komponen-komponen alat menjadi satu bagian dengan kerangka.
4. Memasang motor listrik pada kerangka.
5. Memasang *heater* pada kerangka .
6. Memasang kipas pendingin pada motor listrik dan *heater*.
7. Merakit sistem kelistrikan motor listrik dan kipas pendinginnya.
8. Merakit sistem kelistrikan pada *heater* dan kipas pendinginnya
9. Mengontrol sistem kelistrikan pada alat uji korosi perendaman.
10. Penyetelan komponen-komponen yang sudah terpasang pada alat uji korosi perendaman ini sebelum dioperasikan

#### 3.8.1. Pengoprasian Alat Uji Korosi Perendaman

Sebelum alat uji korosi perendaman ini digunakan untuk menguji suatu spesimen, dilakukan percobaan pengoprasian terlebih dahulu. Adapun langkah-langkah pengoprasian alat uji korosi perendaman ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengecekan pada komponen-komponen pada alat tersebut.
2. Mengontrol sistem kelistrikan apakah terpasang dengan baik, sehingga pada saat pengoprasian aman.
3. Setelah mengecek dan mengontrol sistem kelistrikan, alat uji korosi perendaman siap dioperasikan tanpa menggunakan benda uji.

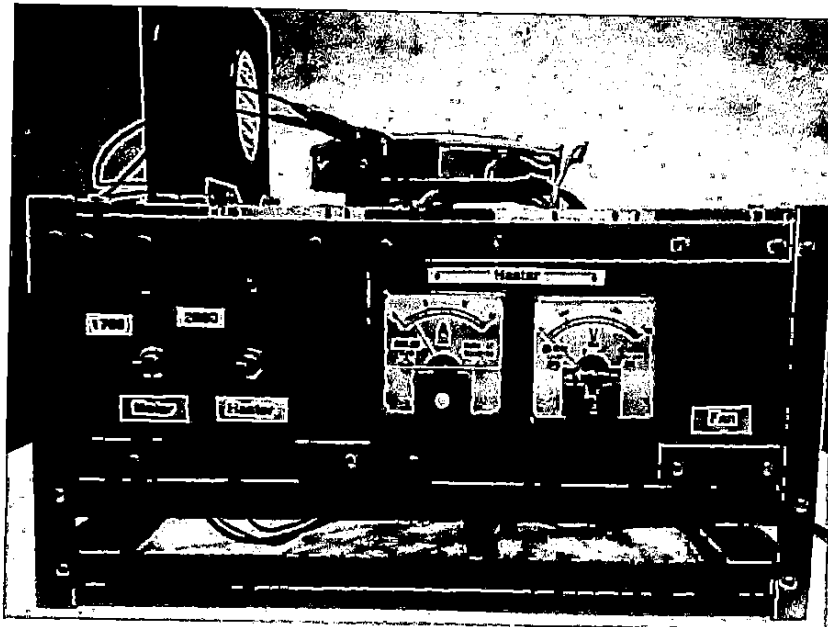
Hal ini dilakukan agar pada saat dilakukan pengujian sebenarnya tidak terjadi masalah teknis pada alat uji korosi perendaman tersebut

### 3.8.2. Langkah-langkah Penggunaan Alat Uji Korosi Perendaman

1. Menyiapkan bahan-bahan yang akan diuji pada alat uji korosi perendaman tersebut.
2. Memasukan specimen yang akan diuji pada gelas uji yang sudah disediakan.
3. Menyambungkan arus listrik pada alat uji korosi perendaman.
4. Mengatur putaran motor pengaduk larutan sesuai kebutuhan.
5. Mengatur temperatur *heater* sesuai kebutuhan.
6. Menghidupkan kipas pendingin pada motor listrik dan *heater*.
7. Hasil pengujian didapat setelah lama waktu yang ditentukan dalam prosedur pengujian.

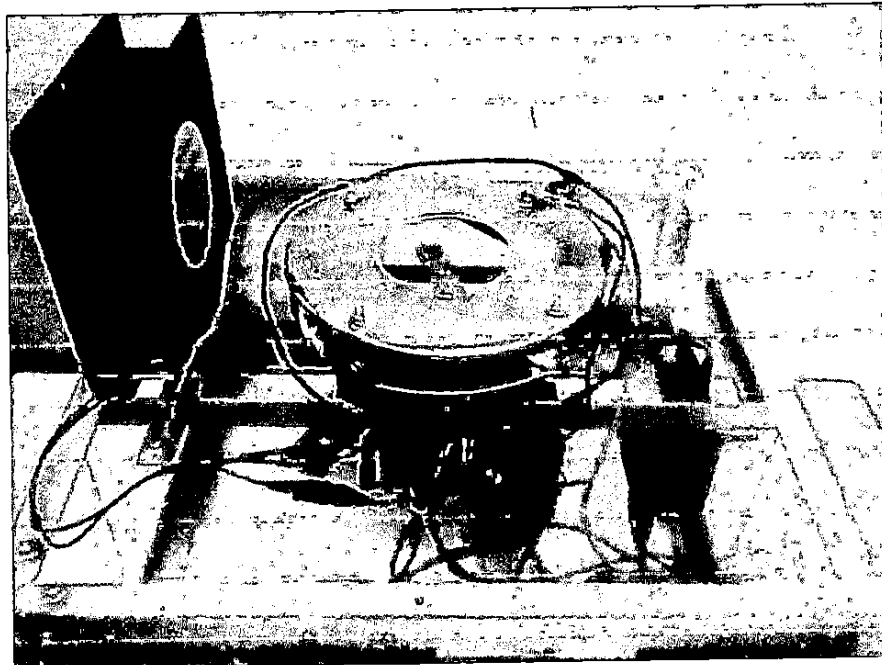
### 3.8.3. Gambar Alat Uji Korosi Perendaman

Setelah melewati proses perakitan dan penyetelan komponen-komponen pada alat uji korosi ini, adapun gambar alat uji korosi perendaman setelah dirakit ditunjukkan oleh gambar (3.12),(3.13),(3.14),(3.15),(3.16),dan (3.17) :

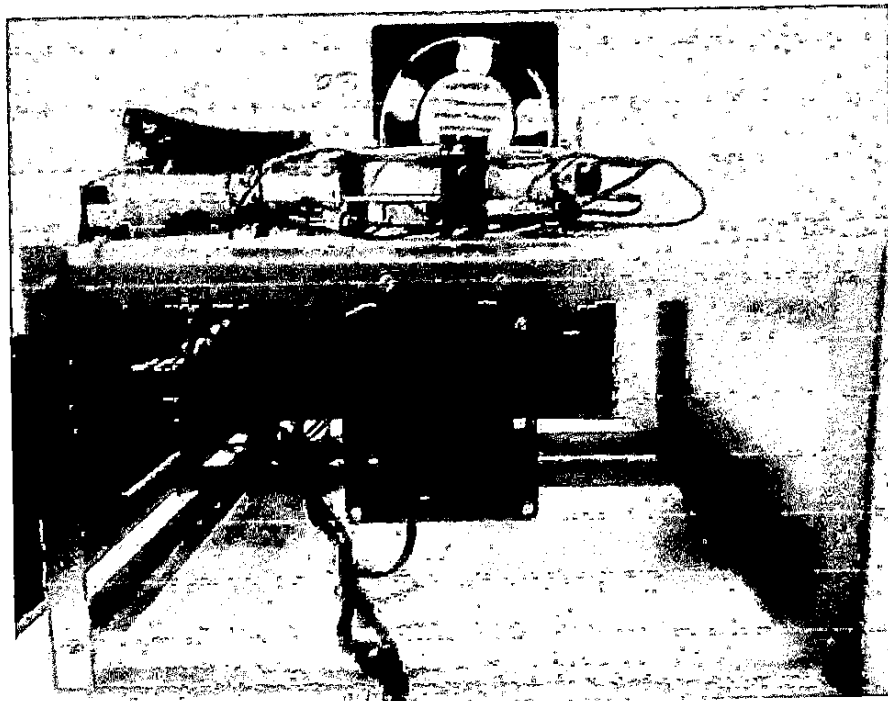


Gambar 3.12 Tampak Depan

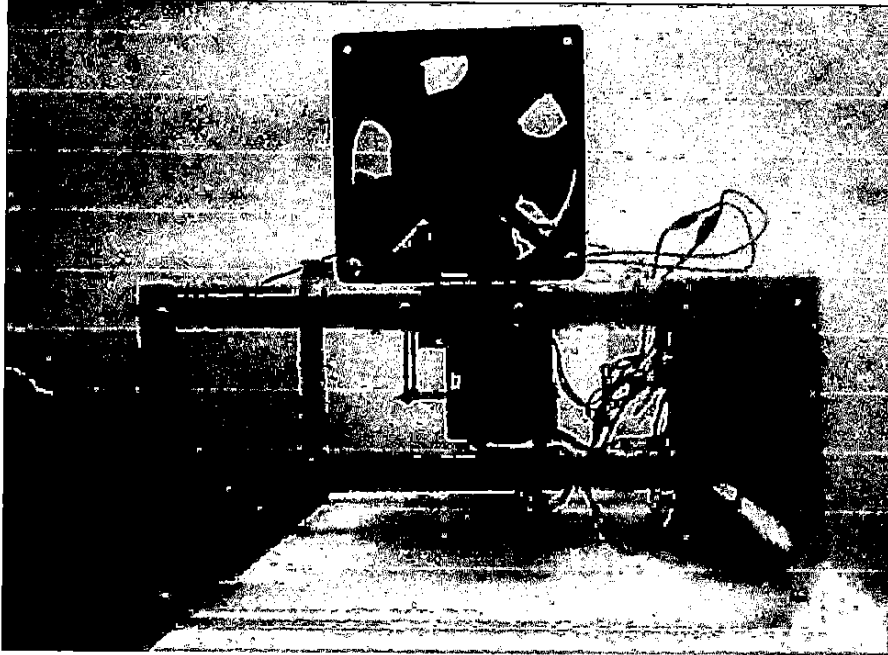




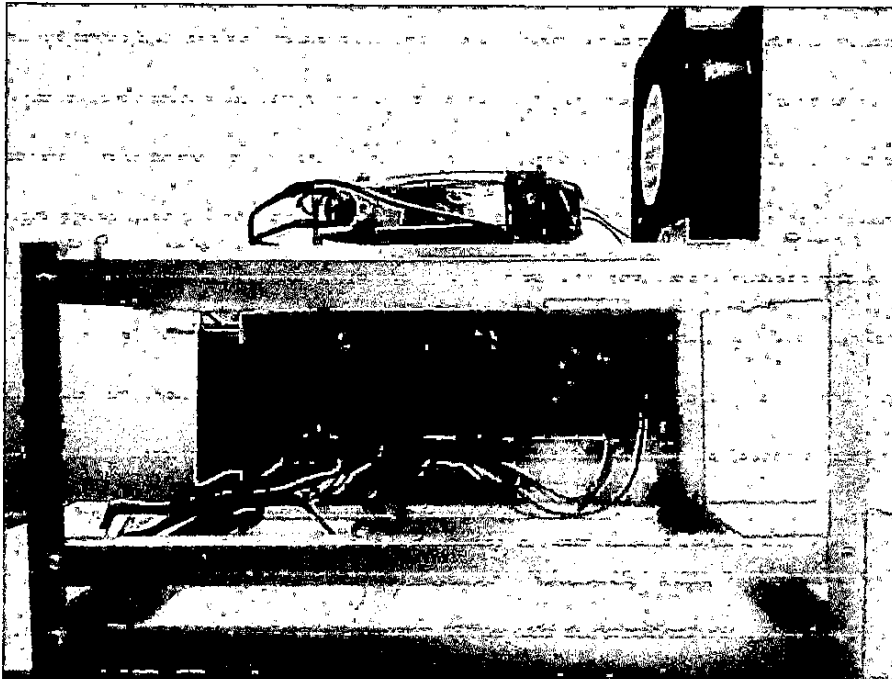
**Gambar 3.13** Tampak Atas



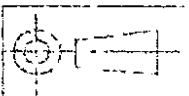
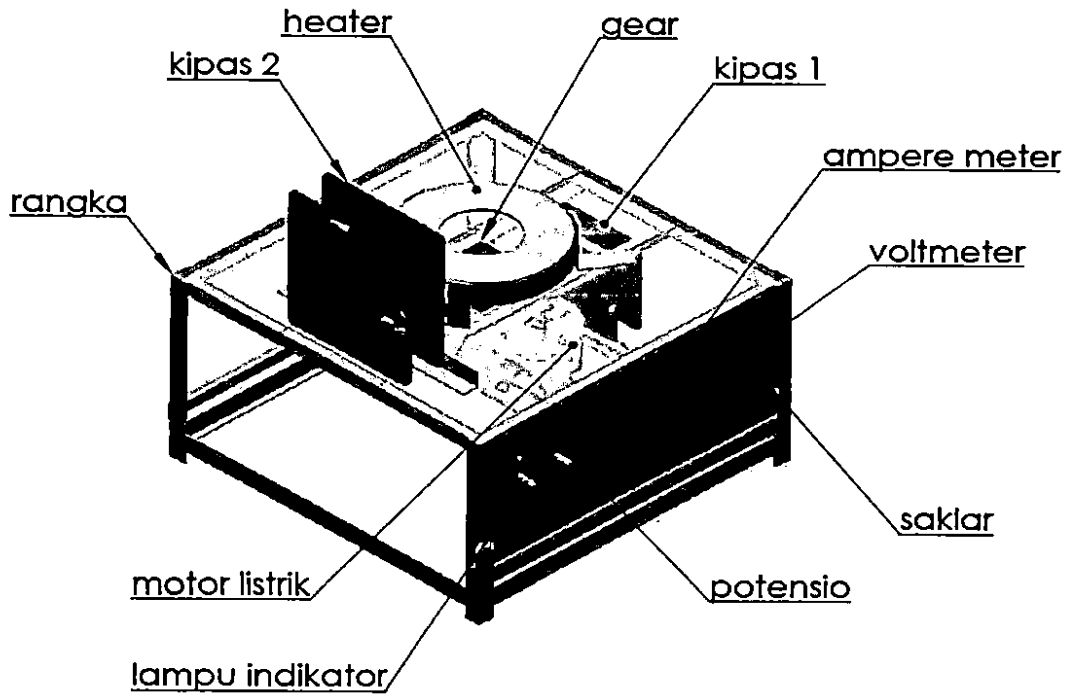
**Gambar 3.14** Tampak Samping Kiri



**Gambar 3.15** Tampak Samping Kanan



**Gambar 3.16** Tampak belakang



satuan : mm  
 skala : 1 : 5  
 tanggal : 31 - 07 - 2012

dlgambar : Alfian Arya Bima  
 NIM : 20080130006  
 dilihat : Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T

peringatan :

**Tabel 3.2. Data Hasil Percobaan Pengoprasian Alat Uji Korosi Perendaman**

Untuk mengetahui temperatur pada alat uji korosi perendaman ini konstan atau tidak dilakukan percobaan pengoprasian selama 24 jam. Dari hasil percobaan didapat data sebagai berikut :

No	Waktu Operasi ( 1 jam pengecekan)	Temperatur ( °C )
1.	18.00	36.7
2.	19.00	36.7
3.	20.00	37.1
4.	21.00	37.4
5.	22.00	37.0
6.	23.00	37.1
7.	00.00	36.6
8.	01.00	36.9
9.	02.00	37.0
10.	03.00	37.3
11.	04.00	37.3
12.	05.00	37.6
13.	06.00	37.4
14.	07.00	37.1
15.	08.00	36.9
16.	09.00	37.0
17.	10.00	37.3
18.	11.00	37.6
19.	12.00	37.4
20.	13.00	37.4
21.	14.00	37.5
22.	15.00	37.2
23.	16.00	37.1
24.	17.00	36.9
<b>Rata-rata</b>		<b>37.1 ±0.28</b>