

## Lampiran 1. Pengolahan Data Pada Analisa Proksimat

### 1.1. Analisa Kadar Air (moisture content)

Tabel L.1.1. Data pengamatan analisa kadar air pada temperatur 105° C.

No.sampel	Berat crusibel (gr)	Berat sampel awal (gr)	Berat krusibel dan sampel setelah pemanasan (gr)
1.	7,2514	1,0005	8,1670
2.	7,1613	1,0006	8,0790
3.	7,2848	1,0001	8,2017

$$\text{Kadar air} = (A - B) / C \times 100\%$$

Dimana :

A = berat crusibel dan sampel awal (gr)

B = berat crusibel dan sampel setelah pemanasan (gr)

C = berat sampel (gr)

$$\text{Kadar air 1} = \frac{8,2519 - 8,1670}{1,0005} \times 100\% = 8,4857\%$$

$$\text{Kadar air 2} = \frac{8,1619 - 8,0790}{1,0006} \times 100\% = 8,2850\%$$

$$\text{Kadar air 3} = \frac{8,2849 - 8,2017}{1,0001} \times 100\% = 8,3192\%$$

$$\text{Rata-rata kadar air} = \frac{8,4857\% + 8,2850\% + 8,3192\%}{3} = 8,3633\%$$

## 1.2. Penentuan kandungan zat terbang ( volatil matter )

Tabel L.1.2.Data pengamatan analisa kadar zat terbang pada temperatur 950° C.

No. Sampel	Crusibel dengan tutup ( gr )	Sampel awal (gr)	Crusibel + tutup + sampel setelah pemanasan (gr)
1.	11,4764	1,0008	12,0329
2.	10,6777	1,0001	11,2439
3.	10,5030	1,0002	11,0670

$$\% \text{ Kehilangan berat} = (A-B) / C \times 100\%$$

$$\text{Kadar zat terbang} = E - D$$

Dimana :

A = crusibel + tutup + sampel awal

B = crusibel + tutup + sampel setelah pemanasan

C = sampel awal

D = % air

$$\text{Kadar zat terbang 1} = \frac{12,4772-12,0329}{1,0008} \times 100\% = 44,3945\%$$

$$\text{Kadar zat terbang 2} = \frac{11,6778-11,2439}{1,0001} \times 100\% = 43,3856\%$$

$$\text{Kadar zat terbang 3} = \frac{11,5032-11,0670}{1,0002} \times 100\% = 43,6113\%$$

$$\text{Rata-rata kehilangan berat} = \frac{44,3945\% + 43,3856\% + 43,6113\%}{3} = 43,7971\%$$

$$\text{Jadi rata-rata \% zat terbang} = 43,7971\% - 8,3633\% = 35,4338\%$$

### 1.3. Penentuan kadar abu

#### L.1.3. Tabel data pengamatan kadar abu pada 750° C

No. sampel	Berat sampel awal (gr)	Berat crusibel (gr)	Brat crusibel + sampel setelah jadi abu ( gr )
1.	1,0007	6,7944	6,9950
2.	1,0002	7,2993	7,5046
3.	1,0001	7,3245	7,5284

$$\text{Kadar abu} = A/C \times 100\%$$

Dimana :

A = Berat abu

B = Berat sampel

$$\text{Kadar abu 1} = \frac{6,9950 - 6,7944}{1,0007} \times 100\% = 20,0459\%$$

$$\text{Kadar abu 2} = \frac{7,5046 - 7,2993}{1,0002} \times 100\% = 20,5259\%$$

$$\text{Kadar abu 3} = \frac{7,5284 - 7,3245}{1,0001} \times 100\% = 20,3879\%$$

$$\text{Rata-rata kadar abu} = \frac{20,0459\% + 20,5259\% + 20,3879\%}{3} = 20,3199\%$$

#### 1.4. Penentuan kadar karbon terikat

$$\begin{aligned} \% \text{ Kadar karbon terikat} &= 100\% - \% \text{Kadar air} - \% \text{Zat terbang} - \% \text{Abu} \\ &= 100\% - 8,3633\% - 35,4338\% - 20,3199\% \\ &= 35,8830\% \end{aligned}$$

#### 1.5. Analisis ultimat abu

##### L.1.5. Data analisis penentuan kadar Karbon dalam abu pada suhu 750° C.

No.	Berat crusibel (gr)	Berat sampel (gr)	Crusibel + berat sampel setelah pemanasan (gr)
1.	7,2850	1,0005	8,2549
2.	7,0780	1,0004	8,0559
3.	7,2551	1,0005	8,2321

$$\text{Kadar karbon 1} = \frac{8,2855 - 8,2546}{1,0005} \times 100\% = 3,088\%$$

$$\text{Kadar karbon 2} = \frac{8,0784 - 8,0559}{1,0004} \times 100\% = 2,249\%$$

$$\text{Kadar karbon 3} = \frac{8,2556 - 8,2321}{1,0005} \times 100\% = 2,349\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{3,088\% + 2,249\% + 2,349\%}{3} \times 100\% = 2,562\%$$

Jadi kadar karbon pada abu briket batubara = 2,562%

## Lampiran 2. Pengolahan Data Pada Analisis Ultimat

### 2.1. Penentuan kadar C,H,S dan N

Dari analisis dengan menggunakan Ultimate Analyzer Leco CHN-1000 dan Sulfuric Analyzer, diperoleh data sebagai berikut :

$$\% C = 54,715\%$$

$$\% H = 3,624\%$$

$$\% N = 0,678\%$$

$$\% S = 0,206\%$$

$$\% O = 100\% - \%abu - \%C - \%H - \%N - \%S - \%air$$

$$\% O = 100\% - 20,3199\% - 54,715\% - 3,624\% - 0,678\% - 0,206\%$$

$$\% O = 20,4571\%$$



### Lampiran 3. Pengolahan Data Pada Analisis Nilai Kalor

Penentuan nilai kalor (ASTM-D 2015)

Dari hasil analisis nilai kalor dengan menggunakan Parr-1341 Oxygen Bomb

Calorimeter diperoleh data-data sebagai berikut :

Tabel L.3.1.Data pengambilan analisis nilai kalor dengan alat Parr-1341 Bomb

Calorimeter

Waktu (menit)	Temperatur (°C)	
	1	2
1.	26,24	26,64
2.	26,32	26,66
3.	26,32	26,67
4.	26,34	26,68
5.	26,34	26,68
6.	26,48	26,68
7.	27,18	27,74
8.	27,60	28,30
9.	27,96	28,58
10.	28,12	28,72
11.	28,26	28,78
12.	28,34	28,82
13.	28,4	28,84
14.	28,42	28,84
15.	28,46	28,84
16.	28,48	28,84
17.	28,5	28,84
18.	28,52	28,84
19.	28,52	28,84
20.	28,52	28,84

### L.3.2. Data Penunjang Pada Analisis Nilai Kalor

Data Penunjang	Ulangan	
	1	2
Berat sampel (gr)	1,2107	1,2154
Panjang kawat (cm)	10	10
Panjang kawat yang terbakar (cm)	7,3	7,4
Sisa kawat (cm)	2,7	2,6
Standar alkali (ml)	2	1,7

Perhitungan nilai kalor :

$$Hg = (Wxt) - e_1 - e_2 - e_3/m$$

Dimana :

Hg = Heating value / nilai kalor ( Kal/gr)

$e_1$  = Volume titrasi (ml); jika konsentrasi penitrasi yang digunakan 0,0709 N  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dimana 1 ml ~ 10 BTU.

$e_2 = 23,7 \times \%S \times m$  (BTU). dimana 1BTU = 0,555 Kalori

$e_3 = \text{Kawat terbakar (cm)} \times 2,3$  (Kalori). dimana 1 cm ~ 2,3 kalori

Rumus-rumus yang dipakai pada perhitungan ini sebagai berikut :

$$1. t = t_c - t_a - r_1 (b-a) - r_2 (c-b)$$

Dimana :

t = kenaikan temperatur

a = waktu pernyataan menit ke-5

b = waktu saat temperatur mencapai 60% dari total kenaikan suhu

c = waktu mulai temperatur konstan

$t_a$  = temperatur pada saat menit ke-5

$t_c$  = temperatur mulai konstan

$$r_1 = t_a - t_o / 5 \quad r_2 = t_{akhir} - t_{konstan} / 5$$

2.  $t_b = t_a + 0,6 (t_c - t_a)$

$t_b$  = temperatur saat mencapai 60% dari total kenaikan suhu.

3. Untuk mencari b memakai rumus sebagai berikut :

$$\frac{y - y'}{x - x'} = \frac{y'' - y'}{x'' - x'}$$

Dimana :

$$y = t_b$$

= didapat dari hasil perhitungan sebelumnya

$$x = b$$

$y'$  = harga t di bawah  $t_b$

$y''$  = harga t di atas  $t_b$

$x'$  = menit di bawah  $t_b$

$x''$  = menit di atas  $t_b$

Perhitungan :

Sampel 1. Diketahui :

$$a = 5$$

$$c = 18$$

$$t_a = 26,34$$

$$t_c = 28,52$$

$$t_o = 26,24$$

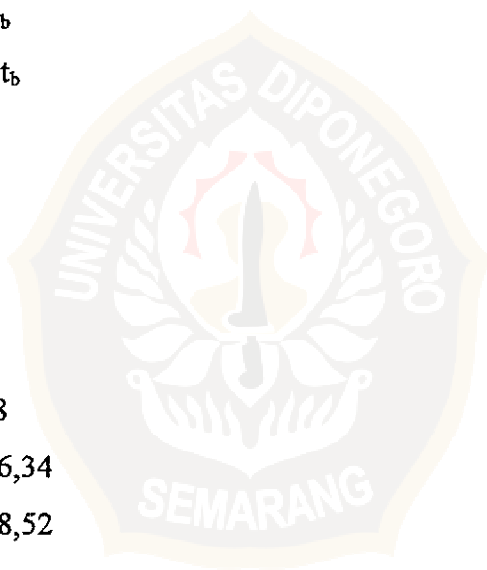
$$t_{akhir} = 28,52$$

$$\% S = 0,206$$

$$m = 1,2107 \text{ gr}$$

$$W = 2360 \text{ Kal/}^\circ\text{C}$$

$$r_1 = \frac{26,34 - 26,24}{5} = 0,02$$





$$r_2 = \frac{28,52-28,52}{5} = 0$$

$$\begin{aligned} t_b &= t_a + 0,6 (t_c - t_a) \\ &= 26,34 + 0,6(28,52-26,34) \\ &= 26,34 + 1,308 \\ &= 27,648 \end{aligned}$$

$$\frac{y-y'}{b-x'} = \frac{y''-y'}{x''-x'}$$

$$\frac{27,648-27,60}{b-8} = \frac{27,96-27,60}{9-8}$$

$$b = 8,133$$

$$\begin{aligned} t &= t_c - t_a - r_1(b-a) - r_2(c-b) \\ &= 28,52 - 26,34 - 0,02 (3,133) \\ &= 2,1173 \end{aligned}$$

$$Hg = (Wxt) - e_1 - e_2 - e_3/m$$

$$\begin{aligned} Hg &= \frac{(2360 \times 2,1173) - (2 \times 10 \times 0,555) - (23,7 \times 0,206 \times 1,2107 \times 0,555) - (7,3 \times 2,3)}{1,2107} \\ &= 4101,47 \text{ Kal/gr.} \end{aligned}$$

Sampel 2. Diketahui :

$$a = 5$$

$$c = 13$$

$$t_a = 26,68$$

$$t_c = 28,84$$

$$t_n = 26,64$$

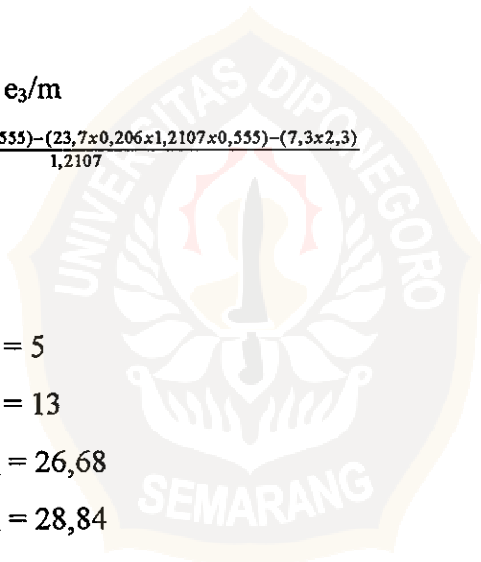
$$t_{akhir} = 28,84$$

$$\% S = 0,206\%$$

$$m = 1,2154$$

$$r_1 = \frac{26,68-26,64}{5} = 8 \cdot 10^{-3}$$

$$r_2 = \frac{28,84-28,84}{5} = 0$$



$$t_b = 26,68 + 0,6(28,84-26,68)$$

$$= 27,976$$

$$\frac{27,976-27,74}{b-7} = \frac{28,3-27,74}{8-7}$$

$$0,236 = 0,56b - 3,92$$

$$b = 7,4214$$

$$t = t_c - t_a - r_1(b-a) - r_2(c-b)$$

$$t = 28,84 - 26,68 - 0,008 \times 2,4214$$

$$t = 2,1406$$

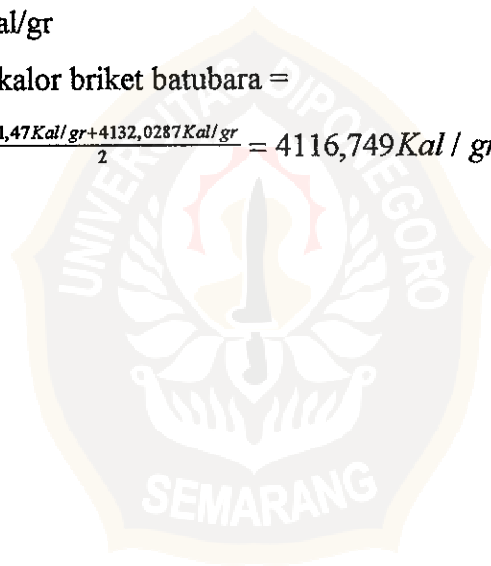
$$Hg = (Wxt) - e_1 - e_2 - e_3/m$$

$$Hg = \frac{(2360 \times 2,1406) - (1,7 \times 10 \times 0,555) - (23,7 \times 0,206 \times 1,2154 \times 0,555) - (7,4 \times 2,3)}{1,2154}$$

$$= 4132,0287 \text{ Kal/gr}$$

Jadi rata-rata nilai kalor briket batubara =

$$\frac{4101,47 \text{ Kal/gr} + 4132,0287 \text{ Kal/gr}}{2} = 4116,749 \text{ Kal / gr}$$



## Lampiran 4. Perhitungan efisiensi termal

$$\text{Efisiensi termal} = \eta \text{ termal} = \frac{m_{w1} C_w \Delta T}{m_f q_f} \times 100\%$$

Dimana :  $m_{w1}$  = massa air yang digunakan; kg

$q_f$  = nilai kalor (kJ/kg) = 4116,749 kkal/kg  $\approx$  17290,345 kJ/kg

$C_w$  = panas jenis air antara air mula-mula sampai saat mendidih (4,18 kJ/kg  $^{\circ}$ K)

$\Delta T$  = selisih temperatur kamar dan air sat mendidih,  $^{\circ}$ C.

$m_f$  = massa awal briket, kg.

$$\eta \text{ Termal tungku tanah liat} = \frac{5 \times 3 \times 4,18(100-27)}{0,969 \times 17290,345} \times 100\% = 27,31\%$$

$$\eta \text{ Termal tungku silinder} = \frac{8 \times 3 \times 4,18(100-28)}{0,969 \times 17290,345} \times 100\% = 43,11\%$$

$$\eta \text{ Termal tungku kerucut} = \frac{7 \times 3 \times 4,18(100-27)}{0,969 \times 17290,345} \times 100\% = 38,24\%$$

$\eta$  Termal tungku kerucut dengan krus silinder =

$$\eta = \frac{7 \times 3 \times 4,18(100-27)}{0,969 \times 17290,345} \times 100\% = 38,24\%$$

$\eta$  Termal tungku kerucut dengan krus kerucut =

$$\eta = \frac{7 \times 3 \times 4,18(100-28)}{0,969 \times 17290,345} \times 100\% = 37,72\%$$

## Lampiran 5. Perhitungan efisiensi pembakaran

$$\text{Efisiensi pembakaran} = \left[ 1 - \frac{m_a \times m_{ka}}{m_b \times m_{kb}} \times 100 \% \right]$$

Dimana :

$m_a$  = berat abu

$m_{ka}$  = % berat C pada abu

$m_b$  = berat batubara

$m_{kb}$  = % berat C pada briket batubara

$$\% \eta \text{ Pembakaran anglo tanah liat} = \left[ 1 - \frac{253 \times 2,562}{1147 \times 54,715} \right] \times 100\% = 98,967\%$$

$$\% \eta \text{ Pembakaran anglo kerucut} = \left[ 1 - \frac{246,6 \times 2,562}{1150,7 \times 54,715} \right] \times 100\% = 98,996\%$$

$$\% \eta \text{ Pembakaran anglo selinder} = \left[ 1 - \frac{188 \times 2,562}{1147,9 \times 54,715} \right] \times 100\% = 99,223\%$$

$\% \eta$  Pembakaran anglo kerucut dengan krus kerucut =

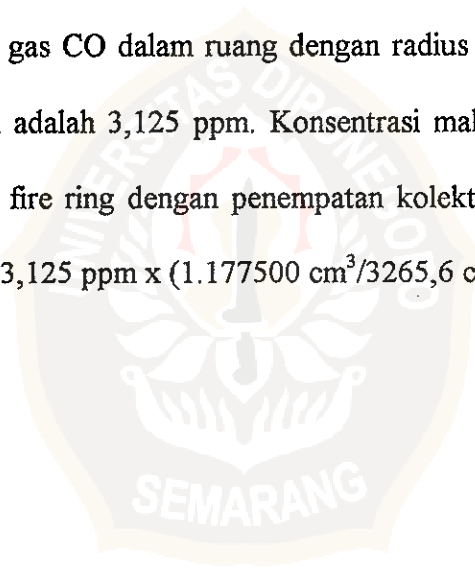
$$\eta = \left[ 1 - \frac{251,4 \times 2,562}{1000 \times 54,715} \right] \times 100\% = 98,81\%$$

$\% \eta$  Pembakaran anglo kerucut dengan krus selinder =

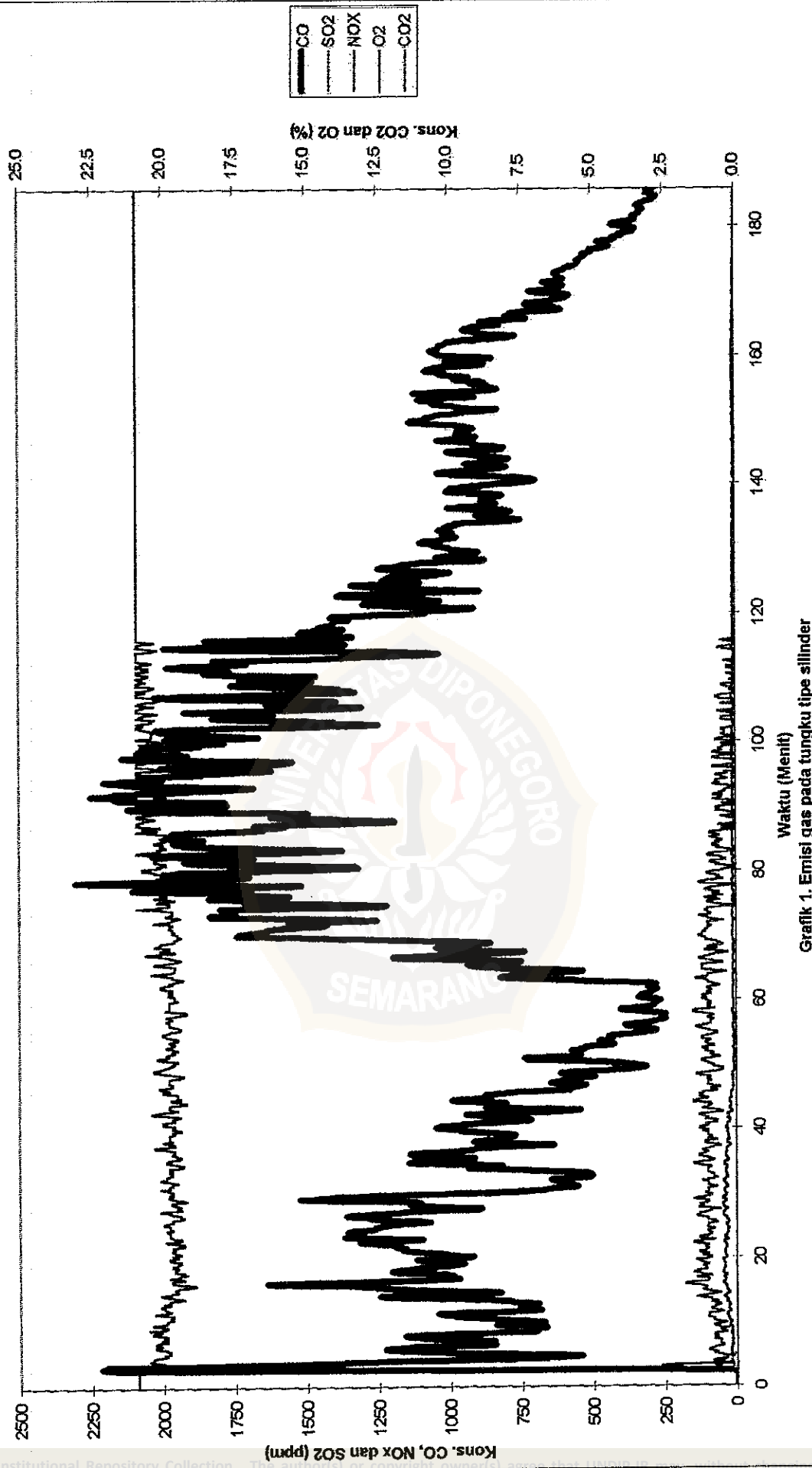
$$\eta = \left[ 1 - \frac{227,9 \times 2,562}{1000 \times 54,715} \right] \times 100\% = 98,93\%$$

### Lampiran 6. Perhitungan emisi gas CO maksimum dalam fire ring

1. Luas dasar panci dengan diameter 22 cm ( $L_p$ ) =  $3,14 \times (11 \text{ cm})^2 = 379,94 \text{ cm}^2$ .
2. Luas fire ring dengan diameter 30 cm ( $L_f$ ) =  $3,14 \times (15 \text{ cm})^2 = 706,5 \text{ cm}^2$ .
3. Luas ruang antara panci dan fire ring ( $dL$ ) =  $706,5 \text{ cm}^2 - 379,94 \text{ cm}^2 = 326,56 \text{ cm}^2$
4. Volume ruang antara panci dan fire ring dengan penempatan kolektor gas pada ketinggian 10 cm dari atas tungku ( $dV$ ) =  $326,56 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ cm} = 3265,6 \text{ cm}^3$ .
5. Volume ruang dengan radius 50 cm dan tinggi 150 cm =  $3,14 \times (50 \text{ cm})^2 \times 150 \text{ cm} = 1.177.500 \text{ cm}^3$ .
6. Konsentrasi maksimum gas CO dalam ruang dengan radius 50 cm dan tinggi 150 cm yang diperbolehkan adalah 3,125 ppm. Konsentrasi maksimum gas Co dalam ruang antara panci dan fire ring dengan penempatan kolektor gas setinggi 10 cm dari atas tungku adalah  $3,125 \text{ ppm} \times (1.177500 \text{ cm}^3 / 3265,6 \text{ cm}^3) = 1126,8 \text{ ppm}$ .

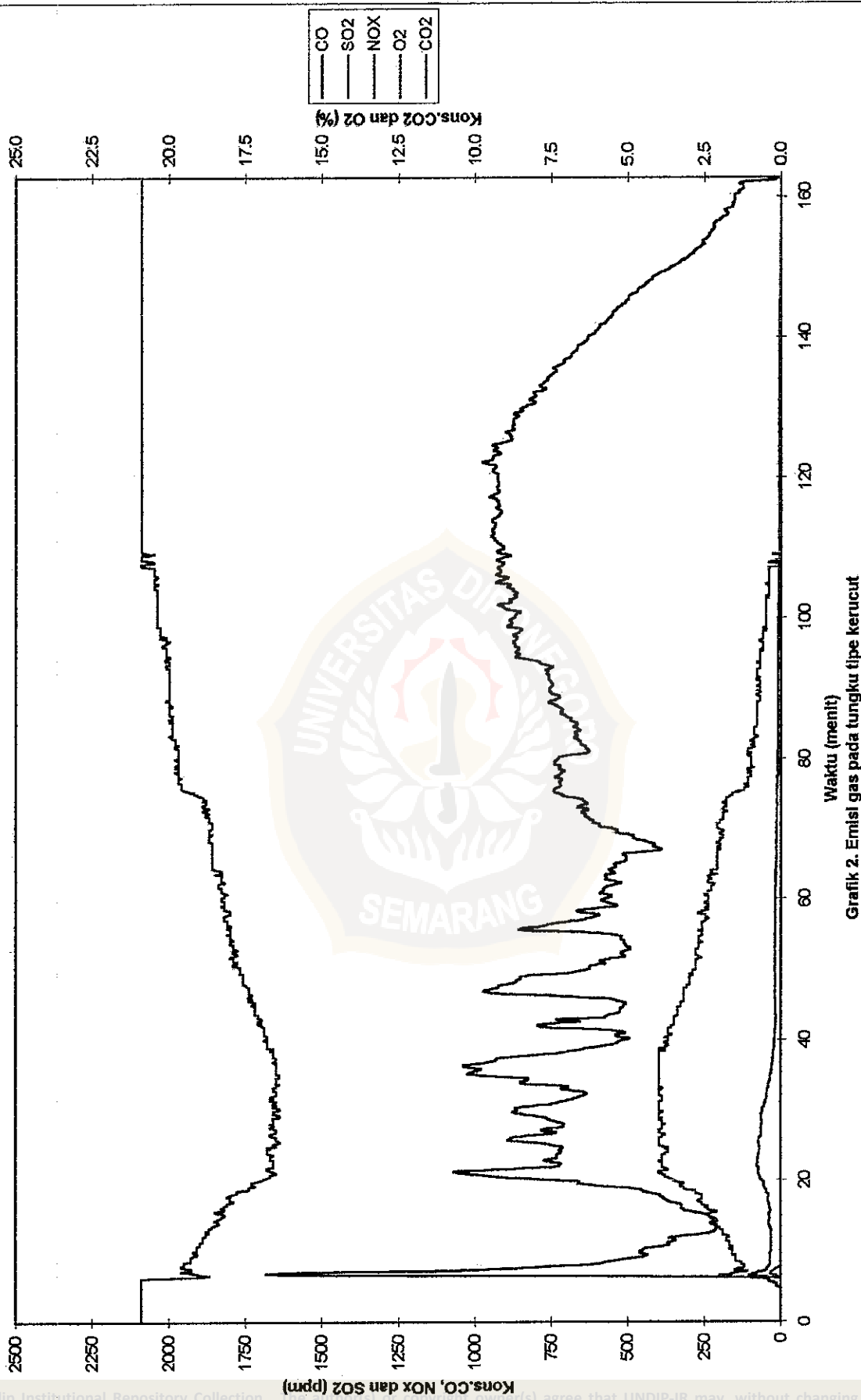


# Emisi Anglo Selinder



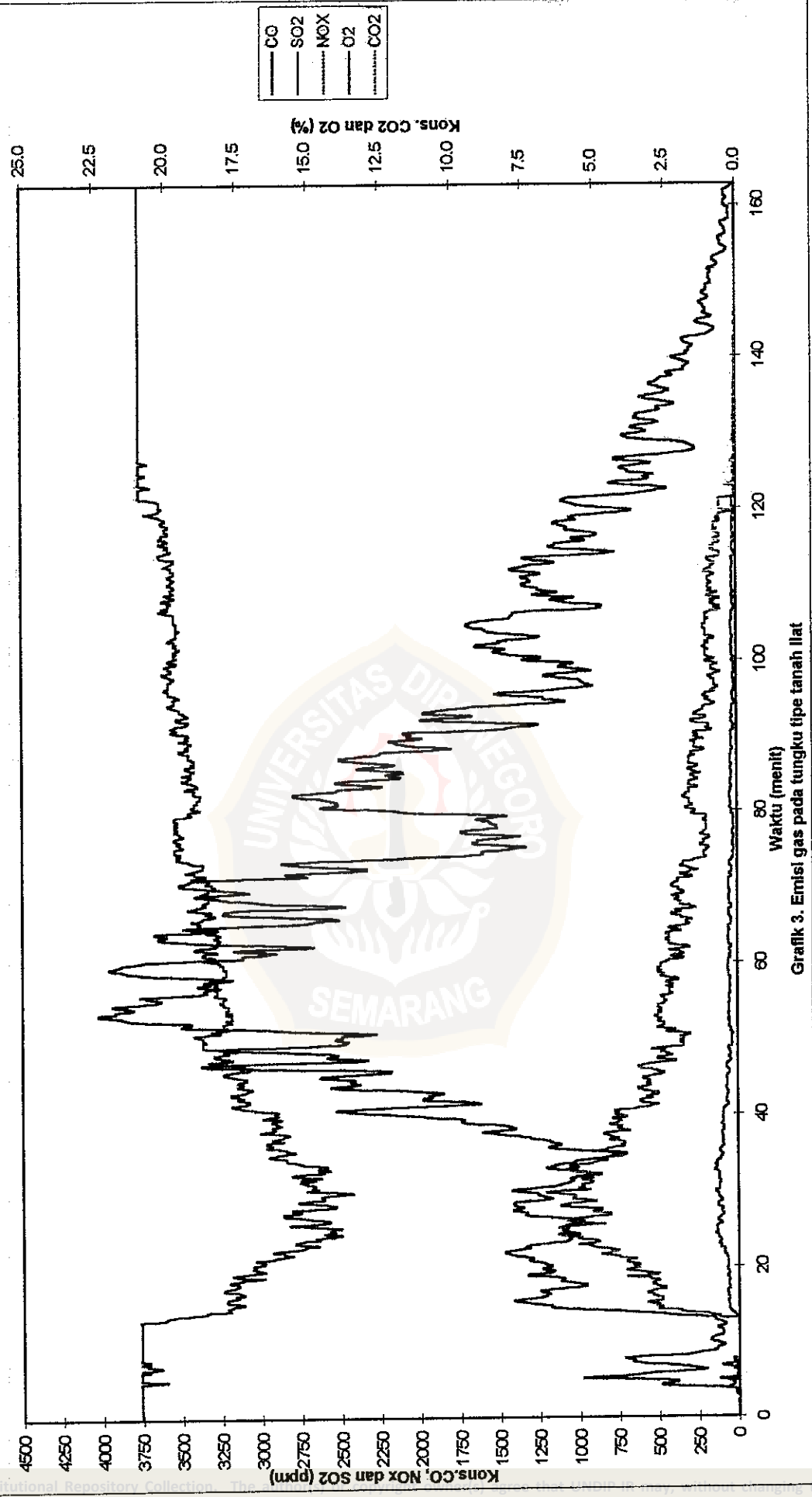
Grafik 1. Emisi gas pada tungku tipe silinder

# Emisi Anglo Kerucut



Grafik 2. Emisi gas pada tungku tipe kerucut

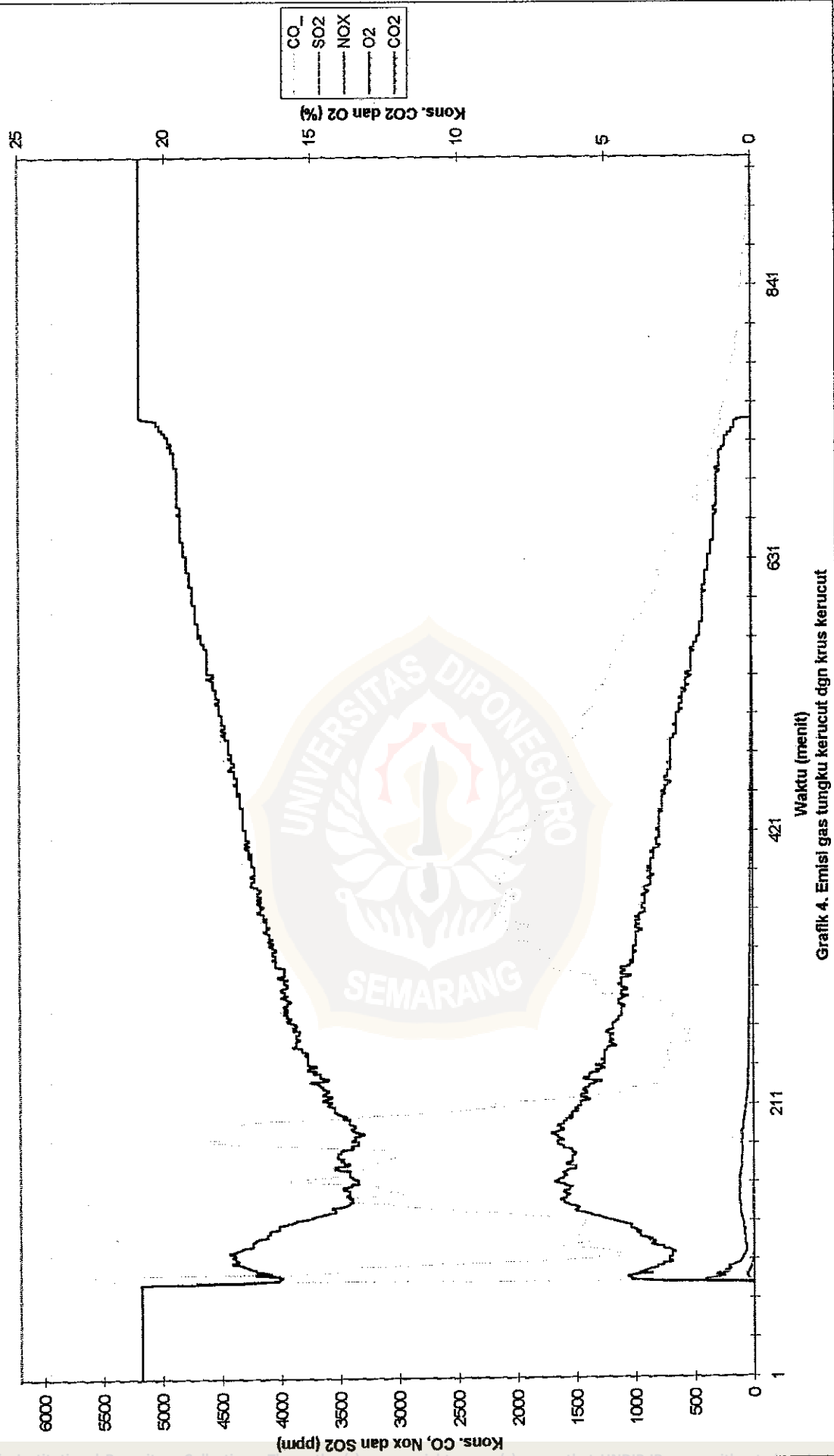
### Emisi Anglo Tanah Liat



Grafik 3. Emisi gas pada tungku tipe tanah liat

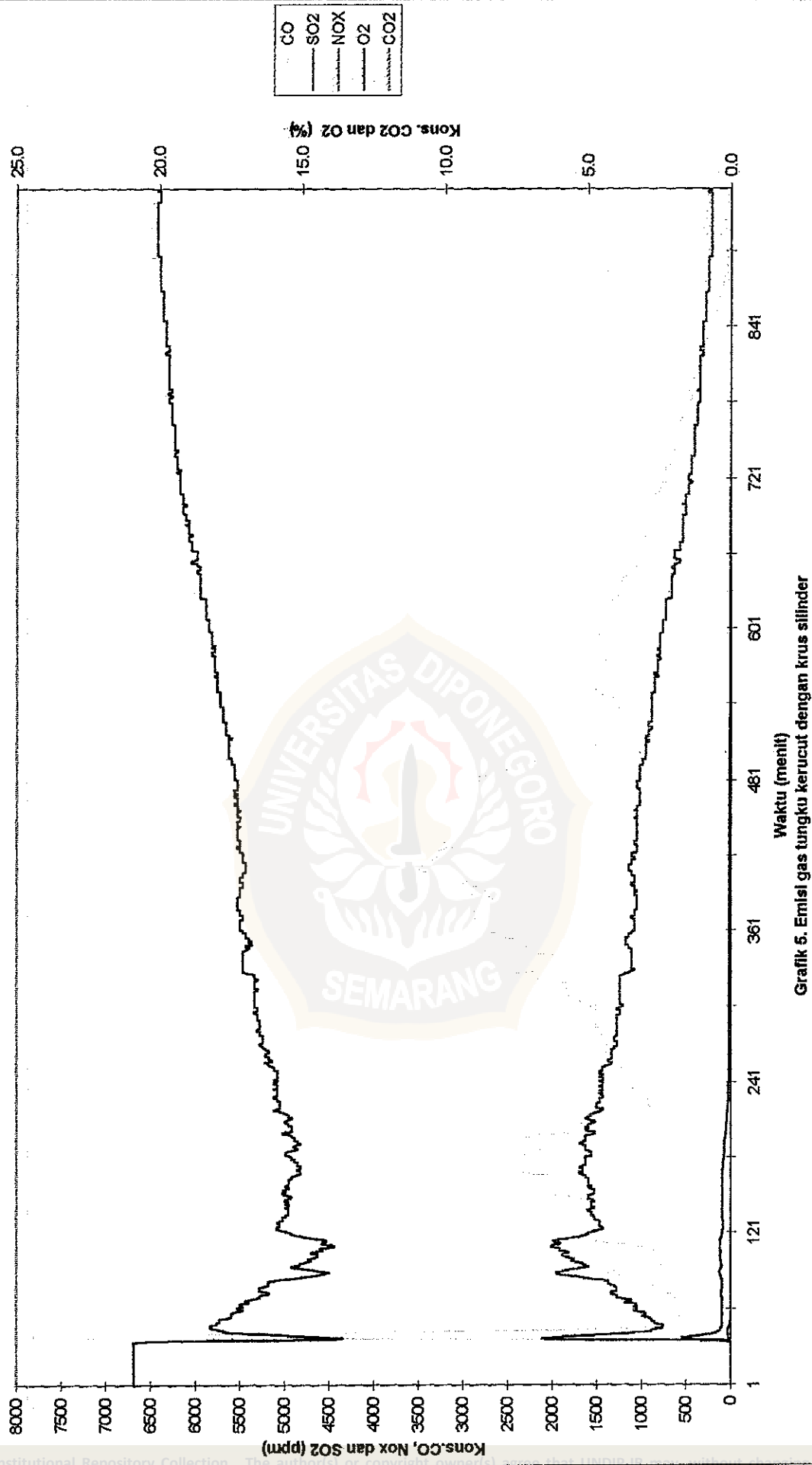


**Grafik Emisi Gas Anglo Tipe Kerucut dengan Krus Kerucut**



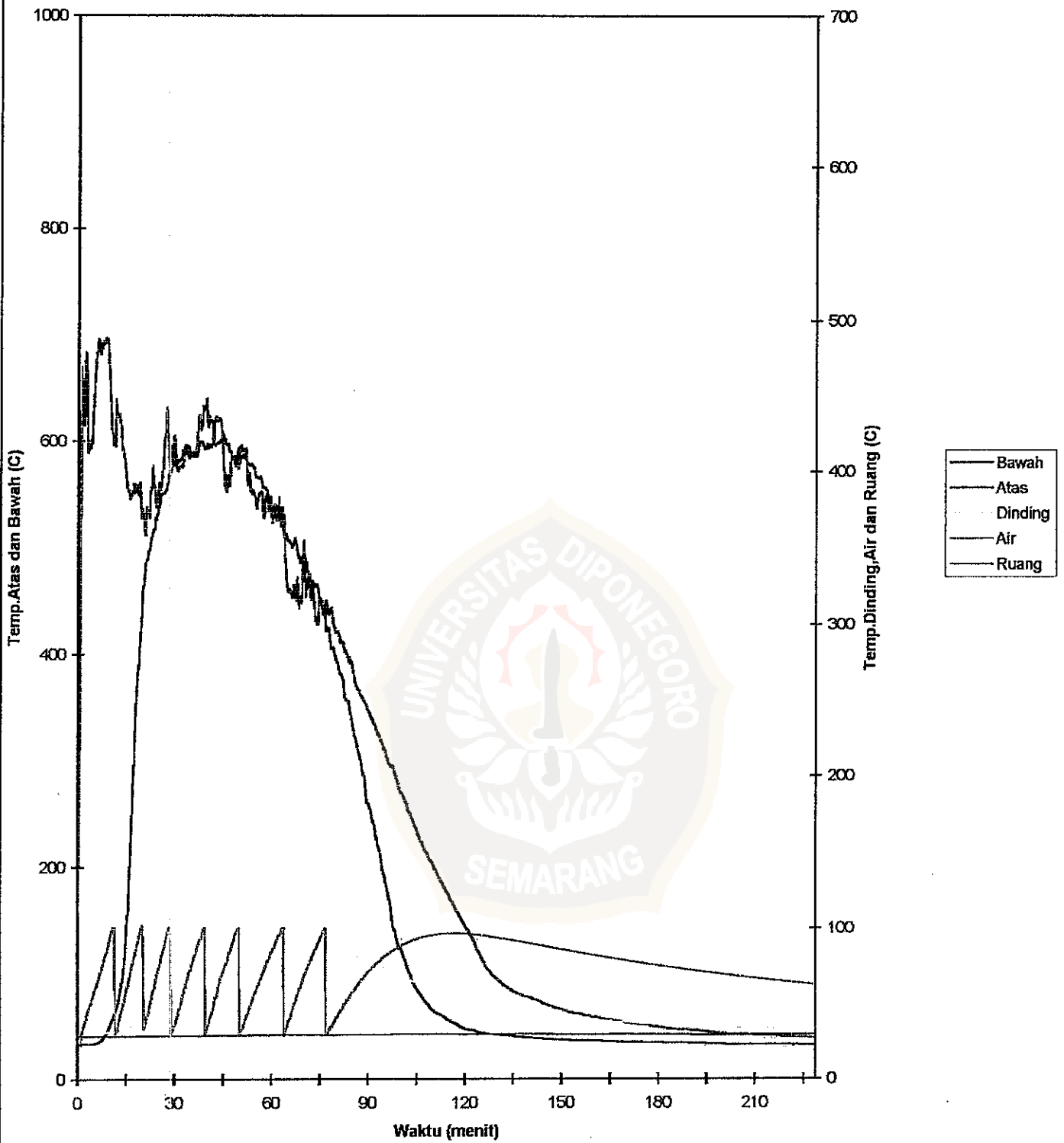
**Grafik 4. Emisi gas tungku kerucut dgn krus kerucut**

Grafik Emisi Gas Anglo Kerucut dengan Krus Selinder



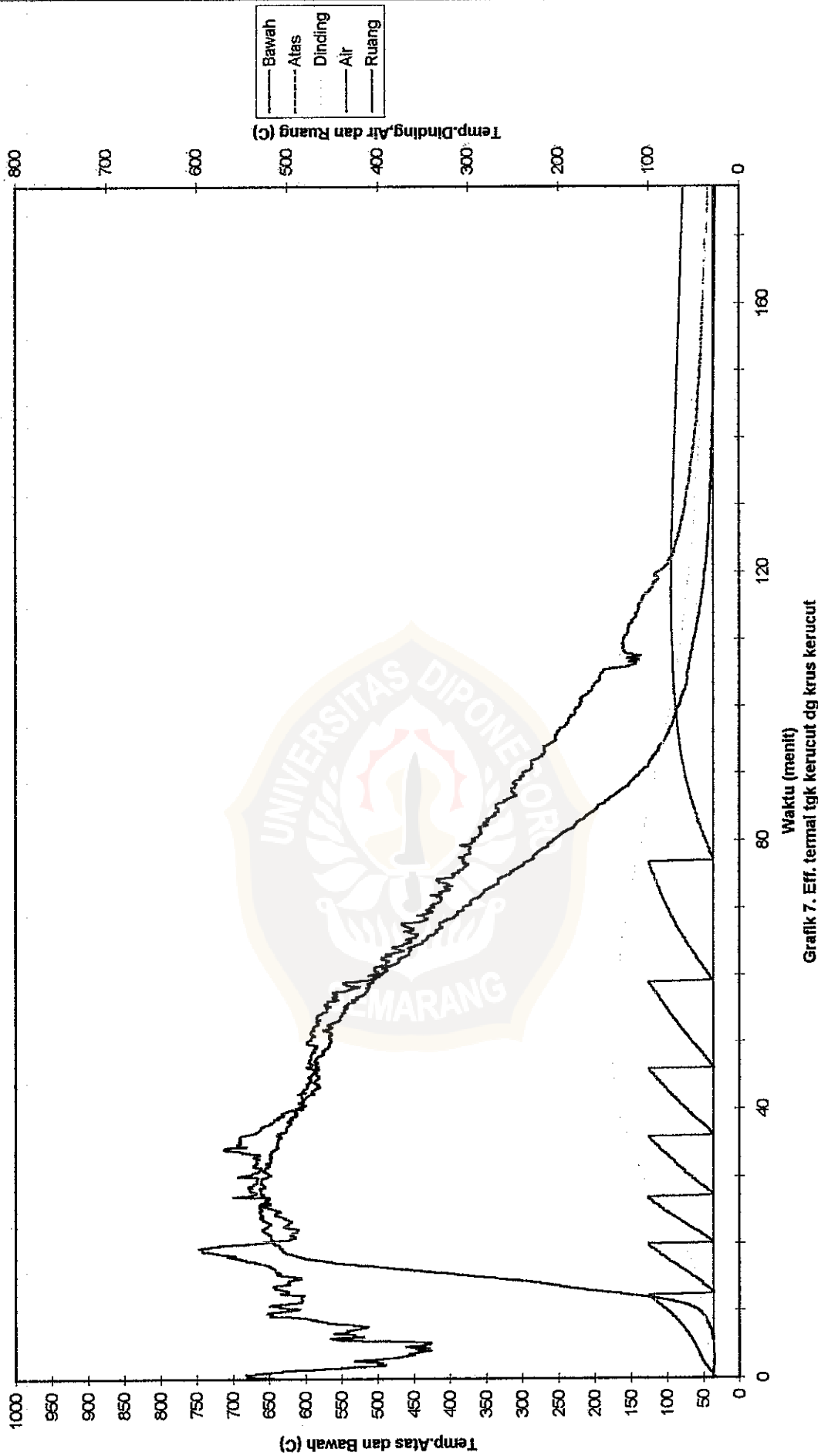
Grafik 5. Emisi gas tungku kerucut dengan krus silinder

Eff. termal anglo kerucut dengan krus selinder



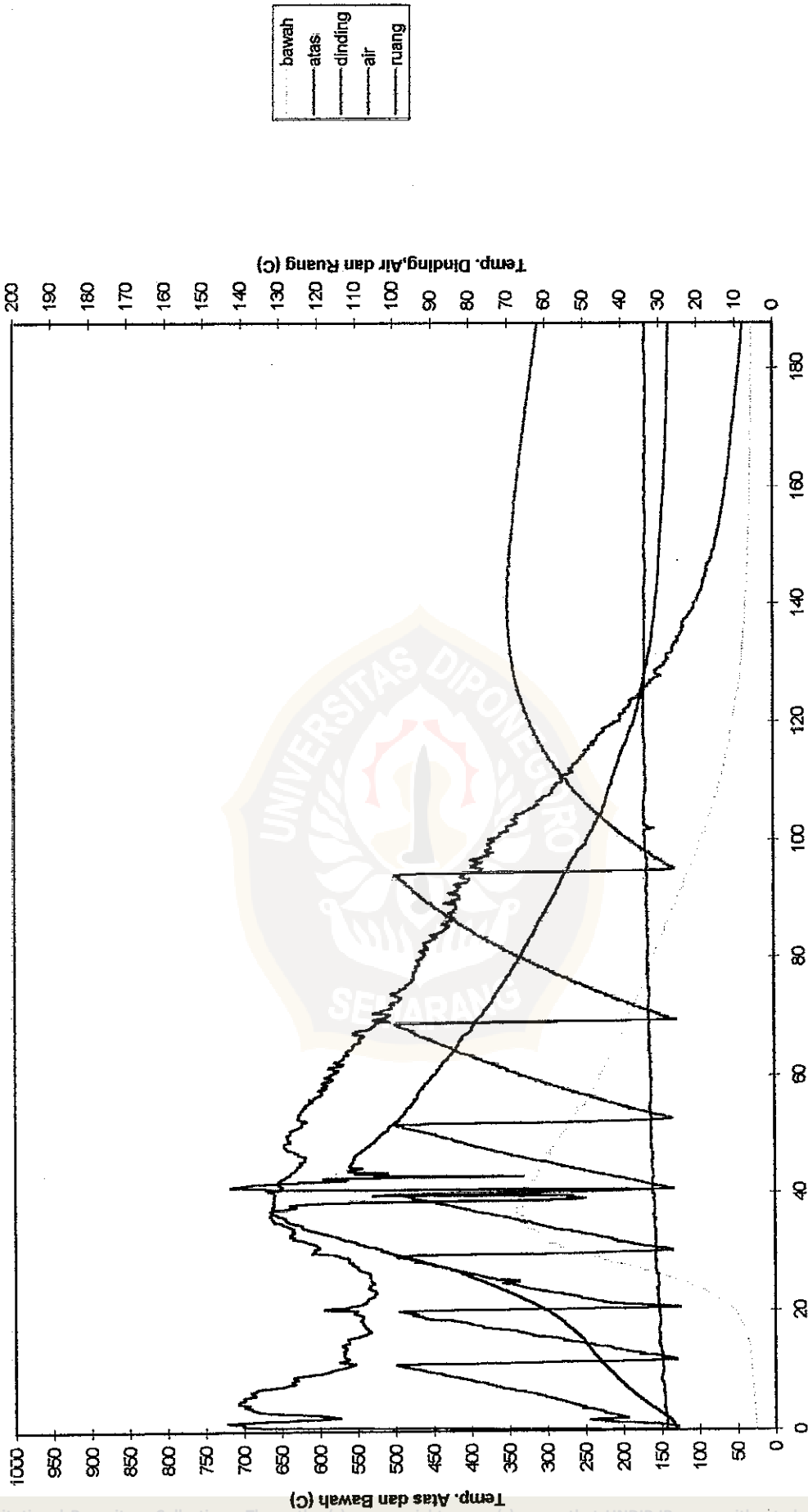
Grafik 6. Eff. Termal tkg kerucut dg krus silinder

**Eff. termal anglo kerucut dengan krus kerucut**



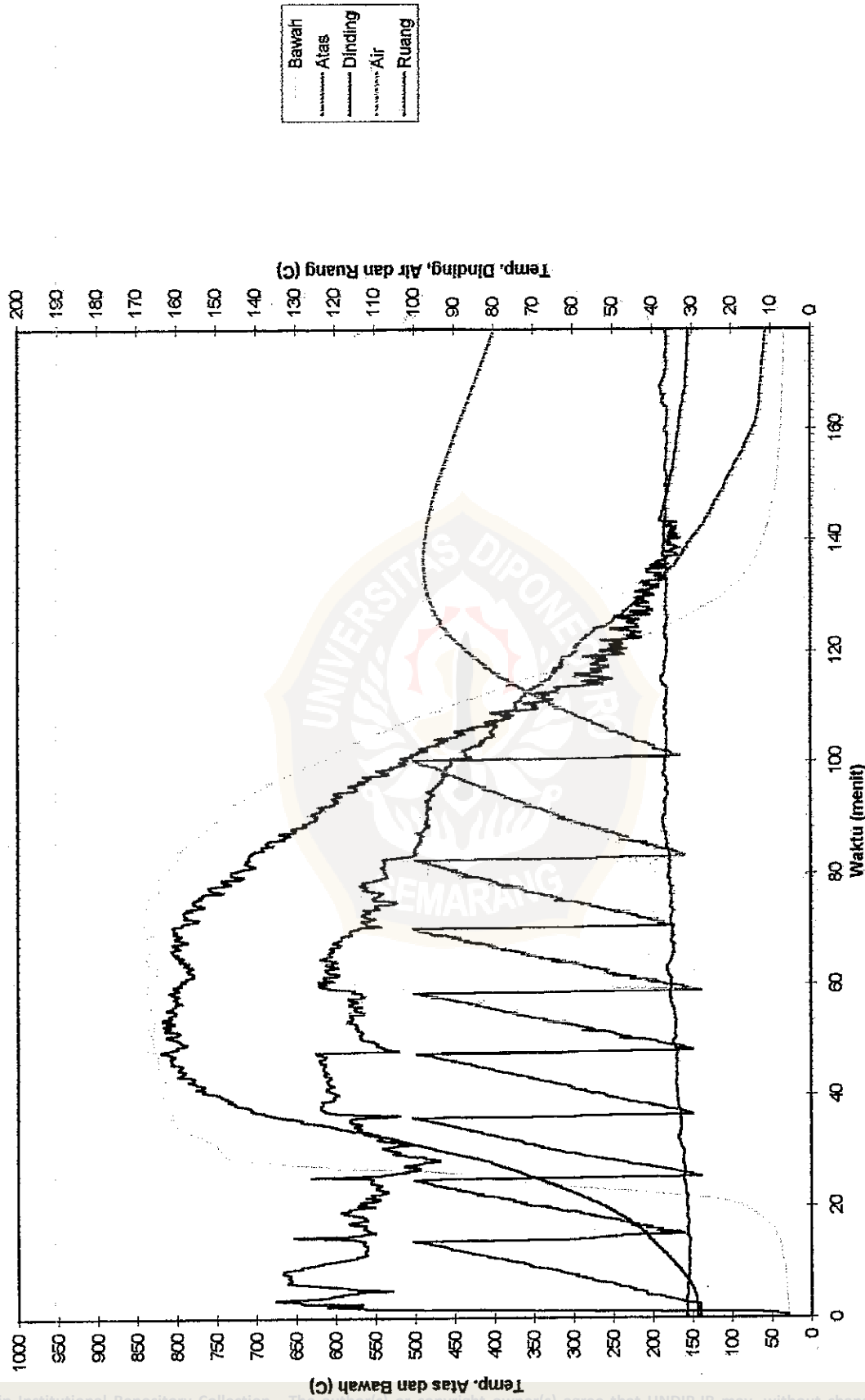
**Grafik 7. Eff. termal tgk kerucut dg krus kerucut**

**Grafik efisiensi termal anglo kerucut**

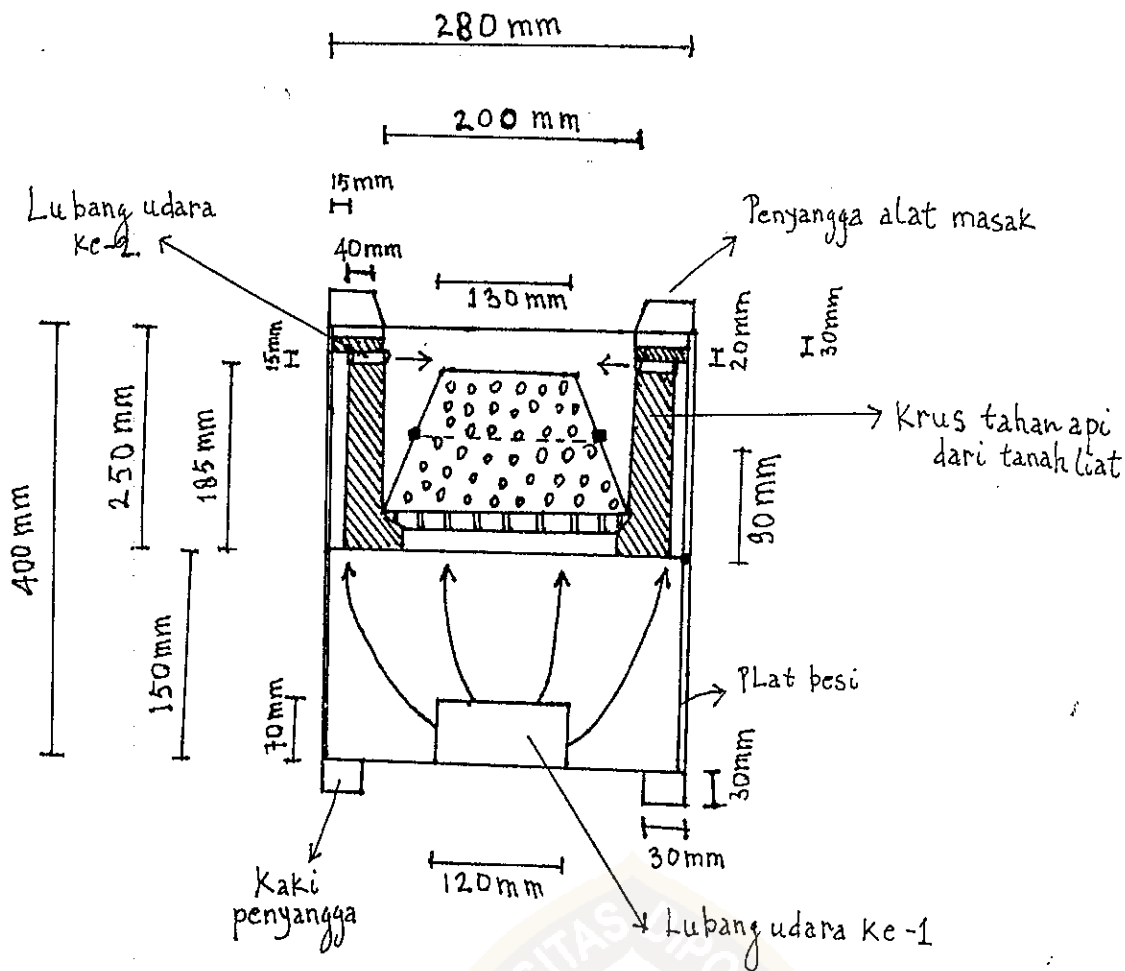


**Grafik 9. Efisiensi termal pada tungku kerucut**

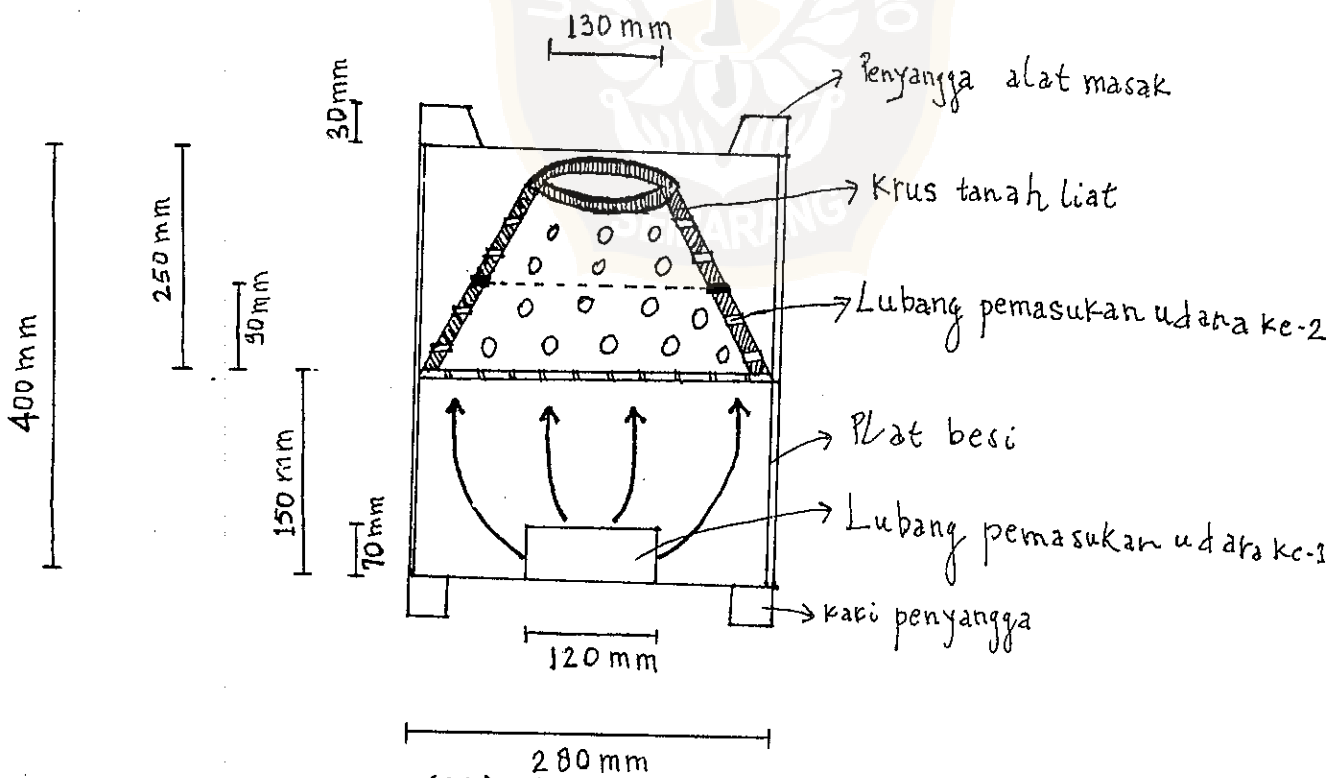
### Effisiensi termal anglo silinder



Grafik 10. Effisiensi termal pada tungku silinder

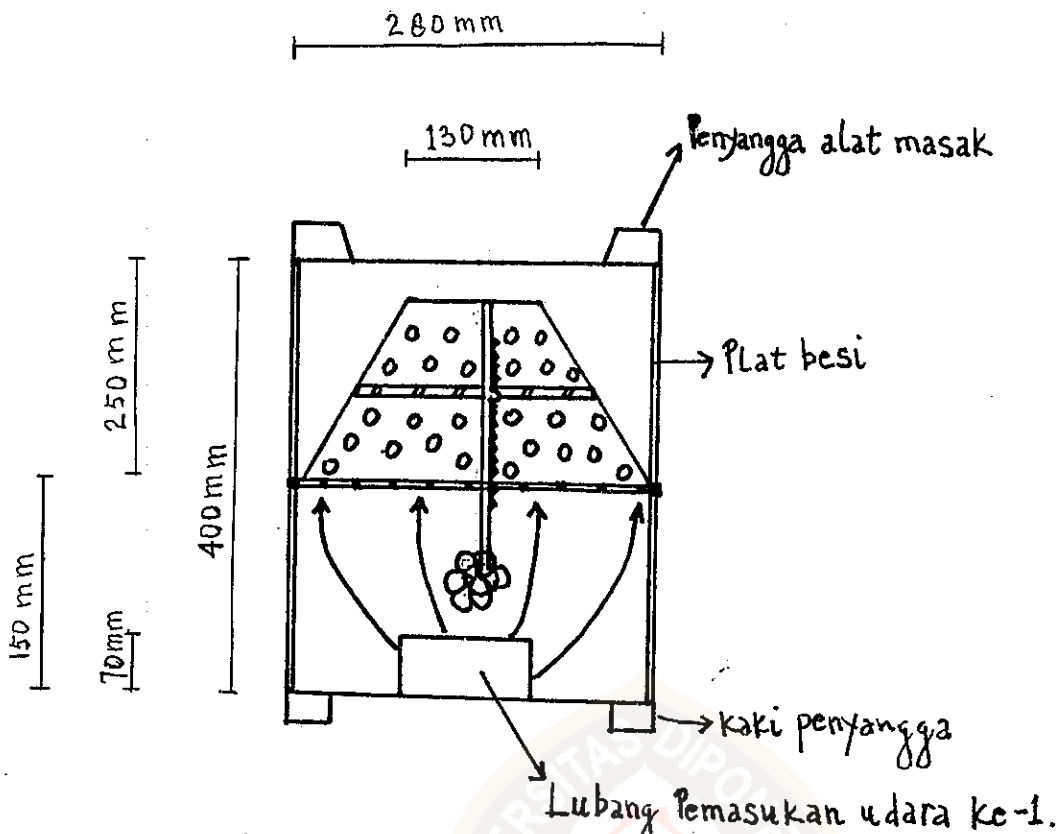


(i). Tungku kerucut dengan krus silinder

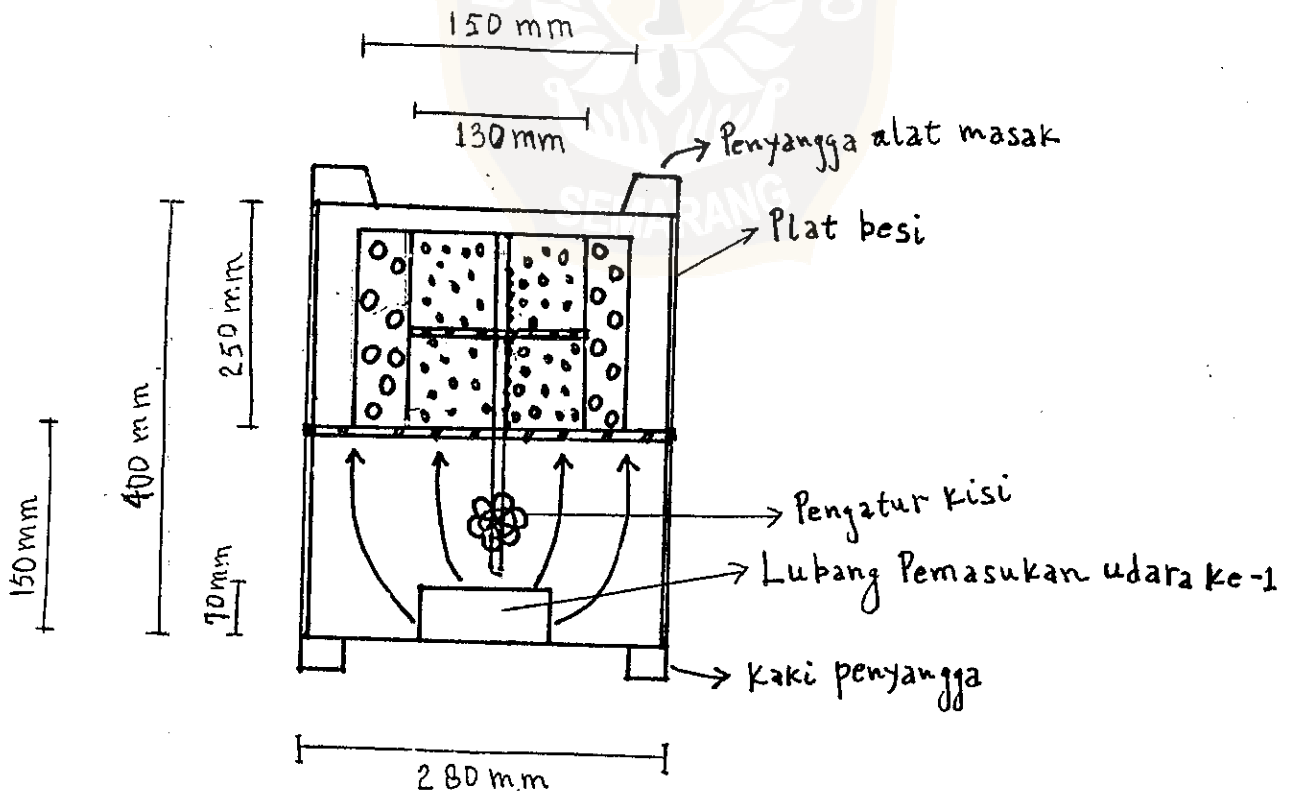


(ii). Tungku kerucut dengan krus kerucut

Gambar 1. Tungku khusus batubara



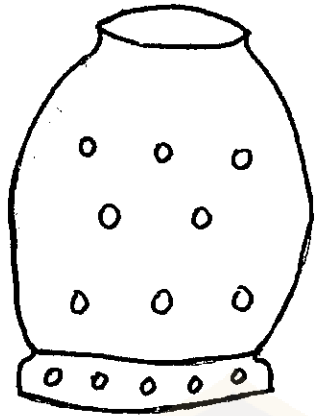
(iii) Tungku tipe kerucut



(iv). Tungku tipe silinder

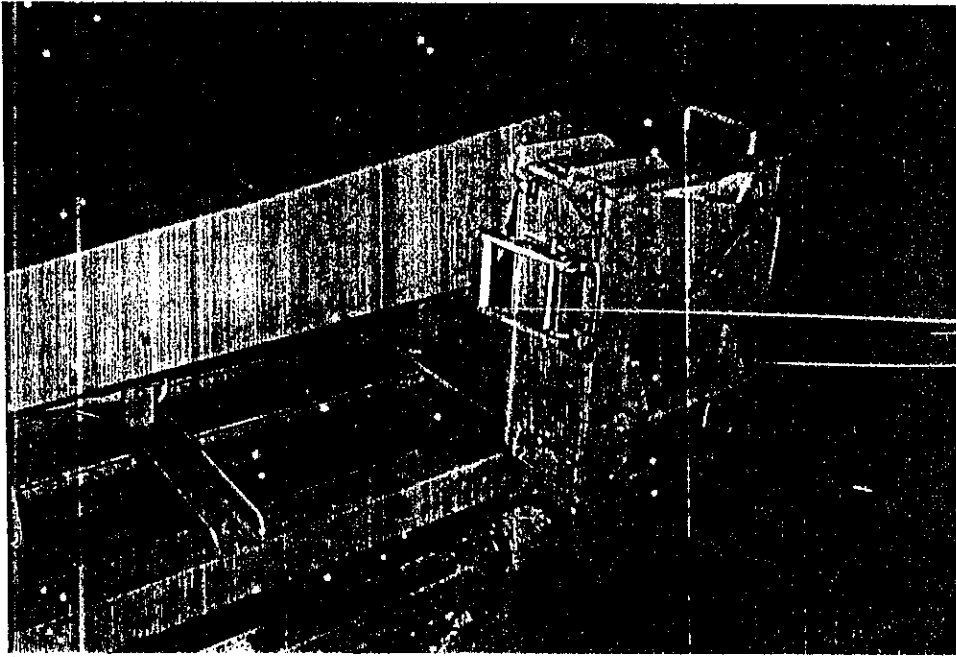


150 mm.

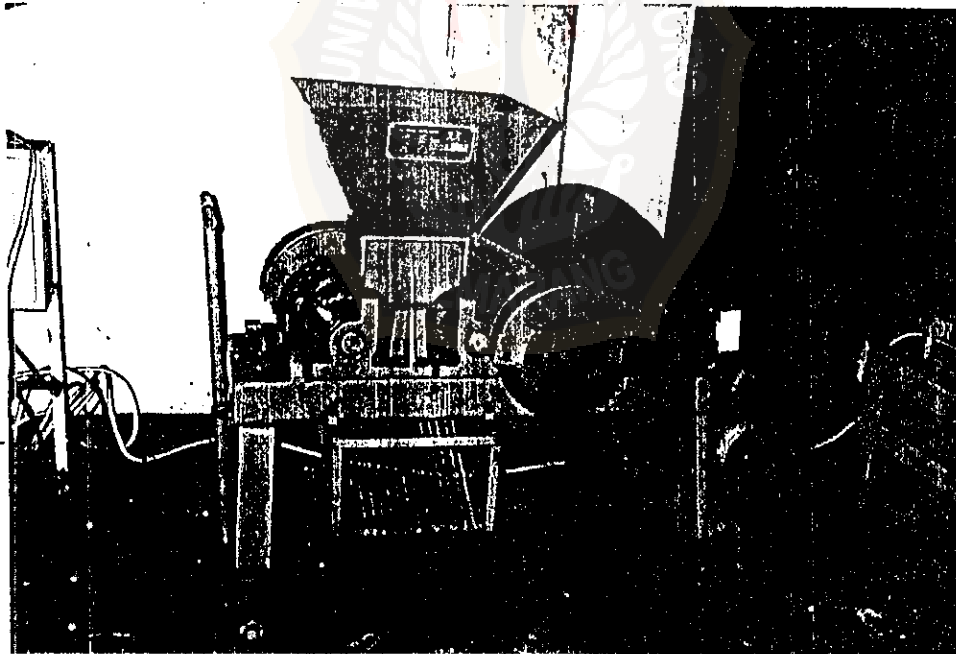


(V). Tungku Tanah Liat

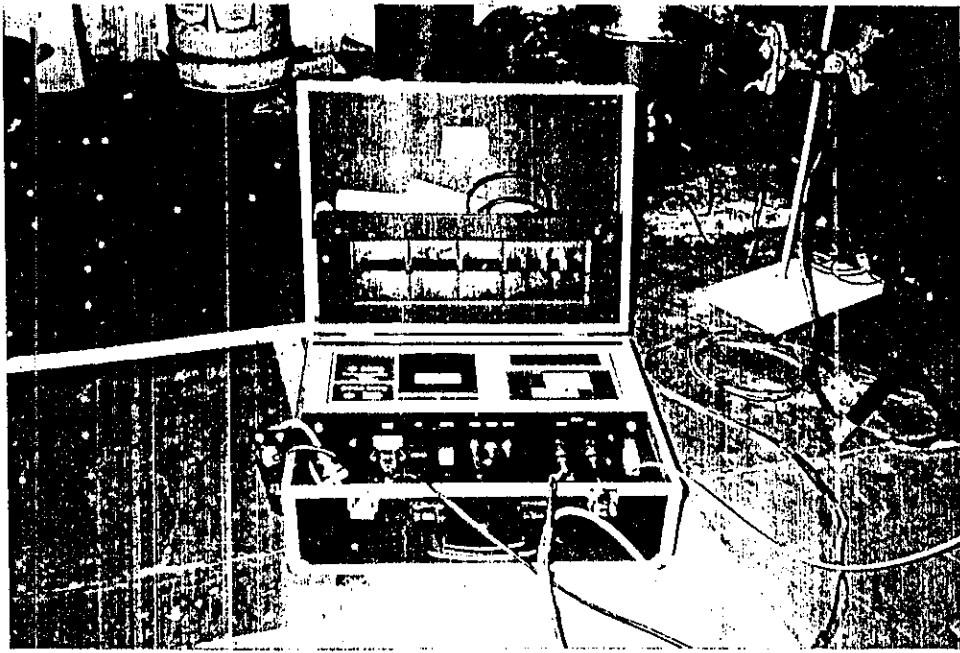




Gambar 2. Crusher Jaws (penghancur batubara)



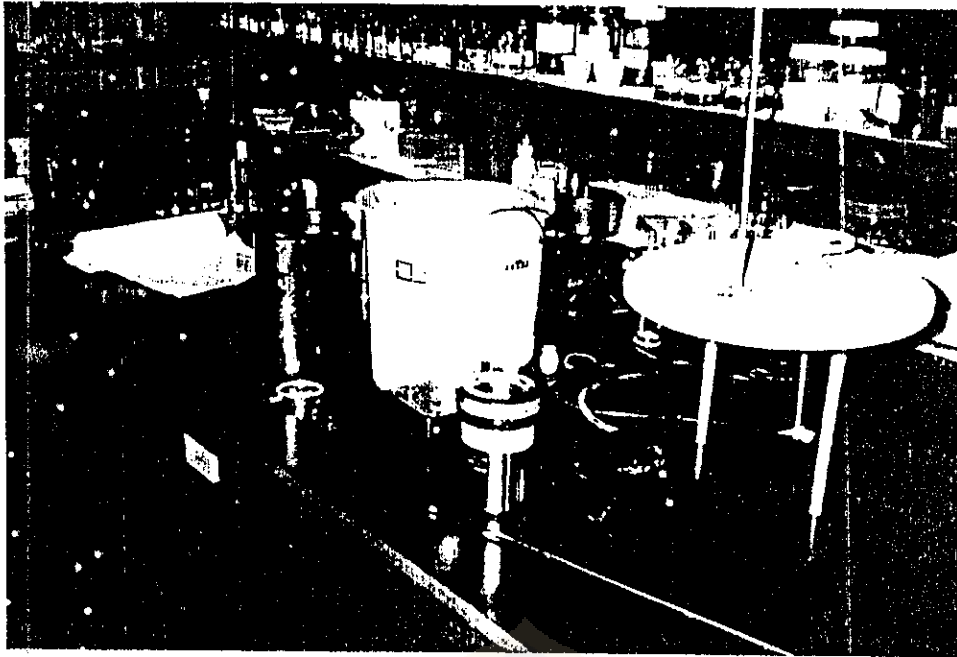
Gambar 3. Mesin pencetak briket batubara tipe telur.



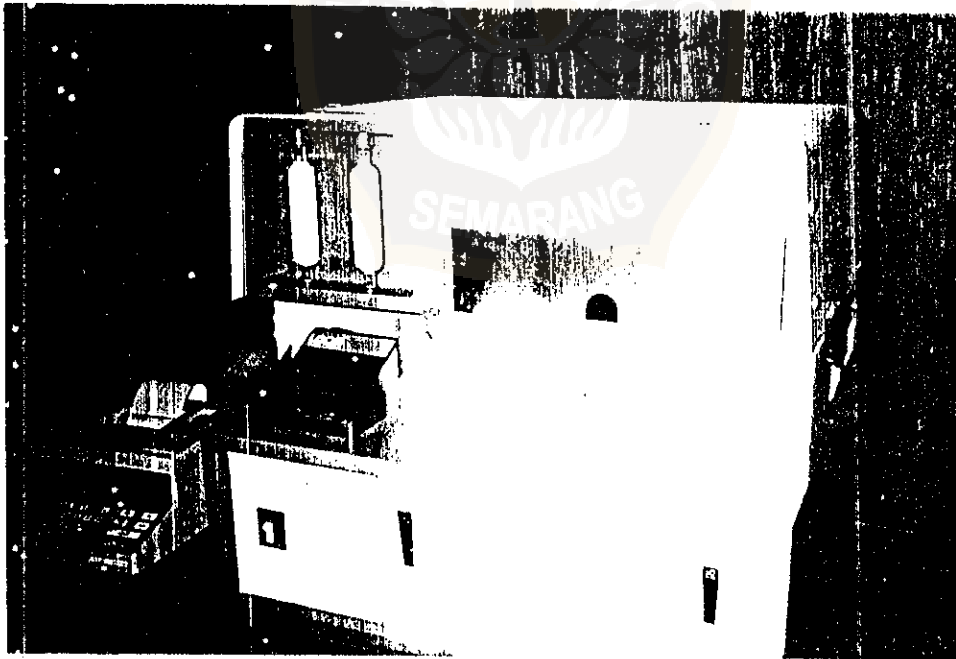
Gambar 4. Analyzer Gas



Gambar 5. Programable Furnace Fisher Scientific 495A



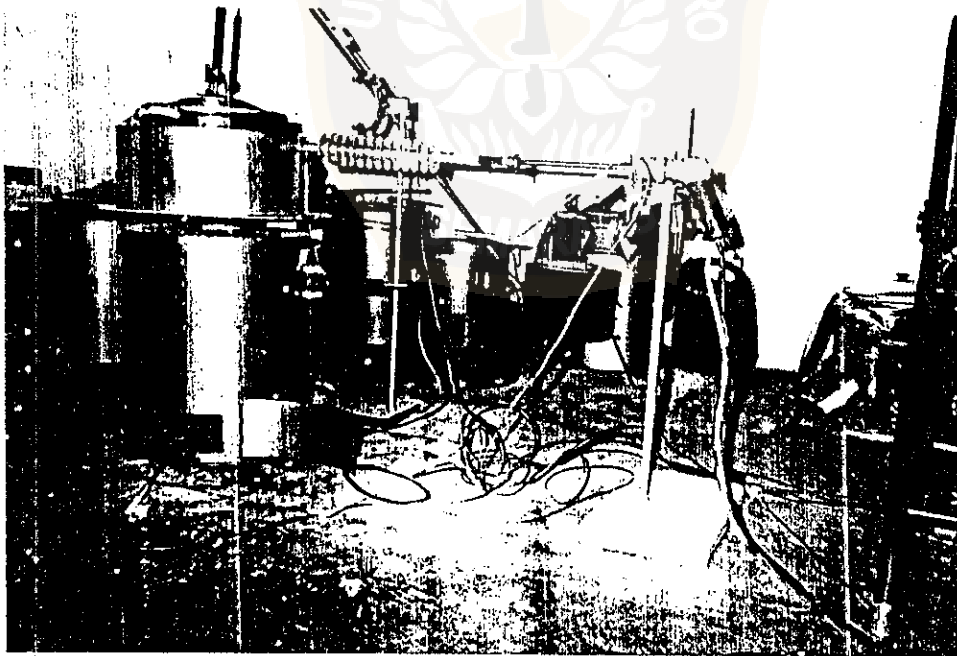
Gambar 6. Bomb Oxygen Calorimeter



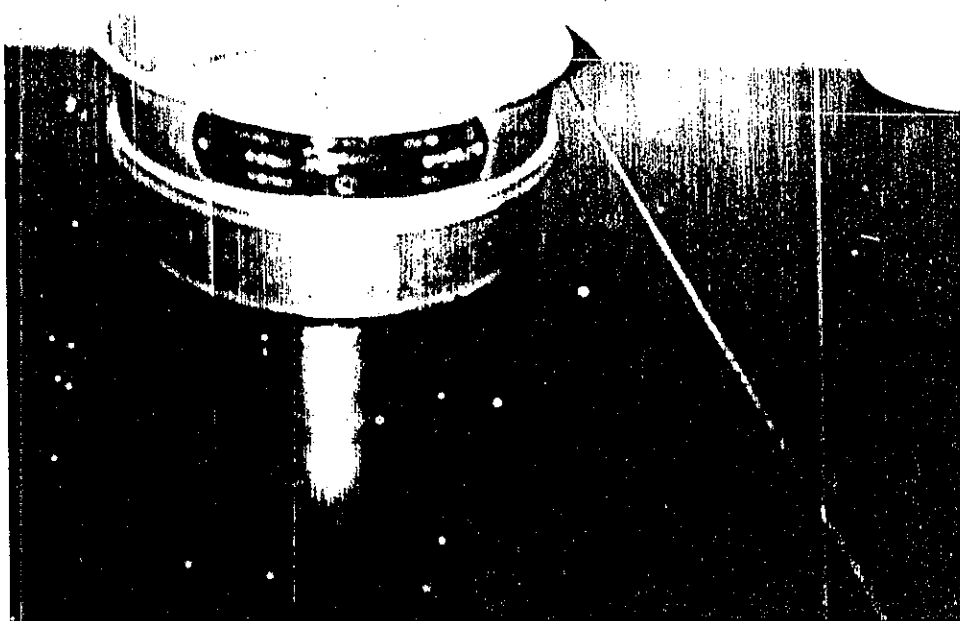
Gambar 7. Analiser Ultimat C,H,N dan S



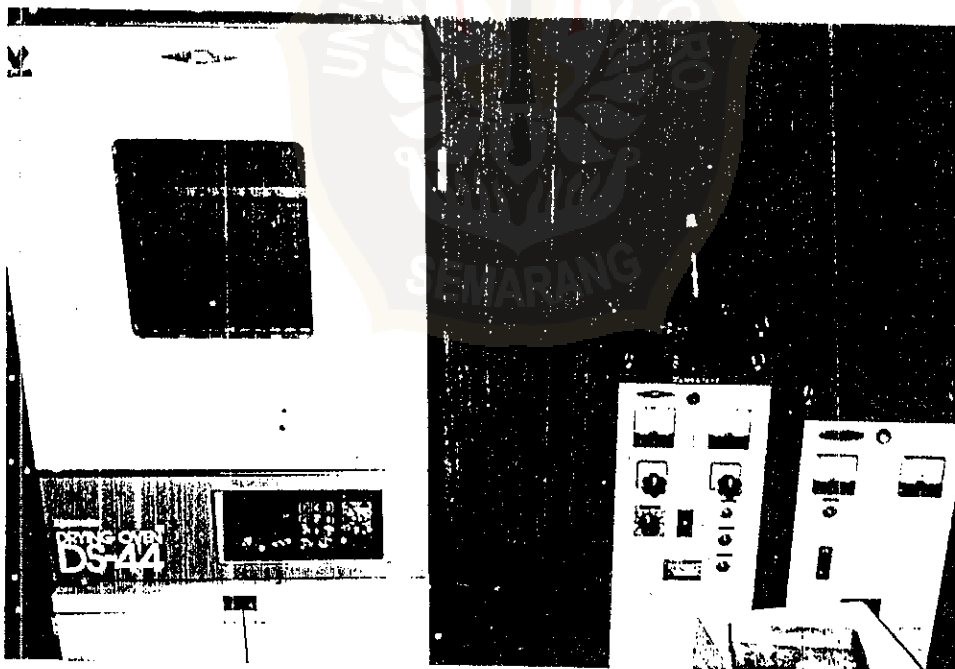
Gambar 8. Instrument yang digunakan diantaranya analyser gas, Notebook Computer, dan Data Logger.



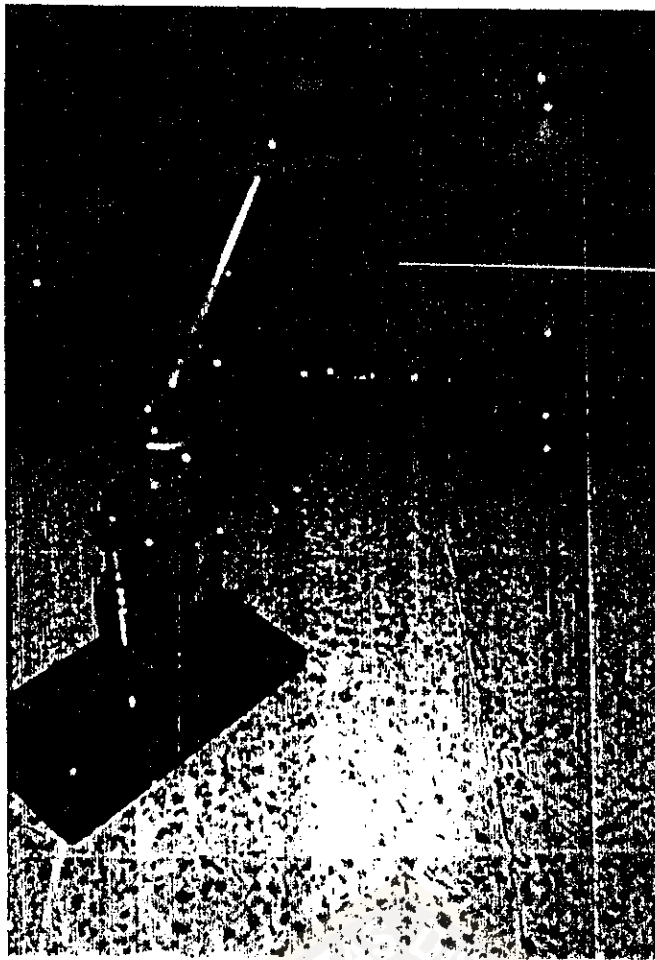
Gambar 9. Pengujian Emisi Gas dengan menggunakan kolektor gas.



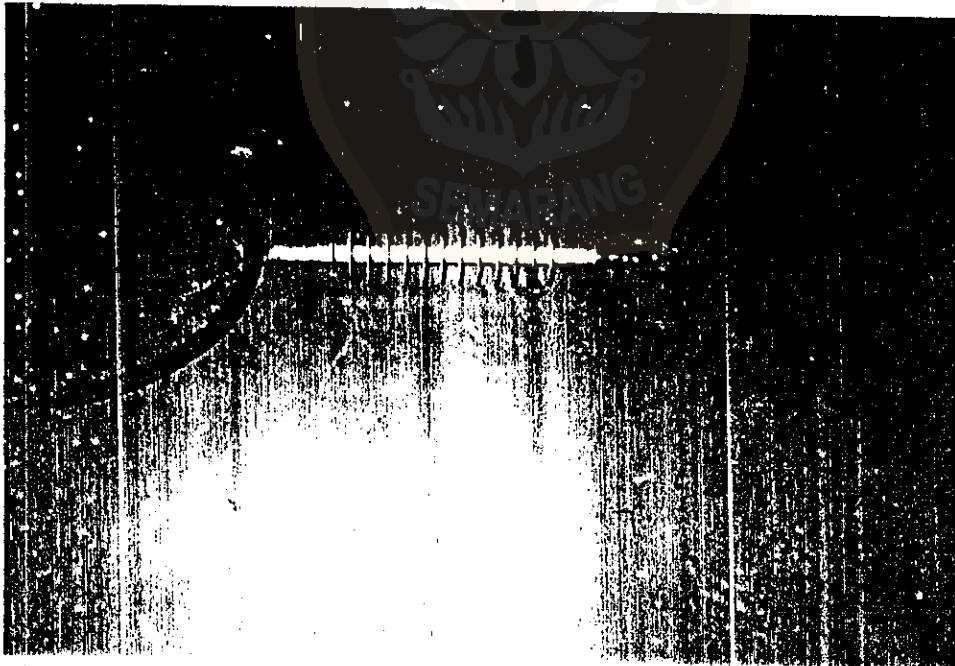
Gambar 10. Ayakan 60 dan 200 mesh



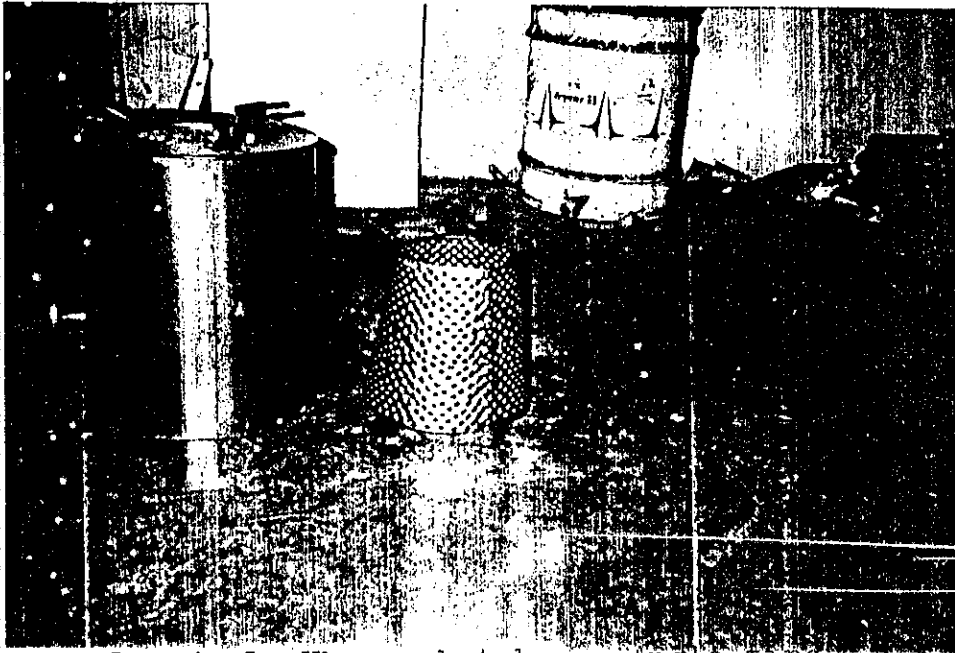
Gambar 11. Drying Oven



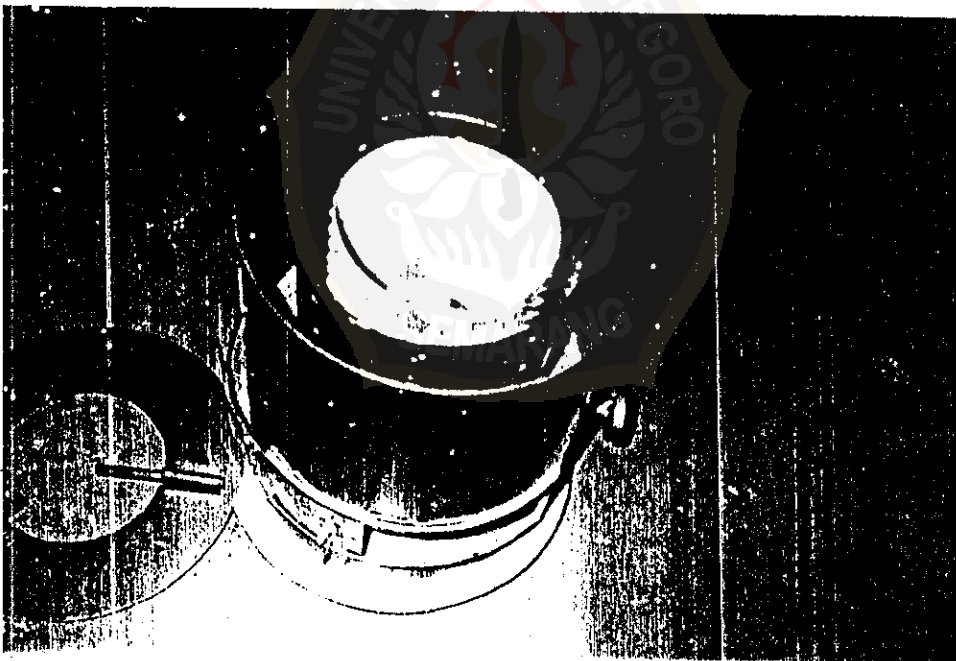
Gambar 12. Pellet Press



Gambar 13. Kolektor Gas

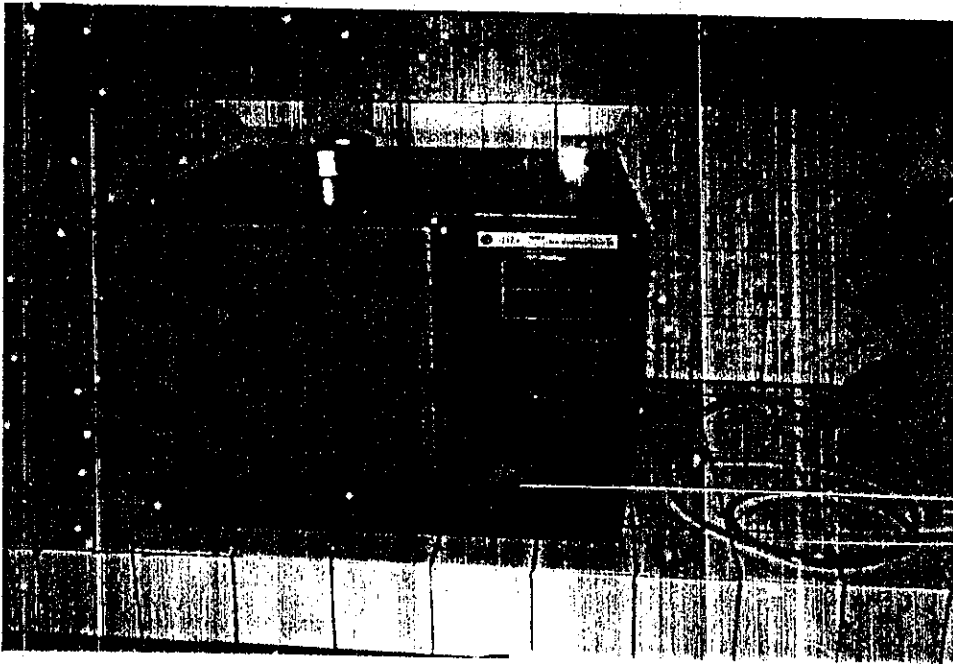


Gambar 14. Anglo Khusus batubara, Anglo tipe kerucut

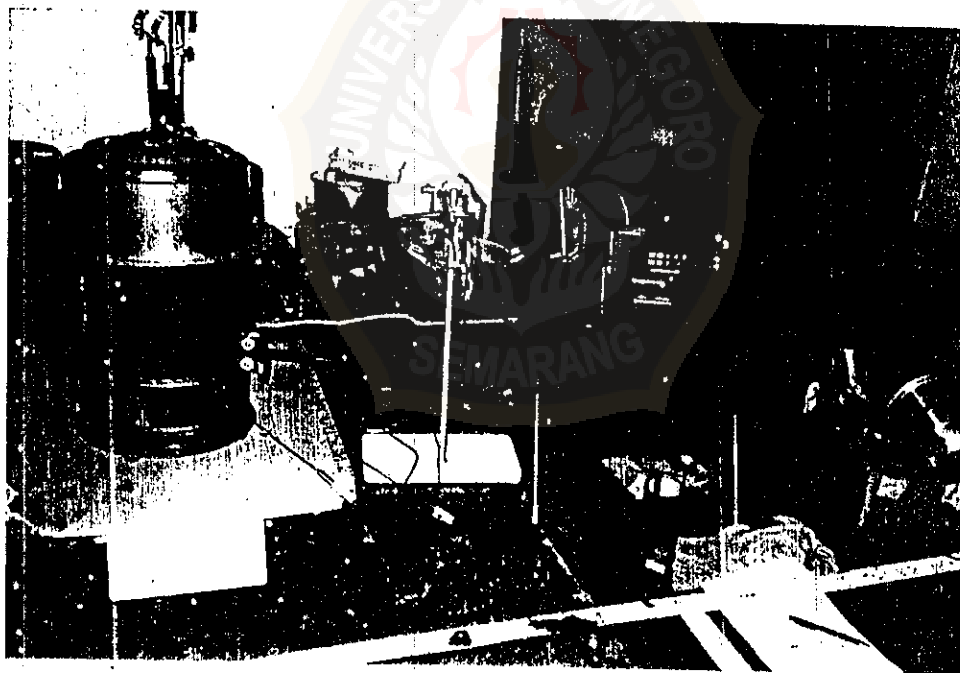


Gambar 15. Anglo Khusus Batubara tipe selinder

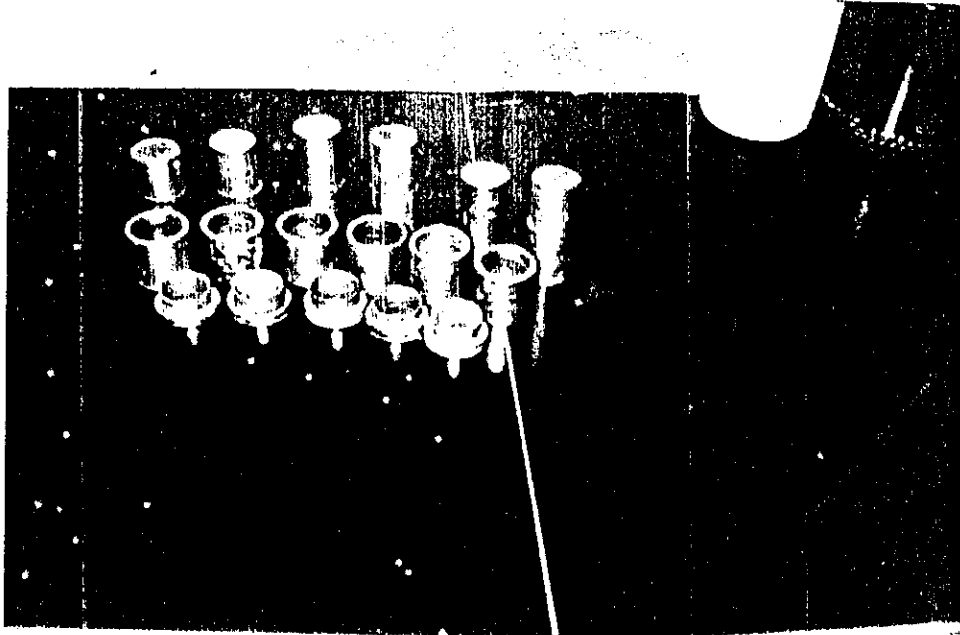




Gambar 16. Drying Oven Fisher Scientific



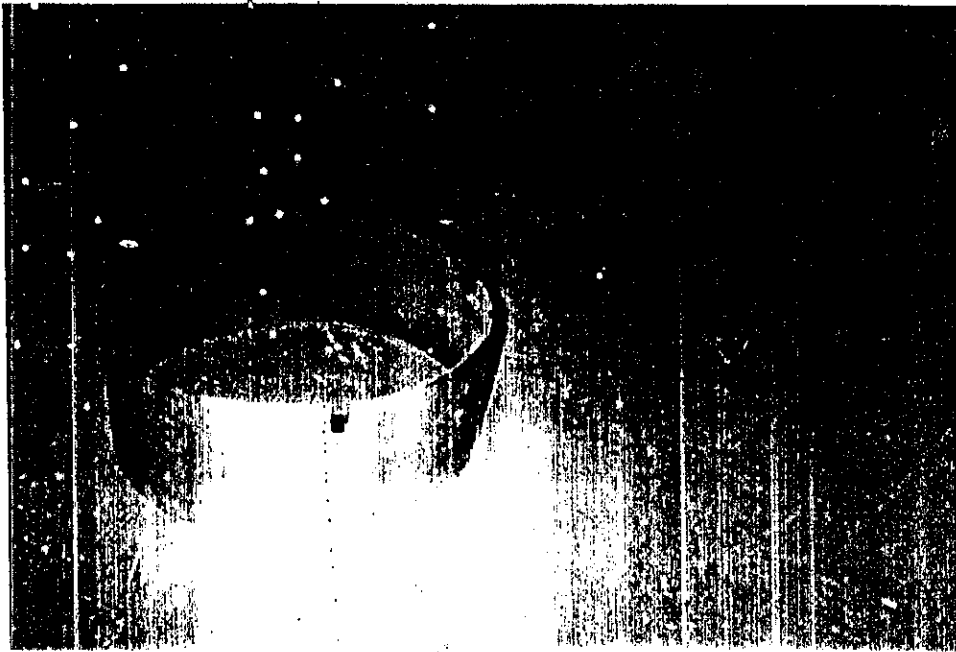
Gambar 17. Instrumen pada pengujian Efisiensi termal terdiri dari data logger, timbangan lab. dan timbangan dengan daya timbang 34 kg.



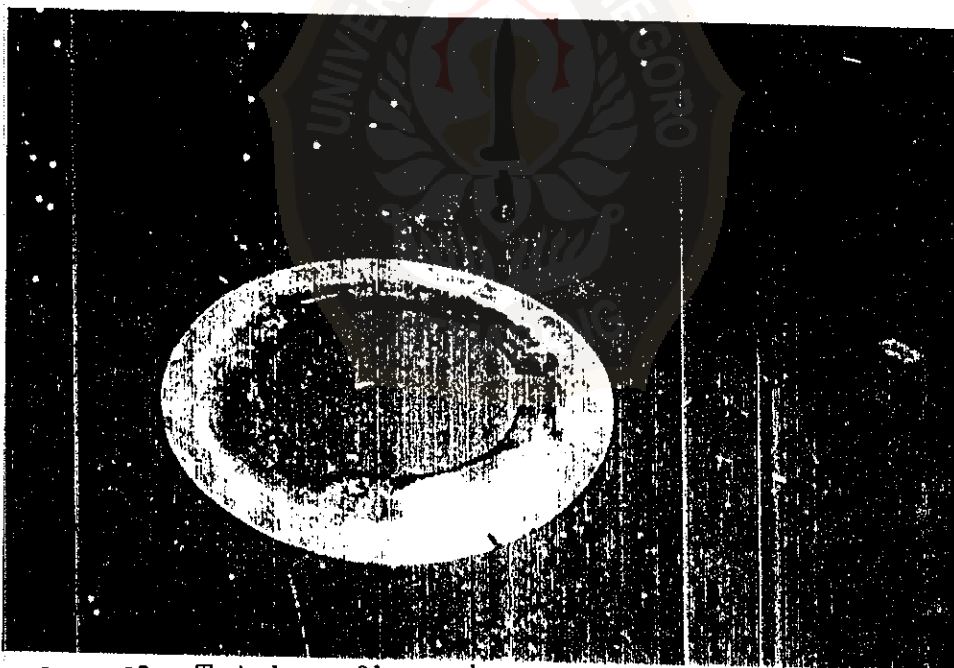
Gambar 18. Cetakan briket tipe telur



Gambar 19. Briket tipe telur



Gambar 20. Fire ring



Gambar 21. Tatakan fire ring