

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Menentukan Besarnya setting arus/tegangan yang Optimum Terhadap partikel debu yang dihasilkan

Untuk menganalisa besarnya setting arus yang optimum terhadap partikel debu yang dihasilkan perlu diketahui beberapa parameter yang menjadi acuan sebelum menentukan tegangan tersebut. Diantaranya efisiensi ESP aktual, kondisi material, kecepatan rotary kiln, dan abu yang tertangkap setiap *field*. Untuk itu perlu adanya data dari masing-masing parameter berdasarkan survey dan pengukuran yang dilakukan pada ESP RK-3 dan RK-4.

##### 4.1.1 Tegangan dan Arus *Setting* pada ESP

Berdasarkan data yang didapat dari hasil survey yang dilakukan, besar tegangan dan arus setting pada ESP RK-3 dan RK-4

Tabel 4.1 Kapasitas Tegangan dan Arus *Setting* pada ESP

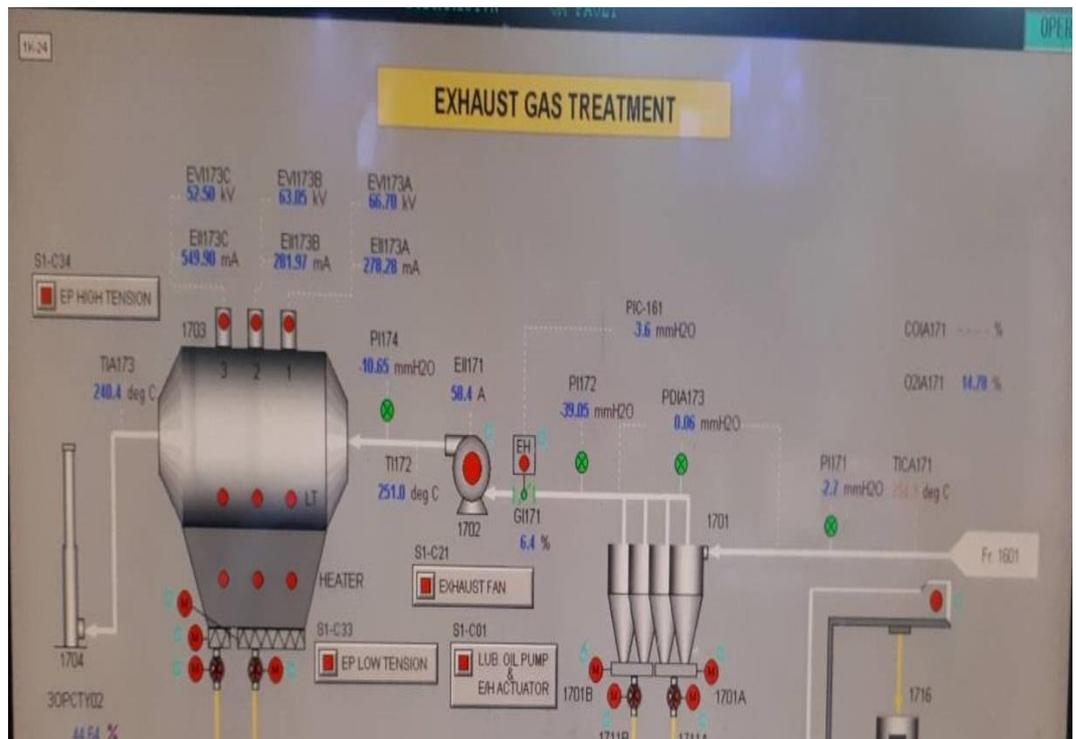
ESP	Field	Tegangan (KV)	Arus (mA)
ESP RK-3	1	110	900
	2	110	900
	3	110	900
ESP RK-4	1	110	900
	2	110	900
	3	110	900

Dimana tegangan 110 kV merupakan tegangan maksimum pada transformator

#### 4.1.2 Sistematika Pengukuran Debu menggunakan DCS

Untuk mengukur/mengamati banyaknya debu yang tertangkap dan efisiensi yang terukur dapat dilakukan di operator station. Operator station merupakan tempat dimana user melakukan pengawasan atau monitoring proses yang berjalan. Operator station digunakan sebagai interface dari sistem secara keseluruhan yang biasa juga disebut HMI (*Human Machine Interface*). Bentuk HMI berupa komputer biasa yang dapat mengambil data dari control station. Operator station dapat memunculkan variable proses, parameter control, dan alarm yang digunakan user untuk mengambil status operasi. Operator station juga dapat digunakan untuk menampilkan trend data, messages, dan data proses.

Untuk monitoring ESP pada *Rotary Kiln 3* dan 4 tampilan data proses dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.1 Tampilan skema ESP RK-3

Dari gambar 4.1 dapat dilihat, debu yang terbentuk dari hasil produksi di rotary kiln-3 pertama-tama akan masuk melewati *multicyclone*. Pada

*multicyclone* debu-debu kasar dari hasil produksi pada *rotary kiln* akan jatuh dan kemudian di angkut menuju tempat penampungan debu (Silo) dengan menggunakan chain conveyor. Selanjutnya debu-debu yang lebih halus akan diteruskan menuju ke *exhaust fan*. *Exhaust fan* disini berfungsi untuk menyedot dan menghembuskan debu menuju ESP. Debu yang tertangkap pada ESP akan ditampung di hopper dan kemudian diangkat menggunakan *scru conveyor* menuju ke *Dust bin*. Di *dust bin* terdapat timbangan yang berfungsi untuk mengukur banyaknya debu yang tertangkap oleh ESP. Hasil pengukuran dari timbangan di dust bin ini dapat langsung di lihat pada HMI pada ruang operator.



Gambar 4.2 Limit RK-3

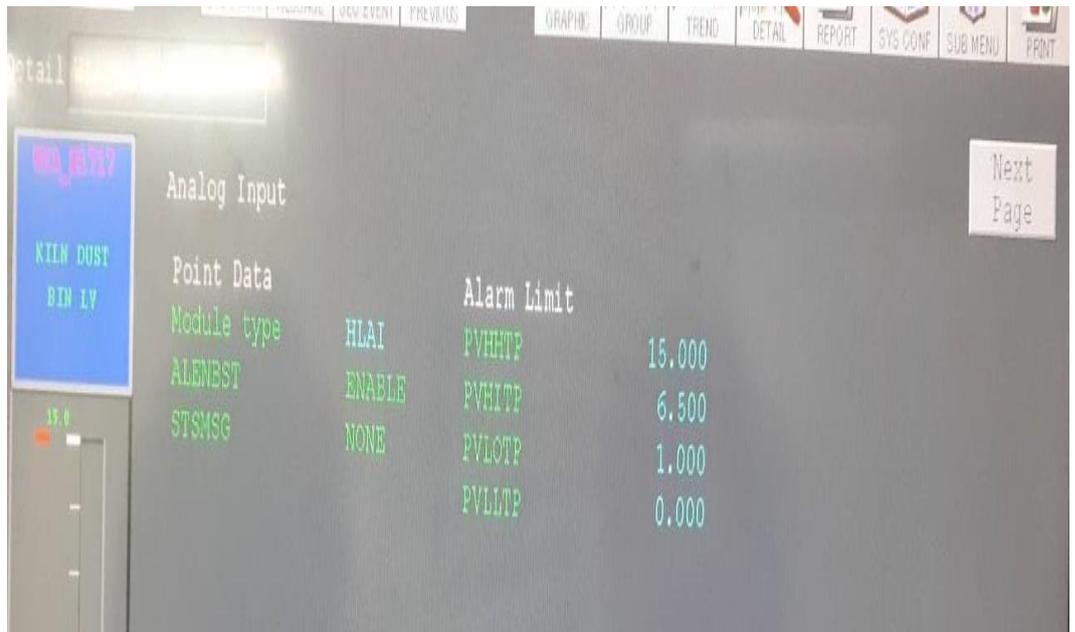
Pada Dust bin RK-3 terdapat suatu limit yang merupakan batasan debu yang dapat ditampung pada Dust bin. Pada gambar 4.2 dapat dilihat, ada nilai untuk HLAI yaitu ENABLE dan NONE. Nilai ENABLE berarti batas maksimum yang dapat ditampung pada Dust bin sedangkan, nilai NONE berarti batasan minimum untuk dust bin, akan tetapi batasan minimum tersebut tidak mutlak, yang artinya dust bin dapat dikosongkan melebihi batas

minimum tersebut. Dari data proses tersebut dapat dilihat batas maximum dust bin di RK-3 yaitu 10 ton dan batas minimumnya 5 ton.



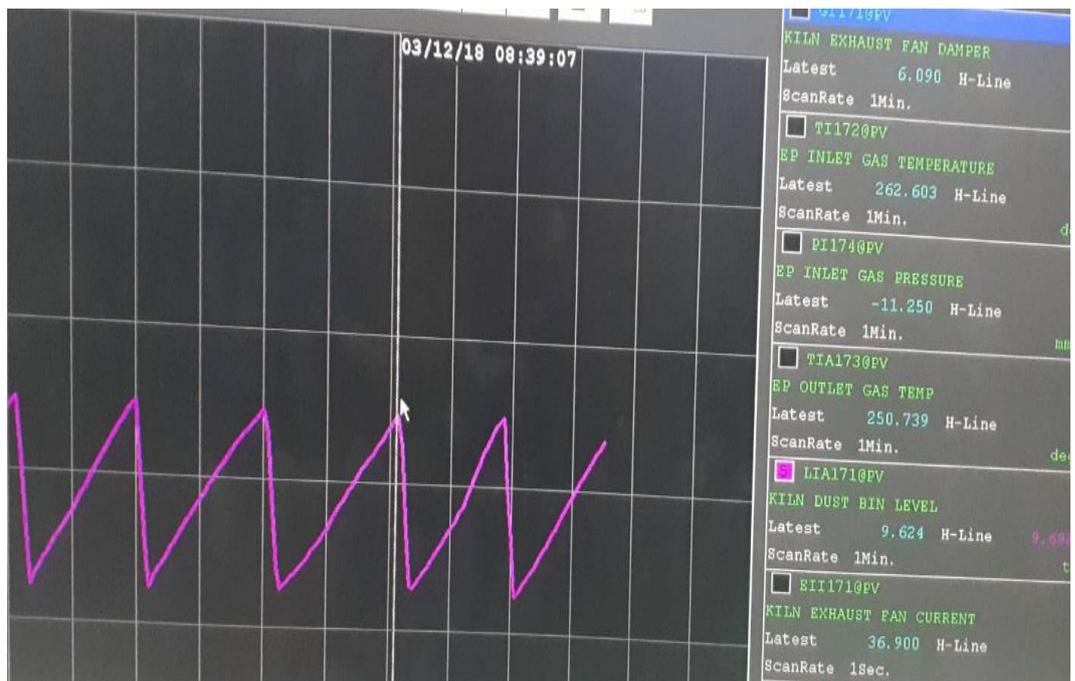
Gambar 4.3 Tampilan skema ESP RK-4

Sedikit berbeda dengan proses penangkapan debu pada RK-3, pada RK-4 Exhaust fan berada setelah ESP sedangkan pada RK-3 *Exhaust fan* berada sebelum ESP. Exhaust fan pada RK-4 berfungsi untuk menghebuskan sisa debu yang dilewatkan oleh ESP menuju ke *stack*



Gambar 4.4 Limit RK-4

Pada gambar 4.4 dapat dilihat limit atau batasan maximum dan minimum pada RK-4 lebih kecil dibanding dengan RK-3. Batasan maximum pengisian dust bin untuk RK-4 yaitu 6.5 ton dan batasan minimumnya 1 ton.



Gambar 4.5 Monitoring debu yang tertangkap oleh ESP

### 4.1.3 Tegangan dan Arus Aktual pada ESP dan banyaknya debu yang tertangkap

#### 1. Tegangan dan Arus aktual di RK-3

Adapun nilai tegangan dan arus aktual yang ada disetiap *field* ESP dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Tegangan dan Arus aktual di RK-3

No	ESP	Room	Arus <i>Setting</i> (mA)	Arus Aktual (mA)	Tegangan (KV)
1	ESP Kiln- 3	1	250	250	68
		2	300	300	52.5
		3	400	238	51.3

Dimana efisiensi tegangan aktual setiap *field* adalah:

$$\text{Eff} = \frac{V_{\text{aktual}}}{V_{\text{setting}}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

#### 2. Banyaknya debu yang tertangkap

Kapasitas penampungan pada Dust Bin di RK-3 adalah 10 ton dan *charge input* material 90 ton. Hasil pengukuran debu yang tertangkap yaitu :

Tabel 4.3 Pengukuran debu yang tertangkap di RK-3

No	Tanggal Pengukuran	Waktu Pengukuran	Isi dalam Bin (Ton)
1	03/12/2018	04.23	9.694
		04.57	5.054
		08.39	9.696
		09.07	5.216
		12.07	9.820
		12.33	5.022
		15.35	9.52

### 3. Tegangan dan arus aktual di ESP RK-4

Adapun nilai tegangan dan arus aktual yang ada disetiap *field* ESP dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Tegangan dan Arus aktual di RK-4

No	ESP	Room	Arus <i>Setting</i> (mA)	Arus Aktual (mA)	Tegangan (KV)
1	ESP Kiln-4	1	300	300	53
		2	200	200	53.5
		3	250	250	50

Dimana efisiensi tegangan aktual setiap *field* adalah:

$$\text{Eff} = \frac{V_{\text{aktual}}}{V_{\text{setting}}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

### 4. Banyaknya debu yang tertangkap di ESP RK-4

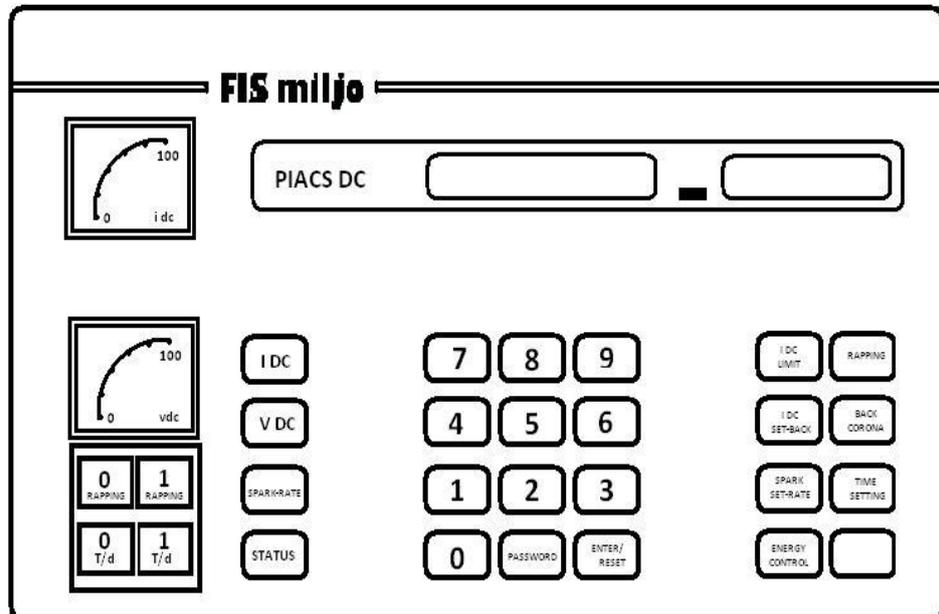
Kapasitas penampungan pada Dust Bin di RK-4 adalah 6.5 ton dan *charge input* material 90 ton. Hasil pengukuran debu yang tertangkap yaitu

Tabel 4.5 Pengukuran debu yang tertangkap di RK-4

No	Tanggal Pengukuran	Waktu Pengukuran	Isi dalam Bin (Ton)
1	03/13/2018	04.25	2.959
		06.00	4.006
		06.57	0.669
		08.22	5.604
		09.35	0.722
		10.52	5.008
		11.43	1.168
		12.58	6.355

## 4.2 Penyettingan pada Sistem PIACS DC

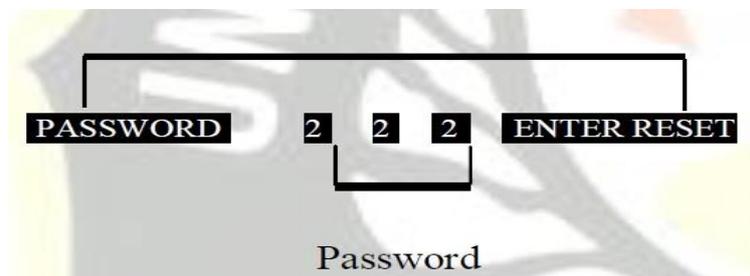
### 1. Akses PIACS DC



Gambar 4.6 Papan tombol dan *interface* PIACS DC.

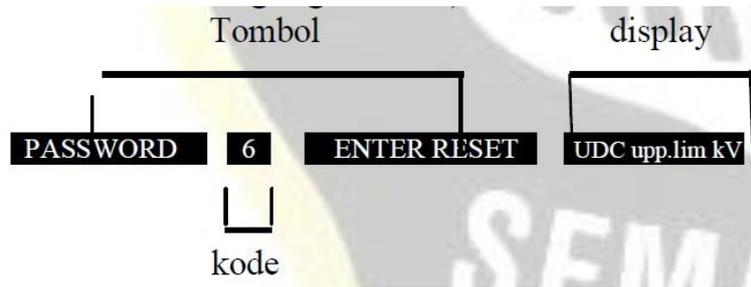
Parameter dibagi dalam dua tingkat akses:

- Level 1 dapat ditunjukkan dan diubah tanpa menggunakan kata kunci (*password*)
- Level 2 hanya dapat ditunjukkan dalam jalan biasa. Untuk mengubah perlu memasukkan kata kunci 222 seperti ditunjukkan di bawah ini :



Gambar 4.7 Langkah untuk parameter level 2

Parameter lain (level 3) sebagai cadangan untuk FLS miljΦ dan dipanggil dengan memasukkan kode seperti ditunjukkan pada contoh berikut (display dari batas regangan lebih).



Gambar 4.8 Langkah untuk parameter level 3

#### 4.2.1 *Setting* pada Operasi DC (HV)

Operasi DC sesuai dengan keadaan dimana thyristor ditembakkan dalam setiap satu setengah siklus pada garis frekuensi.

##### 4.2.1.1 Operasi DC tanpa *Back Corona*

Prinsip Dasar Pengaturan :

- Arus *precipitator* harus setinggi mungkin untuk memperoleh efisiensi pengumpulan yang optimal.
- Jika emisi debu rendah, level dapat diset dan arus dapat dikurangi.
- Nilai percikan yang disesuaikan secara normal harus rendah.
- Arus *set-back* harus kecil.

Pengaturan pada Operasi DC tanpa back corona:

- *I DC Limit*
- *Set – Back*
- *Spk Set Rt*
- *t-Quench*
- *t-Recovery*
- *t-FastRamp*

#### **4.2.1.2 Operasi DC dengan *Back Corona***

Ketika *back corona* terjadi, operasi DC tidak dianjurkan. Operasi *Energy Control (EC)* dianjurkan sebagai gantinya, mode operasi ini secara normal menghasilkan efisiensi pengumpulan lebih tinggi.

Metode yang dianjurkan untuk mendeteksi *back corona* selama operasi DC adalah pengukuran dari karakteristik arus tegangan, dimana kepadatan arus (mA / m<sup>2</sup>) direncanakan sebagai fungsi dari *trough value* dalam tegangan *Precipitator*. Jika bentuk kurva adalah vertikal atau negatif, mengindikasikan adanya *back corona*. Penggunaan dari *trough value* memberi indikasi lebih tepat dibanding sebelumnya, berdasar nilai rata – rata.

#### **4.2.2 Setting pada Operasi *EC (Energy Control)***

Dalam model operasi ini thyristor secara normal ditembakkan ke dalam satu setengah siklus garis frekuensi dan setelah itu menjaga jumlah nomor tertentu yang diblok pada setengah siklus. Model operasi ini disebut dengan “*intermittent energization*”.

##### **4.2.2.1 Operasi EC dengan *Dust Resistivity Moderate***

Tidak adanya *back corona* pada operasi DC, bisa menjadi ide yang baik untuk mencoba operasi *EC* ketika penyimpanan daya dapat dicapai.

Aturan dasar yang menentukan :

- Arus *precipitator* harus tinggi. Bagaimanapun, jika diinginkan penyimpanan energi, arus mungkin dikurangi sepanjang emisi debu rendah pada *level* pengesetan.
- Nilai percikan yang disesuaikan harus lembut / lunak
- Arus set *back* setelah percikan harus kecil.

Derajat *intermittence (Nec)* harus lunak (*moderate*)

Pengaturan pada Operasi *EC* dengan *dust resistivity moderate*:

- ***I DC Limit***
- ***Set-Back***

- *Spk Set Rt*
- *Nec Min*

#### 4.2.2.2 Operasi *EC* dengan *Dust Resistivity Tinggi*

Aturan dasar Penyettingan :

- Arus *precipitator* harus cukup rendah untuk membatasi atau menghilangkan *back corona*. Oleh karena itu, digunakan derajat intermittence (*Nec*) yang tinggi.
- Pengurangan arus harus kecil.
- Nilai percikan (*spark*) harus moderat ke tinggi.

Pengaturan Operasi *EC* dengan *Dust Resistivity Tinggi*

- *IDC Limit*
- *Set – Back*
- *Spk Set Rt*
- *BC Measure dan BC Factor*

#### 4.2.3 *Setting* dengan Variasi / Perubahan Kondisi Operasi (*HV*)

Ketika kondisi operasi berubah sehingga normal dalam beberapa periode (tidak ada *back corona*) dan sulit dalam periode yang lain (*back corona*), dua solusi yang mungkin bisa digunakan :

- Pengaktifan detektor *back corona*
- Gunakan fungsi *HRM* (*HRM-function*)

Fungsi *HRM* adalah pilihan yang baik jika dua kondisi yang berbeda dapat ditandai dengan baik dalam parameter proses (contoh temperatur gas, keadaan pada *raw mill*, dan lainnya). Fungsi *HRM* digunakan dengan cara berikut :

Fungsi *HRM* harus diaktifkan melalui input INI, dan parameter alternatif ditetapkan sebagai berikut:

(*IDC rated* = 1200 mA)

Pengaturan normal

$I_{DC\ Limit} = 1000\ \text{mA}$

$Set-Back = 20\ \text{mA}$

$Spk\ Set\ Rt = 30\ /\ \text{menit}$

$t-Recovery = 50\ \text{ms}$

$Nec\ min = 1$

Pengaturan *HRM*

$HRM\ I\ Lim = 500\ \text{mA}$

$HRM\ Set\ Back = 10\ \text{mA}$

$HRM\ Spk\ Rt = 60\ /\ \text{menit}$

$HRM\ t-Rec = 50\ /\ \text{ms}$

#### 4.2.4 Setting pada *Rapping Control*

*PIACS DC* mengendalikan 2 pemilihan fungsi waktu. Pemilihan waktu fungsi 1 dan 2 digunakan secara normal untuk mengendalikan *rapping* pada *collecting system* dan *discharge system*, tetapi juga dapat digunakan untuk mengendalikan *vibrator* pada gas *distribution screen*. Pengaturan dari fungsi ini tergantung dari jenis pabrik atau proses.

Aturan dasar penyettingan :

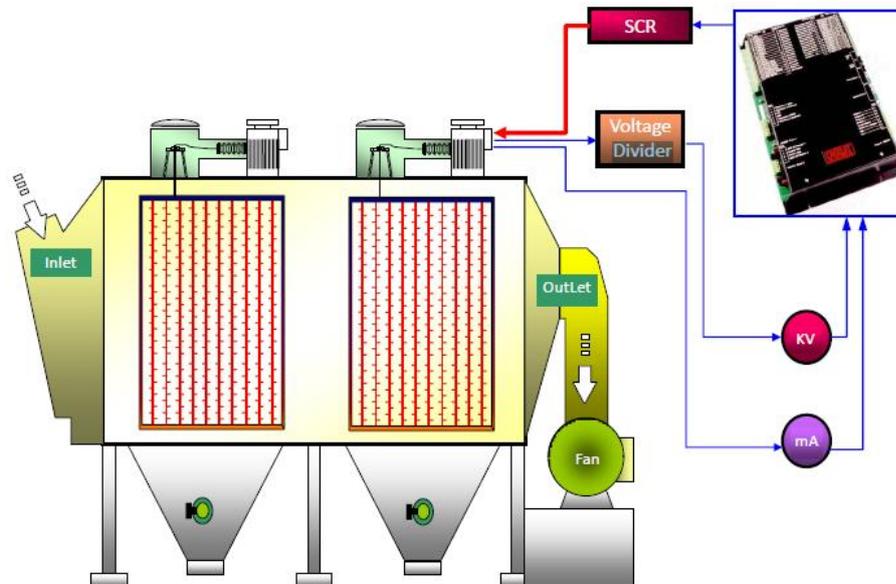
- *Rapping ON-time* harus sesuai dengan putaran *rapping shaft*
- *OFF-time* pada sistem pelepasan adalah sama untuk semua bidang. Secara normal 2 menit.

*OFF-time* pada sistem pengumpul adalah paling pendek di pintu masuk (*inlet*) dan mempunyai nilai yang lebih tinggi di bidang berikutnya, sesuai konsentrasi debu yang menurun.

#### 4.3 SCR Sebagai Pengatur Tegangan Masukan ESP

*Silicon Controlled Rectifier* merupakan alat semikonduktor empat lapis (PNPN) yang menggunakan tiga kaki yaitu anoda (*anode*), katoda (*cathode*), dan

gerbang (*gate* dalam operasinya). SCR adalah salah satu *thyristor* yang paling sering digunakan dan dapat melakukan penyaklaran untuk arus yang besar. Di dalam dunia industri, terdapat 3 metode dalam penggunaan SCR.



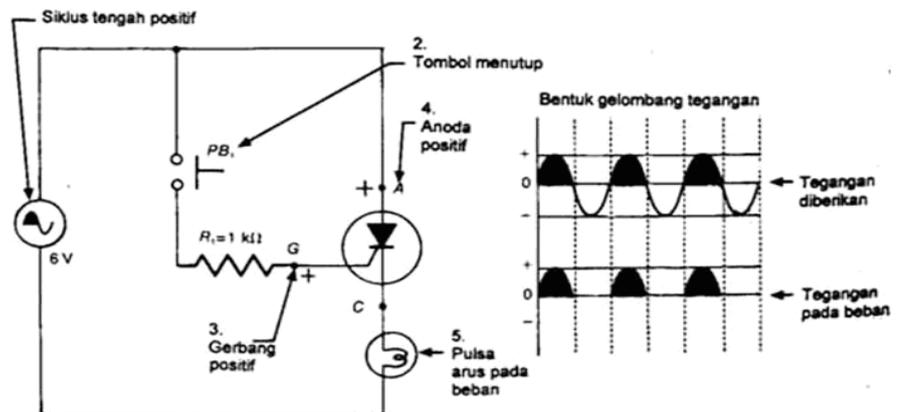
Gambar 4.9 ESP Control System

#### 4.3.1 Kondisi – kondisi dalam penggunaan SCR

Terdapat 3 jenis kondisi penggunaan SCR yang biasa terjadi di industri, yakni:

##### 1. Jika menggunakan 1 SCR

SCR dapat digunakan untuk penghubungan arus pada beban yang dihubungkan pada sumber AC. Karena SCR adalah penyearah, maka hanya dapat menghantarkan setengah dari gelombang input AC. Oleh karena itu, output maksimum yang diberikan adalah 50% bentuknya adalah bentuk gelombang DC yang berdenyut setengah gelombang.



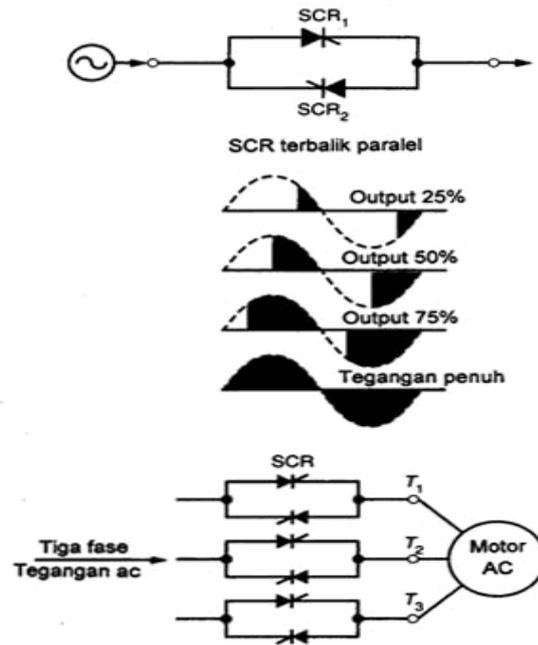
Gambar 4.10 SCR yang dioperasikan dari sumber AC

## 2. Jika menggunakan 1 SCR dan 1 dioda

Jika memakai 1 SCR dan 1 dioda, walaupun SCR belum di *trigger*, tetapi sudah mempunyai output 50% karena terdapat diode, oleh karena itu, SCR dapat mengontrol 50%-100%.

## 3. Jika menggunakan 2 SCR

Jika memakai 2 SCR, maka output bisa dikontrol penuh yakni 0%-100%. Ketika SCR dihubungkan pada sumber tegangan AC, SCR dapat juga digunakan untuk merubah atau mengatur jumlah daya yang diberikan pada beban. Pada dasarnya SCR melakukan fungsi yang sama seperti *rheostat*, tetapi SCR jauh lebih efisien.



Gambar 4.11 SCR sebagai pengatur tegangan

#### 4.4 Pengubahan data *setting* Arus pada PIACS DC dan banyaknya debu yang tertangkap

##### 1. Tegangan dan arus aktual di ESP RK-3 setelah *setting Charge Input* Material di Naikan

Tabel 4.6 Tegangan dan Arus aktual di RK-3 setelah *setting Charge Input* Material di Naikan

No	ESP	Room	Arus Setting (mA)	Arus Aktual (mA)	Tegangan (KV)
1	ESP Kiln-3	1	300	300	53.5
		2	350	350	49
		3	300	240	52.5

Dimana efisiensi tegangan aktual setiap *field* adalah:

$$Eff = \frac{V_{aktual}}{V_{setting}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

**2. Banyaknya debu yang tertangkap di ESP RK-3 setelah *setting Charge Input Material di Naikan***

Kapasitas penampungan pada Dust Bin di RK-3 adalah 10 ton dan charge input material 110 ton. Hasil pengukuran debu yang tertangkap yaitu

Tabel 4.7 Pengukuran debu yang tertangkap di RK-3 setelah *seting Charge Input Material di Naikan*

No	Tanggal Pengukuran	Waktu Pengukuran	Isi dalam Bin (Ton)
1	03/27/2018	03.16	7.280
		04.03	0.988
		07.52	9.820
		08.22	5.060
		10.25	9.672
		10.57	5.112
		13.21	9.864

**3. Tegangan dan arus aktual di ESP RK-4 setelah *setting Charge Input Material di Turunkan***

Tabel 4.8 Tegangan dan Arus aktual di RK-4 setelah *setting Charge Input Material di Turunkan*

No	ESP	Room	Arus Setting (mA)	Arus Aktual (mA)	Tegangan (KV)
1	ESP Kiln-3	1	300	300	47.5
		2	200	200	52
		3	250	250	48.5

Dimana efisiensi tegangan aktual setiap *field* adalah:

$$Eff = \frac{V_{aktual}}{V_{setting}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

**4. Banyaknya debu yang tertangkap di ESP RK-4 setelah *setting Charge Input Material di Turunkan***

Kapasitas penampungan pada Dust Bin di RK-4 adalah 6.5 ton dan charge input material 70 ton. Hasil pengukuran debu yang tertangkap yaitu

Tabel 4.9 Pengukuran debu yang tertangkap di RK-4 setelah *setting Charge Input Material di Turunkan*.

No	Tanggal Pengukuran	Waktu Pengukuran	Isi dalam Bin (Ton)
1	03/22/2018	09.28	0.811
		10.13	1.509
		10.45	0.861
		11.36	2.056
		13.29	0.762
		14.16	3.408
		14.57	0.716
		16.06	6.453

**5. Tegangan dan Arus aktual di ESP RK-3 setelah *setting Arus di Naikan***

Tabel 4.10 Tegangan dan Arus aktual di RK-3 setelah *setting Arus di Naikan*

No	ESP	Room	Arus Setting (mA)	Arus Aktual (mA)	Tegangan (KV)
1	ESP Kiln-3	1	350	350	53
		2	400	400	51.5
		3	350	240	52.5

Dimana efisiensi tegangan aktual setiap *field* adalah:

$$Eff = \frac{V_{aktual}}{V_{setting}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

**6. Banyaknya Debu yang tertangkap di ESP RK-3 setelah *setting* Arus di Naikan**

Kapasitas penampungan pada Dust Bin di RK-3 adalah 10 ton dan charge input material 90 ton. Hasil pengukuran debu yang tertangkap yaitu

Tabel 4.11 Pengukuran debu yang tertangkap di RK-3 setelah *setting* arus di naikan.

No	Tanggal Pengukuran	Waktu Pengukuran	Isi dalam Bin (Ton)
1	03/26/2018	04.33	5.104
		07.14	9.709
		07.45	5.037
		10.28	9.748
		11.00	5.112
		13.37	9.754
		14.07	5.051

**7. Tegangan dan Arus aktual di ESP RK-4 setelah *setting* Arus di Naikan**

Tabel 4.12 Tegangan dan Arus aktual di RK-4 setelah *setting* Arus di Naikan

No	ESP	Room	Arus Setting (mA)	Arus Aktual (mA)	Tegangan (KV)
1	ESP Kiln-4	1	350	350	52.5
		2	250	250	50.5
		3	300	300	53.5

Dimana efisiensi tegangan aktual setiap *field* adalah:

$$Eff = \frac{V_{aktual}}{V_{setting}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

**8. Banyaknya Debu yang tertangkap di ESP RK-4 setelah *setting* Arus di Naikan**

Kapasitas penampungan pada Dust Bin di RK-4 adalah 6.5 ton dan charge input material 90 ton. Hasil pengukuran debu yang tertangkap yaitu

Tabel 4.13 Pengukuran debu yang tertangkap di RK-4 setelah *setting* arus di naikan.

No	Tanggal Pengukuran	Waktu Pengukuran	Isi dalam Bin (Ton)
1	03/28/2018	05.12	5.523
		06.44	4.402
		07.39	0.772
		09.00	5.657
		10.12	0.831
		11.30	5.463
		12.40	0.789

**4.5 Perhitungan Tegangan transformator**

Rumus perhitungan transformator :  $\frac{VP \times IP}{mA} \times 0,7$ .....(4)

**1. Perhitungan tranformator RK-3 dengan *setting* awal**

Dari tabel 4.2 dan data dari tranformator dapat dihitung tegangan pada trafo

Data-data spesifikasi untuk *Field* 1

- Tegangan primer (Vp) = 215 Volt
- Arus sekunder (Ip) = 113 Ampere
- M ampere (mA) = 250 mA

$$V_{sett} = \frac{215 V \times 113 A}{250 mA} \times 0,7$$

Sehingga di peroleh hasil perhitungan sebesar 68.026 kV

Data-data spesifikasi untuk Field 2

Tegangan primer (Vp)	= 205 Volt
Arus sekunder (Ip)	= 103 Ampere
M ampere (mA)	= 300 mA

$$V_{\text{sett}} = \frac{205 \text{ V} \times 103 \text{ A}}{300 \text{ mA}} \times 0,7$$

Sehingga di peroleh hasil perhitungan sebesar 49.26 kV

Data-data spesifikasi untuk Field 3

Tegangan primer (Vp)	= 230 Volt
Arus sekunder (Ip)	= 115 Ampere
M ampere (mA)	=400 mA

$$V_{\text{sett}} = \frac{230 \text{ V} \times 115 \text{ A}}{400 \text{ mA}} \times 0,7$$

Sehingga di peroleh hasil perhitungan sebesar 46.28 kV

**2. Perhitungan tranformator RK-4 dengan setting awal**

Dari tabel 4.4 dan data dari tranformator dapat dihitung tegangan pada trafo

Data-data spesifikasi untuk Field 1

Tegangan primer (Vp)	= 212 Volt
Arus sekunder (Ip)	= 107 Ampere
M ampere (mA)	= 300 mA

$$V_{\text{sett}} = \frac{212 \text{ V} \times 107 \text{ A}}{300 \text{ mA}} \times 0,7$$

Sehingga di peroleh hasil perhitungan sebesar 52.92 kV

Data-data spesifikasi untuk Field 2

Tegangan primer (Vp) = 194 Volt  
Arus sekunder (Ip) = 79 Ampere  
M ampere (mA) = 200 mA

$$V_{\text{sett}} = \frac{194 \text{ V} \times 79 \text{ A}}{200 \text{ mA}} \times 0,7$$

Sehingga di peroleh hasil perhitungan sebesar 53.64 kV

Data-data spesifikasi untuk Field 3

Tegangan primer (Vp) = 195 Volt  
Arus sekunder (Ip) = 89 Ampere  
M ampere (mA) = 250 mA

$$V_{\text{sett}} = \frac{195 \text{ V} \times 89 \text{ A}}{250 \text{ mA}} \times 0,7$$

Sehingga di peroleh hasil perhitungan sebesar 48.59 kV

Tabel 4.14 Perbandingan antara nilai perhitungan dengan nilai yang tertera

No	ESP	Field	Hasil Perhitungan	Nilai yang tertera pada PIACS DC
1	ESP RK-3	1	68.026 kV	68 kV
		2	49.26 kV	52.5 kV
		3	46.28 kV	51.3 kV
2	ESP RK-4	1	52.92 kV	53 kV
		2	53.64 kV	53.5 kV
		3	48.59 kV	50 kV

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa dari hasil perhitungan dengan nilai yang tertera pada PIACS DC, terdapat perbedaan. Penyebab

perbedaan tersebut karena *Electrostatic Precipitator* beserta alat kontrolnya belum di kalibrasi..

Jadi untuk mengatur tegangan masukan ESP, yakni dengan mengatur nilai SCR yang diinginkan. *Firing Angle* adalah sudut yang mengatur berapa tegangan yang diinginkan. Contohnya, operator menginginkan tegangan masukan ESP sebesar 50% dari 110 kV, karena posisi debu yang tidak terlalu banyak. Dengan menggunakan 2 SCR, maka tegangan dapat diatur 0% - 100%. Operator akan mengatur *Firing Angle* berada di titik 90°, karena untuk penuh setengah gelombang yakni 180°. Namun dalam tampilan layar kontrol, yang terlihat adalah waktu *delay*. Jadi sudut akan dikonversikan ke waktu *delay*. Perbandingannya seperti berikut untuk 1 gelombang jika frekuensi normal 50 hZ.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{50 \text{ hZ}} = 20 \text{ ms}$$

Jadi perbandingannya :  $180^\circ = 20 \text{ ms}$

$$90^\circ = 10 \text{ ms}$$

Jadi ketika tegangan yang diinginkan hanya setengah dari 110 kV (50%), maka operator akan mensetting di dalam layar kontrol yakni berupa delay 10 ms, agar tegangan operasi ESP sekitar 55 kV.

Contoh Perhitungan.

nilai yang tertera pada panel ESP yakni 52.5 kV. Berapa persen dan berapa delay yang disetting pada ESP?

Berlaku Perbandingan : 100% - 0%

$$0 \text{ ms} - 10 \text{ ms}$$

$$0^\circ - 180^\circ$$

$$V_{\max} = \frac{V_{\text{sett}}}{V_{\text{inp}}} \times 100\%$$

$$\frac{52.5\text{kVdc}}{110\text{ kVdc}} \times 100\% = 47.72\%$$

Maka operator akan mengonfigurasi 47.72 % dari tegangan maksimal 110 kV

$$\text{Sudut phase} = \frac{\text{sudut fase}-0}{0-100\%} (\text{sett} - 100) + 0$$

$$Y = \frac{180-0}{0-100} (47.72 - 100) + 0$$

$$= \frac{180}{-100} \times (-52.28) + 0$$

$$= 94.1^\circ$$

Maka operator akan mensetting *firing angle* (sudut phase) derajatnya yakni 94,1°

$$\text{Delay} = \frac{\text{time}-0}{180-0} (\text{firing angle})$$

$$Y = \frac{15-0}{180-0} (94.1^\circ)$$

$$= 7.8\text{ ms}$$

Maka *delay* yang di *setting* yakni 7.8 ms

#### 4.6 Perhitungan efisiensi Tegangan Aktual dan banyaknya debu yang tertangkap per satuan jam

##### 1. Perhitungan Efisiensi Tegangan aktual pada RK-3

Dari tabel 4.2 dapat dihitung efisiensi tegangan aktual pada setiap *field* dengan persamaan;

$$\text{Eff} = \frac{V_{\text{aktual}}}{V_{\text{setting}}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

-Tegangan Aktual setiap *field* : *Field* 1 =68 kv

*Field* 2=52.5 kv

$$\text{Field 3} = 51.3\text{kv}$$

-Efisiensi Tegangan

- Eff *Field 1* =  $\frac{68\text{ kV}}{110\text{ kV}} \times 100\% = 61.8\%$
- Eff *Field 2* =  $\frac{52.5\text{ kV}}{110\text{ kV}} \times 100\% = 47.7\%$
- Eff *Field 3* =  $\frac{51.3\text{ kV}}{110\text{ kV}} \times 100\% = 46.6\%$

## 2. Perhitungan rata-rata debu yang tertangkap per satuan jam

Dari data setting arus pada tabel 4.3 dan data dari *dust bin* pada DCS dapat dihitung rata-rata debu yang tertangkap persatuan jam dengan persamaan;

$$\text{Rata-rata debu} = \text{isi bin akhir} - \text{isi bin awal} \times \frac{60\text{ menit}}{\text{lama pengisian bin (menit)}}$$

Maka :

1). Waktu pengosongan debu dalam *Dust Bin* ;

- Pukul 04.23 s/d 04.57 sebanyak 9.694 ton – 5.054 ton=4.640 ton
- Pukul 08.39 s/d 09.07 sebanyak 9.696 ton – 5.216 ton=4.480 ton
- Pukul 12.07 s/d 12.33 sebanyak 9.820 ton – 5.022 ton=4.798 ton

2). Rata-rata debu yang tertangkap per jam ;

- Pukul 04.57 s/d 08.39 isi bin 5.054 ton menjadi 9.696 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 9.696 - 5.054 \times \frac{60\text{ menit}}{222\text{ menit}} = 4.642 \times 0.27 = 1.253\text{ ton/jam}$$

- Pukul 09.07 s/d 12.07 isi dalam bin 5.216 ton menjadi 9.820 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 9.820 - 5.216 \times \frac{60\text{ menit}}{180\text{ menit}} = 4.604 \times 0.33 = 1.52\text{ ton/jam}$$

Efisiensi yang ditampilkan pada DCS sebesar 56.34 %, berarti debu yang tidak tertangkap sekitar 43.5%. Sehingga rata-rata debu yang tidak tertangkap yaitu ;

- Total debu yang masuk

1.  $\frac{1.253}{0.5634} = 2.22 \text{ ton/jam}$
2.  $\frac{1.52}{0.5634} = 2.69 \text{ ton/jam}$
3.  $\frac{1.55}{0.5634} = 2.75 \text{ ton/jam}$

➤ Rata-rata debu yang terlepas

1.  $\text{ton/jam} \times 0.435 = 0.965 \text{ ton/jam}$
2.  $\text{ton/jam} \times 0.435 = 1.17 \text{ ton/jam}$
3.  $\text{ton/jam} \times 0.435 = 1.196 \text{ ton/jam}$

### 3. Perhitungan Efisiensi Tegangan aktual pada RK-4

Dari tabel 4.4 dapat dihitung efisiensi tegangan aktual pada setiap *field* dengan persamaan;

$$\text{Eff} = \frac{V_{\text{aktual}}}{V_{\text{setting}}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

-Tegangan Aktual setiap *field* : *Field* 1 =53 kv

*Field* 2 =53.5 kv

*Field* 3 =50 kv

-Efisiensi Tegangan

- $\text{Eff Field 1} = \frac{53kV}{110kV} \times 100\% = 48.1\%$
- $\text{Eff Field 2} = \frac{53.5kV}{110kV} \times 100\% = 48.6\%$
- $\text{Eff Field 3} = \frac{50kV}{100kV} \times 100\% = 45.4\%$

### 4. Perhitungan rata-rata debu yang tertangkap per satuan jam pada RK-4

Dari data setting arus pada tabel 4.5 dan data dari dust bin pada DCS dapat dihitung rata-rata debu yang tertangkap persatuan jam dengan persamaan

$$\text{Rata-rata debu} = \text{isi bin akhir} - \text{isi bin awal} \times \frac{60 \text{ menit}}{\text{lama pengisian bin (menit)}}$$

Maka :

1). Waktu pengosongan debu dalam *Dust Bin* ;

- Pukul 06.00 s/d 06.57 sebanyak 4.006 ton – 0.669 ton=3.337 ton
- Pukul 08.22 s/d 09.35 sebanyak 5.604 ton – 0.722 ton=4.882 ton
- Pukul 10.52 s/d 11.43 sebanyak 5.008 ton – 1.168 ton=3.84 ton

2). Rata-rata debu yang tertangkap per jam ;

- Pukul 04.25 s/d 06.00 isi bin 2.959 ton menjadi 4.006 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 4.006 - 2.959 \times \frac{60 \text{ menit}}{95 \text{ menit}} = 1.047 \times 0.63 = 0.659 \text{ ton/jam}$$

- Pukul 06.57 s/d 08.22 isi bin 0.669 ton menjadi 5.604 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 5.604 - 0.669 \times \frac{60 \text{ menit}}{85 \text{ menit}} = 4.935 \times 0.7 = 3.454 \text{ ton/jam}$$

- Pukul 09.35 s/d 10.52 isi bin 0.722 ton menjadi 5.008 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 5.008 - 0.722 \times \frac{60 \text{ menit}}{77 \text{ menit}} = 4.286 \times 0.78 = 3.313 \text{ ton/jam}$$

Efisiensi yang ditampilkan pada DCS sebesar 180 mg/Nm<sup>3</sup> / 190 mg/Nm<sup>3</sup> x 100% = 0.947 x 100% = **94.7 %**

Efisiensi yang ditampilkan pada DCS sebesar 94.7 %, berarti debu yang tidak tertangkap sekitar 5.3 %. Sehingga rata-rata debu yang tidak tertangkap yaitu ;

- Total debu tertangkap saat efisiensi 100%

1.  $\frac{0.659}{0.947} = 0.695 \text{ ton/jam}$

2.  $\frac{3.454}{0.947} = 3.647 \text{ ton/jam}$

3.  $\frac{3.313}{0.947} = 3.498 \text{ ton/jam}$

- Rata-rata debu yang terlepas
  1.  $0.695 \text{ ton/jam} \times 0.053 = 0.0368 \text{ ton/jam}$
  2.  $\text{ton/jam} \times 0.053 = 0.193 \text{ ton/jam}$
  3.  $\text{ton/jam} \times 0.053 = 0.185 \text{ ton/jam}$

**5. Perhitungan Efisiensi Tegangan aktual pada RK-3 setelah setting Charge Input Material di Naikan**

Dari tabel 4.6 dapat dihitung efisiensi tegangan aktual pada setiap *field* dengan persamaan;

$$\text{Eff} = \frac{V_{\text{aktual}}}{V_{\text{setting}}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

- Tegangan Aktual setiap *field* : *Field 1* =53.5 kv  
*Field 2*=49 kv  
*Field 3* =52.5 kv

-Efisiensi Tegangan

- Eff *Field 1* =  $\frac{53.5kV}{110kV} \times 100\% = 48.6 \%$
- Eff *Field 2* =  $\frac{49kV}{110kV} \times 100\% = 44.5\%$
- Eff *Field 3* =  $\frac{52.5kV}{100kV} \times 100\% = 47.7\%$

**6. Perhitungan rata-rata debu yang tertangkap per satuan jam pada RK-3 setelah setting Charge Input Material di naikan**

Dari data setting arus pada tabel 4.7 dan data dari dust bin pada DCS dapat dihitung rata-rata debu yang tertangkap persatuan jam dengan persamaan

$$\text{Rata-rata debu} = \text{isi bin akhir} - \text{isi bin awal} \times \frac{60 \text{ menit}}{\text{lama pengisian bin (menit)}}$$

Maka :

- 1). Waktu pengosongan debu dalam *Dust Bin* ;
  - Pukul 03.16 s/d 04.03 sebanyak 7.280 ton – 0.988 ton=6.298 ton
  - Pukul 07.52 s/d 08.22 sebanyak 9.820 ton – 5.060 ton=4.760 ton

➤ Pukul 10.25 s/d 10.57 sebanyak 9.672 ton – 5.112 ton=4.560 ton

2). Rata-rata debu yang tertangkap per jam ;

➤ Pukul 04.03 s/d 07.52 isi bin 0.988 ton menjadi 9.820 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 9.820 - 0.988 \times \frac{60 \text{ menit}}{229 \text{ menit}} = 8.832 \times 0.26 = 2.296 \text{ ton/jam}$$

➤ Pukul 08.22 s/d 10.25 isi bin 5.060 ton menjadi 9.672 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 9.672 - 5.060 \times \frac{60 \text{ menit}}{123 \text{ menit}} = 4.612 \times 0.48 = 2.213 \text{ ton/jam}$$

➤ Pukul 10.57 s/d 13.21 isi bin 5.112 ton menjadi 9.864 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 9.864 - 5.112 \times \frac{60 \text{ menit}}{144 \text{ menit}} = 4.752 \times 0.42 = 1.995 \text{ ton/jam}$$

Efisiensi yang ditampilkan pada DCS sebesar 49.44 %, berarti debu yang tidak tertangkap sekitar 50.4%. Sehingga rata-rata debu yang tidak tertangkap yaitu ;

➤ Total debu yang masuk

1.  $\frac{2.296}{0.4944} = 4.644 \text{ ton/jam}$

2.  $\frac{2.352}{0.4944} = 4.757 \text{ ton/jam}$

3.  $\frac{1.995}{0.4944} = 4.035 \text{ ton/jam}$

➤ Rata-rata debu yang terlepas

1.  $4.644 \text{ ton/jam} \times 0.504 = 2.34 \text{ ton/jam}$

2.  $4.757 \text{ ton/jam} \times 0.504 = 2.39 \text{ ton/jam}$

3.  $4.035 \text{ ton/jam} \times 0.504 = 2.033 \text{ ton/jam}$

**7. Perhitungan Efisiensi Tegangan aktual pada RK-4 setelah setting Charge Input Material di Turunkan**

Dari tabel 4.8 dapat dihitung efisiensi tegangan aktual pada setiap *field* dengan persamaan;

$$\text{Eff} = \frac{V_{\text{aktual}}}{V_{\text{setting}}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

- Tegangan Aktual setiap *field* : *Field* 1 =47.5 kv  
*Field* 2 = 52 kv  
*Field* 3 =48.5 kv

-Efisiensi Tegangan

- Eff *Field* 1 =  $\frac{47.5kV}{110KV} \times 100\% = 43.1\%$
- Eff *Field* 2 =  $\frac{52.5kV}{110kV} \times 100\% = 47.2\%$
- Eff *Field* 3 =  $\frac{48.5kV}{100kV} \times 100\% = 44.1\%$

**8. Perhitungan rata-rata debu yang tertangkap per satuan jam pada RK-4 setelah setting Charge Input Material di Turunkan**

Dari data setting arus pada tabel 4.9 dan data dari dust bin pada DCS dapat dihitung rata-rata debu yang tertangkap persatuan jam dengan persamaan

$$\text{Rata-rata debu} = \text{isi bin akhir} - \text{isi bin awal} \times \frac{60 \text{ menit}}{\text{lama pengisian bin (menit)}}$$

Maka:

- 1). Waktu pengosongan debu dalam *Dust Bin* ;
  - Pukul 10.13 s/d 10.45 sebanyak 1.509 ton – 0.861 ton=0.648 ton
  - Pukul 11.36 s/d 13.29 sebanyak 2.058 ton – 0.762 ton=1.296 ton
  - Pukul 14.16 s/d 14.57 sebanyak 3.408 ton – 0.716 ton=2.692 ton
  
- 2). Rata-rata debu yang tertangkap per jam ;
  - Pukul 09.28 s/d 10.13 isi bin 0.811 ton menjadi 1.509 ton

Rata-rata debu per jam =  $1.509 - 0.811 \times \frac{60 \text{ menit}}{45 \text{ menit}} = 0.698 \times 1.33 = 0.928$   
ton/jam

- Pukul 10.45 s/d 11.36 isi bin 0.816 ton menjadi 2.058 ton

Rata-rata debu per jam =  $2.058 - 0.816 \times \frac{60 \text{ menit}}{51 \text{ menit}} = 1.197 \times 1.17 = 1.4$   
ton/jam

- Pukul 13.29 s/d 14.16 isi bin 0.762 ton menjadi 3.408 ton

Rata-rata debu per jam =  $3.408 - 0.762 \times \frac{60 \text{ menit}}{48 \text{ menit}} = 2.646 \times 1.25 = 3.307$   
ton/jam

- Pukul 14.57 s/d 16.06 isi bin 0.716 ton menjadi 6.453 ton

Rata-rata debu per jam =  $6.453 - 0.716 \times \frac{60 \text{ menit}}{69 \text{ menit}} = 5.737 \times 0.86 = 4.933$   
ton/jam

Efisiensi yang ditampilkan pada DCS sebesar  $184 \text{ mg/Nm}^3 / 190 \text{ mg/Nm}^3 \times 100\% = 0.968 \times 100\% = \mathbf{96.8\%}$

Efisiensi yang ditampilkan pada DCS sebesar 96.8 %, berarti debu yang tidak tertangkap sekitar 3.2 %. Sehingga rata-rata debu yang tidak tertangkap yaitu ;

- Total debu yang masuk

1.  $\frac{1.4}{0.968} = 1.446 \text{ ton/jam}$

2.  $\frac{3.307}{0.968} = 3.42 \text{ ton/jam}$

3.  $\frac{4.933}{0.968} = 5.096 \text{ ton/jam}$

- Rata-rata debu yang terlepas

1.  $1.446 \text{ ton/jam} \times 0.032 = 0.046 \text{ ton/jam}$

2.  $3.42 \text{ ton/jam} \times 0.032 = 0.109 \text{ ton/jam}$

3.  $5.096 \text{ ton/jam} \times 0.032 = 0.163 \text{ ton/jam}$

**9. Perhitungan Efisiensi Tegangan aktual pada RK-3 setelah *setting* Arus di Naikan**

Dari tabel 4.10 dapat dihitung efisiensi tegangan aktual pada setiap *field* dengan persamaan;

$$\text{Eff} = \frac{V_{\text{aktual}}}{V_{\text{setting}}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

- Tegangan Aktual setiap *field* : *Field* 1 =53 kv  
*Field* 2=51.5 kv  
*Field* 3 =52.5 kv

-Efisiensi Tegangan

- Eff *Field* 1 =  $\frac{53kV}{110kV} \times 100\% = 48.1 \%$
- Eff *Field* 2 =  $\frac{51.5kV}{110kV} \times 100\% = 46.8\%$
- Eff *Field* 3 =  $\frac{52.5kV}{100kV} \times 100\% = 47.7\%$
- 

**10. Perhitungan rata-rata debu yang tertangkap per satuan jam pada RK-3 setelah *setting* Arus di Naikan**

Dari data setting arus pada tabel 4.11 dan data dari dust bin pada DCS dapat dihitung rata-rata debu yang tertangkap persatuan jam dengan persamaan

$$\text{Rata-rata debu} = \text{isi bin akhir} - \text{isi bin awal} \times \frac{60 \text{ menit}}{\text{lama pengisian bin (menit)}}$$

Maka :

- 1). Waktu pengosongan debu dalam *Dust Bin* ;
  - Pukul 07.14 s/d 07.45 sebanyak 9.709 ton – 5.037 ton=4.672 ton
  - Pukul 10.28 s/d 11.00 sebanyak 9.748 ton – 5.112 ton=4.636 ton
  - Pukul 13.37 s/d 14.07 sebanyak 9.754 ton – 5.051 ton=4.703 ton
  
- 2). Rata-rata debu yang tertangkap per jam ;
  - Pukul 04.33 s/d 07.14 isi bin 5.104 ton menjadi 9.709 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 9.709 - 5.104 \times \frac{60 \text{ menit}}{161 \text{ menit}} = 4.605 \times 0.372 = 1.718 \text{ ton/jam}$$

- Pukul 07.45 s/d 10.28 isi bin 5.037 ton menjadi 9.748 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 9.748 - 5.037 \times \frac{60 \text{ menit}}{163 \text{ menit}} = 4.711 \times 0.368 = 1.755 \text{ ton/jam}$$

- Pukul 11.00 s/d 13.37 isi bin 5.112 ton menjadi 9.754 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 9.754 - 5.112 \times \frac{60 \text{ menit}}{157 \text{ menit}} = 4.642 \times 0.382 = 1.773 \text{ ton/jam}$$

Efisiensi yang ditampilkan pada DCS sebesar 62.46 %, berarti debu yang tidak tertangkap sekitar 37.54%. Sehingga rata-rata debu yang tidak tertangkap yaitu ;

- Total debu yang masuk

1.  $\frac{1.718}{0.624} = 2.676 \text{ ton/jam}$

2.  $\frac{1.755}{0.624} = 2.812 \text{ ton/jam}$

3.  $\frac{1.773}{0.624} = 2.841 \text{ ton/jam}$

- Rata-rata debu yang terlepas

1.  $2.676 \text{ ton/jam} \times 0.3754 = 1.0045 \text{ ton/jam}$

2.  $2.812 \text{ ton/jam} \times 0.3754 = 1.055 \text{ ton/jam}$

3.  $2.841 \text{ ton/jam} \times 0.3754 = 1.066 \text{ ton/jam}$

## 11. Perhitungan Efisiensi Tegangan aktual pada RK-4 setelah setting Arus di Naikan

Dari tabel 4.12 dapat dihitung efisiensi tegangan aktual pada setiap *field* dengan persamaan;

$$\text{Eff} = \frac{V_{\text{aktual}}}{V_{\text{setting}}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

-Tegangan Aktual setiap *field* : *Field* 1 =52.5 kv

*Field 2 =50.5kv*

*Field 3 =53.5 kv*

-Efisiensi Tegangan

• Eff *Field 1* =  $\frac{52.5kV}{110kV} \times 100\% = 47.7 \%$

• Eff *Field 2* =  $\frac{50.5kV}{110kV} \times 100\% = 45.9 \%$

• Eff *Field 3* =  $\frac{53.5kV}{110kV} \times 100\% = 48.6 \%$

## 12. Perhitungan rata-rata debu yang tertangkap per satuan jam pada RK-4 setelah setting Arus di Naikan

Dari data setting arus pada tabel 4.13 dan data dari dust bin pada DCS dapat dihitung rata-rata debu yang tertangkap persatuan jam dengan persamaan

$$\text{Rata-rata debu} = \text{isi bin akhir} - \text{isi bin awal} \times \frac{60 \text{ menit}}{\text{lama pengisian bin (menit)}}$$

Maka :

1). Waktu pengosongan debu dalam *Dust Bin* ;

➤ Pukul 06.44 s/d 07.39 sebanyak 5.523 ton – 0.772 ton= 4.751 ton

➤ Pukul 09.00 s/d 10.12 sebanyak 5.657 ton – 0.813 ton= 4.844 ton

➤ Pukul 11.30 s/d 12.40 sebanyak 5.463 ton – 0.789 ton= 4.674 ton

2). Rata-rata debu yang tertangkap per jam ;

➤ Pukul 05.12 s/d 06.44 isi bin 4.402 ton menjadi 5.523 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 5.523 - 4.402 \times \frac{60 \text{ menit}}{92 \text{ menit}} = 1.121 \times 0.65 = 0.728 \text{ ton/jam}$$

➤ Pukul 07.39 s/d 09.00 isi bin 0.772 ton menjadi 5.657 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 5.657 - 0.772 \times \frac{60 \text{ menit}}{81 \text{ menit}} = 4.885 \times 0.74 = 3.614 \text{ ton/jam}$$

➤ Pukul 10.12 s/d 11.30 isi bin 0.831 ton menjadi 5.463 ton

$$\text{Rata-rata debu per jam} = 5.453 - 0.831 \times \frac{60 \text{ menit}}{78 \text{ menit}} = 4.632 \times 0.77 = 3.566 \text{ ton/jam}$$

Efisiensi yang ditampilkan pada DCS sebesar 186 mg/Nm<sup>3</sup> / 190 mg/Nm<sup>3</sup> x 100% = 0.979 x 100% = **97.9 %**

Efisiensi yang ditampilkan pada DCS sebesar 97.9 %, berarti debu yang tidak tertangkap sekitar 2.1 %. Sehingga rata-rata debu yang tidak tertangkap yaitu ;

➤ Total debu yang masuk

1.  $\frac{0.728}{0.979} = 0.744 \text{ ton/jam}$
2.  $\frac{3.641}{0.979} = 3.72 \text{ ton/jam}$
3.  $\frac{3.566}{0.979} = 3.642 \text{ ton/jam}$

➤ Rata-rata debu yang terlepas

1.  $0.744 \text{ ton/jam} \times 0.021 = 0.0156 \text{ ton/jam}$
2.  $3.72 \text{ ton/jam} \times 0.021 = 0.078 \text{ ton/jam}$
3.  $3.642 \text{ ton/jam} \times 0.021 = 0.076 \text{ ton/jam}$

#### **4.7 Analisis Perhitungan Efektivitas ESP**

Dari perhitungan yang telah dilakukan di atas dan data yang didapat maka diketahui beberapa parameter yang dapat dijadikan sebagai data untuk membandingkan nilai efisiensi/efektifitas penangkapan debu dengan kondisi yang berbeda. Parameter-parameter tersebut antara lain *setting* arus/tegangan, charge input material, kondisi material, kecepatan putaran kiln dan lain-lain. Dari parameter tersebut dapat ditulis hasil debu yang masuk, tertangkap, debu yang terlepas dan efisiensi selama proses produksi, yaitu ;

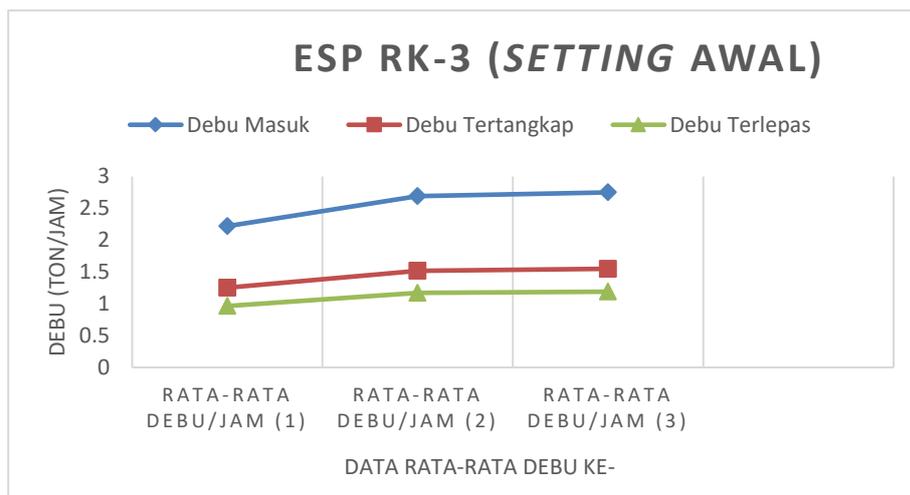
Tabel 4.15 Rata-rata Debu dan Efisiensi

ESP	Debu Masuk	Debu Tertangkap	Debu Terlepas	Efisiensi
ESP RK-3	2.22	1.253	0.965	56.34 %
	2.69	1.52	1.17	
	2.75	1.55	1.19	
ESP RK-4	0.695	0.659	0.0368	94.7 %
	3.647	3.454	0.193	
	3.498	3.313	0.185	
ESP RK-3 (Setting)	4.644	2.296	2.34	49.44 %
	4.757	2.352	2.39	
	4.053	1.995	2.033	
ESP RK-4 (Setting)	1.446	1.4	0.046	96.8 %
	3.42	3.307	0.109	
	5.096	4.933	0.163	
ESP EK-3 Setting Arus di naikan	2.676	1.718	1.0045	62.46 %
	2.812	1.755	1.055	
	2.841	1.773	1.066	
ESP RK-4 Setting Arus di naikan	0.744	0.728	0.0156	97.9 %
	3.72	3.614	0.078	
	3.642	3.566	0.076	

Selama proses produksi berlangsung dengan setting arus/ tegangan dan charg inpu material tetap per harinya, dapat dilihat terdapat perbedaan jumlah debu yang tertangkap per jamnya. Perbedaan jumlah debu yang masuk dan tertangkap biasanya terjadi pada saat proses produksi pada pagi hari ( sekitar pukul 04.00 s/d 06.00) dengan produksi pada siang hari (sekitar pukul 12.00 s/d 14.00). Pada pagi hari rata-rata debu yang tertangkap oleh ESP per jamnya lebih kecil dibandingkan dengan debu yang tertangkap pada siang hari, meskipun setting arus/tegangan dan

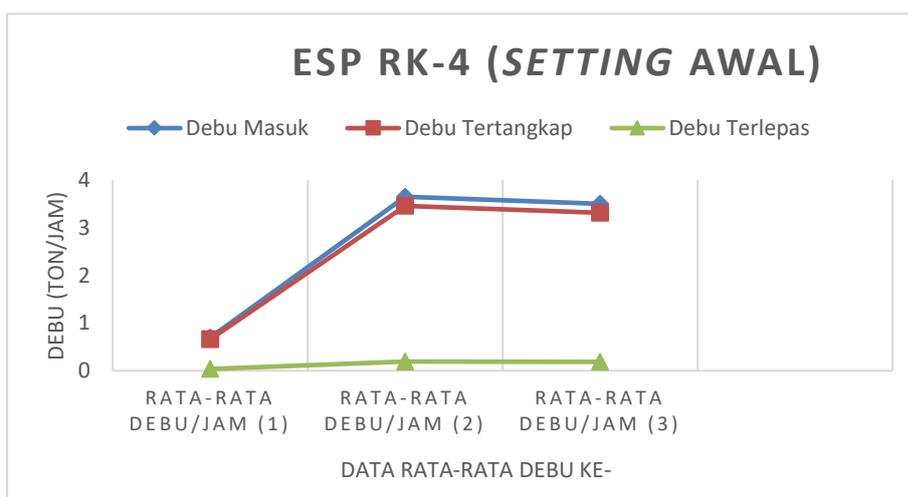
charge input material sama. Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya perbedaan jumlah debu yang masuk dan tertangkap, beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu kecepatan putaran produksi *Rotary Kiln*, tingkat kelembapan material, dan suhu burner. Maka dari itu terdapat perbedaan jumlah debu yang masuk dan tertangkap meskipun dengan setting arus/tegangan dan charge input materialnya sama.

Setelah mengetahui beberapa nilai diatas yang telah tertera di dalam table 4.3 maka diperoleh beberapa grafik debu masuk, tertangkap dan terlepas. Dimana grafik tersebut akan digunakan sebagai tolak ukur untuk membandingkan efektifitas penangkapan debu dengan setting yang berbeda pada ESP di PT.ANTAM POMALAA.



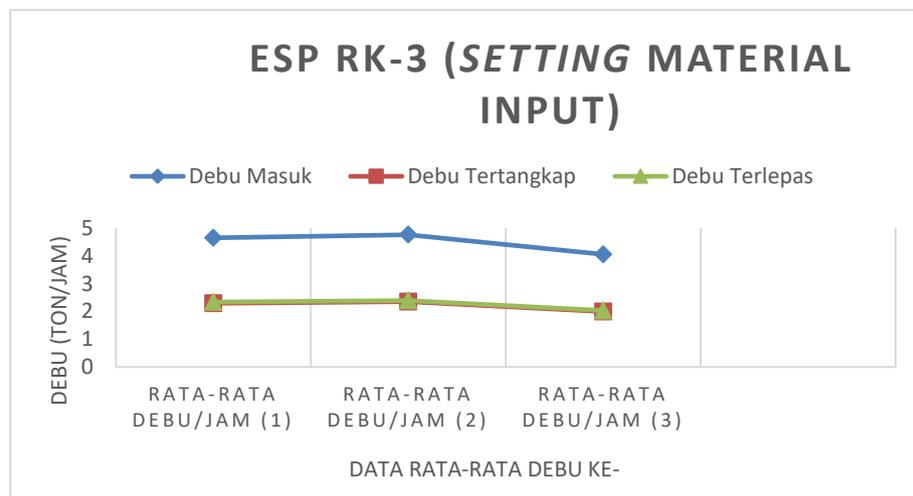
Gambar 4.12 Grafik rata-rata debu pada RK-3 dengan *setting* awal

Dari gambar grafik 4.1 dapat dilihat bahwa dengan *setting* arus total pada ke-tiga *field* ESP di RK-3 = 950 mA dan *setting charge input* material 90 ton/jam, efisiensi yang didapat hanya 56.34%. hal ini disebabkan karena adanya beberapa kerusakan pada komponen/bagian ESP pada RK-3. Beberapa kerusakan yang terjadi pada ESP RK-3 yaitu ; kerusakan pada *motor blower* dan terjadinya anomali pada *field* 3. Kerusakan tersebut sangat berpengaruh pada efisiensi ESP pada RK-3. Dilihat pada grafik rata-rata debu yang tertangkap dan debu yang terlepas hampir sama hanya saja rata-rata debu yang tertangkap masih lebih banyak dibanding dengan debu yang terlepas.



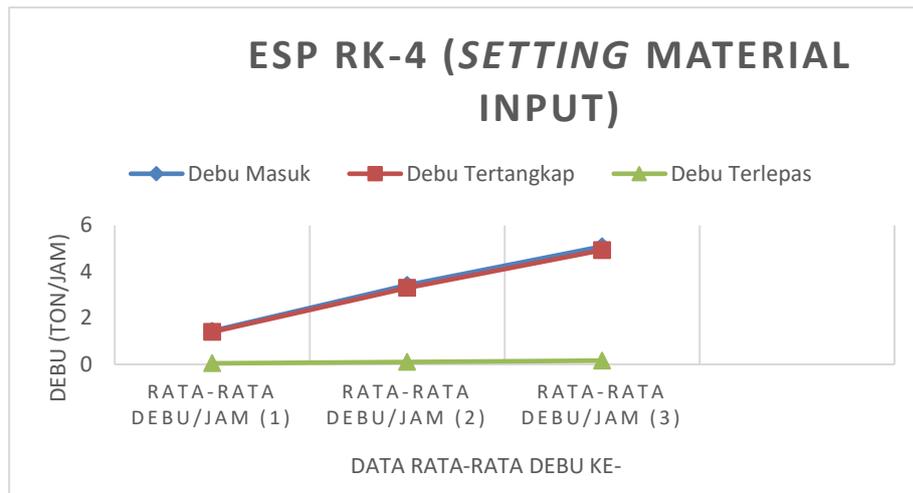
Gambar 4.13 Grafik rata-rata debu pada RK-4 dengan *setting* awal

Dari gambar grafik 4.12 dapat dilihat bahwa dengan *setting* arus total pada ke-tiga *field* ESP RK-4 = 750 Ma dan *setting charge input* material 90 ton/jam efisiensi yang didapat 94.7%. Hasil tersebut jauh lebih baik dibanding dengan efisiensi pada RK-3. Hal ini disebabkan karena ESP pada RK-4 bekerja dalam keadaan yang optimal dan tidak sedang terjadi kerusakan apapun pada komponen/bagian ESP RK-4. Dilihat pada grafik rata-rata debu yang tertangkap dan terlepas perbedaannya sangat jauh dikarenakan efisiensi ESP RK-4 diatas 90%, sehingga rata-rata debu yang tertangkap lebih banyak dan hampir mendekati banyaknya rata-rata debu yang masuk.



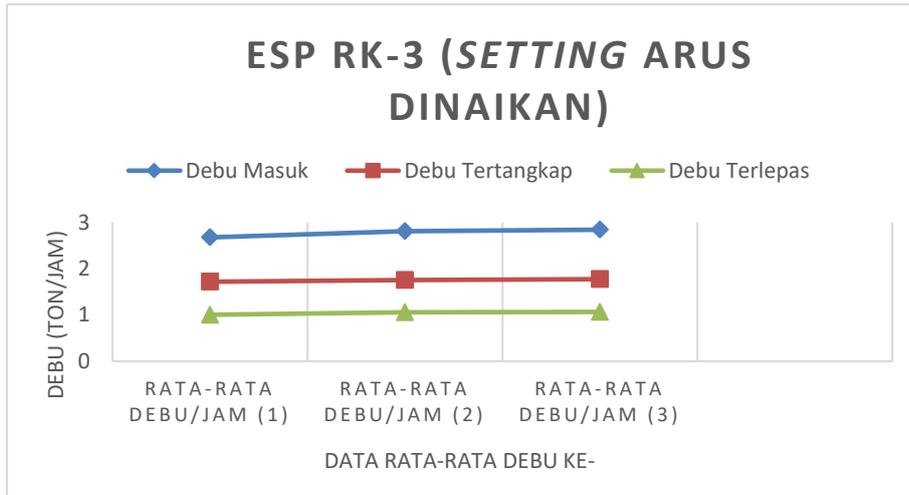
Gambar 4.14 Grafik rata-rata debu pada RK-3 setelah *setting* material input di Naikan

Dari gambar grafik 4.13 dapat dilihat dengan *setting* total arus pada ke-tiga *field* ESP RK-3 = 950 MA dan *setting charge input* material dinaikkan menjadi 110 ton/jam efisiensi yang didapat 49.44%. Efisiensi ini jauh lebih rendah dibandingkan dengan *setting* awal yang dimana *setting* arus total = 950 ma dan *setting charge input* material 90 ton/jam. Dari gambar grafik diatas dapat dilihat rata-rata debu yang tertangkap dan rata-rata debu yang terlepas sama banyak. Setelah *charge input* material input dinaikkan dan *setting* arus tetap, efisiensi yang didapat akan menurun.



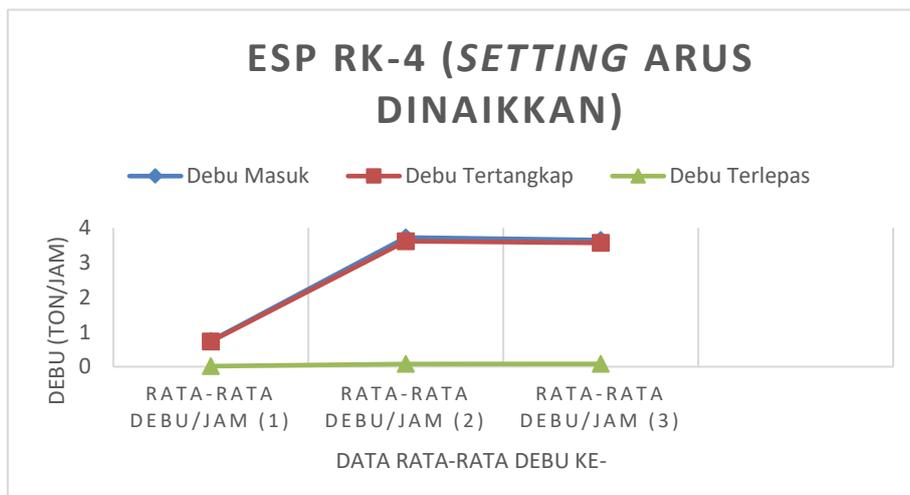
Gambar 4.15 Grafik rata-rata debu pada RK-4 setelah *setting* material input di Turunkan

Dari gambar grafik 4.4 dapat dilihat dengan *setting* total arus pada ke-tiga *field* ESP RK-4 = 750 ma dan *setting charge input* material diturunkan menjadi 70 ton/jam efisiensi yang didapat 96.8%. Efisiensi ini dibandingkan dengan *setting* awal yang dimana *setting* arus total = 750 ma dan *setting charge input* material 90 ton/jam terjadi peningkatan efisiensi. Dari gambar grafik rata-rata debu yang masuk dan rata-rata debu yang tertangkap hampir sama, hal ini disebabkan karena efisiensi yang dihasilkan sangat tinggi yaitu 96.8%. Setelah *charge input* material input turunkan dan *setting* arus tetap, efisiensi yang didapat akan naik.



Gambar 4.16 Grafik rata-rata debu pada RK-3 setelah *setting* arus dinaikan

Dari gambar grafik 4.13 dapat dilihat dengan *setting* total arus pada ke-tiga *field* ESP = 1100 MA dan *charge input* material 90 ton/jam efisiensi yang didapat 62.46%. Efisiensi ini dibandingkan dengan *setting* awal yang dimana *setting* arus total = 950 ma dan *setting charge input* material 90 ton/jam terjadi peningkatan efisiensi. Dari gambar grafik rata-rata debu yang masuk dan rata-rata debu yang tertangkap terjadi perbedaan yang cukup jauh. Hal ini disebabkan karena adanya peningkatan efisiensi ESP yang mulanya hanya 56.44% menjadi 64.46% dengan *setting charge input* material yang sama



Gambar 4.17 Grafik rata-rata debu pada RK-4 setelah *setting* arus dinaikan

Dari gambar grafik 4.13 dapat dilihat dengan setting total arus pada ke-tiga *field* ESP = 900 MA dan charge input material 90 ton/jam efisiensi yang didapat 97.9%. Efisiensi ini dibandingkan dengan setting awal yang dimana setting arus total = 750 ma dan setting charge input material 90 ton/jam terjadi peningkatan efisiensi. Dari gambar grafik rata-rata debu masuk dan rata-rata debu yang tertangkap hampir tidak terjadi perbedaan. Hal ini disebabkan karena efisiensi pada ESP yang tinggi yaitu 97.9%. Setelah setting arus pada ESP RK-4 dinaikan, efisiensi ESP naik yang awalnya 94.7% menjadi 97.9%.

#### **4.8 Analisis Perbandingan**

Dari hasil perhitungan dan data yang didapatkan dapat dilihat, terdapat perbedaan-perbedaan pada ESP RK-3 dan ESP RK-4. Perbedaan tersebut terutama pada Efisiensi dan Jumlah debu yang tertangkap pada ESP per satuan jam. Dari hasil perhitungan rata-rata debu yang tertangkap dan efisiensi yang terpantau pada DCS, dapat diketahui bahwa meskipun pada saat settingan arus/tegangan dan charge input sama pada RK-3 dan RK-4, masih terdapat perbedaan efisiensi dan jumlah debu yang tertangkap per jamnya. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, beberapa parameter-parameter yang dijadikan acuan untuk efektifitas penangkapan debu pada ESP yaitu ;

1. Kecepatan Putaran Produksi pada *Rotary Kiln*
2. Kondisi Meterial (Tingkat Kelembapan Material)
3. Kualitas Pembakaran pada *Burner Kiln*
4. Kondisi Peralatan ESP
5. *Setting* Arus/Tegangan pada ESP

Dilihat dari efisiensi dan jumlah debu yang tertangkap oleh ESP, efisiensi dan jumlah debu yang tertangkap pada ESP RK- 4 lebih baik dibanding dengan ESP di RK-3. Dari hasil data yang di dapatkan, pada RK-4 diketahui memiliki Kualitas pembakaran pada burner yang lebih baik sehingga material yang masuk pada RK-

4 kadar kelembapannya lebih sedikit jadi debu yang terbentuk pun lebih banyak dibandingkan dengan debu yang tertangkap pada RK-3 yang memiliki kualitas *burner* yang kurang baik. Selain itu penyebab lain efisiensi dan jumlah debu yang tertangkap pada ESP RK-3 kurang disebabkan karena adanya kerusakan pada esp tersebut. Kerusakan yang terjadi pada *Motor Blower* ESP tidak dapat dioperasikan, dan pada *field 3* ESP RK-3 tidak dapat dioperasikan secara maximum, meskipun setting arus dinaikan arus aktual tidak akan melebihi dari 240 mA sehingga menyebabkan kurangnya efisiensi pada ESP RK-3 tersebut.