

KENDALI PROSES *GRATE COOLER PLANT 8 GRATE 1*, PT. INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA Tbk

Heri Haryanto¹,

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman Km. 3 Cilegon-Banten 42435
heriheriyanto@untirta.ac.id

Abstrak

Kebutuhan bahan bangunan terutama semen di Indonesia setiap tahunnya semakin meningkat ditambah dengan banyaknya perusahaan semen di Indonesia membuat perusahaan semen harus bersaing untuk memenuhi kebutuhan pasar yang cukup banyak tiap tahunnya (kuantitas) dan kepuasan konsumen (kualitas) di Indonesia. Dalam proses produksi semen terdapat tahap yang cukup menentukan kualitas dan kuantitas produk semen yaitu tahap pendinginan *clinker* dengan *grate cooler*. Pada tahap ini *clinker* hasil pembakaran *kiln* diturunkan suhunya dari awalnya sekitar 1400 °C menjadi 100-200 °C. Pada *grate cooler*, *clinker* didinginkan dengan cara meniupkan udara dengan kipas pendingin dari bawah *grate plate*. *Grate Cooler* IKN terdiri dari 2 ruang, yaitu *grate 1* dan *grate 2*. *Clinker* yang baru keluar dari *kiln* akan masuk kedalam *grate 1* untuk didinginkan dan dihancurkan menjadi ukuran yang lebih kecil setelahnya *clinker* akan didinginkan kembali pada *grate 2* sebelum dipindahkan ke proses selanjutnya. Proses kendali *grate 1* pada *grate cooler* dilakukan dari beberapa tempat seperti CCP (*Central Control Panel*), MCC (*Module Central Control*) LCB (*Local Control Board*) dan HCB (*Hydraulic Control Board*). Ketika sinyal kendali dikeluarkan oleh CCP untuk menentukan jumlah SPM (*Stroke per Minute*) maka sinyal kendali tersebut mengalami beberapa pengkondisian sinyal hingga *grate plate* bergerak sesuai dengan *setpoint* SPM yang diinginkan oleh operator di CCP. Berdasarkan hasil pengamatan di dapatkan bahwa perlu adanya pengambilan data arus pada *output card* modul I/O di MCC sehingga didapat persamaan yang valid dari konversi *setpoint* spm ke arus

Kata kunci : Produksi Semen, *Grate Cooler*, *Grate 1*, *Stroke per Minute*.

1. Pendahuluan

Perkembangan industri produksi semen di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir semakin ketat. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya produk semen yang ada di pasar Indonesia. Selain itu, dengan banyaknya pesaing membuat perusahaan semen harus meningkatkan kualitas dan kuantitas produknya sehingga dapat bersaing. Salah satu caranya adalah dengan memiliki sistem yang baik dari sisi kinerja dan efektif agar jumlah produksi yang diinginkan tercapai dan dapat menekan biaya produksi yang tidak dibutuhkan.

Secara garis besar proses produksi semen terdiri dari 5 tahap. Dalam tahapan tersebut terdapat tahapan yang cukup menentukan kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan yaitu tahap pendinginan *clinker* dengan *grate cooler*. Proses pendinginan dengan *grate cooler* adalah proses pendinginan hasil pembakaran *kiln* yaitu *clinker* secara mendadak yang suhu awalnya sekitar 1400 °C menjadi 100-200 °C.

Proses pendinginan dilakukan dengan meniupkan angin menggunakan kipas ke *clinker* dari bagian bawah *grate plate*. *Grate plate* digerakkan dengan hidrolis silinder untuk memindahkan *clinker* menuju *crusher*. Proses pendinginan *clinker* adalah proses yang cukup menentukan sehingga dibutuhkan pembahasan lebih lanjut mengenai kendali pada *grate cooler*.

1.1. Proses Produksi Semen

Plant 8 adalah salah satu plant dari 14 plant yang dimiliki PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Teknologi pembuatan semen yang digunakan adalah teknologi proses kering karena mempunyai keuntungan yaitu biaya operasi yang rendah dan kapasitas produksi yang besar sehingga sangat menguntungkan pabrik.

Proses pertama pada proses kering adalah bahan baku dipecah dan digiling sampai kadar air 1%. Proses kedua adalah bahan baku yang telah digiling pada proses sebelumnya dicampur kedalam blending silo untuk mendapatkan campuran yang homogen atau disebut meal dengan menggunakan udara tekan. Proses ketiga adalah meal diumpangkan ke kiln dan didinginkan dengan grate cooler menghasilkan clinker. Proses keempat adalah clinker digiling hingga berukuran 30 µm, kemudian dicampur dengan gypsum dan bahan tambahan dalam perbandingan 96:4. Proses kelima adalah pengepakan semen dalam kantung semen.

Secara umum proses pembuatan semen dengan proses kering dibagi atas lima bagian yaitu :

1. Penyediaan Bahan Baku
2. Pengolahan Bahan
3. Pembakaran dan Pendinginan
4. Penggilingan Semen
5. Pengisian dan Pengantongan Semen

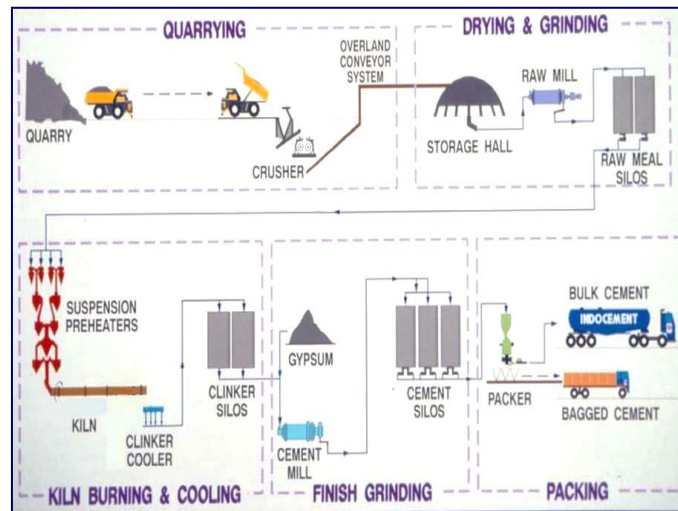
Kelima tahap tersebut direpresentasikan menjadi 5 unit operasi utama yaitu :

Tahap I : Unit Crusher

Tahap II : Unit Raw Mill

Tahap III: Unit Kiln and Coal Mill

Tahap IV : Unit Finishing Mill
Tahap V : Unit Packer



Gambar 1 Proses Produksi Semen

1.2. Unit *Kiln and Coal Mill*

Unit *Kiln and Coal Mill* adalah unit yang bertugas untuk membakar *meal material* (bentuk material sudah menjadi tepung) hingga menjadi *clinker*. Proses tersebut melibatkan beberapa alat yang terdiri dari *coal mill*, *suspension preheater*, *kiln* dan *grate cooler*. *Meal material* yang masuk ke unit ini akan dipanaskan terlebih dahulu dengan batu bara yang telah dihaluskan oleh *coal mill*.



Gambar 2 *Coal mill plant 8* (kiri) dan *Suspension preheater plant 8* (kanan)

Proses pemanasan awal dilakukan di *suspension preheater* hingga suhu 750°C. *Meal material* yang sudah dipanaskan kemudian dibakar didalam *kiln*. Proses pembakaran pada kiln pun *meal material* dicampur dengan batu bara yang telah dihaluskan. Tujuan pencampuran batu bara yang telah dihaluskan pada proses pemanasan awal di *suspension preheater* dan pembakaran di *kiln* adalah untuk membantu peningkatan suhu pada *meal material*.

Meal material dibakar pada *kiln* hingga suhu mencapai 1400°C hingga *meal material* mencair. Pada *kiln* terdapat 4 zona yaitu zona kalsinasi, zona transisi, zona klinkerisasi dan zona pendinginan. Zona kalsinasi, zona transisi dan zona klinkerisasi adalah zona pembentukan berdasarkan reaksi kimia sedangkan zona pendinginan adalah zona

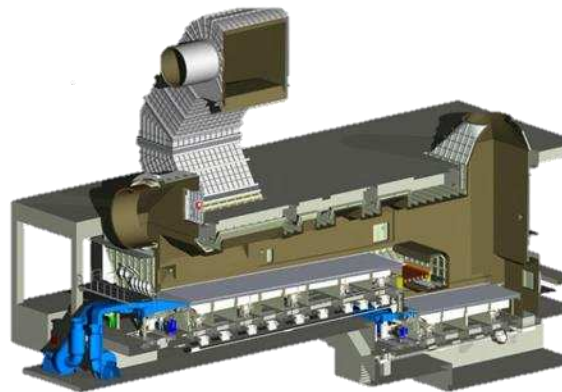
dimana *meal material* sudah berubah menjadi *clinker*. *Clinker* yang telah terbentuk kemudian dimasukkan kedalam alat yang bernama *grate cooler*.



Gambar 3 *Kiln plant 8*

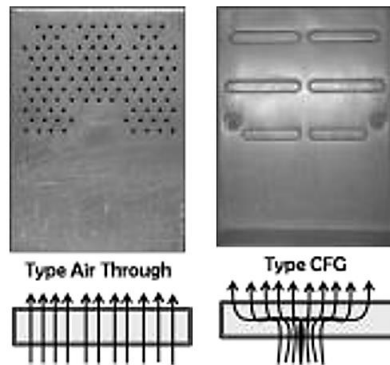
1.3. Grate Cooler

Grate cooler adalah sebuah alat pendingin yang ditempatkan setelah *kiln*. Fungsinya untuk mendinginkan *clinker* keluaran dari *kiln* secara cepat dari suhu 1400°C menjadi 200°C atau juga disebut metode *air quenching effect*. *Grate cooler* adalah jenis pendinginan *clinker* dengan cara paling modern yaitu meniupkan angin dari bawah *plate* yang menggerakkan *clinker*.



Gambar 4 *Grate cooler IKN*

Grate cooler yang digunakan adalah pabrikan IKN yang memiliki 2 ruang yang disebut *grate 1* dan *grate 2*. Posisi *grate 1* adalah tepat setelah *kiln*, sedangkan *grate 2* posisinya dibawah *crusher* yang menghubungkan *grate 1* dan 2. *Clinker* yang keluar dari *kiln* kemudian masuk ke *grate 1*, digerakkan oleh *grate plate* menuju *crusher*. Selama *grate plate* menggerakkan *clinker*, proses pendinginan dilakukan oleh *cooling fan* dengan meniupkan angin dari bawah *grate plate* sehingga suhu *clinker* menjadi turun.



Gambar 5 Jenis *grate plate*

Clinker yang telah melalui *crusher* akan terjatuh ke *grate 2*. *Clinker* pada *grate 2* suhunya tidak setinggi ketika di *grate 1* sehingga jumlah *cooling fan* lebih sedikit dibanding jumlah *cooling fan* pada *grate 1*. Proses pada *grate 2* pun sama dengan proses pada *grate 1* hanya diakhir *grate 2* tidak ada *crusher* melainkan *conveyor* menuju proses selanjutnya.



Gambar 6 *Crusher* pada *grate cooler* IKN

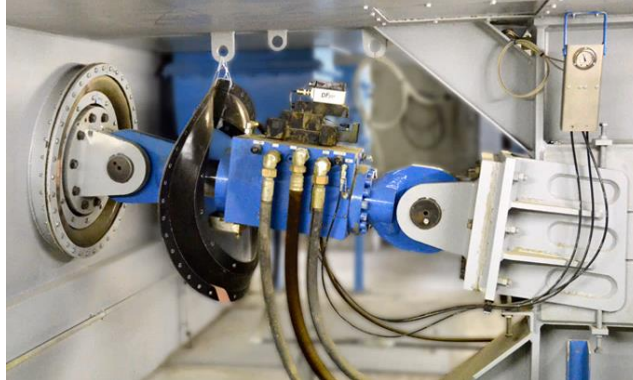
Grate 1 memiliki peran yang cukup penting pada *grate cooler* yaitu menggerakkan *clinker* dengan kecepatan yang sesuai dengan jumlah *feeding clinker*. Jika *clinker* terlalu cepat dikeluarkan dari *grate cooler* maka kualitas *clinker* kurang bagus dan jika *clinker* terlalu lama dikeluarkan dari *grate cooler* maka bisa terjadi penimbunan *clinker* pada *grate 1*. Kecepatan gerak *grate plate* pada *grate 1* dikendalikan oleh operator di ruang kendali atau lapangan. *Grate plate* digerakan oleh sebuah *proportional valve* yang dibantu 6 pendulum.



Gambar 7 *Grate plate* dengan pendulum

3.4. Parameter yang dikendalikan

Parameter yang dikendalikan adalah jumlah *stroke per minute* (spm) dari *grate plate* pada *grate* 1. *Grate plate* digerakan oleh sebuah silinder yang dikendalikan oleh *proportional valve*. Kendali pada *proportional valve* sesuai dengan nilai tegangan hasil konversi dari nilai spm yang diberi padanya oleh operator



Gambar 8 *Proportional valve*

3.5. Pengkondisian Sinyal

Pengkondisian sinyal berkaitan dengan operasi yang dikenakan pada sinyal untuk mengkonversi sinyal tersebut ke bentuk yang sesuai dengan yang diperlukan oleh suatu *device*. Efek pengkondisian sinyal pada sinyal masukan sering dinyatakan dalam bentuk fungsi alih. Pengkondisian sinyal dapat dikelompokkan dalam beberapa jenis, salah satu yang digunakan pada kegiatan kerja praktek kali ini adalah linierisasi.

a. Linierisasi

Hubungan antara keluaran dengan masukan sering kali tidak linier sehingga dibutuhkan linierisasi. Rumus dasar yang digunakan pada linierisasi adalah sebagai berikut.

$$\frac{y - y_{low}}{y_{high} - y_{low}} = \frac{x - x_{low}}{x_{high} - x_{low}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- y = nilai output
- y_{high} = batas atas skala y
- y_{low} = batas bawah skala y
- x = nilai input
- x_{high} = batas atas skala x
- x_{low} = batas bawah skala x

Penurunan rumus 2.1 menghasilkan rumus umum linierisasi. Berikut proses penurunannya.

$$\begin{aligned} \frac{y - y_{low}}{y_{high} - y_{low}} &= \frac{x - x_{low}}{x_{high} - x_{low}} \\ \frac{y - y_{low}}{y_{high} - y_{low}} &= \frac{x - x_{low}}{x_{high} - x_{low}} \\ \frac{\Delta y}{\Delta y} &= \frac{\Delta x}{\Delta x} \\ \frac{y}{\Delta y} - \frac{y_{low}}{\Delta y} &= \frac{x}{\Delta x} - \frac{x_{low}}{\Delta x} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{y}{\Delta y} &= \frac{x}{\Delta x} - \frac{x_{low}}{\Delta x} + \frac{y_{low}}{\Delta y} \\ y &= \Delta y \left(\frac{x}{\Delta x} - \frac{x_{low}}{\Delta x} + \frac{y_{low}}{\Delta y} \right) \\ y &= \frac{x \cdot \Delta y}{\Delta x} - \frac{x_{low} \cdot \Delta y}{\Delta x} + \frac{y_{low} \cdot \Delta y}{\Delta y} \\ y &= \frac{\Delta y}{\Delta x} (x - x_{low}) + y_{low} \\ y &= mx + b \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

Dimana:

- y = nilai output
- x = nilai input – batas bawah skala x
- m = rentang skala y / rentang skala x
- b = batas bawah skala y

2. METODE PENELITIAN

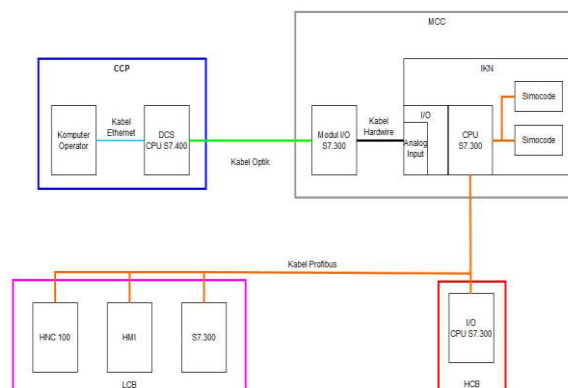
Pada Penelitian ini akan dilakukan beberapa tahap yaitu mengamati sistem kendali *grate 1 dari grate cooler* pabrikan IKN Plant 8, mengamati pengolahan sinyal kendali di *grate 1 dari grate cooler* pabrikan IKN, Plant 8. dari data tersebut akan dilakukan perhitungan dengan berbagai variasi setpoint agar didapatkan nilai arus yang sesuai.

3. PEMBAHASAN

Pendinginan cepat yang terjadi di *grate cooler* menjadi salah satu faktor kualitas semen. Alasan itulah yang mengharuskan *grate cooler* dikendali sebaik mungkin. Kendali yang dapat dilakukan pada *grate cooler* contohnya adalah jumlah *stroke per minute* (spm), panjang *stroke* yang dilakukan, titik kerja *stroke* dan lainnya. Fokus kendali yang akan dibahas adalah spm. Pembahasan lebih dalamnya adalah sistem kendali *grate 1* saat diberi *setpoint* jumlah spm, proses data *setpoint* hingga *grate cooler* melakukan spm sesuai dengan *setpoint*

3.1. Sistem Kendali *Grate 1* dari *Grate Cooler* IKN

Kendali *grate 1* dapat dilakukan dari beberapa tempat, seperti CCP (*Central Control Panel*), MCC (*Module Central Control*), HCB (*Hydraulic Control Board*) dan LCB (*Local Control Board*). Sistem kendali *grate 1* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9. Blok Diagram Sistem Kendali *Grate Cooler*

CCP adalah ruang kendali dan monitor pusat untuk memerintah seluruh alat yang berada dilapangan termasuk *grate cooler*. Kendali dilakukan dari ruang ini oleh operator melalui komputer yang terhubung dengan server menggunakan kabel *ethernet*. *Setpoint* yang dimasukkan oleh operator pada *grate cooler* adalah berupa *stroke per minute* (SPM). Sinyal analog yang digunakan 4-20 mA, alasannya adalah jika menggunakan sinyal analog 0-20 mA maka operator tidak dapat membedakan ketika terjadi kerusakan pada kabel (terputus) atau *setpoint* yang dimasukkan memang 0 mA. Data *setpoint* akan dikirim oleh server ke modul I/O di MCC menggunakan kabel optik. Alasan penggunaan kabel optik adalah kecepatan dan kapasitas data yang mampu ditampung oleh kabel optik cukup besar sehingga mampu mengirim dan menerima data dari seluruh MCC dilapangan.

MCC adalah ruang kendali modul alat yang berada dilapangan. Kegunaan dari MCC adalah sebagai transitnya sinyal data sebelum ditransfer ke atau dari CCP. Data *setpoint* yang telah dikirim ke modul I/O, akan diubah oleh *card* pada modul I/O di MCC menjadi arus dengan rentang 4-20 mA.



Gambar 10. Modul I/O Cooler

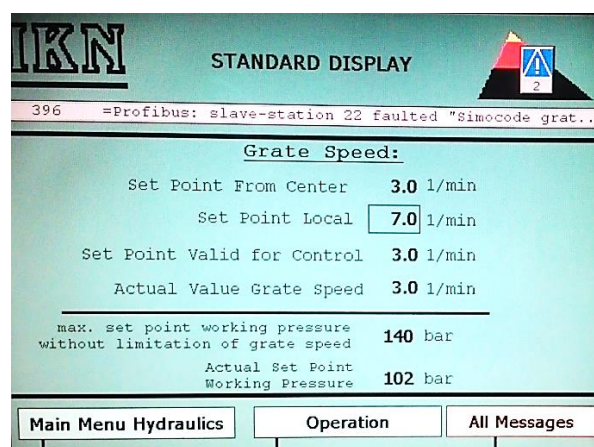
Data yang telah dirubah menjadi arus akan dikirim ke I/O CPU IKN menggunakan kabel *hardwire* biasa. Arus kemudian dimasukkan ke CPU IKN melalui input analog dengan alamat PIW 256. Arus yang dimasukkan melalui PIW 256 tidak akan terbaca sebagai arus melainkan menjadi suatu nilai dengan rentang tertentu yang dimengerti oleh CPU IKN. Hal ini dikarenakan tidak semua output alat dapat langsung dijadikan input alat lain sehingga perlu diubah menjadi nilai yang dimengerti oleh alat tersebut.



Gambar 11. CPU IKN

Nilai pada PIW 256 didapat dengan menggunakan konsep linieritas, rentang arus dilinierkan dengan rentang nilai di PIW 256. Input yang dimengerti oleh CPU IKN akan diskala hingga menjadi spm pada output dengan alamat DB11.DBW 24. CPU IKN membaca nilai spm yang diatur oleh operator di CCP untuk *grate cooler*. Nilai spm tersebut kemudian diubah kembali menjadi nilai seperti di PIW 256. Hasilnya yang berupa data kemudian dikirim menuju LCB.

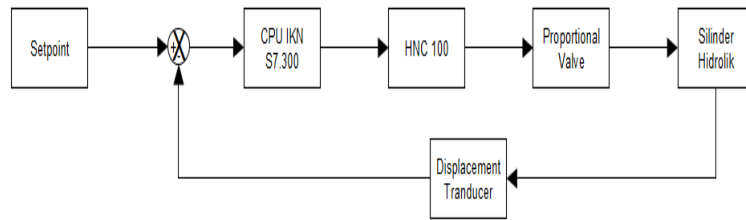
Data tersebut juga dikirim ke HCB, yang digunakan untuk menggerakkan motor silinder hidrolik. LCB adalah kendali alat yang berada dilapangan. Pada LCB terdapat HNC 100, *Human Machine Interface* (HMI) dan I/O. Data yang dikirim ke LCB akan masuk ke alat tersebut. Data spm yang masuk ke HNC 100 akan diubah menjadi tegangan dengan rentang -10 V sampai +10 V. Tegangan tersebut digunakan untuk mengatur *proportional valve* silinder hidrolik penggerak *grate 1* agar mencapai spm yang diatur oleh operator di CCP, sedangkan data yang dikirim ke HMI digunakan untuk pemantauan langsung status *grate cooler* dilapangan dan I/O untuk gerbang input dan output di *grate cooler*.



Gambar 12. Tampilan HMI di LCB

Ketika silinder hidrolik bergerak, *displacement transducer* akan membaca panjang tiap *stroke* yang dilakukan. Nilai yang terbaca akan dikirim ke CPU IKN sebagai *feedback*. Panjang *stroke* yang dibaca oleh *displacement transducer* akan dihitung menjadi spm

actual yang selanjutnya akan dibandingkan dengan *setpoint* oleh CPU IKN. Sistem kendali pada *grate cooler* di plant 8 merupakan sistem dengan loop tertutup.



Gambar 13. Diagram *Close Loop* dari Sistem Kendali *Grate Cooler*

3.2. Pengolahan sinyal di dalam *grate cooler* IKN

Berdasarkan penjelasan mengenai sistem kendali *grate 1* dari *grate cooler* IKN diatas, *setpoint* yang diberikan oleh operator melalui CCP beberapa kali diubah sesuai dengan kebutuhan alat sehingga diperlukan pembahasan mengenai pengolahan sinyal yang terjadi.

a. Komputer operator ke modul I/O di MCC

Operator CCP mengatur jumlah spm dari *grate cooler*. Rentang spm dari grate cooler adalah dari 0-25 spm, sedangkan rentang arus yang digunakan 4-20 mA. Hubungan antara keduanya adalah linier, sehingga ketika spm diatur 0 spm, maka arus yang dikirim ke *grate cooler* adalah 4 mA. Menggunakan rumus 2.2, maka didapat rumus linier arus terhadap spm sebagai berikut.

$$y = \frac{20 - 4}{25 - 0}x + 4$$

$$y = \frac{16}{25}x + 4$$

$$y = 0,64x + 4 \dots\dots\dots (3)$$

Nilai spm dimasukkan ke persamaan 3 , maka hasilnya seperti didalam tabel berikut.

Tabel 1 Nilai SPM dan Arus

No.	<i>Setpoint</i> (spm)	Arus (mA)
1	0	4
2	1	4,64
3	2	5,28
4	3	5,92
5	4	6,56
6	5	7,2
7	6	7,84
8	7	8,48
9	8	9,12
10	9	9,76
11	10	10,4
12	11	11,04
13	12	11,68
14	13	12,32
15	14	12,96
16	15	13,6
17	16	14,24
18	17	14,88
19	18	15,52
20	19	16,16
21	20	16,8
22	21	17,44
23	22	18,08
24	23	18,72
25	24	19,36
26	25	20

Berdasarkan tabel 1 jika operator mengatur *setpoint* dari *grate cooler* adalah 2 spm maka nilai arus yang dikirim oleh modul I/O adalah 5,28 mA sedangkan jika operator mengatur *setpoint* sebesar 24 spm maka arusnya adalah 19,36 mA. Nilai diatas adalah berdasarkan hubungan linier antara *setpoint* dengan arus namun kenyataannya operator tidak bisa mengatur *setpoint* kurang dari 3 spm dan lebih dari 23 spm, hal ini dikarenakan jika *grate cooler* digerakan dibawah 3 spm dan diatas 23 spm akan menyebabkan masalah pada *grate cooler* sehingga pada program kendali *grate cooler* rentang spm yang bisa diatur oleh operator hanya dari 3-23 spm.

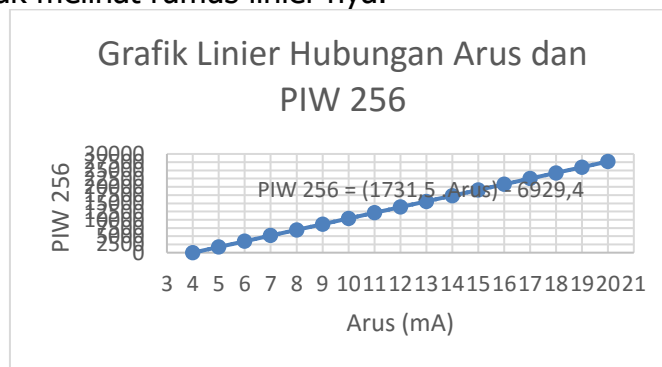
b. Modul I/O di MCC ke input analog CPU IKN (PIW 256)

Nilai yang dikirim modul I/O adalah arus. Arus tersebut masuk kedalam input analog CPU IKN (PIW 256) namun arus tidak terbaca oleh CPU IKN melainkan dibaca menjadi nilai hasil konversi dengan sebuah rumus. Nilai hasil konversi tersebut didapat dengan percobaan dilapangan yaitu dengan memasukkan arus langsung ke PIW 256. Data yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2 Data Percobaan Input Arus Langsung ke PIW 256

No	Arus (mA)	PIW 256
1	4	0
2	5	1728
3	6	3456
4	7	5192
5	8	6920
6	9	8648
7	10	10392
8	11	12120
9	12	13848
10	13	15576
11	14	17312
12	15	19040
13	16	20776
14	17	22512
15	18	24240
16	19	25968
17	20	27696

Data diatas kemudian dicari rumus linieritasnya dengan menggunakan grafik X Y (scatter). Grafik akan menggambarkan bentuk linier kedua data tersebut. Tampilkan formula grafik untuk melihat rumus linier nya.



Gambar 14 Grafik Linier Hubungan Arus dan PIW 256

Rumus linier berdasarkan data diatas adalah

$$PIW\ 256 = (1731,5 \cdot Arus) - 6929,4 \dots\dots\dots(4)$$

Persamaan (4) digunakan untuk data dari tabel 1 maka didapat nilai PIW 256 yang terbaca pada CPU IKN.

Tabel 4 Nilai *Setpoint*, Arus dan PIW 256

No	<i>Setpoint</i> (spm)	Arus (mA)	PIW 256
1	0	4	-3,4
2	1	4,64	1104,76
3	2	5,28	2212,92
4	3	5,92	3321,08
5	4	6,56	4429,24
6	5	7,2	5537,4
7	6	7,84	6645,56
8	7	8,48	7753,72
9	8	9,12	8861,88
10	9	9,76	9970,04
11	10	10,4	11078,2
12	11	11,04	12186,36
13	12	11,68	13294,52
14	13	12,32	14402,68
15	14	12,96	15510,84
16	15	13,6	16619
17	16	14,24	17727,16
18	17	14,88	18835,32
19	18	15,52	19943,48
20	19	16,16	21051,64
21	20	16,8	22159,8
22	21	17,44	23267,96
23	22	18,08	24376,12
24	23	18,72	25484,28
25	24	19,36	26592,44
26	25	20	27700,6

c. Input analog PIW 256 ke DB11.DBW 24

Input yang terbaca CPU IKN adalah nilai di PIW 256. Input analog diubah menjadi satuan spm menggunakan rumus 3.2 dengan nilai :

$$y = \#EngReal \text{ (tipe data real)}$$

$$x = \#PV_in \text{ (tipe data word)}$$

$$b = \#dnScl \text{ (tipe data real)}$$

$$m = (upScl-dnScl)/27648$$

Percobaan yang dilakukan di lapangan dengan memasukan arus langsung ke PIW 256, juga menghasilkan analog input. Datanya dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5 Data SPM *Actual* dari Memasukkan Arus Langsung ke PIW 256

No	Arus (mA)	PIW 256	DB11.DBW 24 (spm)
1	4	0	30
2	5	1728	30
3	6	3456	31
4	7	5192	47
5	8	6920	63
6	9	8648	78
7	10	10392	94
8	11	12120	110
9	12	13848	125
10	13	15576	141
11	14	17312	157
12	15	19040	172
13	16	20776	188
14	17	22512	204
15	18	24240	219
16	19	25968	230
17	20	27696	230

Nilai DB11.DBW 24 tipe datanya adalah integer sehingga hanya menampilkan bilangan bulat. Alasan tersebut yang menyebabkan nilai DB11.DBW 24 lebih besar 10 kali lipatnya dengan pembulatan dari nilai EngReal agar nilai real dapat terbaca. Perbandingan datanya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 6 Data Perbandingan SPM *Actual* dan SPM Rumus

No	DB11.DBW 24 (spm)	EngReal (spm)
1	3,0	0
2	3,0	1,5625
3	3,1	3,125
4	4,7	4,694734
5	6,3	6,257234
6	7,8	7,819734
7	9,4	9,396701
8	11,0	10,9592
9	12,5	12,5217
10	14,1	14,0842
11	15,7	15,65394
12	17,2	17,21644
13	18,8	18,78617
14	20,4	20,3559
15	21,9	21,9184
16	23,0	23,4809
17	23,0	25,0434

Data diatas membuktikan bahwa rumus *scaling analog input* benar dan berlaku pada proses ini sehingga nilai DB11.DBW 24 dari data tabel 7 adalah sebagai berikut.

Tabel 7 Nilai *Setpoint*, Arus, PIW 256 dan DB11.DBW 24

No	<i>Setpoint</i> (spm)	Arus (mA)	PIW 256	DB11.DBW 24 (spm)
1	0	4	-3,4	-0,00307
2	1	4,64	1104,76	0,998951
3	2	5,28	2212,92	2,000977
4	3	5,92	3321,08	3,003002
5	4	6,56	4429,24	4,005027
6	5	7,2	5537,4	5,007053
7	6	7,84	6645,56	6,009078
8	7	8,48	7753,72	7,011104
9	8	9,12	8861,88	8,013129
10	9	9,76	9970,04	9,015155
11	10	10,4	11078,2	10,01718
12	11	11,04	12186,36	11,01921
13	12	11,68	13294,52	12,02123
14	13	12,32	14402,68	13,02326
15	14	12,96	15510,84	14,02528
16	15	13,6	16619	15,02731
17	16	14,24	17727,16	16,02933
18	17	14,88	18835,32	17,03136
19	18	15,52	19943,48	18,03338
20	19	16,16	21051,64	19,03541
21	20	16,8	22159,8	20,03743
22	21	17,44	23267,96	21,03946
23	22	18,08	24376,12	22,04149
24	23	18,72	25484,28	23,04351
25	24	19,36	26592,44	24,04554
26	25	20	27700,6	25,04756

d. DB11.DBW 24 ke profibus

Nilai DB11.DBW 24 pada tabel 3.6 kemudian diskala menggunakan rumus 2.2 dengan nilai :

$$y = \#PV_out \text{ (tipe data word)}$$

$$x = EngInt \text{ (tipe data integer)}$$

$$b = \#dnScl \text{ (tipe data real)}$$

$$m = 27648 / (\#upScl - \#dnScl)$$

Nilai pada profibus dengan rumus *scaling analog output* dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 8 Nilai *Setpoint*, Arus, PIW 256, DB11.DBW 24 dan Profibus

No	<i>Setpoint</i> (spm)	Arus (mA)	PIW 256	DB11.DBW 24 (spm)	Profibus
1	0	4	-3,4	-0,0031	-3,39517
2	1	4,64	1104,76	0,99895	1104,76
3	2	5,28	2212,92	2,00098	2212,92
4	3	5,92	3321,08	3,003	3321,08
5	4	6,56	4429,24	4,00503	4429,239
6	5	7,2	5537,4	5,00705	5537,4
7	6	7,84	6645,56	6,00908	6645,56
8	7	8,48	7753,72	7,0111	7753,72
9	8	9,12	8861,88	8,01313	8861,88
10	9	9,76	9970,04	9,01516	9970,04
11	10	10,4	11078,2	10,0172	11078,2
12	11	11,04	12186,4	11,0192	12186,36
13	12	11,68	13294,5	12,0212	13294,52
14	13	12,32	14402,7	13,0233	14402,68
15	14	12,96	15510,8	14,0253	15510,84
16	15	13,6	16619	15,0273	16619
17	16	14,24	17727,2	16,0293	17727,16
18	17	14,88	18835,3	17,0314	18835,32
19	18	15,52	19943,5	18,0334	19943,48
20	19	16,16	21051,6	19,0354	21051,64
21	20	16,8	22159,8	20,0374	22159,79
22	21	17,44	23268	21,0395	23267,96
23	22	18,08	24376,1	22,0415	24376,12
24	23	18,72	25484,3	23,0435	25484,28
25	24	19,36	26592,4	24,0455	26592,44
26	25	20	27700,6	25,0476	27700,6

Nilai pada profibus sama dengan nilai PIW 256, hal ini menunjukkan proses *scaling analog output* benar. Nilai tersebut akan dikirim menuju LCB. Pada LCB terdapat HMI, I/O dan HNC 100. Pada HMI, nilai profibus akan dikonversi menjadi spm dengan persamaan (2) untuk pengawasan di lapangan. Nilai Profibus pada HNC 100 akan diubah menjadi tegangan untuk mengatur *proportional valve*.

e. Profibus ke HNC 100

Data yang dikirim oleh CPU IKN kemudian diolah oleh HNC 100 dengan program yang ada didalamnya menjadi sebuah tegangan. Berikut *datasheet* dari HNC 100.

Tabel 9 *Datasheet* HNC 100

Tegangan	Panjang Stroke
0 ... +10 V	0 ... - 60 mm
0 ... -10 V	0 ... + 60 mm

Tabel 10 Data HNC 100

Tanggal	Mode	Setpoint (spm)	Tegangan (V)	
			Silinder Maju	Silinder Mundur
15/09/2015	Manual	5	-6,5	8,5
		8	-6,1	7,2

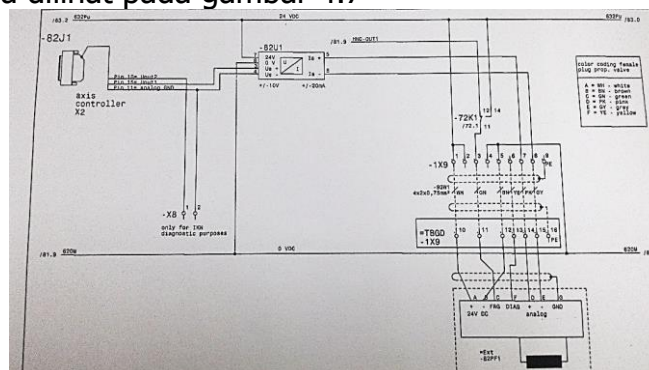
Berdasarkan datasheet HNC 100, maka dapat diambil kesimpulan bahwa hubungan tegangan output HNC 100 dengan panjang *stroke* adalah linier sehingga data diatas dapat diolah menjadi nilai panjang *stroke* yang terjadi. Datanya dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 11 Data Tegangan HNC 100 dan Panjang *Stroke*

Setpoint (spm)	Silinder Maju		Silinder Mundur	
	Tegangan (V)	Panjang Stroke (mm)	Tegangan (V)	Panjang Stroke (mm)
5	-6,5	39	8,5	51
8	-6,1	36,6	7,2	43,2

f. HNC 100 ke *Proportional Valve*

Proportional valve untuk bekerja membutuhkan input berupa arus dengan rentang -20 mA hingga +20 mA sehingga dibutuhkan *converter* dari tegangan menjadi arus. Nilai tegangan diubah menjadi arus menggunakan prinsip linieritas. Jika tegangan dari HNC 100 sebesar -10 V maka arus yang sampai pada *proportional valve* sebesar -20 mA. Skemanya bisa dilihat pada gambar 4.7

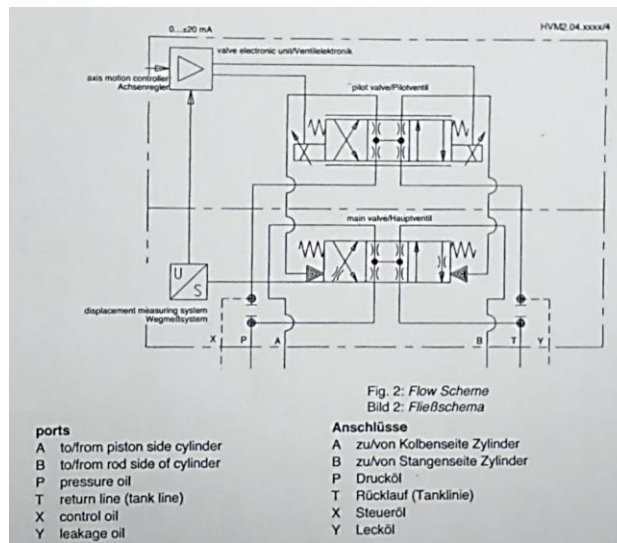


Gambar 13 Skema dari HNC 100 menuju *proportional valve*

Nilai arus yang dikirim ke *proportional valve* menentukan proses yang dilakukan oleh silinder hidrolis. Berikut datasheet dari *proportional valve*.

Tabel 12. Datasheet *Proportional Valve*

Arus	Aliran valve – piston utama	Silinder Hidrolis
0 ... +20 mA	P-B dan A-T	Bergerak Mundur
0 -20 mA	P-A dan B-T	Bergerak Maju



Gambar 14. Skema HNC 100, *Proportional Valve* dan *Displacement Transducer*

Data pada 15 September 2015 jika dihubungkan secara linier dengan datasheet *proportional valve* diatas maka didapatkan data sebagai berikut.

Tabel 13. Data Tegangan dan Arus ketika Silinder Maju-Mundur

Setpoint (spm)	Silinder Maju		Silinder Mundur	
	Tegangan (V)	Arus (mA)	Tegangan (V)	Arus (mA)
5	-6,5	-13	8,5	17
8	-6,1	-12,2	7,2	14,4

Arus yang diterima oleh *proportional valve* ketika *setpoint* 5 spm adalah -13 mA hingga + 17 mA sedangkan ketika *setpoint* 8 spm adalah -12,2 mA hingga +14,4 mA.

g. Displacement Transducer

Displacement transducer digunakan untuk mengukur panjang *stroke* yang terjadi pada silinder. Pengukuran panjang *stroke* penting dilakukan sebagai *feedback* ke CPU IKN untuk dilakukan perbandingan nilai spm *actual* dengan *setpoint* sehingga jika ada perbedaan, CPU IKN akan melakukan evaluasi sinyal yang dikirim ke HNC 100. Berikut

data pembacaan *displacement tranducer* yang berhasil diambil dari lapangan. Tabel 14 Data *Displacement Tranducer*

Setpoint (spm)	Pengambilan Data	Waktu/ stroke (s)
10	1	5,02
	2	4,97
7	1	7,55
	2	7,48

Data diatas kemudian diolah menjadi data sebagai berikut.

Tabel 15 Data *Setpoint* dan *SPM Actual* Berdasarkan *Displacement Tranducer*

Setpoint (spm)	Pengambilan Data	Waktu / stroke (s)	SPM Actual (60 detik/[Waktu / stroke])
10	1	5,02	11,95 spm
	2	4,97	12,07 spm
7	1	7,55	7,95 spm
	2	7,48	8,02 spm

SPM *actual* terlihat tidak sesuai dengan *setpoint*, data pembacaan ini yang akan diperbaiki oleh CPU IKN sehingga sinyal yang dikirim ke HNC 100 memperbaiki spm *actual* menjadi sesuai *setpoint*.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilaksanakan di PT. Indocement Tunggol Prakarsa Tbk dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Kendali pada *grate cooler* di *plant 8* merupakan *close loop* karena terdapat *feedback* berupa nilai *actual stroke*.
2. *Setpoint* akan dikonversi sesuai dengan kebutuhan *device*. Perubahan sinyal yang terjadi pada *grate 1* dari *grate cooler* IKN adalah sebagai berikut.
 - a. Komputer operator ke modul I/O : Perubahan dari spm ke arus, menggunakan persamaan linieritas.
 - b. Modul I/O ke *input analog* CPU IKN: Perubahan dari arus ke bilangan heksadesimal, menggunakan persamaan linieritas.
 - c. *Input analog* CPU IKN ke CPU IKN : Perubahan dari bilangan heksadesimal ke spm, menggunakan persamaan *scaling analog input*.
 - d. CPU IKN ke Kabel Profibus : Perubahan dari spm ke bilangan heksadesimal, menggunakan persamaan *scaling analog output*
 - e. Kabel Profibus ke HNC 100 : Perubahan dari bilangan heksadesimal ke tegangan, menggunakan program yang ada dalam HNC 100
 - f. HNC 100 ke *proportional valve* : Perubahan dari tegangan ke arus, menggunakan persamaan linieritas.

3. Perlu diambil data arus pada *output card* modul I/O di MCC sehingga didapat persamaan yang valid dari konversi *setpoint* spm ke arus.
4. Perlu pengamatan lebih lanjut pada konversi panjang silinder menjadi nilai *actual grate*

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, Arina Hasbana "Laporan Praktek Kerja PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Pabrik Citeureup – Bogor, Plant 7" Universitas Diponegoro, Semarang: 2015

Gojali, Fikri "Inspeksi *Grate Cooler* AQC *Plant* 1-2 dan Pergantian *Grate Plate, Plant* 2" Sekolah Tinggi Teknologi Indocement, Citeureup: 2015

Operating and maintenance manual cooler refurbishment IKN Book, 2007

Anonim, Sistem Hidrolik dan Pompa Hidrolik

<http://fortek-pembangunan.blogspot.co.id/2013/05/sistem-hidrolik-dan-pompa-hidrolik.html> (URL diakses pada tanggal 18 Februari 2016)

Anonim, rumus konversi 4-20 mA

<http://instrumentationtools.com/4-to-20-ma-conversion-formula/> (URL diakses pada tanggal 17 Mei 2016).