



## **RANCANG BANGUN *FLOW CONTROL VALVE PNEUMATIC* SEBAGAI *PRESSURE CONTROL VALVE* POMPA SOLAR KILN NAROGONG 2 UNTUK KESTABILAN PROSES PRODUKSI**

Muhammad Pahlevi Rivaldo<sup>1</sup>, Dianta Mustofa Kamal<sup>1</sup>, Irwanto Franciscus Sinaga<sup>2</sup>, dan  
Tio Sanjaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin – EVE, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16425

<sup>2</sup>Departemen Production RMK NAR 2, PT Solusi Bangun Indonesia Tbk Narogong Plant

---

### **Abstrak**

*Penggunaan solar untuk bahan bakar yang dialirkan dengan pompa sangat penting dalam menjamin kelancaran proses pemanasan awal (Fire-on/Heating-up) dan pada saat terjadi masalah pada pasokan bahan bakar batu bara menuju kiln. Jika pasokan bahan bakar solar terganggu maka operasional kiln juga terganggu, akibatnya produktivitas produksi clinker menurun. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun flow control valve otomatis di fasilitas pompa bahan bakar solar untuk kestabilan proses produksi. Rancang bangun dilakukan dengan memasang flow control valve otomatis di fasilitas pompa bahan bakar solar dan sinkronisasi antara digital control dengan flow control valve untuk menjamin pasokan bahan bakar solar ke kiln stabil dengan pengontrolan aliran yang baik. Penelitian ini menyimpulkan pemasangan flow control valve pneumatic dengan perubahan sistem pengaturan aliran solar secara manual ke otomatis, data menunjukkan peningkatan kinerja kiln melalui nilai MTBF yang meningkat 203 jam.*

*Kata kunci: Solar, kiln, Bahan bakar, control valve*

### **Abstract**

*The use of diesel fuel that is supplied by a pump is very important in ensuring the smooth heating up process (Fire-on/Heating-up) in the kiln. If the supply of diesel fuel is disrupted, kiln operations will also be disrupted, resulting in decreased clinker production productivity. This study aims to design and build an automatic flow control valve in a diesel fuel pump facility for the stability of the production process. The design was carried out by installing an automatic flow control valve at the diesel fuel pump facility and synchronizing the digital control with the flow control valve to ensure a stable supply of diesel fuel to the kiln with good flow control. This study concludes that the installation of a pneumatic flow control valve with a change in the diesel flow control system from manual to automatic shows an increase in kiln performance through an increased MTBF value 203 hour.*

*Keywords: Diesel, kiln, fuel, control valve*

---

\* Corresponding author E-mail address: [muhammad.pahlevirivaldo.tm20@mhs.pnj.ac.id](mailto:muhammad.pahlevirivaldo.tm20@mhs.pnj.ac.id)

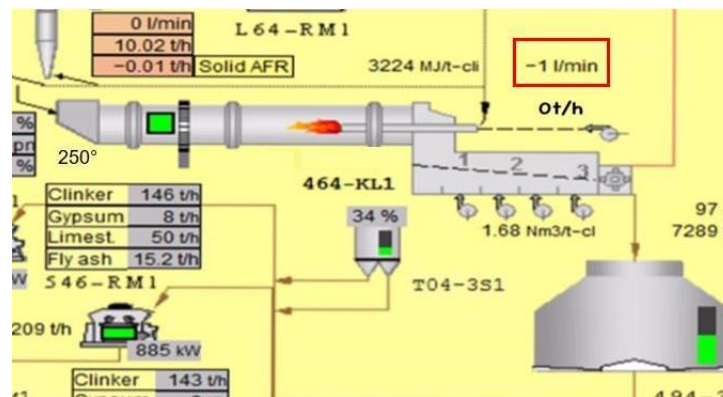
## 1. PENDAHULUAN

Kestabilan *temperature* pada proses produksi terutama produksi *clinker* di *kiln* harus dijaga dengan baik dengan mengontrol parameter *Supply* bahan bakar ke *kiln* saat *Heating-up* maupun saat terjadi masalah pada pasokan batu bara. Untuk menjaga kestabilan *temperature* di *kiln*, sangat dipengaruhi oleh pasokan bahan bakar ke *kiln* yaitu pengontrolan aliran solar ke *kiln* dan *supply* batu bara. Saat ini pengaturan aliran solar yang meliputi *pressure* dan *flow* dikendalikan dengan mengandalkan bukaan *valve* sirkulasi yang dibuka oleh *patroller* secara manual dan diamati dari ruang control (*CCR=Central Control Room*). Pembukaan *valve* sirkulasi secara manual tersebut dapat menghambat proses produksi karena sistem manual sulit di *adjust* guna mendapatkan parameter yang diinginkan seperti suhu pembakaran tidak tercapai atau *kiln up-set* sehingga kualitas *clinker* menurun dan menyebabkan *kiln stop* apabila terjadi kegagalan transisi dari batu bara ke solar.



Gambar 1. Trend pasokan batubara menuju *kiln*

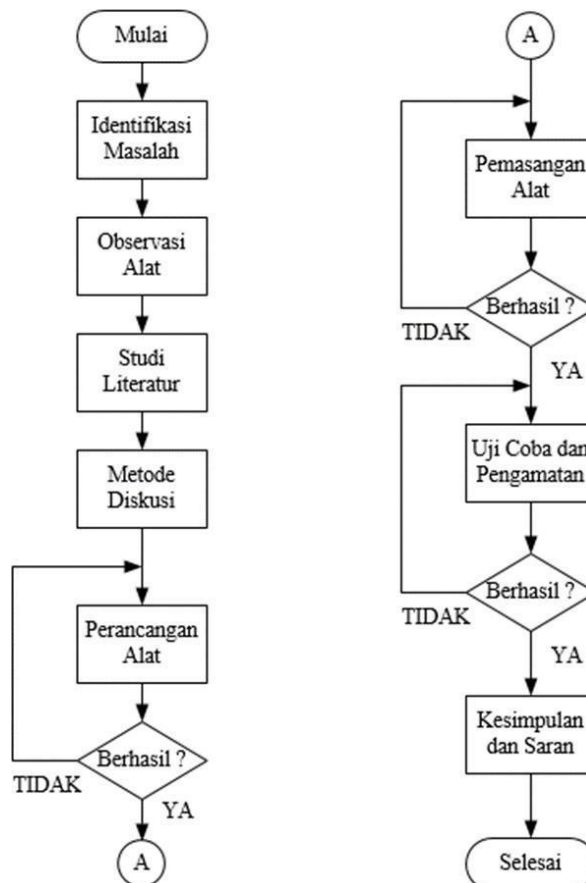
Diatas adalah trend history dari gangguan dalam penggunaan bahan bakar batu bara pada saat operasional, ketika operator mengatur setpoint rate fine coal akan tetapi actual ratenya berbeda dengan setpoint yang diinginkan. Seperti contohnya pada Gambar setpoint ditetapkan 12,5 ton, akan tetapi actual rate dari batu bara yang di supply NR.484-PF1 hanya berkisar 6 ton.



Gambar 2. Kondisi *Real-time* operasional

ketika ingin dilaksanakan transisi dari penggunaan bahan bakar batu bara ke bahan bakar solar untuk pembakaran main burner kiln, terlihat bahwa flow rate dari solar menuju ke burner dengan indikasi yang tidak memungkinkan untuk menjaga agar operasional tetap berjalan. Masalah yang ditimbulkan dari kegagalan saat transisi solar membuat nilai MTBF (Mean Time Between Failure) di area Kiln NR.2 menjadi menurun, diatas adalah trend MTBF Kiln NR.2 pada tahun 2022 yakni 458.2 jam yang dimana standar angka MTBF berkisar 600 jam.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Metodologi

### PENJELASAN DIAGRAM ALIR

#### a. Identifikasi Masalah

Menganalisis serta mengidentifikasi tentang permasalahan yang terjadi mulai dari penyebab hingga dampak yang ditimbulkan dari permasalahan yang terjadi.

#### b. Perumusan Masalah

Proses perumusan masalah ditentukan setelah masalah sudah diidentifikasi. Langkah ini diperlukan untuk mengetahui penyebab utama dari suatu masalah.

#### c. Studi Literatur

Mencari dan mempelajari informasi-informasi terkait permasalahan yang terjadi dari jurnal-jurnal penelitian, *manual book* Narogong Plant, internet dan buku.

#### d. Diskusi

Berdiskusi dengan pihak *Process Engineer* (PE), Produksi, Maintenance lubricant. Diskusi dengan dosen pembimbing, dan pihak lainnya untuk memahami serta mendapatkan arahan untuk menangani permasalahan yang sedang terjadi.

#### e. Perancangan

Merancang sistem pasokan bahan bakar solar yang sesuai dengan hasil pengamatan pada observasi alat dan diskusi.

#### f. Pemasangan Alat

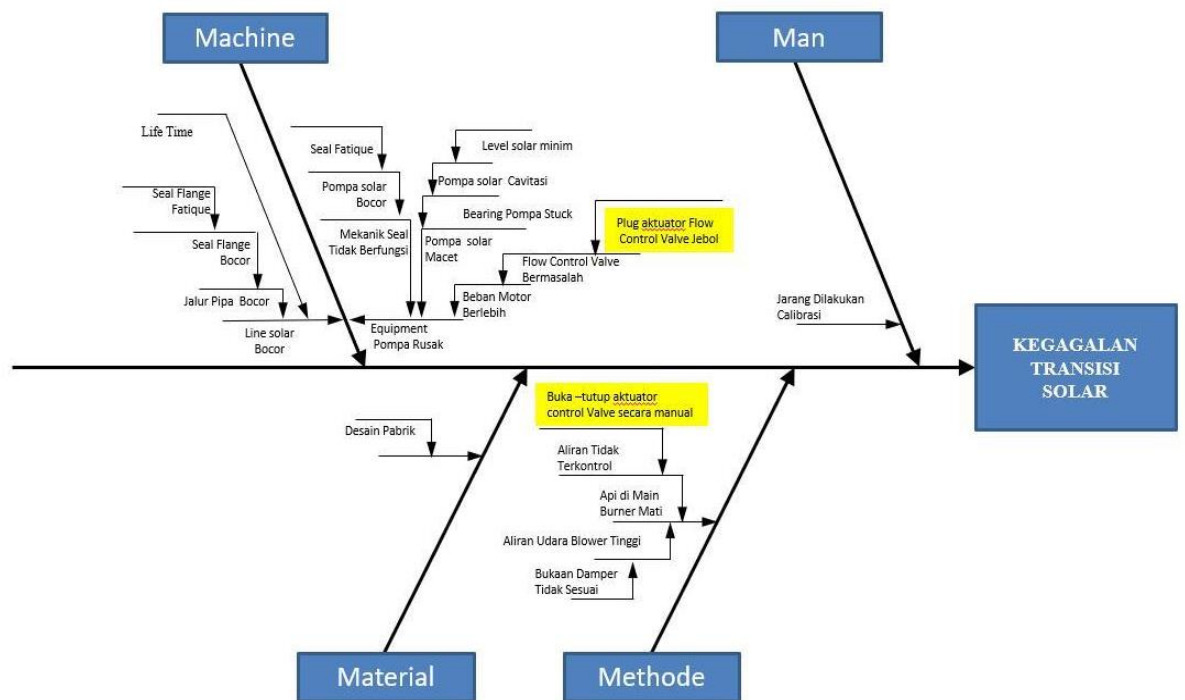
Setelah merancang, desain hasil perancangan yang baru dipasang dan diterapkan untuk pemakaian alat.

#### g. Analisis Kinerja Alat

Menganalisis kinerja alat hasil instalasi pengontrolan aliran solar ke kiln yang semula manual menjadi otomatis.

## Metode Penemecahan Masalah

*RCFA* adalah metode pemecahan masalah menggunakan cara *step by step* dalam mengungkap penyebab dasar dari suatu kegagalan atau kerusakan. Metode *RCFA* bersifat reaktif karena hanya bisa dilakukan ketika suatu sistem atau peralatan sudah mengalami kerusakan. *RCFA* digunakan dalam bentuk *fishbone* diagram.



Gambar 2. *RCFA* Fish bone diagram

Dari diagram yang disajikan, dapat dilihat bahwa penyebab yang dapat diperbaiki adalah dari segi *machine* dan *method*. Perbaikan dari segi metode yang dimaksud yaitu dengan Metode buka-tutup *valve* secara manual yang menghasilkan persentase bukaan *valve* yang dibutuhkan tidak akurat dan presisi. Untuk penyelesaian masalah dari variabel mesin dilakukan bersamaan dengan penggantian *flow control valve* yang baru.

## Pengumpulan Data

Pengumpulan data digunakan sebagai dasar perancangan dan pembuatan alat tugas akhir. Data yang dikumpulkan berasal dari server internal perusahaan yang diakses secara online dari *Central Control Room* (CCR) dan juga data dari kondisi aktual di lapangan.

## Diskusi ke Pihak Terkait

Pada tahap ini hasil dari tahap sebelumnya akan di diskusikan dengan pihak terkait, sehingga dapat diambil langkah yang tepat terkait dengan permasalahan terhadap objek yang diusung.

## Rekomendasi

Pada tahap ini diberikan saran perbaikan terhadap akar permasalahan yang telah didiskusikan dengan pihak terkait, dan atas arahan dari pihak terkait maka akan dilakukan perbaikan terhadap permasalahan sesuai dengan prosedur yang ada.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

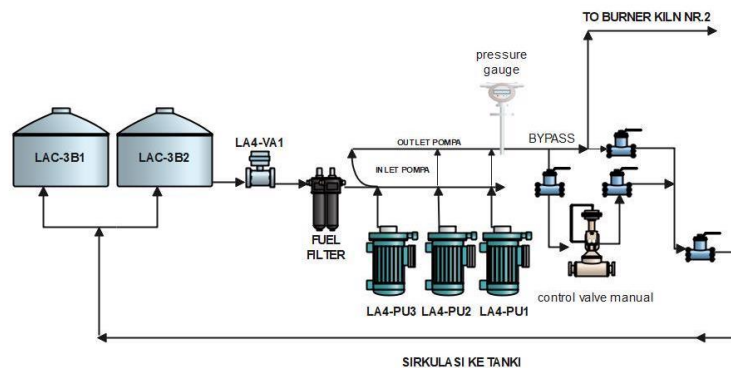
#### Kondisi Sebelum Instalasi Control Valve Baru

Saat kasus ketika pasokan *Fine Coal* ke *kiln* dari NR.484-PF1 bermasalah, solar harus siap digunakan dengan respons yang sangat cepat agar dapat dilakukan transisi untuk mendukung operasi *kiln* agar tetap berjalan tetapi berdasarkan data pada tahun 2022 *stoplog kiln NR.2 shutdown*, *kiln stop material clinker upset*, panas yang dibutuhkan tidak tercapai untuk *main burner* karena tidak ada pasokan bahan bakar akibat dari kegagalan transisi dari penggunaan bahan bakar *fine coal* ke bahan bakar solar.

Status	SAP NOTIF.	Type	Equipment/Alias Name	Description	Duration [h]	Major Cause	Fuction Loc	Explanation	Reason 1
Stop		S	404+HOUR+CLINKE_RHR	Kiln NR4 running status	2.78	PRODUCTION and PROCESS	NR.464-KL1	Kiln Upset.	2120 Process Operation or Parameter
Stop		S	404+HOUR+CLINKE_RHR	Kiln NR4 running status	1.28	PRODUCTION and PROCESS		Kiln upset and cooler drive#2 jammed	
Stop		S	404+HOUR+CLINKE_RHR	Kiln NR4 running status	0.12	INSTRUMENT and AUTOMATION		Kiln stop interlock(lack of fuel), LA4-VT1 main burner tidak bisa distart saat PW1 mati.	

Gambar 1. History kiln NR.2 stoplog

Saat ini sudah ada fasilitas jalur sirkulasi untuk mereduksi *pressure* dengan menggunakan *control valve membrane* manual berperan sebagai *PRV*. Dari masalah yang ditimbulkan dari kurang optimalnya *control valve membrane* manual *adjuster*, maka dibutuhkan *upgrade* fasilitas pengaturan aliran solar, dari sistem alat yang manual ke sistem alat yang otomatis.



Gambar 2. Skema aliran

#### Control Valve Lama`

Masih menggunakan *Flow control valve* dengan *plug* aktuator karet *Ethylene propylene rubber* dengan *pressure resistance* 20 bar Max yang dimana tidak sesuai kebutuhan operasi.

Merk	: FLSmidth
Tipe	: Membrane Control valve
Aktuator	: Piston/Needle
Pressure resistance	: 20 bar Max



Gambar 3. Control valve membrane manual

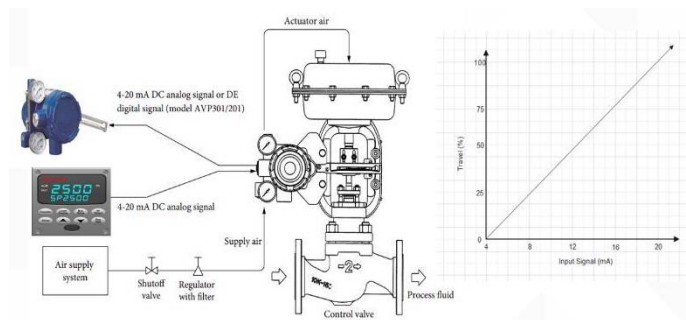
### Control Valve Baru

Pressure yang dapat dihasilkan pompa adalah 35 bar. Pressure resistance minimum untuk control valve baru harus lebih dari pressure yang dihasilkan pompa Pressure resistance dari control valve yang baru memiliki pressure resistance 43 bar Max. Dengan plug aktuatoor berbahan SS400.



Gambar 4. Control valve pneumatic model HLS

### Sinkronisasi Sistem Otomatis



Gambar 5. Alir Sistem Otomatis sinkronisasi Control Valve dengan Positioner dan Digital Controller

### Perhitungan Performa Control Valve baru

Berikut contoh perhitungan performa control valve pneumatic sebagai Pressure Reducing Valve dalam sistem dengan variable data umum selama proses berlangsung:

Pressure Inlet	= 19 bar
Pressure Outlet yang diinginkan	= 13 bar
Maximum Pressure pompa	= 35 bar
Karakteristik flow	= linear
Rentang pengendalian	= 0 - 100 %
Sinyal pengendali	= 4-20 mA

- (1) Untuk menghitung kebutuhan sinyal pengendali dalam perubahan tekanan yang diinginkan menggunakan control valve pneumatic dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta P = P1 - P2$$

Dimana:

$\Delta P$ : Perubahan tekanan (bar)

P1: Pressure Inlet (bar)

P2: Pressure Outlet yang diinginkan (bar)

Muhammad Pahlevi Rivaldo, et al/Prosiding Semnas Mesin PNJ (2023)

$$\Delta P = 19 \text{ bar} - 13 \text{ bar}$$

$$\Delta P = 6 \text{ bar}$$

Selanjutnya, perlu dikonversi perubahan tekanan ini menjadi persentase pembukaan kontrol *valve* (0-100%) dengan menggunakan persamaan:

$$\%CV = \left( \frac{\Delta P}{P_{max}} \right) \times 100$$

Dimana:

%CV : Persentase pembukaan kontrol valve

$\Delta P$  : Perubahan tekanan (bar)

$P_{max}$  : *Maximum pressure* (bar)

Tekanan maksimal ( $P_{max}$ ) adalah 35 bar. Maka perhitungan persentase pembukaan kontrol valve (%CV):

$$\%CV = (6 \text{ bar} / 35 \text{ bar}) \times 100$$

$$\%CV = 17,14\%$$

- (2) *Control valve pneumatic* menggunakan sinyal pengendali dalam bentuk 4-20 mA. perlu dikonversi persentase pembukaan kontrol valve menjadi sinyal pengendali dalam mA menggunakan persamaan:

$$I = I_{min} + (\%CV \times (I_{max} - I_{min}) / 100)$$

Dimana:

I : Sinyal pengendali (mA)

$I_{min}$  : Sinyal pengendali minimum (4 mA)

$I_{max}$  : Sinyal pengendali maksimum (20 mA)

Dalam contoh ini,  $I_{min}$  adalah 4 mA dan  $I_{max}$  adalah 20 mA. Maka perhitungan sinyal pengendali yang diperlukan (I):

$$I = 4 \text{ mA} + (17,14\% \times (20 \text{ mA} - 4 \text{ mA}) / 100)$$

$$I = 4 \text{ mA} + (17,14\% \times 16 \text{ mA} / 100)$$

$$I = 4 \text{ mA} + (2,74224 \text{ mA})$$

$$I = 6,742 \text{ mA}$$

Jadi, untuk mengurangi tekanan dari 19 bar menjadi 13 bar (mereduksi *pressure* 6 bar), *controller* akan mengirim sinyal pengendali sekitar 6,742 mA dan aktuator akan membuka sekitar 17,14%.

7

Berikut contoh perhitungan performa control valve pneumatic ketika ingin menaikkan nilai *pressure* dalam sistem dengan variable data umum selama proses berlangsung:

Rentang Pengendalian : 0% = tutup - 100% = buka

persentase bukaan Control Valve awal = 15%

Sinyal Pengendali Minimum = 4 mA

Sinyal Pengendali Maksimum = 20 mA

Maximum Pressure pompa = 35 bar

Pressure inlet = 10 bar

Pressure yang diinginkan = 13 bar

- (1) Menentukan nilai tekanan inlet ( $P_{in}$ ) dan tekanan yang diinginkan ( $P_{diinginkan}$ ):

$$P_{inlet} = 10 \text{ bar}$$

$$P_{diinginkan} = 13 \text{ bar}$$

Menghitung perbedaan tekanan yang diinginkan ( $\Delta P$ ) yang harus dicapai:

$$\Delta P = P_{diinginkan} - P_{inlet}$$

$$\Delta P = 13 \text{ bar} - 10 \text{ bar}$$

$$\Delta P = 3 \text{ bar}$$

Menghitung persentase penutupan control valve yang diperlukan ( $\Delta X$ ) untuk mencapai perbedaan tekanan yang diinginkan ( $\Delta P$ ) dengan mempertimbangkan karakteristik flow pada rentang pengendalian 0% hingga 100%:

$$\Delta X = (\Delta P / (\text{Maximum Pressure pompa} - \text{Pressure inlet})) \times 100\%$$

$$\Delta X = (3 \text{ bar} / (35 \text{ bar} - 10 \text{ bar})) \times 100\%$$

$$\Delta X = (3 \text{ bar} / 25 \text{ bar}) \times 100\%$$

$$\Delta X = 0,12 \times 100\%$$

$$\Delta X = 12\%$$

Menghitung persentase penutupan control valve yang baru:

$$\text{Persentase Penutupan Control Valve baru} = \text{persentase bukaan Control Valve awal} - \Delta X$$

$$\text{Persentase Penutupan Control Valve baru} = 15\% - 12\%$$

$$\text{Persentase Penutupan Control Valve baru} = 3\%$$



Muhammad Pahlevi Rivaldo, et al/Prosiding Semnas Mesin PNJ (2023)

- (2) Untuk meningkatkan nilai tekanan dalam sistem dari 10 bar menjadi 13 bar, perlu menutup control valve pneumatic sekitar 3% dari posisi bukaan awal sebesar 15%, dengan asumsi karakteristik rentang pengendalian 0% (tutup) hingga 100% (buka).

Menghitung nilai sinyal pengendali yang diperlukan (I):

Menentukan persentase penutupan yang diinginkan (Z) dalam persentase (0 hingga 100):

$$Z = 3\%$$

Menghitung rentang bukaan control valve (R) dengan menggunakan rumus:

$$R = \text{Rentang Pengendalian (100\%)} - \text{Bukaan Control Valve awal (X\%)}$$

$$R = 100\% - 15\% = 85\%$$

Diketahui nilai sinyal pengendali awal dalam mA (I awal): 5 mA

Menghitung persentase penutupan control valve yang diperlukan ( $\Delta X$ ) untuk mencapai persentase penutupan yang diinginkan (Z) dengan memanfaatkan karakteristik flow linear:

$$\Delta X = (Z / 100) \times R$$

$$\Delta X = (3\% / 100) \times 85\%$$

$$\Delta X = 0,03 \times 85\%$$

$$\Delta X = 0,255$$

Menghitung sinyal pengendali yang diperlukan (I) untuk mencapai persentase penutupan yang diinginkan (Z) dengan persamaan linear:

$$I = I \text{ awal} - (\Delta X \times (\text{Sinyal Pengendali Maksimum} - \text{Sinyal Pengendali Minimum}))$$

$$I = 5 \text{ mA} - (0,255 \times (20 \text{ mA} - 4 \text{ mA}))$$

$$I = 5 \text{ mA} - (0,255 \times 16 \text{ mA})$$

$$I = 5 \text{ mA} - 4,08 \text{ mA}$$

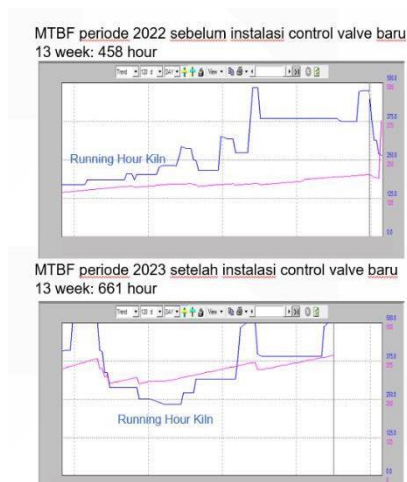
$$I = 0,92 \text{ mA}$$

Jadi, untuk menutup control valve sebesar 3% dari bukaan awal sebesar 15%, dengan sinyal pengendali sebesar sekitar 0.92 mA.

### Pasokan Solar Sebelum dan Sesudah Instalasi Control Valve Pneumatic Otomatis



Gambar 6. Trend *pressure* dan *flowrate* dari penggunaan solar sebelum dan sesudah instalasi *control valve* baru



Gambar 7. Trend *Running Hour Kiln* sebelum dan sesudah instalasi *control valve* baru

Data yang digunakan sebagai analisis untuk parameter keberhasilan adalah ketika terjadi gangguan dalam penggunaan bahan bakar batu bara pada saat operasional, ketika operator mengatur *set point rate fine coal* akan tetapi *actual ratenya*



*Muhammad Pahlevi Rivaldo, et al/Prosiding Semnas Mesin PNJ (2023)*

berbeda dengan *setpoint* yang diinginkan. Untuk menangani kondisi seperti ini dilaksanakan transisi dari penggunaan bahan bakar batu bara ke bahan bakar solar untuk pembakaran *main burner kiln flow rate* dari solar menuju ke *burner* memungkinkan untuk menjaga agar operasional tetap berjalan tanpa mengakibatkan *kiln stop*. Hal ini berkaitan dengan indikasi *pressure*

#### 4. KESIMPULAN

1. Aliran solar ke *kiln* dapat berjalan dengan baik dengan pengaturan sistem *Control Valve* secara otomatis dengan respon yang cepat dan akurat.
2. Pemasangan *Control Valve Pneumatic* otomatis sangat efektif berdasarkan uji coba terhadap *equipment* tersebut, terbukti saat terjadi masalah pasokan bahan bakar batu bara dapat dilakukan transisi ke bahan bakar solar tanpa menyebabkan *kiln stop*.
3. Pemasangan *Flow Control Valve Pneumatic* dengan perubahan sistem pengaturan aliran solar secara manual ke otomatis, data menunjukkan peningkatkan kinerja *kiln* melalui nilai MTBF yang meningkat 203 jam.

#### REFERENSI

- [1] P. John John “Parametric Studies of Cement Production Processes”, Journal of Energy Volume 2020, Article ID 4289043, Indawi.
- [2] N.A. Madloul, d., 2011. A Critical Review On Energy Use And Savings In The Cement Industries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, p. 2042–2060.
- [3] Hye, A. A., 2014. Computational Fluid Dynamics (CFD) Study Of Cofiring Of Oil fuel And Pretreated Biomass, Stockholm: KTH Industrial Engineering and Management.
- [4] Gunterus, F. 1994. Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- [5] Lewis, F.L. dan Symons, V.L. 1995. Optimal Control. Toronto : Jhon Wiley and Sons, Inc
- [6] Ogata, Katsuhiko. 1992. Teknik Control Automatik (Sistem Pengaturan) Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- [7] Dogget, A. M. 2005. Root Cause Analysis: A Framework for Tool Selection. The Quality Management Journal, 34
- [8] L. K., Dam-Johansen, K., Glarborg, P., Jensen, P. A., & Larsen, M. B. (2012). Combustion of Solid Alternative Fuels in The Cement Kiln Burner.
- [9] Walter Duda, 1999. Cement Data Book
- [10] Control Valve Yamatake azbil CV 3000 HLS TextBook
- [11] Smart Positioner azbil AVP TextBook
- [12] UDC 2500 Honeywell TextBook
- [13] Landsky Corporations TextBook
- [14] Valworx Corporations TextBook