

PERANCANGAN SISTEM PNEUMATIK DAN KONTROL KNIFE GATE VALVE BURNER DI INDUSTRI SEMEN

M Abdur Rohman Al Baab¹, Sonki Prasetya¹, Awang Darmawan²

¹ Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia, Telp: (62-21) 7863530,

Fax: (62-21) 7863530, albaab.holcim@gmail.com

²[PT. Holcim Indonesia Tbk.](#)

Abstrak

Salah satu proses dalam pembuatan semen adalah proses pembakaran, alat utama yang digunakan adalah tanur putar atau rotary kiln. Didalam kiln terjadi proses kalsinasi (hingga 100%), sintering, dan clinkering. Temperatur material yang masuk kedalam tanur putar adalah 1100-1400°C, sedangkan temperatur klinker yang keluar dari tanur putar sekitar 800-900°C. Pembakaran pada tanur putar menggunakan alat yang bernama burner dengan batu bara sebagai bahan bakar utama. Karena menggunakan batu bara sebagai bahan bakarnya, maka diperlukan perlakuan khusus saat proses perbaikan jalur batu bara berlangsung. Batu bara harus diisolasi agar terhindar dari kontaminasi udara luar terutama oksigen agar tidak mempengaruhi senyawa yang ada pada batu bara tersebut saat akan digunakan untuk penyalaan awal dan untuk mencegah adanya bahaya ledakan dan kebakaran karena adanya proses perbaikan yang menghasilkan percikan api atau panas mengingat teori segitiga api bahwa api muncul karena adanya bahan bakar, udara, dan sumber api atau panas, untuk mencegah hal tersebut terjadi diperlukan suatu sistem isolasi khusus untuk menutup saluran batu bara saat proses maintenance berlangsung. Tujuan dari studi ini adalah melakukan proses perancangan pemasangan katup gerbang (knife gate valve) menggunakan sistem pneumatik dipembakar utama (Main Burner) dan Calsiner burner untuk mengisolasi sisa bahan bakar yang masih berada didalam saluran burner agar tidak terkontaminasi oleh udara luar sehingga terhindar dari bahaya ledakan atau kebakaran. Katup gerbang (Knife Gate Valve) menggunakan sistem kontrol otomatis dari Central Control Room (CCR) sehingga tidak perlu dioperasikan secara manual oleh manusia untuk memenuhi standar faktor keamanan. Adapun penerapan system keamanan pada studi ini mengacu kepada aturan yang berlaku di PT Holcim Indonesia Tbk, bahwa seluruh equipment yang memiliki resiko ledakan harus sesuai dengan regulasi ATEX (Atmosphere Explosion). Dengan kata lain pemasangan katup gerbang (Knife gate valve) dipembakar utama (Main Burner) dan Calsiner Burner ini sebagai alat pengaman saat burner dalam proses perawatan untuk mencegah adanya bahaya kebakaran.

Kata Kunci : Otomatis, Knife gate valve, ATEX, Pneumatik, Sistem Kontrol.

Abstract

The cement manufacturing process is combustion. The main processes are combustion process, the main tool used is rotary kiln or rotary kiln. Inside the kiln occurs the process of calcination (up to 100%), sintering, and also clinkering. The temperature of the material entering the rotary kiln is 1100-1400 ° C, while the clinker temperature coming out of the rotary kiln is 800-900 ° C. Burning process in kilns using a tool so called burner employs coal as the main fuel with the cost as well as coal reserves consideration. Due to the coal used as its fuel, it is necessary have a special treatment when the coal line repair process takes place. The coal must be isolated to avoid outer air (oxygen) contamination therefore it will not affect the coal contents when it will be used for initial ignition. It is also used for preventing explosion and fire hazards due to a repairing process can produces sparks or heat given as the fire triangle theory states that fire arises because of the fuel, air, and the source of fire or heat, In order to prevent the dangerous event it requires a special isolation system to close the coal channel during the maintenance process takes place. The objective of this study is to design an implementation of Knife Gate valve using a pneumatic system in Main Burner and Calsiner burner in order to isolate the remaining fuel in the burner channel. Therefore, it will not be influenced by the outside air (oxygen) to avoid the fire or explosion hazard. Knife Gate Valve regulates coal channel with the automatic control system from Central Control Room (CCR) so it does not need to be manually operated by humans. Hence, it ensures the safety of personels. As an addition, the implementation of this safety system refers to the rules applicable in PT Holcim Indonesia Tbk, that all equipment that has an explosion risk must comply with ATEX (Atmosphere Explosion) regulation. In other words the installation of Knife gate in Main Burner and Calsiner Burners meant for a safety device during the maintenance of burner process to avoid fire.

Keywords: Automatics, Knife gate valve, ATEX, Pneumatic, Control System.

1. PENDAHULUAN

Salah satu proses dalam pembuatan semen adalah proses pembakaran, alat utama yang digunakan adalah tanur putar atau rotary kiln, didalam rotary kiln terdapat equipment penghasil api sebagai sumber

panas dalam *rotary kiln* dan sebagai *equipment* untuk melakukan proses *mixing* antara bahan bakar batu bara dengan udara disebut dengan *burner*[2].

1.1 Latar Belakang

Saat proses perbaikan di *burner* berlangsung, sesuai regulasi yang berlaku di PT. Holcim Indonesia bahwa seluruh area kerja dengan resiko bahaya ledakan yang tinggi harus terdapat suatu sistem *safety* yang sesuai dengan standar, karenanya di *burner* harus terdapat sistem isolasi jalur batu bara dari kontaminasi udara luar untuk mencegah timbulnya bahaya ledakan atau kebakaran. Sementara selama ini belum terdapat fasilitas untuk mengisolasi jalur tersebut. Standar yang digunakan oleh PT. Holcim Indonesia tersebut adalah standar dari *ATEX (Atmosphere Explosion)*[3]. *ATEX* adalah istilah keselamatan kerja yang menitikberatkan perhatian terhadap potensi terjadinya peledakan di tempat kerja, *ATEX* diciptakan sebagai upaya melindungi terjadinya kecelakaan terhadap pekerja, alat kerja dan lingkungan kerja. Diambil dari namanya, yang dimaksud *ATEX* adalah kondisi atmosfer ditempat kerja dalam hubungannya dengan kemungkinan akan terjadi peledakan, banyak tempat kerja yang memiliki potensi meledak akibat adanya bahan mudah terbakar seperti, gas *hydrocarbon* di pabrik petrokimia, atau debu organik seperti debu perusahaan tambang, atau uap mudah terbakar dari cat pada pabrik pengecatan mobil. Tempat kerja dalam kondisi atmosphere yang dimaksud ialah keadaan lingkungan kerja di alam terbuka dengan temperature *ambient* antara -20°C hingga 40°C dan tekanan 0,8-1,1 bar[4].

Tidak tersedianya sistem isolasi jalur batu bara tersebut dapat menimbulkan kerugian dari beberapa aspek diantaranya yaitu dari aspek *environment* terdapat banyaknya ceceran batu bara di lantai sehingga dapat mencemari lingkungan dan berpotensi terhirup oleh pekerja. Dari aspek *safety* adanya kegiatan *maintenance* yang menimbulkan percikan api atau panas akan memicu terjadinya ledakan atau kebakaran mengingat teori segitiga api bahwa api dapat tercipta karena adanya bahan bakar, udara (oksigen) dan sumber api atau panas, Aspek berikutnya adalah kerusakan properti (*Property Damage*) yang dapat menimbulkan kerugian yang lebih besar. Seperti yang saat *overhaul* Pabrik Holcim Tuban 2 beberapa saat yang lalu, terjadi kebakaran akibat ada percikan api dan menyambar batu bara yang ada pada pipa jalur *burner*, beruntung api belum membesar dan dapat dipadamkan dengan segera[5]. Seperti pada Gambar.1 tidak ada isolasi yang menutup jalur batu bara dari kontaminasi udara dan percikan api.



Gambar.1 Jalur Batubara Saat *Maintenance*

Diperlukan investasi sistem isolasi di jalur batu bara pada *burner* untuk meminimalkan kerugian karena bahaya yang ditimbulkan. Merancang sebuah sistem pneumatik knife gate valve yang dapat dikontrol secara otomatis dapat meminimalkan timbulnya bahaya akibat terbukanya jalur batu bara di burner.

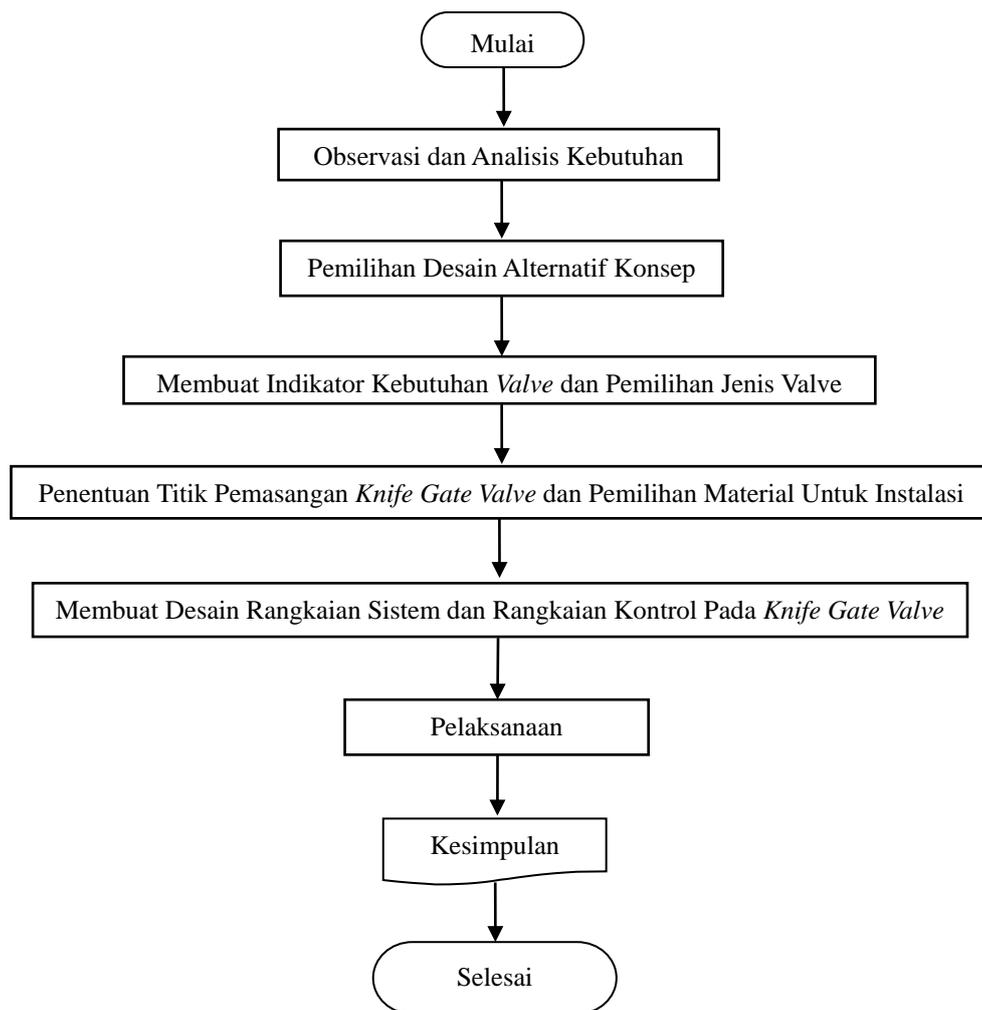
1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari pemasangan *knife gate valve* di jalur batu bara pada *burner* antara lain:

1. Memberikan solusi dari masalah kurangnya keamanan pada jalur batu bara di *burner* saat *maintenance* berlangsung.
2. Mencegah bahaya yang timbul akibat adanya kontaminasi zat lain yang dapat menyebabkan kerusakan properti atau kecelakaan kerja.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan, digambarkan dengan diagram alir di bawah ini:



Gambar.2 Diagram Alir Metode Penelitian

Pada tahap awal, dilakukan observasi untuk mengidentifikasi masalah melalui survey, dan pengumpulan data yang berkaitan dengan kebutuhan yang diperlukan dalam merancang bangun sistem isolasi jalur batubara menggunakan *knife gate valve*. Dilakukan juga pengukuran lokasi, studi buku manual untuk mengetahui besaran tekanan yang dibutuhkan serta diskusi dan wawancara kepada pihak terkait seperti *team member* yang bertanggung jawab di area tersebut untuk mendapatkan informasi bagaimana sistem isolasi batubara saat ini yang diterapkan ketika proses *maintenance* di *burner* berlangsung. Sistem *hydraulic, pneumatic & lubrication* untuk menentukan desain dan konsep sistem isolasi jalur batubara menggunakan *knife gate valve* yang paling mungkin diterapkan di area *main burner* dan *calsiner burner* dengan mempertimbangkan nilai kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif konsep. Melakukan survei lapangan serta observasi dengan supervisi mengenai standar kebutuhan *valve* yang sesuai dengan area yang akan diisolasi.

Survei lapangan dan diskusi dengan pembimbing lapangan untuk menentukan titik pemasangan *knife gate valve* yang paling efektif untuk diterapkan di area *main burner* dan *calsiner burner*. Pemilihan material dan alat berdasarkan pertimbangan pemilihan konsep desain yang akan diterapkan untuk *knife gate valve*. Dari perhitungan besar *pressure* yang dibutuhkan untuk mengoperasikan *knife gate valve*, dilakukan desain sistem dan skema gambar rangkaian kerja dari sistem isolasi batubara menggunakan *knife gate valve* yang akan diterapkan di area *main burner* dan *calsiner burner*. Membuat perbandingan perbandingan dari beberapa jenis sensor dan sistem *PLC* yang akan digunakan berdasarkan indikator yang dibuat sesuai kebutuhan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil observasi yang dilakukan selama masa spesialisasi di Departemen *Maintenance Reliability Hydraulic, Pneumatic & Lubrication* PT.Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Tuban. Ditemukan kendala saat

proses *maintenance* pada *kiln* yaitu jalur batubara untuk *burner* tidak terisolasi dengan baik karena tidak adanya equipment untuk mengisolasi sehingga sangat berpotensi menimbulkan munculnya bahaya jika tidak diisolasi dalam waktu yang lama (saat *shutdown*). Berdasarkan dengan aspek *safety* tersebut, dirancang sistem pneumatik *knife gate valve* untuk meningkatkan keamanan pada jalur batu bara saat proses *maintenance* berlangsung dan mencegah kerusakan properti pada jalur *coal transportation*. Dari hasil survei yang dilakukan di area *Pre-Heater* dan *Kiln* terdapat 3 titik yang harus diisolasi saat proses *maintenance* berlangsung. Dengan rincian 2 *knife gate valve* dengan ukuran DN 125 untuk diarea *calsiner burner* dan 1 *knife gate valve* ukuran DN 175 untuk diarea *kiln burner* seperti pada Gambar.3a dan Gambar.3b dibawah ini



Gambar.3a Saluran Pipa Calsiner Burner



Gambar.3b Saluran Pipa Kiln Burner

Sebagai acuan untuk menentukan jenis valve, maka dibuat indikator disesuaikan dengan kebutuhan sistem di lapangan. Ditentukan 5 indikator (Tabel.1) diantaranya adalah *good sealing system* atau kemampuan menutup yang rapat, *pressure drop* yang rendah, dapat digunakan hingga suhu 250°C, tingkat keausan *gate* rendah dan yang terakhir adalah harga[6]. Adapun penilaian dari tipe *valve* didasarkan angka dengan skala 1 sampai dengan 5 dimana nilai terbaik adalah yang tertinggi.

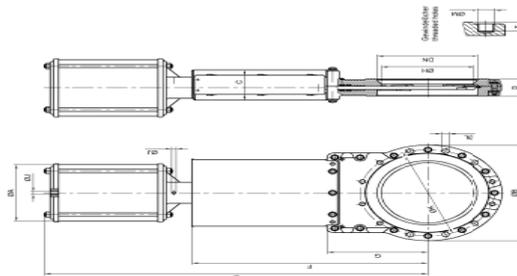
Tabel.1 Komparasi Jenis Jenis Valve

Jenis Valve Indikator	Reduced Ball Valve	Butterfly Valve	Knife Gate Valve	Globe Valve
Kerapatan seal	3	4	5	3
Pressure Drop rendah	4	3	4	5
Tahan sampai suhu 250°C	3	4	5	4
Keausan gate rendah	3	3	5	3
Harga	4	5	3	4
Total	17	19	22	19

1 : Sangat buruk 2 : Buruk 3 : Cukup 4 : Baik 5 : Sangat baik

3.1 Pemilihan Knife Gate Valve

Berdasarkan tabel komparasi yang sudah dibuat, *knife gate valve* dipilih untuk dipasang pada *main burner* dan *calsiner burner* sebagai isolasi saat proses perawatan berlangsung.



Gambar.5 Knife Gate Valve GEFA[7]

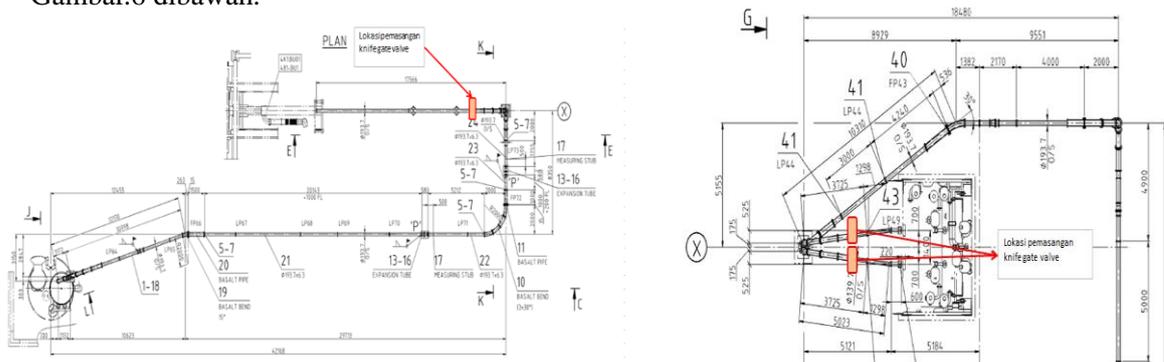
Knife gate valve merk *GEFA* dipilih untuk dipasang karena banyak digunakan pada area *coal transportation* di PT Holcim Indonesia Tbk Pabrik Tuban dan sudah mendapat standardisasi dari *ATEX*, ukuran *knife gate valve* yang akan dipasang pada *main burner* mengikuti ukuran pipa jalur batu bara nya

yaitu ukuran 8 inch. Gambar.5 diatas memuat spesifikasi dari *knife gate valve* merk *GEFA* yang akan dipasang.

3.2 Penentuan Titik Pemasangan dan Pemilihan Material

3.2.1 Titik Pemasangan

Sebelum dilakukan pemilihan dan penentuan kapasitas alat, terlebih dahulu harus dilakukan pemetaan berdasarkan kondisi aktual di lapangan sehingga di dapatkan titik yang paling mudah untuk dilakukan pemasangan *knife gate valve*. Dari hasil survei dilapangan ditetapkan titik pemasangan *knife gate valve* berdasarkan *flow sheet coal transportation* dan pertimbangan kemudahan pengerjaan (tidak perlu memotong pipa jalur batu bara yang terlapisi *wool*) seperti pada Gambar.6 dibawah.



Gambar.6 Lokasi Pemasangan *knife gate valve* di burner[1]

3.3 Pemilihan Material

Sebagai acuan menentukan komponen aktuatur pengendali baik silinder pneumatik maupun kebutuhan pasokan tekanan sebagai sumber daya dari penggerak, maka dilakukan perhitungan untuk menentukan spesifikasinya.

a. Perhitungan Diameter Piston

$\sum F = m \cdot a$[Persamaan.1] ; dimana $a = 0$ (benda dalam keadaan tidak bergerak)

Maka persamaan diatas menjadi

$$\sum F = 0$$

Dari persamaan 1 dapat diurai menjadi :

$$\sum F_x = 0$$
.....[Persamaan.2]

$$\sum F_y = 0$$
.....[Persamaan.3]

$$\sum F_z = 0$$
.....[Persamaan.4]

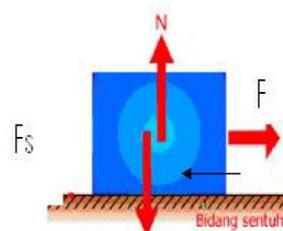
Keterangan :

F = Gaya (N)

F_s = Gaya Gesek (N)

N = Gaya Normal

W = $m \cdot g$ = Gaya Berat (N)



Gambar.7 Gaya yang bekerja pada *gate*

$$\sum F_y = 0$$
.....[Persamaan.3]

$$N = W_{gate} + W_{baut}$$

$$N = 520N + 20N$$

$$N = 540N$$

$$\sum F_x = 0$$
.....[Persamaan.2]

$$F - F_s = 0$$

$$F = \mu_s \cdot N$$
 ($\mu_s \rightarrow$ Tetapan statis gaya gesek besi terhadap baja).....[Persamaan.5]

$$F = 0,74 \cdot 540N = 399,6N$$

Diketahui gaya keseluruhan yang bekerja pada ujung piston adalah 399,6 N.

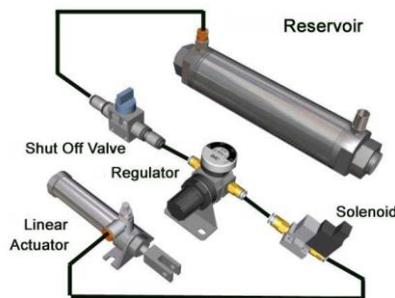
Ketika akan menentukan konsep desain, maka dibuat indikator yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem di lapangan. Ditentukan 8 indikator seperti yang tercantum pada Tabel.2 di bawah ini. Adapun penilaian dari tipe *valve* didasarkan angka dengan skala 1 sampai dengan 5 dimana nilai terbaik adalah yang

tertinggi. Nilai tersebut merupakan penskalaan dari nilai actual yang dimiliki masing-masing indikator komponen, khusus point 5, penilaian tertinggi didasarkan dari nilai actual terendah.

Tabel.2 Komparasi Desain Konsep

Indikator	Konsep			
	1	2	3	4
Kemudahan pengerjaan	4	3	3	4
Kontrol operasi dan monitoring	4	4	4	2
Biaya pembuatan	4	4	3	3
Biaya penggantian sparepart	4	4	3	2
Kemudahan perawatan	3	4	3	3
Kesesuaian lokasi & <i>equipment</i>	3	3	4	2
Keawetan	3	3	3	3
Keamanan	2	4	3	4
Score Total	27	29	26	23

Berdasarkan pertimbangan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing alternatif konsep, maka dipilih Konsep 2 yaitu Penggerak *valve* menggunakan sistem pneumatik dan sistem kontrol otomatis.



Gambar.8 Penggerak *Valve* Tenaga Pneumatik[8]

Pada konsep kedua ini *valve* digerakkan menggunakan sistem pneumatik dengan sumber tenaga dari kompresor. Udara mengalir dari *kompresor* kemudian mengalir ke *shut-off valve*, dari *shut-off valve* udara diatur keluaran *pressure* nya oleh *regulator*. Setelah dari *regulator*, udara memberi sinyal ke *solenoid valve* dan dari *solenoid valve*, udara akan diteruskan ke *valve* untuk bergerak maju atau mundur sesuai instruksi dari *solenoid valve*. Pada konsep ini *valve* dapat digerakkan secara otomatis dari *control room* karena *solenoid valve*-nya dihubungkan ke sistem kontrol.

Pemilihan jenis *valve* untuk sistem isolasi pada area *main burner* dan *calsiner burner* yang paling utama adalah harus terdapat label *ATEX* karena merupakan area kerja dengan resiko ledakan yang tinggi, disamping itu ada beberapa indikator yang disesuaikan dengan kebutuhan di area tersebut dan disesuaikan dengan jenis-jenis *valve* yang ada. Berikut hasil komparasi beberapa *valve* yang disesuaikan dengan indikator yang telah ditentukan dan dipersyaratkan oleh *ATEX*[3]:

- *material pulverized coal (must be comply with ATEX standart).*
- *temperature resistant up to 250 deg C.*
- *pressure 3 bar.*

Sebelum menentukan diameter piston yang akan digunakan, harus ditentukan berapa besar gaya yang akan bekerja pada silinder atau berapa besar beban yang akan didorong/ditarik oleh piston, selain itu juga harus diketahui terlebih dahulu posisi dari silinder terhadap bebannya, hal ini bertujuan untuk menentukan berapa besar *load ratio*. Adapun persamaannya sebagai berikut[9]:

$$F = P \times A \times \eta \dots\dots\dots[Persamaan.6]$$

Dimana :

F = Gaya Gerak Piston (N)

P = Tekanan (Pa)

A = Luas Permukaan Piston (m²)

η = Load Ratio \rightarrow (0,7 untuk operasi seimbang ; 0,8 untuk operasi dinamis).

Jika diketahui F = 399,6 N ; P = 7 bar \rightarrow 7 x 10⁵ Pa dan $A = \frac{\pi D^2}{4}$, berdasarkan rumus dari persamaan 6 di peroleh ukuran untuk diameter piston yaitu 9,5 . 10⁻³ m, karena ketidakterediaan ukuran piston dilapangan, maka diambil ukuran 16mm untuk keamanan dengan panjang yang disesuaikan dengan ukuran panjang lintasan piston.

b. Kebutuhan Udara

Untuk mendapatkan kebutuhan udara pada system pneumatik seperti panjang langkah dari piston saat bekerja, maka panjang dari langkah piston adalah sesuai dengan diameter dari pipa pada jalur batu bara yaitu berukuran 8 inch yang jika dikonversi kedalam centimeter yaitu sebesar 20,23cm. Spesifikasi debit persentimeter langkah piston dengan ukuran diameter piston 16mm dengan tekanan kerja 7 bar adalah 0,016. Karenanya piston yang digunakan adalah tipe *double acting* maka digunakan rumus[9]:

$$Q = 2 (s . n . q) \dots\dots\dots [Persamaan.7]$$

Dimana :

- Q = Kebutuhan Udara Silinder (*l/min*)
- q = Kebutuhan Udara Per centimeter Langkah Piston
- s = Panjang Langkah Piston (cm)
- n = Jumlah Siklus Kerja Permenit

Dari persamaan 7 didapat hasil untuk kebutuhan udara $Q = 2,46 \times 10^{-6} \text{ L/min}$

c. Perhitungan Kecepatan Fluida

Debit udara yang keluar dari *compressor* adalah 2,46 x 10⁻⁸ m³/s. Karena dalam rangkaian *knife gate valve* menggunakan 2 ukuran pipa , diameter 1,5 inch (38,1 mm) dan 16 mm. Maka harus di hitung kecepatan udara dalam pipa 38,1 mm (output dari jalur udara yang tersedia) dan 16 mm (input ke solenoid valve), viskositas udara (η): 0,017 x 10⁻³ **Ns/m²** dan massa jenis udara (ρ) : 1,293 kg/m³

- Pipa 38,1 mm

$$Q = v \times A \dots\dots\dots [Persamaan.8]$$

$$2,46 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = v \times \pi r^2$$

$$2,46 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = v \times 3,14 \times (19,5 \times 10^{-3})^2$$

$$v = 2,197 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

Bilangan Reynold

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\eta} \dots\dots\dots [Persamaan.9]$$

$$Re = (1,293 \text{ kg/m}^3 \times 2,197 \times 10^{-3} \text{ m/s} \times 0,381 \text{ m}) / 0,017 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$$

$$Re = 63,665$$

Re < 2000 maka aliran yang terjadi adalah *laminer*.

- Pipa 16 mm

$$Q = v \times A \dots\dots\dots [Persamaan.8]$$

$$2,46 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = v \times \pi r^2$$

$$2,46 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = v \times 3,14 \times (8 \times 10^{-3})^2$$

$$v = 1,224 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

Bilangan Reynold

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\eta} \dots\dots\dots [Persamaan.9]$$

$$Re = (1,293 \text{ kg/m}^3 \times 1,224 \times 10^{-2} \text{ m/s} \times 0,016 \text{ m}) / 0,017 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$$

$$Re = 1,489$$

Re < 2000 maka aliran yang terjadi adalah *laminer*.

d. Perhitungan Kehilangan Tenaga

- Perhitungan factor gesek (f)

Pada rangkaian *knife gate valve* terdapat rangkaian pipa vertical dan horizontal.

Aliran Vertical

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots [Persamaan.10]$$

Hasil : a. Pipa 38,1 mm = 1,005 mm
b. Pipa 16 mm = 42,98 mm

Aliran Horizontal

$$f = \frac{16}{Re} \dots\dots\dots [Persamaan.11]$$

Hasil : a. Pipa 38,1 mm = 0,2513 mm
b. Pipa 16 mm = 10,738 mm

- Kerugian ketinggian karena gesekan(Hf)

$$H_f = \frac{4 \cdot f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot d} \dots\dots\dots [Persamaan.12]$$

- Hf mendatar

$$\begin{aligned} H_f (2 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,016 \text{ m}) &= 4 \times 10,738 \times 6 \text{ m} \times (1,224 \times 10^{-2} \text{ m/s})^2 \\ H_f &= 0,12 \text{ m} \end{aligned}$$

- Hf menaik

$$\begin{aligned} H_f (2 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0381 \text{ m}) &= 4 \times 1,005 \times 2 \text{ m} \times (2,197 \times 10^{-3} \text{ m/s})^2 \\ H_f &= 1,57 \times 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

- Kerugian belokan(Hb)

$$K = [0.131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R}\right)^{3.5}] \left[\frac{\theta}{90}\right]^{0.5} \dots\dots\dots [Persamaan.13]$$

$$H_m = k \times \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots [Persamaan.14]$$

Keterangan = D = Diameter pipa = 0,0381 m
R = Jari-jari sumbu = 0,015 m
 θ = sudut = 90°
v = kecepatan fluida = 2,197 × 10⁻³ m/s
k = koefisien belokan

- $k = [0.131 + 1,847 (0,0381/2 \cdot 0,015)^{3.5}] [90/90]^{0.5}$
= [0.131 + 1,847 (2,308)][1]
= 4,393

- $H_b = k \times \frac{(2,197 \times 10^{-3})^2}{2 \cdot 10}$
= 4,393 × 2,413 · 10⁻⁷ = 1,06 × 10⁻⁶ m

- $H_{total} = H + H_f + H_b \dots\dots\dots [Persamaan.15]$

$$\begin{aligned} &= 2 \text{ m} + 0,12 \text{ m} + 1,57 \times 10^{-3} \text{ m} + 1,06 \times 10^{-6} \\ &= 2,1216 \text{ m} \end{aligned}$$

- $Pressure \text{ suplai udara} = \rho \times g \times H_{total} \dots\dots\dots [Persamaan.16]$

$$\begin{aligned} &= 1,293 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 2,1216 \text{ m} \\ &= 27,432 \text{ Pa} = 0,27432 \text{ bar} \end{aligned}$$

- Untuk menggerakkan *solenoid valve* membutuhkan 7 bar, maka kebutuhan jalur *pressure* sebelum *solenoid valve* = jumlah *pressure* untuk menggerakkan *solenoid valve* di tambah *pressure headloss*.

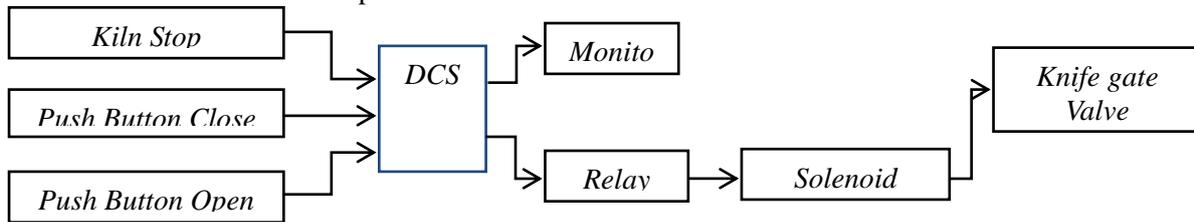
$$\begin{aligned} p &= 7 \text{ bar} + 0,27432 \text{ bar} \\ &= 7,27432 \text{ bar} \\ &= 7,27 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

3.4 Perancangan Sistem Kontrol dan Sistem Pneumatik

Pada tahap perancangan alat, dilakukan pembuatan rangkaian sesuai konsep desain yang telah ditentukan, hal ini ditujukan untuk mendapat hasil yang sesuai. Beberapa tahapan perancangan alat tugas akhir diantaranya :

A. Prinsip Kerja Alat

Tahap pertama perancangan suatu sistem adalah prinsip kerja. Prinsip kerja dari sistem *knife gate valve* di *burner kiln* ini disimulasikan pada Gambar.9



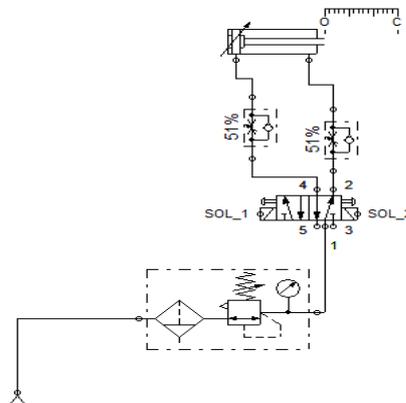
Gambar.9 Diagram Prinsip Kerja Alat

Sistem alat ini menggunakan *Distributed Control System (DCS)* sebagai pengendali utama. Sistem yang dirancang ter-*interlock* dengan *Kiln*, saat *Kiln* beroperasi sistem tidak dapat dijalankan dan saat *kiln* stop sistem baru bisa dijalankan karena isolasi jalur batubara dilakukan saat proses *maintenance* berlangsung.

Prinsip kerja alat dimulai saat ketika *kiln* stop. Lalu modul *digital output (DO)* berupa *push button close* dan *push button open* mengaktifkan relay, dari relay tersebut sinyal 24VDC menuju ke *solenoid valve (SOL_1/SOL_2)* kemudian *solenoid* bekerja dan meneruskan udara ke silinder sehingga piston bergerak maju/mundur sesuai perintah dari *ccr*. Setelah *knife gate valve* terbuka atau tertutup penuh akan memberi isyarat berupa lampu indikator, hijau untuk tertutup penuh dan merah untuk terbuka penuh.

B. Rangkaian Kontrol Pneumatik

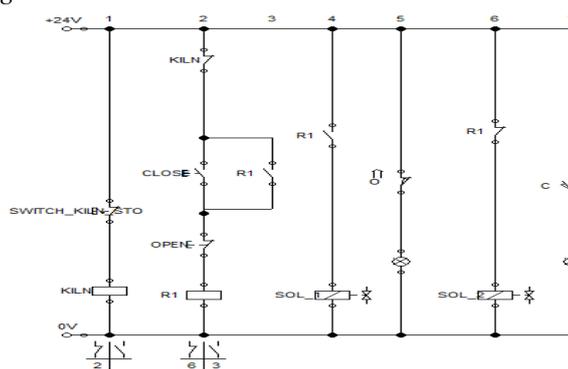
Perancangan kontrol pneumatik *knife gate valve* ini meliputi beberapa blok komponen antara lain *FRL Unit*, katup 5/2 NC dengan penggerak *solenoid* sebagai aktuatornya adalah piston *double acting*. Cara kerja dari sistem pneumatik yang dibuat dibawah ini adalah udara mengalir dari kompresor melewati *FRL unit*, dari *FRL unit* udara yang diteruskan ke *directional valve* mengandung oli hal ini bertujuan untuk melumasi *pistonrod* agar bergerak dengan smooth, setelah ke *directional valve* udara diteruskan ke silinder dan piston akan bergerak sesuai perintah. Gambar.10 merupakan rangkaian sistem pneumatik *knife gate valve*.



Gambar.10 Rangkaian Pneumatik Knife Gate Valve

c. Rangkaian Sistem Kontrol PLC

Gambar.11 menjelaskan tentang rangkaian kontrol *plc* untuk pengoperasian sistem isolasi jalur batubara menggunakan *knife gate valve*.



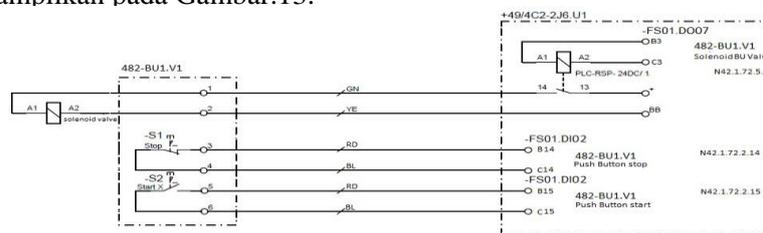
Gambar.11 Rangkaian Kontrol PLC Knife Gate Valve

Berikut ini prinsip kerja dari rangkaian PLC

1. Saat *switch kiln* masih terhubung sistem tidak dapat dijalankan, dengan kata lain sistem dapat beroperasi jika *kiln* stop.
2. Jika *kiln* sudah stop, saat *push button close* ditekan maka akan mengaktifkan **R1** dan akan memberi sinyal ke **SOL_1** untuk meneruskan udara ke silinder.
3. Setelah posisi *knife gate valve fully close*, *limit switch* akan mengaktifkan lampu indikator dan akan menyala hijau tanda jika posisi *gate* menutup.
4. Saat *push button open* ditekan maka akan memutus aliran listrik pada **R1** dan **SOL_2** aktif sehingga posisi *gate* di *fully open*.
5. *Limit switch* akan mendeteksi posisi *gate* dan memberi sinyal melalui indikator yang menyala merah pada layar.
6. Prinsip kerja akan berulang ketika *push button open* atau *close* ditekan oleh operator dari *ccr*.

d. Perancangan Hardware

Perancangan dan pembuatan *hardware* ini meliputi beberapa blok komponen, antara lain solenoid, dua *push button* dengan dua limit switch dan rangkaian *I/O module*. Instalasi rangkaian sistem isolasi *knife gate valve* ditampilkan pada Gambar.13.



Gambar.13 Wiring Diagram Sistem Kontrol

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut

1. Penggunaan *knife gate valve* pada sistem isolasi jalur batubara dinilai mampu mencegah timbulnya bahaya kebakaran. *Knife gate valve* dipilih karena memiliki keunggulan dapat digunakan untuk aliran material yang halus dengan *sealing system* yang baik. Keunggulan lain yang dimiliki *knife gate valve* adalah mampu tahan pada temperatur sampai 250°C.
2. Dari unjuk kerja simulasi kontrol yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem bisa bekerja dengan baik. Saat *kiln* berhenti beroperasi akan mengaktifkan relay sehingga sistem dapat dijalankan dengan menekan tombol *close* dari *ccr* dan dengan menekan tombol *open*, *gate* akan bergerak dan kembali ke posisi semula. Dengan demikian keberadaan dari *knife gate valve* tidak mengganggu transportasi batubara ke *burner*.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih di ucapkan kepada Bapak Sonki Prasetya, S.T, M.T., Bapak Awang D., karyawan dan kontraktor PT. Holcim Indonesia Tbk Pabrik Tuban atas kerja samanya di kegiatan ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. P. PT HOLCIM INDONESIA Tbk, "Flow Sheet "Coal Transportation", " 2012.
- [2] W. H. Duda, *Cement data book* 3 edition ed. Wiesbaden and Berlin: Bauverlag GmbH, 1985.
- [3] AEXOR, "ATEX Storage Audit Report Survey " 2012.
- [4] R. Wulandari, "Klasifikasi Hazardous Area dan Analisis Pemilihan Equipment Sesuai Standart ATEX dan IECEx " Bachelor Analisa Keselamatan dan Kesehatan Kerja Universitas Indonesia 2014.
- [5] M. A. R. A. Baab, "Efek Pemasangan Knife Gate Valve di Burner ", ed, 2018.
- [6] M. A. R. A. Baab, "Efek Pemasangan Knife Gate Valve Burner," ed, 2018.
- [7] G. P. GMBH, "Knife Gate Valve " in *AT200 Series* ed. Deutschland, 2018.
- [8] H. D. Baumann, *Control Valve Primer Fourth Edition*, 4 ed. 2009.
- [9] A. A. A. ST, "Perancangan Simulasi Sistem Pergerakan Dengan Pengontrolan Pneumatik Untuk Mesin Pengamplas Otomatis," Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Indonesia 3, 2009.