

## Perancangan *Slide-Gate* Pada *Inlet Booster Fan* (613-FA13) di *Coal Mill*

Dara Mutia<sup>1</sup>, Haolia Rahman<sup>2</sup>, Abdul Khalim<sup>2</sup>, dan Candra Damis Widiawaty<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Konsentrasi Rekayasa Industri, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. Ir. G.A Siwabessy Kampus UI – Depok, 16424

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. Ir. G.A Siwabessy Kampus UI – Depok, 16424  
Corresponding author *E-mail address*: dara.mutia.tm20@mhs.w.pnj.ac.id

---

### Abstrak

*PT Solusi Bangun Andalas memanfaatkan gas panas keluaran suspension preheater untuk mengeringkan raw coal agar kadar kelembapan pada bahan baku tersebut berkurang sehingga menghasilkan fine coal yang memenuhi standar. Gas panas dibawa melalui ducting dan besarnya aliran yang masuk akan diatur oleh alat yang disebut damper. Dikarenakan damper yang dilalui gas panas tidak beroperasi secara maksimal, sehingga berpotensi menyebabkan terjadinya ledakan pada explosion vent Coal Dust Collector (DC37). Dengan mengacu pada peristiwa yang pernah terjadi, maka kajian ini berfokus terhadap peningkatan safety equipment dengan merancang slide gate di ducting berdiameter 1600mm yang berfungsi untuk menutup aliran udara panas secara cepat dan efektif pada Coal Mill. Tujuan dari kajian ini meliputi perancangan slide gate serta sistem penggerakannya, dan menghitung waktu yang dibutuhkan untuk pengoperasian slide gate. Metode kajian yang digunakan yaitu dengan menganalisa kebutuhan, mencari informasi alat, pemilihan konsep desain, perancangan, dan evaluasi. Hasil kajian ini menunjukkan bahwa penggunaan sistem penggerak pada slide gate adalah sistem pneumatik karena karakteristiknya yang mampu menutup dan membuka secara cepat dengan langkah maju sebesar 5,76 detik dan langkah mundur sebesar 6,03 detik. Pemasangan slide gate direncanakan dipasang secara horizontal pada ducting (DT15) inlet gas panas 613-FA13 dengan mekanisme geser menggunakan bantuan bearing pada body slide gate.*

*Kata-kata kunci: raw coal, fine coal, ducting, hot gas, slide gate, sistem pneumatik.*

### Abstract

*PT Solusi Bangun Andalas utilizes hot gas released by the suspension preheater to dry the raw coal so that the moisture content in the raw material is reduced to produce Fine Coal that meets the standards. Hot gas is carried through the ducting, and the amount of incoming flow will be regulated by a damper device. Because the damper through which the hot gas passes does not operate optimally, it has caused an explosion at the DC37 ventilation. As a result of this incident, this study focuses on improving safety equipment by designing a slide gate in ducting with a diameter of 1600mm which functions to close the flow of hot air at the coal mill facility. The objectives of this study include the design of the slide gate and its drive system, and calculating the time required for the operation of the slide gate. The study method used is analyzing needs, looking for information on tools, selecting design concepts, designing, and evaluating. The results of this study indicate that the propulsion system on the slide gate is a pneumatic system because of its characteristics which can close and open quickly with a step forward of 5.76 seconds and a step back of 6.03 seconds. Installation of the slide gate is planned to be installed horizontally on the hot gas inlet ducting (DT15) 613-FA13 with a sliding gate mechanism using the help of bearings on the body slide gate.*

*Keywords: raw coal, fine coal, ducting, hot gas, slide gate, pneumatic system.*

## 1. PENDAHULUAN

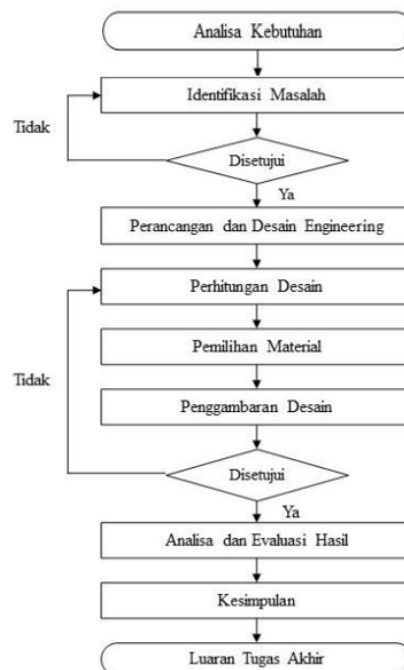
Dalam proses pembuatan semen, pabrik memanfaatkan gas panas dari *Suspension Preheater* dan *Kiln* yang akan membantu pengeringan *raw coal* di *Coal Mill*. Batu bara digunakan sebagai bahan bakar utama dalam proses pembakaran di *Kiln* dan *Pre-heater*. *Raw Coal* memiliki kandungan *moisture*  $\geq 15-25\%$ , sehingga gas panas sangat dibutuhkan dalam proses penggilingan di *Coal Mill* agar batu bara produk (*Fine Coal*) memenuhi standar yang diharapkan. [1]

Berdasarkan kejadian pada 18 Mei 2021, pernah terjadi kebakaran di *Dust Collector* (DC37) area *Coal Mill* PT Solusi Bangun Andalas, Lhoknga. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa hal, salah satu pemicu utamanya adalah dikarenakan masuknya gas panas ke dalam *Coal Mill* saat *equipment* sedang stop. Setelah dilakukan pengecekan, ternyata *dampers* pada jalur gas panas bekerja tidak maksimal dikarenakan posisi penempatannya terdapat akumulasi material dan desain dari *dampers*nya tidak efektif menutup aliran gas panas. Akibat dari hal tersebut, munculnya ledakan pada *explosion vent Coal Mill* hingga terjadi kebakaran pada *filter bag* DC37.

Persoalan di atas memberi dampak terhadap kerugian alat dan produksi pabrik, sehingga diperlukan solusi untuk membangun peralatan yang dapat meminimalisir kejadian tersebut agar tidak terulang kembali. Salah satu bentuk upaya dalam meningkatkan keselamatan di area industri ialah dengan merancang sebuah alat penutup/pembuka aliran (*dampers*) pada posisi yang tidak terjadi akumulasi material dan dapat beroperasi dengan cepat ketika menutup atau membuka.

Maka dari itu, penulis akan merancang *Slide gate* sebagai *safety damper* yang berfungsi untuk menghambat laju alir gas panas ketika melewati *Booster Fan* (FA13). *Dampers* ini juga akan meningkatkan *performance* dari *Coal Mill* dalam menunjang target produktivitas *clinker* yang diinginkan dengan meminimalisir kejadian ledakan di *Coal Mill*.

## 2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir pelaksanaan tugas akhir

Berdasarkan Gambar 1, maka berikut adalah metode yang digunakan dalam perancangan ini. Pertama menganalisa kebutuhan konsumen mengenai jenis *dampers* yang akan digunakan, kebutuhan yang akan ditekankan dalam merancang alat ini serta menentukan posisi pemasangan di lapangan dengan menggunakan data-data yang ada. Setelah itu, dari hasil identifikasi masalah didapatkan bahwa pada saat pengoperasian atau persiapan stop *Coal Mill* terdapat *unsafe condition* pada proses tersebut. Maka dari itu diperlukan sebuah *safety damper* yang dapat bekerja secara maksimal dalam mengontrol aliran gas panas yang masuk ke *Coal Mill*. Dalam perancangan desain penulis menggunakan aplikasi *solidwork*. Penulis merancang *dampers* dan

sistem pengoperasian yang sesuai dengan kebutuhan serta paling efektif dan efisien. Kemudian mengevaluasi hasil perancangan baik perhitungan maupun penggambaran harus tepat dan sesuai standard. Dari hasil evaluasi yang diperoleh didapat kesimpulan setelah dilakukannya perancangan sistem pengoperasian *slide gate* menggunakan pneumatik dan tercapainya tujuan dari tugas akhir tersebut.

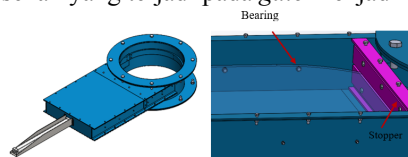
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Desain yang Direncanakan

Sebelum memilih desain yang sesuai, kebutuhan konsumen harus dipertimbangkan. Oleh karena itu, perancangan *slide gate* hendaklah memenuhi kriteria konsep rancangan yang telah disusun sebagai berikut: *Slide gate* bekerja hanya *open and close* (tidak dapat regulasi), *slide gate* mampu menutup/membuka dengan cepat, material yang digunakan tahan pada suhu 300-350°C, *space* yang tersedia pada objek pemasangan mencukupi, posisi pemasangan tidak berpotensi akumulasi material, mudah dalam proses *maintenance*, serta biaya masing-masing alat terjangkau.

#### 1. Konsep 1

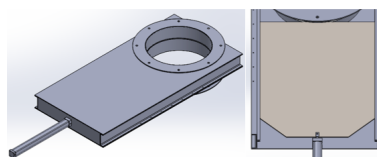
Konsep ini menggunakan sistem pneumatik sebagai penggerak *gate*-nya. Silinder pneumatik yang digunakan merupakan tipe *double acting cylinder*. Bagian cover yang berbentuk setengah lingkaran yang memanjang ke belakang. Hal tersebut lebih meringkas kebutuhan material yang akan digunakan saat pembuatan covernya. Pada bagian tengah diberi sebuah penahan *slide gate* sekaligus sebagai *stopper gate* yang berfungsi untuk menjaga *gate* agar tetap pada posisinya. *Stopper* dirancang sepresisi mungkin dengan tujuan lain sebagai *seal* agar gas panas tidak masuk ke sistem pneumatik. Selain itu ada penahan *gate* yang lainnya pada bagian kanan dan kiri. Penahan tersebut terdiri dari *bearing* (*sliding element*) supaya mempermudah pergerakan (memperingan beban) *gate* ketika maju dan mundurnya. Pemakaian *bearing* akan menyebabkan gesekan yang terjadi pada *gate* menjadi lebih kecil atau berkurang.



Gambar 2 *Slide gate* dengan penggerak pneumatik

#### 2. Konsep 2

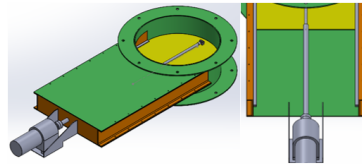
Pada konsep kedua *slide gate* dengan menggunakan penggerak hidrolik. Dengan bagian *cover* berbentuk kotak. Bagian silinder diberi *gap* sesuai dengan tebal *gate* agar tidak terjadi kebocoran. Bagian belakang *slide gate* dipangkas, supaya dapat mengurangi beban dari *gate* tersebut. Penyangga *gate* yang digunakan adalah tipe plat strip/plat bar. Plat ini diletakkan diantara *gate* dibagian atas dan bawah. Hal tersebut berfungsi sebagai *rail* dari *slide gate*. Fungsi lainnya seperti penyangga *slide gate* supaya tidak jatuh.



Gambar 3 *Slide gate* dengan penggerak hidrolik

#### 3. Konsep 3

*Slide gate* pada desain yang ketiga ini menggunakan penggerak tipe motor. Pada bagian *cover*-nya sama seperti pada desain ke 2. Penyangga yang ada pada desain ketiga ini juga sama seperti desain ke 1. Yang membedakannya terdapat komponen tambahan berupa *shaft* yang terhubung langsung pada *gate*. *Shaft* terdiri dari pipa, *shaft* ulir dan baut. Jadi, baut dimasukkan kepada pipa yang dihubungkan langsung ke motor induksi. Baut tersebut dilas di dalam pipa itu. Kemudian dimasukkan lah *shaft* ulir tadi kedalam pipa tersebut dengan melewati baut yang sudah dipasang sebelumnya.



Gambar 4 Slide gate dengan penggerak motor

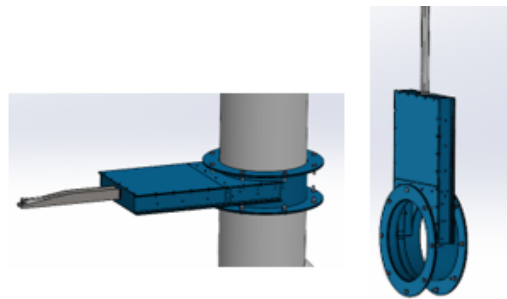
Menentukan posisi pemasangan

1. Pemasangan secara horizontal

Pada konsep pertama, *slide gate* dipasang secara horizontal pada *ducting* (DT15). Kelebihan dari posisi pemasangan ini ialah memiliki *space* yang besar dan cocok untuk *slide gate* dengan Ø1600 mm. Selain itu dengan *space* yang besar membuat proses instalasi dan perawatannya dapat dilakukan dengan mudah. Namun kekurangan dari posisi ini ialah akibat posisi pemasangan *slide gate* yang lumayan tinggi sehingga menyebabkan *user* harus membangun *support* konstruksi atau tangga disamping *ducting*.

2. Pemasangan secara vertikal

Untuk konsep kedua, *slide gate* akan dipasang secara vertikal. Kelebihan dari pemasangan model ini ialah mudah saat proses instalasi karena posisi *slide gate* di dekat tanah sehingga mudah dijangkau. Namun kelemahan dari model ini memiliki *space* yang sangat kecil dan sempit. Meninjau dari tipe *dampers* yang akan dipasang adalah *slide gate*, dimana ada *gate* dan *cover*-nya berada di luar *ducting*, serta diameter *slide gate* Ø1600mm maka memungkinkan *slide gate* akan bertabrakan dengan posisi konstruksi bawaan.



Gambar 5 Pemasangan *slide gate* secara vertikal dan horizontal

**Penentuan Konsep Desain**

Setelah melalui proses pembuatan desain, maka perlu dilakukan proses pemilihan desain yang sesuai dengan kriteria konsep rancangan alat yang telah dibuat sebelumnya dari analisa kebutuhan konsumen.

Tabel 1. Matriks *scoring* desain sistem penggerak *slide gate*

No	Kriteria seleksi	Bobot	Konsep Desain		
			Konsep 1	Konsep 2	Konsep 3
1	Keawetan	10	+	-	-
2	Keamanan	10	+	+	-
3	Kemudahan perancangan	8	+	-	+
4	Beroperasi dengan cepat	10	+	-	-
5	Kontrol operasi dan monitoring	8	+	+	-
6	Kemudahan perawatan	10	+	+	+
7	Biaya pembuatan	8	0	0	0
Total +			6	3	2
Total 0			1	1	1
Total -			0	3	4
Total keseluruhan dengan bobot			56	28	18

Dari tabel diatas penulis menyimpulkan bahwa konsep desain yang dipilih sebagai bahan perancangan yaitu konsep desain pertama yaitu *slide gate* dengan sistem pneumatik dan posisi pemasangan secara horizontal.

**Menghitung beban yang bekerja pada pneumatik**

**a) Beban gate**

Berdasarkan dari data *evaluate mass properties* aplikasi *SolidWorks*, beban *gate damper* sebesar 222,837 kg. Maka beban yang akan dicari sebagai berikut.

Menghitung beban normal:

$$F_N = m \times g \tag{1}$$

$$F_N = 222,837 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \quad F_N = 2183,80 \text{ N}$$

Table 2. Koefisien rolling friction

Coefficients of rolling friction (guideline values)		
Material pairing	Example of application	Coefficient of rolling friction <i>f</i> in mm
steel/steel	steel wheel on a guide rail	0.05
rubber/concrete	caster wheel on concrete floor	0.15
rubber/asphalt	car tires on the street	4.5

Dikarenakan *slide gate* bergerak dengan cara bergeser, maka akan mengalami gesekan (friksi) antara *gate* dan *bearing*. Pada Tabel 2 diketahui nilai *rolling friction* antar material *steel* sebesar 0,05 [2]. Sedangkan *outside diameter bearing* yang direncanakan adalah 35mm.

Maka, beban *gate* menjadi: [2]

$$F_1 = \frac{f \times F_N}{r} \tag{2}$$

$$F_1 = \frac{0,05 \times 2183,80}{17,5} F_1 = 6,24 \text{ N}$$

**b) Beban Draft**

Beban *draft* ada karena terdapat tarikan udara dari FA13 untuk mengalirkan gas panas menuju *Coal Mill*. Gas panas yang mengalir di dalam pipa berkecepatan 11,98 m/s dengan *density* 0,553 kg/m<sup>3</sup>. Untuk mencari beban *draft* dihitung menggunakan Persamaan berikut.

Besar tekanan di dalam duct. [3]

$$P_d = \frac{\rho v^2}{2} \tag{3}$$

$$P_d = \frac{0,553 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (11,98 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2} P_d = 39,68 \text{ N/m}^2$$

Setelah mendapatkan  $P_d = 39,68 \text{ N/m}^2$  maka beban *draft* dapat ditemukan dengan mengalikan luas area *duct* sebesar 4,22 m<sup>2</sup>.

$$F_2 = \frac{f \times F_D}{r} \tag{4}$$

$$F_2 = \frac{0,05 \times (P_d \times A)}{17,5} F_2 = \frac{0,05 \times (39,683 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 4,02286 \text{ m}^2)}{17,5} F_2 = 0,45 \text{ N}$$

Dengan diketahuinya beban *gate* dan beban *draft* maka dapat dicari beban total dari *slide gate* tersebut melalui.

$$\text{Beban total } (F_{tot}) = F_1 + F_2 \quad \text{Beban total } (F_{tot}) = 6,24 \text{ N} + 0,45 \text{ N} \quad \text{Beban total } (F_{tot}) = 6,69 \text{ N}$$

Besar beban yang bekerja pada *slide gate* adalah [6,69 N].

### Menghitung kebutuhan udara pada pneumatik

Maksimum *air compressor* yang tersedia pada *Coal Mill* adalah 5 bar. Untuk menentukan kebutuhan udara pada piston, mula-mula menentukan perbandingan kompresi dengan persamaan [4]

$$Cr = \frac{1,031+p}{1,031} \quad (5)$$

$$Cr = \frac{1,031+5}{1,031} = 5,85$$

Kebutuhan udara pada piston dapat menggunakan persamaan berikut. Dengan Panjang Langkah 1,59 m.

- Langkah maju

$$Q_1 = \left(\frac{3,14}{4}\right) \times 0,125^2 m \times 1,59 m \times 1 \times 5,85 \times 2 \quad (6)$$

$$Q_1 = 0,228162 \frac{m^3}{min}$$

$$Q_1 = 0,0038 \frac{m^3}{s}$$

- Langkah mundur

$$Q_2 = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times (D^2 - d^2) \times s \times n \times Cr \times 2 \quad (7)$$

$$Q_2 = \left(\frac{3,14}{4}\right) \times (0,125^2 m - 0,032^2 m) \times 1,59 m \times 1 \times 5,85 \times 2 Q_2 = 0,214339 \frac{m^3}{min} Q_2 = 0,0035 \frac{m^3}{s}$$

Berdasarkan hasil yang didapat dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kebutuhan udara pada piston untuk menutup pintu (langkah maju) adalah  $[0,0038 \frac{m^3}{s}]$  sedangkan untuk membuka pintu (langkah mundur) adalah  $[0,0035 \frac{m^3}{s}]$ .

### Menghitung waktu pengoperasian *slide gate*

Dari perhitungan diatas, diketahui  $Q_1 = 0,0038 \frac{m^3}{s}$ ;  $Q_2 = 0,0035 \frac{m^3}{s}$  dan  $D = 0,125 m$  serta  $d = 0,032 m$  Untuk menghitung kecepatan piston yang terjadi, dapat menggunakan persamaan berikut.

- Mencari volume piston

$$V = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \quad (8)$$

$$V = \frac{3,14}{4} \times 0,125^2 \times 1,8$$

$$V = 0,02 m^3$$

Setelah mendapatkan nilai volume pada piston dan kebutuhan udara pneumatik maka, selanjutnya dapat mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan oleh pintu untuk menutup dan membuka dengan menggunakan persamaan berikut: [5]

- Langkah Maju (menutup pintu)

$$Q_1 = \frac{V}{t} \quad (9)$$

$$0,00383 m^3/s = \frac{0,0220781 m^3}{t} t = 5,76 sec$$

- Langkah Mundur (membuka pintu)

$$Q_2 = \frac{V}{t}$$

$$0,0035 m^3/s = \frac{0,0220781 m^3}{t} t = 6,03 sec$$

Maka, untuk pneumatik menutup *gate* waktu yang dibutuhkan adalah [5,76 detik]. Sedangkan untuk pneumatik membuka *gate* waktu yang dibutuhkan adalah [6,03 detik].

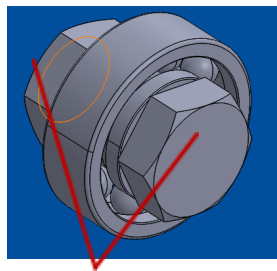
### Menghitung *shear stress* dan gaya yang diizinkan pada baut *bearing*

*Bearing* yang digunakan adalah Pabrikan SKF tipe *single row deep groove ball* 6202-2Z/VA228. Spesifikasi *Bearing* dapat dilihat pada Tabel 3.

Table 3 Spesifikasi *bearing*

Dimensions		
Bore diameter	15	mm
Outside diameter	35	mm
Width	11	mm
Performance		
Basic dynamic load rating	8,06	kN
Basic static load rating	3,75	kN
Limiting speed	360	r/min
Maximum operating temperature	350	°C
Mass		
Mass bearing	0,048	kg

Baut berperan sebagai shaft pada *bearing*. Baut yang digunakan merupakan M14X40mm material *stainless steel* SUS 304. Posisi pemasangan baut dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6 Baut pada *bearing*

Dari spesifikasi *bearing* (Tabel 2) diketahui massa *bearing* adalah 0,048 kg dan *basic static load rating* adalah 3,75 kN. Beban *gate* dan *draft* adalah 2183,8 N dan 159,6 N. Maka, Untuk menghitung beban *bearing* dapat diperoleh dari:

$$F_{bearing} = m \times g$$

$$F_{bearing} = 0,048 \text{ kg} \times 9,8 \frac{m}{s^2} = 0,47 \text{ N}$$

Selanjutnya untuk mencari gaya yang bekerja pada baut dapat diperoleh dari penjumlahan antara beban *gate*, beban *draft*, dan beban *bearing*, maka  $F_{total}$  adalah:

$$F_{total} = F_{blade} + F_{draft} + F_{bearing} \quad (10)$$

$$F_{total} = 2183,8 + 159,6 + 0,47 = 2343,87 \text{ N}$$

Karena total baut penompang *slide gate* ada 10, maka  $F_{total}$  menjadi:

$$F_{total} = \frac{2343,87 \text{ N}}{10}$$

$$F_{total} = 234,387 \text{ N} = 0,234 \text{ kN (untuk 1 baut)}$$

Setelah mengetahui beban yang bekerja pada baut maka selanjutnya mencari *cross actional area* dari baut menggunakan. [2]

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$(11)$$

$$S = \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} S = 154 \text{ mm}^2$$

Selanjutnya penulis menghitung *allowable shear stress* baut. *Limit stress* baut M14X40mm dari material *stainless steel* SUS 304 adalah 323 N/mm<sup>2</sup> dan safety faktor sebesar 4, maka besarnya tegangan geser yang diizinkan ( $\tau_{s, allow}$ ) adalah: [2]

$$\tau_{s, allow} = \frac{\tau_{sB}}{v}$$

$$\tau_{s, allow} = \frac{323 \text{ N/mm}^2}{4} \tau_{s, allow} = 80,75 \text{ N/mm}^2$$

Gaya yang diizinkan pada baut adalah:

$$F_{allow} = S \cdot \tau_{s, allow} \quad (12)$$

$$F_{allow} = 154 \text{ mm}^2 \cdot 80,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} F_{allow} = 12435,5 \text{ N}$$

$$F_{allow} = 12,43 \text{ kN (berlaku untuk 1 baut)}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa baut M14X40mm mampu menahan beban sebesar [0,234 kN]. Hal ini dikarenakan  $F_{allow} > F_{baut}$  yaitu [12,43 kN]. Dengan demikian, baut M14X40mm material stainless steel SUS 304 [AMAN] digunakan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada Tugas Akhir ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat tugas akhir yang dirancang adalah *slide gate* menggunakan sistem penggerak pneumatik dengan spesifikasi:
  - a. Dimensi *slide gate*:
    - *gate*: 1970 mm x 1576 mm x 10 mm
    - silinder *slide gate*:  $\varnothing$ 1588 mm dengan panjang 700 mm
  - b. Penggerak: Silinder pneumatik *double acting* dengan silinder *bore*  $\varnothing$ 125mm, piston rod  $\varnothing$ 32mm dan maksimal *oustroke* 1800.
  - c. Mekanisme geser menggunakan bantuan *bearing*.
2. Pemasangan *slide gate* yang direncanakan akan dipasang secara horizontal pada *ducting* (DT15) *inlet hot gas* 613-FA13.
3. Waktu pengoperasian *slide gate* lebih cepat sehingga dapat menjaga keamanan ketika menutup saluran hot gas yang akan masuk ke inlet 613-FA13. Pengoperasian dengan sistem pneumatik membutuhkan waktu untuk langkah maju adalah 5,76 detik dan langkah mundur adalah 6,03 detik.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan paper seminar nasional mungkin tidak akan terselesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Terimakasih kepada seluruh karyawan dan casual PT Solusi Bangun Andalas Pabrik Lhoknga serta dosen atas bantuannya dalam mendukung pengerjaan penelitian ini

#### REFERENSI

1. PT Solusi Bangun Andalas, "LHO Equipment Specification," Lhoknga, Aceh Besar, 2023.
2. U. Fischer, R. Gomeringer, M. Heinzler, R. Kilgus, and F. Naher, Mechanical and Metal Trades Handbook 1st English Edition, Germany: Verlag Europa Lehrmittel.



3. H. Izmi, H.M. Ridwan, and R.Hariawan, Perancangan Sistem Pengoperasian Slide Gate 215-DT69 Menggunakan Motor Listrik AC di PT. Solusi Bangun Andalas, Lhoknga, Aceh: Politeknik Negeri Jakarta, 2022.
4. A. R.K., Dasar Pneumatik Modul Pembelajaran Teknik Mekatronika, Senayan, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2017.
5. N. A., "Apa itu Fluida Dinamis? Ketahui Ciri, Rumus dan Penerapannya," Quipper Blog, 12 May 2023. [Online]. Available: <https://www.quipper.com/id/blog/mapel/fisika/fluida-dinamis/>. [Accessed 15 June 2023].