



Tesis

**Desain dan Analisa Performansi Rotary Anti Blocking Pada Outlet
Coal Bunker**

**COK HARATUA HARAHAHAP, S.T.
6007201031**

Dosen Pembimbing :
Dr. Bambang Arip Dwiyantoro, S.T., M. Eng.
NIP. 197804012002121001

**PROGRAM MAGISTER
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

COK HARATUA HARAHAP

NRP: 6007201031

Tanggal Ujian: 15 Juli 2022

Periode Wisuda: September 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing:

1. Dr. Ir. Bambang Arip Dwiyantoro, M.Eng.
NIP: 197804012002121001



Penguji:

1. Prof. Dr. Ir. PRABOWO., M.Eng
NIP. 196505051990031005



2. Dr. Bambang Sudarmanta, S.T., M.T.
NIP: 197301161997021001



3. Ary Bachtiar K P, ST. MT. Ph.D.
NIP: 197205241997021001



Kepala Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem



Dr. Ir. Atok Setiawan, M.Eng.Sc.

NIP: 196604021989031002

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Coal Bunker</i>	5
2.2 <i>Coal Feeder</i>	6
2.2.1 Bagian-Bagian <i>Coal Feeder</i>	7
2.2.2 Prinsip Kerja <i>Coal Feeder</i>	9
2.3 Batubara <i>Low Rank Coal</i>	10
2.3.1 Ukuran Batubara (<i>Coal Size</i>)	11
2.3.2 Kandungan Pada Batubara	12
2.3.3 Kandungan Moisture Pada Batubara	12
2.4 Studi Literatur.....	14
2.5 Mekanisme <i>Blocking Pada Outlet Coal Bunker</i>	14
2.6 Indikasi <i>Blocking Pada Outlet Coal Bunker</i>	15
2.7 <i>Jenis-Jenis Anti Blocking</i>	15
2.7.1 Vibrator.....	16
2.7.2 Air Cannon	16
2.7.3 <i>Hydraulic Anti Blocking</i>	17
2.8 Penelitian Terdahulu	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Langkah-Langkah Penelitian	25
3.2 Desain <i>Rotary Anti Blocking</i>	26
3.3 Perhitungan Desain <i>Rotary Anti Blocking</i>	26
3.3.1 Perhitungan Volume <i>Coal Bunker</i>	27
3.3.2 Perhitungan Massa Batubara	27
3.3.3 Perhitungan Gaya Berat Batubara	27

3.3.4 Perhitungan Tegangan Geser Scrapper/Knife Terhadap Batubara	28
3.3.5 Perhitungan Nilai Torsi Beban Batubara Terhadap <i>Rotary Anti Blocking</i>	28
3.3.6 Perhitungan Nilai Moment Inersia Polar Beban Batubara Terhadap <i>Rotary Anti Blocking</i>	28
3.3.7 Perhitungan Putaran Output <i>Scrapper/Knife Rotary Anti Blocking</i>	29
3.3.8 Perhitungan Daya Motor Yang Digunakan Pada <i>Rotary Anti Blocking</i>	29
3.4 Gambar Desain dan Material <i>Rotary Anti Blocking</i>	29
3.4.1 Gambar Desain dan Material <i>Body Rotary Anti Blocking</i>	30
3.4.2 Gambar Desain dan Material Slewing Bearing.....	31
3.4.3 Gambar Desain dan Material Rotor <i>Rotary Anti Blocking</i>	32
3.4.4 Gambar Desain dan Material Scrapper/Knife <i>Rotary Anti Blocking</i>	32
3.4.5 Gambar Desain Assembling <i>Rotary Anti Blocking</i>	33
3.5 Simulasi Desain <i>Rotary Anti Blocking</i>	34
3.6 Variabel Tetap dan Variabel Bebas pada Percobaan Yang Dilakukan.....	34
3.7 Alat Ukur	34
3.8 Pengambilan Data pada Variasi Percobaan	35

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN..... 36

4.1 Analisa Perhitungan Teknis <i>Rotary Anti Blocking</i>	36
4.2 Analisa Simulasi Desain <i>Rotary Anti Blocking</i>	40
4.3 Rancang Bangun <i>Rotary Anti Blocking</i>	43
4.4 Pengambilan Data Pada Variasi Percobaan <i>Rotary Anti Blocking</i>	44
4.4.1 Melaksanakan Rack-In Breaker 380 V.....	44
4.4.2 <i>Start Rotary Anti Blocking</i> dari Panel Lokal.....	45
4.4.3 Monitoring <i>Anti Blocking</i> Beroperasi Dengan Normal	46
4.4.4 Pengambilan Data Variasi Waktu Operasi	47
4.4.5 Pengambilan Data Variasi Coal Flow	48
4.5. Percobaan <i>Rotary Anti Blocking</i>	50
4.5.1 Percobaan Satu Kali Putaran Scrapper/Knifer Terhadap Gangguan Blocking	51
4.5.2 Percobaan Dua Kali Putaran Scrapper/Knifer Terhadap Gangguan Blocking	52
4.5.3 Percobaan Tiga Kali Putaran Scrapper/Knifer Terhadap Gangguan Blocking	53
4.5.4 Percobaan Empat Kali Putaran Scrapper/Knifer Terhadap Gangguan Blocking	54
4.6. Analisa Performansi <i>Rotary Anti Blocking</i> dengan Menentukan Nilai	
4.7. Analisa Manfaat Finansial Jika Tidak Terjadi Gangguan Blocking...56	

BAB V PENUTUP	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	59
 DAFTAR PUSTAKA	 60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dimensi Coal Bunker PLTU Pangkalan Susu	5
Gambar 2.2 Outlet Coal <i>Bunker</i>	6
Gambar 2.3 <i>Coal Feeder</i>	6
Gambar 2.4 Bagian <i>Coal Feeder</i>	7
Gambar 2.5 Prinsip Kerja <i>Coal Feeder</i>	9
Gambar 2.6 Batubara Penyebab <i>Blocking</i>	10
Gambar 2.7 Sertifikat Surveyor Indonesia	10
Gambar 2.8 Mekanisme <i>Blocking</i> Pada <i>Outlet Coal Bunker</i>	14
Gambar 2.9 Kegiatan Mengatasi <i>Blocking</i> Pada <i>Outlet Coal Bunker</i>	15
Gambar 2.10 <i>Vibrator</i>	16
Gambar 2.11 <i>Air Canon</i>	16
Gambar 2.12 <i>Hydraulic Anti Blocking</i>	17
Gambar 2.13 Area Yang Sering Mengalami <i>Blocking Batu Bara</i>	19
Gambar 2.14 Grafik Antara Moment Load Dengan Axial Load.....	20
Gambar 2.15 <i>Slewing Bearing</i>	20
Gambar 2.16 Diagram FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>) Coal Plugging di Coal Feeder.....	21
Gambar 2.17 <i>Coal Online Analyzer</i>	22
Gambar 2.18 (a) Struktur Vertical Bunker Existing, (b) Desain Baru Bunker Vertical Tanpa CFC	23
Gambar 2.19 Penampang Geologis Melalui Bunker Batubara.....	23
Gambar 2.20 Hasil Monitoring Deformasi CFC.....	24
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Diagram Alur Desain <i>Rotary Anti Blocking</i>	26
Gambar 3.3 <i>Dimensi Transition Chute</i>	30
Gambar 3.4 Dimensi <i>Slewing Bearing</i>	31
Gambar 3.5 Dimensi Rotor.....	32
Gambar 3.6 Dimensi <i>Scraffer/Knife</i>	32
Gambar 3.7 <i>Assembling Rotary Anti Blocking</i>	33
Gambar 4.1 Simulasi Desain <i>Rotary Anti Blocking</i> Menggunakan Software Inventor 2020.....	41

Gambar 4.2 Simulasi Menentukan Nilai Torsi Dan Daya Motor	42
Gambar 4.3 <i>Rotary Anti Blocking</i> Yang Terpasang Di Unit Pltu Pangkalan Susu.....	43
Gambar 4.4 Melaksanakan <i>Rack-In Breaker</i> 380 V.....	45
Gambar 4.5 <i>Proses Start Push Button Rotary Anti Blocking</i>	46
Gambar 4.6 <i>Monitoring Rotary Anti Blocking</i> Beroperasi Dengan Normal	46
Gambar 4.7 Pengambilan Data Variasi Waktu Operasi.	47
Gambar 4.8 Pengambilan Data Variasi Coal Flow	48
Gambar 4.9 Pengambilan Data Variasi Pada Coal Flow 15 Ton/Jam.....	49
Gambar 4.10 Pengambilan Data Variasi Pada Coal Flow 20 Ton/Jam.....	49
Gambar 4.11 Pengambilan Data Variasi Pada Coal Flow 25 Ton/Jam.....	50
Gambar 4.12 Pengaruh 1 Kali Putaran Scrapper/Knife Terhadap Jumlah Gangguan	51
Gambar 4.13 Pengaruh 2 Kali Putaran Scrapper/Knife Terhadap Jumlah Gangguan.	53
Gambar 4.14 Pengaruh 3 Kali Putaran Scrapper/Knife Terhadap Jumlah Gangguan.	54
Gambar 4.15 Pengaruh 4 Kali Putaran Scrapper/Knife Terhadap Jumlah Gangguan.	55
Gambar 4.16 Pareto Looses Gangguan Blocking Outlet Coal Bunker	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi <i>Coal Feeder</i>	8
Tabel 2.2 Ukuran Partikel Batubara	11
Tabel 2.3 Kandungan Pada Batubara	12
Tabel 3.1 Variabel Tetap dan Variabel Bebas	34
Tabel 3.2 Variasi Percobaan	35
Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan Satu Kali Putaran Scrapper/Knife <i>Rotary Anti Blocking</i>	51
Tabel 4.2 Data Hasil Percobaan Dua Kali Putaran Scrapper/Knife <i>Rotary Anti Blocking</i>	52
Tabel 4.3 Data Hasil Percobaan Tiga Kali Putaran Scrapper/Knife <i>Rotary Anti Blocking</i>	53
Tabel 4.4 Data Hasil Percobaan Empat Kali Putaran Scrapper/Knife <i>Rotary Anti Blocking</i>	55
Tabel 4.5 Data Performansi <i>Rotary Anti Blocking</i>	56

Desain dan Analisa Performansi Rotary Anti Blocking Pada Outlet Coal Bunker

Nama Mahasiswa : Cok Haratua Harahap, S.T.
NRP : 6007201031
Departemen : Teknik Mesin, FTIRS-ITS
Pembimbing : Dr. Ir. Bambang Arip Dwiyantoro, M. Eng.

ABSTRAK

Tesis ini membahas desain dan analisa performansi *rotary antiblocking* pada *outlet coal bunker*. Dimana *rotary anti blocking* berfungsi menghilangkan *blocking* batubara pada *outlet coal bunker* sebelum digunakan sebagai bahan bakar pada *boiler*. Batubara yang digunakan merupakan tipe *low rank coal* yang mempunyai *moisture* tinggi dan nilai kalori rendah sehingga dapat menyebabkan *blocking* yang menyebabkan *stop* operasi pada *pulverizer mill* sehingga unit mengalami kehilangan produksi (MWH)Losses.

Rotary anti blocking di desain menggunakan *scraper/knife* yang berputar pada dinding bagian dalam *outlet coal bunker* dengan Kecepatan 1 Rpm dengan torsi 50.150 N.m. *Scraper/knife* berada pada area rotor yang terhubung dengan slewing bearing dan digerakkan oleh *motor gearbox* dengan daya 5,5 kW dan *ratio* 1:465. Untuk menentukan desain dimensi maka harus mengetahui terlebih dahulu ukuran eksisting peralatan *coal bunker* menuju *coal feeder*, Sementara untuk desain material menggunakan material yang tahan abrasive dikarenakan batubara memiliki tingkat zat asam yang tinggi. Seperti penggunaan material *stainless steel* pada *liner body rotary anti blocking* dan material *manganese steel JIS SCMnH11* pada *scraper/knife*.

Adapun percobaan *rotary anti blocking* bertujuan untuk menentukan nilai optimal sehingga dapat digunakan sebagai standard pengoperasian alat tersebut dengan menentukan jumlah putaran *scraper/knife rotary anti blocking* hingga tidak terjadi gangguan *blocking* pada *outlet coal bunker*. Percobaan tersebut dilakukan pada masing-masing karakteristik dengan waktu operasi, setiap 15 menit, 30 menit dan 60 menit serta pada variasi *flow coal feeder* 15 ton/jam, 20 ton/jam, dan 25 ton/jam. Maka dapat ditentukan nilai optimal yaitu pada *flow coal feeder* 15 ton/jam, dengan 1 kali putaran *scraper/knife rotary anti blocking* pada waktu operasi setiap 15 dan 30 menit. Pada *flow coal feeder* 20 ton/jam, dengan 2 kali putaran *scraper/knife rotary anti blocking* pada waktu operasi setiap 15 dan 30 menit, sedangkan pada *flow coal feeder* 25 ton/jam, dengan 2 kali putaran *scraper/knife rotary anti blocking* pada waktu operasi setiap 15 menit.

Kata kunci: *rotary anti blocking, waktu operasi, flow coal feeder, outlet coal bunker.*

Design and Analysis Performance of Rotary Anti Blocking at Coal Bunker Outlet

Name : Cok Haratua Harahap, ST
NRP : 6007201031
Department : Mechanical Engineering, FTIRS-ITS
Lecturer : Dr. Ir. Bambang Arip Dwiyanoro, M. Eng.

ABSTRACT

This thesis discusses the design and performance analysis of rotary antiblocking at coal bunker outlets. Where the rotary anti-blocking is to remove blocking/plugging at the outlet of the coal bunker before being used as fuel in the boiler. Blocking at the outlet of the coal bunker can cause stop operating mill so that the unit loses production opportunities.

Rotary anti-blocking is designed using a *scraper/knife* that rotates on the inner wall of the *coal bunker outlet* with a speed of 1 Rpm with a torque of 50.150 Nm. The *scraper /knife* is located in the rotor area which is connected to the slewing bearing and is driven by a *motor gearbox* with a power of 5.5 kW and *ratio* 1:465. To determine the design dimensions, it is necessary to know in advance the size of the existing *coal bunker to coal feeder*. Meanwhile, for material design, use materials that are abrasive resistant because coal has a high acid level. Such as the use of *stainless steel* on the *anti-blocking rotary body liner* and *JIS SCMnH11 manganese steel material* on the *scraper/knife*.

The *rotary anti-blocking* experiment aims to determine the optimal value so that it can be used as a standard operation for the tool by determining the number of rotations of the *anti-blocking scraper/knife* interference does not occur *blocking* at the *coal bunker outlet*. The experiment was carried out on each characteristic with operating time, every 15 minutes, 30 minutes and 60 minutes as well as on variations in *flow coal feeder* 15 tons/hour, 20 tons/hour, and 25 tons/hour. Then the optimal value can be determined, namely the *flow coal feeder* of 15 tons/hour, with 1 rotation of *anti-blocking scraper/knife rotary* at operating times every 15 and 30 minutes. The *flow coal feeder* is 20 tons/hour, with 2 rotations *anti-blocking scraper/knife rotary* at operating times every 15 and 30 minutes, while the *flow coal feeder* 25 tons/hour, with 2 rotations *anti-blocking scraper/knife rotary* at a time. operation every 15 minutes.

Keywords: *rotary anti blocking, operating time, flow coal feeder, coal bunker outlet.*

KATA PENGANTAR

Segala syukur dan puji bagi ALLAH SWT yang telah memberikan petunjuk dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Desain dan Analisa Performansi Rotary Anti Blocking Pada *Outlet Coal Bunker*”. Penyusunan tesis ini merupakan persyaratan kelulusan Program Studi S-2 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menyadari keberhasilan penulisan tesis ini mendapat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, Pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam penulisan tesis ini, antara lain kepada :

1. Dr. Bambang Arip Dwiyanoro.,S.T.,M.Sc.Eng. selaku dosen pembimbing tesis dan sekretaris departemen bidang keuangan, sdm dan sarana prasarana Departemen Teknik Mesin yang sangat membantu mengarahkan dan membimbing penulis dalam proses perencanaan, pelaksanaan dan penyelesaian tesis ini.
2. Dr. Eng. Harus Laksana Guntur.,ST.,M.Eng, selaku ketua program studi pasca sarjana Departemen Teknik Mesin FTIRS-ITS.
3. Prof. Dr. Ir. Prabowo, M.Eng., Dr. Bambang Sudarmanta, ST.,MT., Ary Bachtiar K P, ST. MT. Ph.D., selaku dosen penguji tesis penulis.
4. PT. Indonesia Power PLTU Pangkalan Susu Operation and Maintenance Services Unit yang memberikan kesempatan tugas belajar S2 di Jurusan Teknik Mesin ITS.
5. Hj. Rafika Zahara Lubis, SE. dan Muhammad Omar Khadifi Harahap, Istri dan putra tercinta yang selalu memberi dukungan, doa dan semangat untuk menyelesaikan pendidikan.
6. Orang tua dan mertua yang selalu mendoakan keberhasilan penulis baik dalam pendidikan, pekerjaan maupun kehidupan.
7. Segenap Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin.
8. Rekan-rekan S-2 Jurusan Teknik Mesin Rekayasa Energi.
9. Rekan-rekan PLTU Pangkalan Susu OMU yang telah banyak membantu dalam pengambilan data.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan tesis ini namun hal tersebut bukanlah sesuatu yang disengaja, tetapi semata-mata disebabkan karena kekhilafan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan.

Akhir kata, semoga tesis bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Jurusan Teknik Mesin FT-IRS-ITS.

Surabaya, Juli 2022

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Indonesia Power selaku anak perusahaan PT. PLN (Persero). PLTU Pangkalan Susu unit 1-2 yang memiliki kapasitas 2 x 200 MW merupakan bagian dari proyek percepatan pembangunan PLTU 35.000 MW yang dilaksanakan oleh PLN dengan menggunakan bahan bakar batubara. PLTU Pangkalan Susu dibangun di atas area seluas 105 Ha, berlokasi di desa Tanjung Pasir kecamatan Pangkalan Susu kabupaten Langkat provinsi Sumatera Utara. PLTU Pangkalan Susu dibangun untuk menunjang program diversifikasi energi ke non bahan bakar minyak (BBM) dengan memanfaatkan batubara berkalori rendah (*low rank coal*), bertujuan untuk menekan harga pokok produksi (HPP). Produksi energi listrik disalurkan melalui transmisi 275 KV dari unit pembangkit ke gardu induk Binjai dan interkoneksi dengan sistem 150 KV Sumatera Bagian Utara di Gardu Induk Binjai Proyek. Energi listrik menjadi salah satu elemen penting untuk meningkatkan perekonomian di Indonesia. Salah satu teknologi yang dipakai untuk membangkitkan energi listrik adalah menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap.

Peralatan utama PLTU Pangkalan Susu dipasok oleh pabrikan Tiongkok, dimana turbin dan generator oleh Beijing Beizhong sedangkan boiler oleh Dongfang Power. Kebutuhan nilai kalor batubara yang dikonsumsi boiler adalah 3.800 - 4200 kcal/kg, output temperature uap 540 °C, tekanan uap 13,43 MPa sedangkan turbin bekerja pada temperature uap 535 °C dan tekanan 12,75 Mpa dengan output maksimal generator sebesar 220 MW. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap, *Boiler* digunakan untuk mengubah air dari fasa cair menjadi fasa uap bertekanan dimana uap tersebut digunakan untuk memutar turbin yang dikopel menjadi satu dengan Generator sehingga menghasilkan energi listrik [1].

Pada pengoperasian pembangkit PLTU sering terjadi gangguan yang dapat mengganggu kehandalan kinerja pembangkit. Kondisi setiap peralatan yang mengalami trip/gangguan akan berdampak pada bertambahnya mega watt hour (MWH) losses. MWH losses adalah hilangnya jumlah kesempatan produksi listrik yang dihasilkan dalam periode tertentu karena terjadi trip/gangguan peralatan yang menyebabkan derating atau menurunnya daya mampu netto. Sebagai langkah usaha dalam mencegah

bertambahnya MWH *losses* yaitu salah satunya dengan cara fokus pada peralatan yang menyumbang jumlah frekuensi trip paling banyak.

Data MWH *Losses* yang didapat dari laporan menunjukkan bahwa jumlah frekuensi peralatan yang mengalami trip/gangguan paling banyak adalah *outlet coal feeder* dan *outlet bunker*. *Coal Feeder* berfungsi untuk menerima batubara dari bunker (silo) dan mengontrol jumlah batubara yang dimasukkan ke dalam *mill/pulverizer* [2].

Dari berbagai penyebab *trip coal feeder*, frekuensi terbanyak disebabkan karena *discharge plug*. Terdapat 2 kondisi yang dapat membuat *trip coal feeder* karena *discharge plugged*, yang pertama kondisi aktual batubara *plugged* pada *discharge coal feeder* sehingga sensor *chute plug* bekerja saat tertimbun batubara. Kondisi yang kedua kondisi tidak aktual (alarm palsu) yaitu sensor *chute plug* kotor terkena debu batubara dimana kondisi *discharge coal feeder* tidak ada batubara *plugged*. Penyebab terbesar terjadinya *blocking* di *coal feeder* dikarenakan kondisi batu bara yang basah dan lengket serta berdebu [2].

Saat ini untuk mengatasi *blocking* batubara telah dilakukan berbagai cara diantaranya penambahan *helper* untuk memukul *outlet coal bunker*, modifikasi *dredging*, *modifikasi inlet coal feeder* dan pembuatan tombak *blocking*. Perbaikan untuk mengatasi *blocking* batubara tersebut juga dinilai kurang efektif karena *blocking* batubara tetap masih terjadi dan memunculkan permasalahan baru, yaitu menambah beban kerja operator, membahayakan keselamatan kerja operator dan pengeluaran biaya rutin untuk pembayaran *helper blocking* [3].

Penelitian terkait yang pernah dilakukan sebetulnya oleh (Nugroho & Sunarto), dengan judul *Modifikasi Outlet Coal Bunker Dan Outlet Coal Feeder Untuk Mengatasi Blocking Batubara Di Pltu Tanjung Awar-Awar Tuban*. Dalam penelitiannya tersebut mereka merancang memodifikasi *outlet coal bunker* dan *coal feeder* agar tidak terjadi *blocking*. Dari penelitian ini didapatkan hasil penelitian yaitu untuk mengatasi permasalahan *blocking* tersebut dilakukan modifikasi dengan pemasangan vibrator pada *outlet coal bunker* dan *coal feeder* sehingga PLTU Tanjung Awar awar dapat beroperasi sesuai kontrak kinerja 350MW, mendukung kehandalan unit dan mencegah kecelakaan kerja [3].

Penelitian terkait lainnya oleh (Anthony) dengan judul penelitian yaitu *Analisis Coal Blocking Atau Blocking Batu Bara Pada Mesin Coal Feeder Unit 1-4 Dengan*

Metode FTA (*Fault Tree Analysis*) Di PT. ABZ. Dalam penelitiannya bertujuan untuk mengetahui akar penyebab masalah dari gangguan *coal blocking* atau penyumbatan batubara di peralatan *coal feeder* di PT. ABZ dengan menggunakan Metode FTA (*Fault Tree Analysis*) dan memberikan usulan perbaikan dengan Metode 5W + 1 H (*what, why, who, when, where* dan *how*). Berdasarkan analisa menggunakan FTA, didapatkan bahwa penyebab *coal blocking* atau *blocking* yang terjadi pada mesin *coal feeder* adalah dikarenakan adanya kontaminasi pada batubara yang digunakan, nilai kalori batubara yang rendah, mesin beroperasi secara terus menerus, mesin sudah tua, kurangnya kontrol dari pihak pekerja dan batubara basah saat akan digunakan. Usulan perbaikan telah dibuat dan salah satunya adalah dengan cara memisahkan batubara basah dengan batubara yang kering secara otomatis menggunakan alat *coal online analyzer* [4].

Permasalahan inilah yang melandasi dilakukannya Modifikasi *outlet coal bunker* untuk mengatasi *blocking* batubara dan mencapai daya mampu terbaik PLTU Pangkalan Susu dengan penambahan alat *Rotary Anti Blocking*.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan *blocking* yang menempel pada dinding *coal bunker* diakibatkan batubara basah atau ada material yang terlalu besar sehingga menyumbat saluran *outlet coal bunker*. Jika terjadi *blocking* pada *outlet coal bunker* maka akan mengakibatkan *coal feeder trip*. Untuk membersihkan *blocking* yang menempel ini dilakukan secara manual dengan membuka *manhole* pada *outlet coal bunker* dan proses untuk membersihkan *blocking* butuh waktu lama hingga beroperasi kembali. Oleh karena itu, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah melakukan eksperimen terhadap *rotary anti blocking* dengan menentukan jumlah putaran *scraper/knife* hingga tidak terjadi gangguan *blocking* dengan karakteristik variasi waktu operasi dan *flow coal feeder*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan Masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat desain dan rancang bangun *rotary anti blocking* pada *outlet bunker* di PLTU Pangkalan Susu.
2. Material yang digunakan pada *rotary Anti Blocking* adalah material yang tahan abrasive.

3. Batubara yang digunakan adalah tipe *Low Rank Coal* yang mempunyai *moisture* tinggi dan nilai kalori rendah sehingga dapat menyebabkan *blocking* pada *Outlet bunker*.
4. Percobaan yang dilakukan pada *rotary anti blocking* adalah dengan karakteristik waktu operasi yaitu, setiap 15 menit, 30 menit dan 60 menit serta pada *flow coal feeder* 15 ton/jam, 20 ton/jam, dan 25 ton/jam.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat desain dan rancang bangun *rotary anti blocking* pada *outlet coal bunker*.
2. Mengetahui material yang digunakan pada *rotary anti blocking*
3. Menentukan nilai optimal sehingga dapat digunakan sebagai standard pengoperasian *rotary anti blocking* dengan menentukan jumlah putaran *scraper/knife* hingga tidak terjadi gangguan *blocking* pada *outlet coal bunker*. Percobaan tersebut dilakukan pada masing-masing karakteristik dengan waktu operasi, setiap 15 menit, 30 menit dan 60 menit serta pada variasi *flow coal feeder* 15 ton/jam, 20 ton/jam, dan 25 ton/jam.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Adanya standard desain *rotary anti blocking* pada *outlet coal bunker* yang digunakan untuk menghilangkan gangguan *blocking* pada *outlet coal bunker* ke *pulverizer mill*.
2. Adanya standard material yang digunakan pada *rotary anti blocking*
3. Sebagai referensi standard pengoperasian yang tepat pada *rotary anti blocking* dengan berbagai karakteristik berdasarkan *flow coal feeder* maupun waktu operasi.

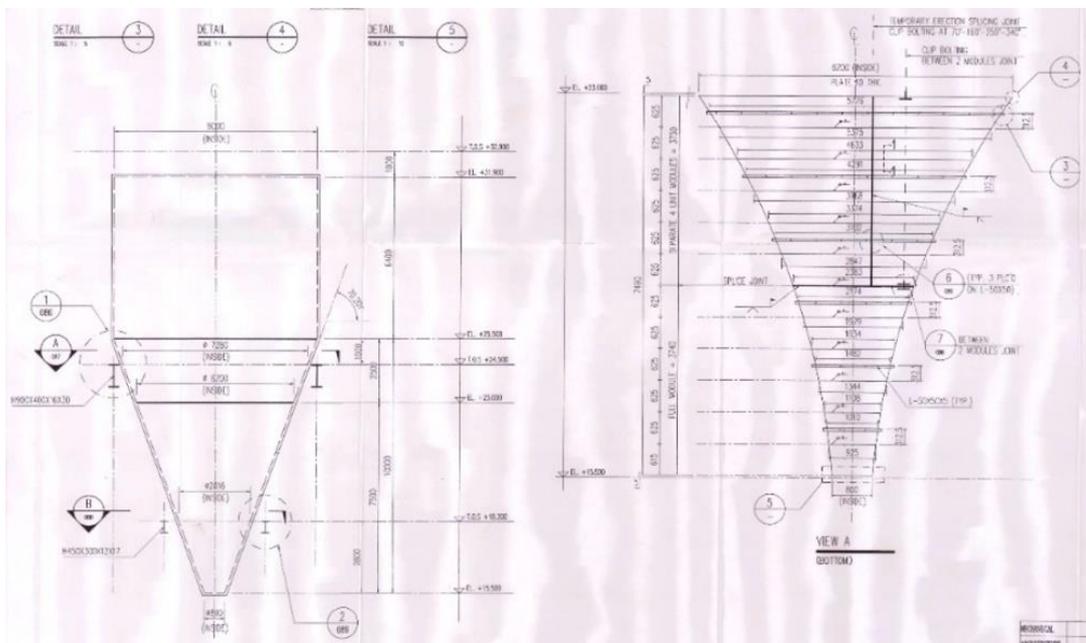
BAB II

KAJIAN PUSTAKA

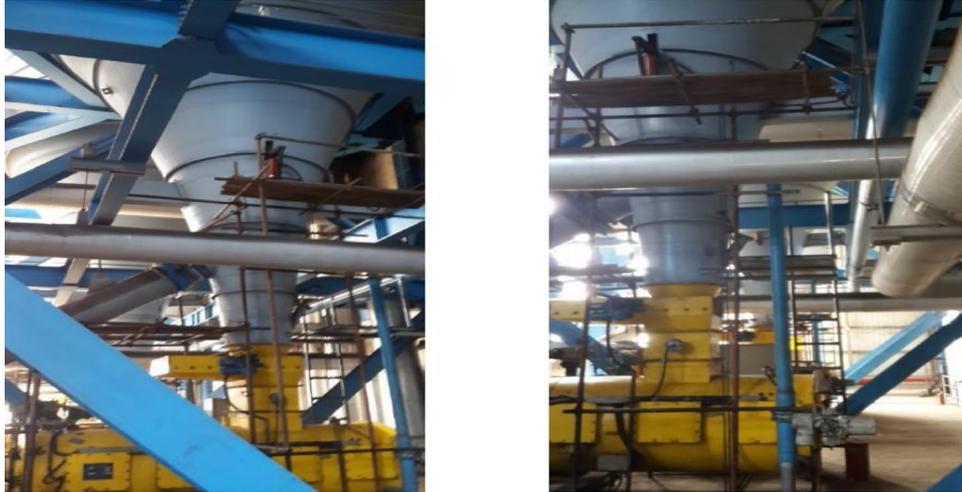
2.1 Coal Bunker

Coal bunker merupakan salah satu peralatan utama dalam sistem PLTU batubara yang berfungsi untuk menampung batubara sementara dari *coal yard* maupun tongkang sebelum di giling di *pulverizer/mill* dan menuju *furnace* untuk proses pembakaran. *Coal bunker* sebagai penampung batubara untuk operasi harian setiap saat, sehingga kesiapan unit pembangkit untuk bisa beroperasi sesuai kebutuhan pembebanan terjaga dengan baik selain itu *coal bunker* juga di lengkapi line masuknya CO₂ jika terjadi kebakaran di dalam *coal bunker* CO₂ akan di semprotkan kedalam untuk pemadaman karena jika pemadaman di lakukan dengan menyemprotkan air akan membuat batubara di dalam *coal bunker* menjadi basah dan menggumpal sehingga memicu terjadinya *blocking* [3].

Untuk kuantitas beban yang berbeda – beda, maka jumlah bahan bakar yang dibakarpun juga akan berbeda. Oleh karena itu dipakailah *Coal Feeder*, yaitu peralatan yang berfungsi untuk menimbang dan mengatur mass *flow rate* batubara yang akan masuk ke *coal Mill* sekaligus sebagai penyalur batubara ke *coal Mill* [3].



Gambar 2.1 Dimensi *Coal Bunker* PLTU Pangkalan Susu



Gambar 2.2 Outlet Coal Bunker

Untuk bunker batubara berfungsi memastikan kelancaran aliran batubara di semua musim dengan kadar air yang berbeda dan persentase benda yang berbeda. Mempertahankan pasokan batu bara secara konstan di bunker batu bara terbukti menjadi tantangan. Operasi silo bunker dan coal feeder tidak didasarkan pada perhitungan yang tepat tetapi berdasarkan perkiraan yang aman pasokan bahan bakar untuk mengoperasikan boiler saja [6].

2.2 Coal Feeder

Coal feeder merupakan peralatan utama pada PLTU yang berfungsi untuk mengatur laju batubara yang dari *coal bunker/silo* menuju ke *mill/pulverizer* untuk dihaluskan. *Coal feeder* ini bertugas untuk mengatur banyak dan sedikitnya batubara yang masuk ke mill sesuai dengan kebutuhan bahan bakar yang digunakan dalam *boiler*. Kebutuhan akan bahan bakar sendiri sangat tergantung dengan besarnya daya yang dibangkitkan. Berikut merupakan gambaran mengenai *coal feeder* yang dijelaskan pada gambar 2.3 dibawah ini :

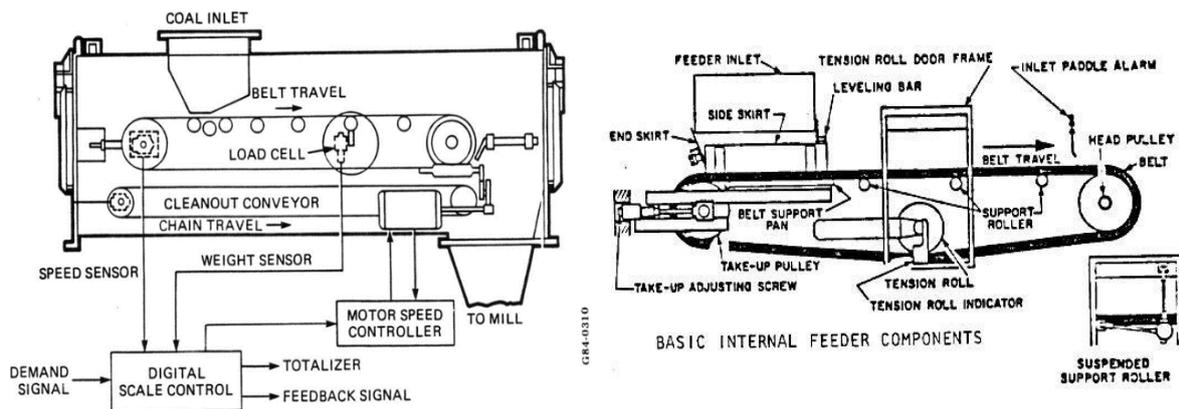


Gambar 2.3 Coal Feeder

Berdasarkan gambar 2.3 dijelaskan bahwa *coal feeder* yang digunakan PLTU Pangkalan Susu adalah *coal feeder* yang berjenis *gravimetric* karena mempunyai tingkat akurasi yang tinggi jika dibandingkan dengan tipe *volumetric* [2].

2.2.1 Bagian-bagian *Coal Feeder*

Berikut merupakan gambaran mengenai bagian-bagian *coal feeder* yang dijelaskan pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Bagian *Coal Feeder*

Komponen-komponen *Coal Feeder*

- Motor penggerak *clean out conveyor* fungsinya untuk menggerakkan peralatan pembersih batubara yang tercecer di *coal feeder*, motor ini di *supply* dari *breaker boiler MCC 380 V*.
- Motor penggerak *coal feeder* fungsinya untuk penggerak *belt feeder*, motor ini di *supply* dari *breaker boiler MCC 380 V*.
- Belt feeder*, berfungsi untuk menyalurkan batubara dari keluaran *outlet coal bunker* menuju mill, melalui *outlet coal feeder*. *Clean out conveyor*, *scraper conveyor* untuk pembersih batubara yang tumpah dan tercecer dibawah *belt feeder*. Tumpahan batu bara akan disapu oleh *clean out conveyor* masuk ke pulverizer melalui discharge *chute coal feeder*
- Clean out conveyor*, *scraper conveyor* untuk pembersih batubara yang tumpah dan tercecer dibawah *belt feeder*. Tumpahan batu bara akan disapu oleh *clean out conveyor* masuk ke pulverizer melalui discharge *chute coal feeder*
- Head Pulley* dan *Take-Up Pulley*, berfungsi sebagai tempat berputarnya *belt feeder* dari atas ke bawah dan dari bawah ke atas. *Take-Up Pulley* dilengkapi

dengan *adjusting screw* yang berfungsi untuk mengatur posisi belt.

- f. *Belt V-Guide*, berfungsi sebagai *guide* (pemandu) agar dalam operasinya *belt* selalu dalam posisi tengah. *Belt V-Guide* terletak pada bagian tengah *belt coal feeder*, yang terpasang pada *bottom cover*.
- g. Lokal *control panel*, berisi *relay-relay* dan *micro-processor keyboard* yang memberikan informasi status, mode yang dipakai dan *alphanumeric display* untuk menampilkan kondisi pengoperasian.
- h. *Coal flow indicator* adalah indikasi yang menunjukkan besaran batubara yang masuk ke *Pulverizer*.
- i. *Load Cell* berfungsi untuk membaca aliran batu bara pada *coal feeder* secara *Gravimetrik*.
- j. *Coal feeder protection*:
 - *No Coal On Belt*: proteksi untuk pengaman *pulverizer* akibat tidak ada batubara didalam *belt feeder* (yang masuk ke *pulverizer*).
 - *Coal Feeder Outlet Plugged*: proteksi untuk pengaman adanya *plugged* di *outlet coal feeder*.
 - *Motor Overload*: proteksi untuk pengaman akibat beban lebih. *Row Coal Pipe Outlet Coal Feeder*

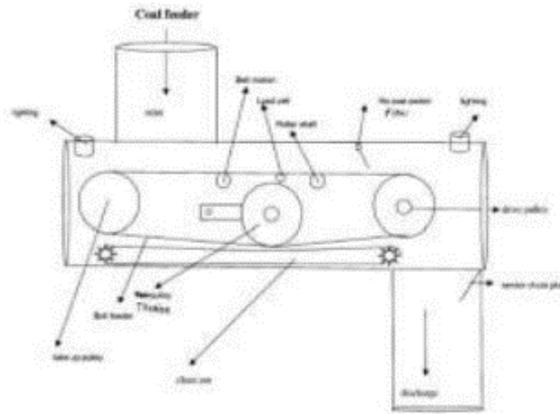
Berikut penjelasan tentang spesifikasi *Coal Feeder*, dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 Spesifikasi Coal Feeder

NO.	KRITERIA	NILAI
1	Kondisi input	
	<i>Gravimetric Feeder</i> : <i>Manufacturer</i> <i>Model</i>	STOCK <i>Equipment</i> <i>Company</i> 8424 (610 mm)
2	Kondisi <i>output</i> dan ko mposisi proses	
	<i>Maximum feedrate</i> : <i>Minimum feedrate</i> : <i>Input signal</i> : <i>Output signal</i> :	52 T/H 12 T/H 4-20 mA 4-20 mA
3	Daftar <i>spare part list</i> yang penting	
	<i>Belt conveyor</i> <i>Motion monitor</i> <i>Fuse 2 A</i>	X940-0-145 V/S Z10624-2

2.2.2 Prinsip Kerja Coal Feeder

Coal feeder merupakan peralatan utama pada PLTU yang berfungsi mengatur laju aliran batubara yang masuk ke mill untuk dihaluskan. *Coal feeder* bertugas mengatur banyak sedikitnya batubara sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan, yakni besarnya daya yang ingin dibangkitkan dari suatu sistem PLTU. Berikut merupakan gambaran mengenai *coal feeder* di jelaskan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Prinsip Kerja Coal Feeder

Pada gambar 2.5 dijelaskan bahwa *belt feeder* menerima batubara dari *inlet coal feeder* kemudian mengarahkan batubara menuju *discharge coal feeder* dan meneruskan aliran batubara tersebut ke mill [2].

Prinsip kerja *coal feeder* adalah batu bara mentah yang berasal dari *coal bunker* masuk ke dalam *coal feeder* melalui *chute inlet* dan akan ditampung pada *conveyor belt* dari *coal feeder*. *Conveyor belt* tersambung dengan dua jenis *pulley* yaitu, *drive pulley* yang berfungsi untuk menyalurkan energi gerak dari *coal feeder* motor sehingga *conveyor belt* dapat berputar dan *tail pulley* yang berfungsi untuk mengencangkan *conveyor belt* sehingga perputaran yang dihasilkan dapat maksimal. Energi gerak yang digunakan untuk menggerakkan *conveyor belt* menggunakan motor yang tersambung dengan gearbox untuk menurunkan rpm pada motor yang berhubungan dengan *drive pulley*. Sebenarnya prinsip kerja pada *coal feeder* sama seperti *conveyor* pada umumnya, tetapi yang membedakan *coal feeder* dengan *conveyor* pada umumnya adalah terdapat inverter yang dapat mengatur kecepatan putar pada pulley. Inverter tersebut terhubung dengan CCR (*Central Control Room*) dan terhubung dengan *coal feeder* motor sehingga dapat mengatur kecepatan *conveyor belt* dan batu bara yang akan keluar melalui *chute outlet* sesuai dengan kebutuhan produksi [8].

2.3 Batubara *Low Rank Coal*

Batubara basah pada saat *blocking* dapat dilihat pada gambar 2.6. dimana hal ini menyebabkan mill harus stop sampai dilakukan cleaning pada coal feeder dan outlet bunker.



Gambar 2.6 Batubara Penyebab *Blocking*

Dari gambar 2.6, batubara terlihat basah. Seperti yang sudah diketahui bahwa batubara *lignite (Low Rank Coal)*. Selanjutnya untuk mengetahui seberapa basahnya batubara yang menyebabkan *blocking* batubara, batubara tersebut diuji oleh PT Surveyor

Indonesia (Suatu badan yang terakreditasi dan mempunyai sertifikat untuk menguji batubara). Hasil uji batubara *blocking* dapat dilihat pada gambar 2.7.

Parameter	Unit	Result				Methods	
			DB	DAFB			
Total Moisture	%	38,41	-	-	-	ASTM D 3302	
Moisture in the Analysis Sample							
	%	18,1	-	-	-	ASTM D 3173	
Proximate	Ash Content	%	5,65	7,48	9,13	ASTM D 3174	
	Volatile Matter	%	31,49	41,88	51,14	56,28	ASTM D 3175
	Fixed Carbon	%	24,47	32,54	39,73	43,72	By Different
Total Sulphur	%	0,18	0,24	0,29	0,32	ASTM D 4239	
Gross Calorific Value	Kcal/Kg	3968	5144	6281	6912	ASTM D 5865	
Ultimate	Total Carbon	%	-	56,46	68,94	-	
	Total Hydrogen	%	3,87	5,15	6,29	-	ASTM D 5373
	Nitrogen	%	-	0,60	0,73	0,81	-
	Oxygen	%	-	11,97	-	-	By Different
Hardgrove Grindability Index	Index Point	62				ASTM D 409	
Size Test	Size Fraction	- 70 mm	- 50 mm	- 32 mm	- 2,38 mm		
		%	99,9	99,9	78,2	19,2	ASTM D 4749
Slagging Index		0,18 (LOW)					
Fouling Index		0,35 (MEDIUM)					
Ash Fusion Temperature	°C	Reduction	Initial Deformation temp.	1150	Oxidation	1210	ASTM D 1857
			Spherical Temp.	1160		1200	
			Hemispherical Temp.	1180		1340	
			Fluidded Temp./Fluid	1220		1380	
Ash Analysis							
Parameter	Unit	Result	Parameter	Unit	Result	Methods	
SO ₂	%	39,38	K ₂ O	%	0,30	Ignited at 800°C ASTM D 3682	
Al ₂ O ₃	%	11,19	TI ₂	%	1,09		
Fe ₂ O ₃	%	21,24	SO ₃	%	16,25		
CaO	%	6,44	Mn ₂ O ₃	%	0,46		
MgO	%	2,57	P ₂ O ₅	%	0,15		
Na ₂ O	%	0,58					

Gambar 2.7 Sertifikat Surveyor Indonesia

Dari gambar 2.7, hasil uji dari PT Surveyor Indonesia dengan nilai Total *Mouisture* pada paramater kelembaban/kandungan air didalam batubara sebesar 38,41%. Hasil ini menggambarkan bahwa batubara tersebut basah dimana spesifikasi normal atau tidak basah adalah $< 35\%$. Hal ini merupakan salah satu penyebab terjadinya *blocking* batubara di *outlet coal bunker* [7].

2.3.1 Ukuran Batubara (*Coal Size*)

Ukuran butir batubara dibatasi pada rentang butir halus (*pulverized coal* atau *dust coal*) dan butir kasar (*lump coal*). Butir paling halus untuk ukuran maksimum 3 milimeter, sedangkan butir paling kasar sampai dengan ukuran 50 milimeter. Butir paling halus dibatasi *dustness* dan tingkat kemudahan diterbangkan angin sehingga mengotori lingkungan. Tingkat *dustness* dan kemudahan beterbangan masih ditentukan pula oleh kandungan *moisture* batubara. Ukuran partikel batubara pada umumnya menggunakan satuan *mesh* [11].

Tabel 2.2 Ukuran Partikel Batubara

Ukuran Saringan (<i>Sieve Series</i>)	
Sieve Size (mm)	US (mess)
4,75	4
2,38	8
2,00	10
1,20	16
1,00	18
0,853	20
0,599	30
0,422	40
0,297	50
2,51	60
1,78	80

1,52	100
0,125	120
0,075	200
0,037	400

2.3.2 Kandungan Pada Batubara

Berikut ini merupakan spesifikasi kandungan batu bara yang digunakan pada boiler PLTU Pangkalan Susu dimana total moisture mempunyai nilai 15 – 35 % dan nilai kalor 3800-4200 kkal/kg seperti pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kandungan Pada Batubara

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Total moisture	%	20 – 40
2	Volatile metter	%	28 - 45
3	Ash konten	%	3 - 10
4	Fixed carbon	%	25 – 50
5	Sulfur	%	0.3 – 1.5
6	Hydrogen	%	2.5 – 4.5
7	Carbon	%	40 – 60
8	Nitrogen	%	0.4 – 1.0
9	Oksigen	%	10 – 20
7	Nilai kalor	Kkal/kg	3800 - 4200
8	HGI	index	55 - 70
9	Density	g/mL	1.35 – 1.40

Pada sistem suplay batu bara pada PLTU Pangkalan Susu dimulai dari Ship Unloader yang berfungsi untuk mengeruk batu bara dari tongkang ke system conveyor yang diteruskan ke coal yard untuk penyimpanan sementara atau secara langsung ke bunker untuk digunakan pada boiler unit [11].

2.3.3 Kandungan Moisture Pada Batubara

Salah satu kandungan yang terdapat pada batu bara adalah *moisture*. Kandungan *moisture* pada batu bara dapat mempengaruhi kegiatan pembatu baraan mulai dari eksplorasi, penanganan, penyimpanan, penggilingan hingga pembakaran. Beberapa pengaruh kandungan *moisture* yang terdapat pada batu bara yaitu:

- a. Kandungan *moisture* tinggi dapat meningkatkan biaya transportasi, penanganan, dan peralatan.
- b. Semakin tinggi *moisture* pada permukaan batu bara akan semakin rendah daya gerus *grinding mill* yang menggerusnya [10].
- c. Kandungan *moisture* akan mempengaruhi jumlah pemakaian udara primer. Batu bara dengan kandungan *moisture* tinggi akan membutuhkan udara primer lebih banyak untuk mengeringkan batu bara tersebut pada suhu keluar mill tetap [11].

Pada umumnya kandungan *moisture* batu bara disebut *total moisture* (TM), yang merupakan seluruh jumlah air yang terdapat pada batu bara dalam bentuk inherent dan adherent pada kondisi saat batu bara tersebut diambil contohnya (*as sampled*) atau pada pada kondisi saat batu bara tersebut diterima (*as received*). Nilai total *moisture* diperoleh dari hasil perhitungan nilai *free moisture* (FM) dengan nilai *residual moisture* (RM) dengan rumus.

$$\% \text{ TM} = \% \text{ FM} + \% \text{ RM} \times (1 - \% \text{ FM}/100) \quad (2.1)$$

Free Moisture ialah jumlah air yang menguap apabila batu bara yang baru diterima atau yang baru diambil, dikeringkan dalam ruangan terbuka pada kondisi tertentu sampai didapat berat konstan. Sedangkan *residual moisture* ialah jumlah air yang menguap dari batu bara yang sudah kering (setelah *free moisture*nya menguap) apabila dipanaskan kembali pada suhu 105–110°C, proses pengerjaan untuk mendapatkan nilai *residual moisture* merupakan tahap kedua dari penetapan total *moisture*. Pada reaksi pembakaran, kandungan *moisture* dalam batu bara menghambat laju pemanasan batu bara dan menghalangi kontak batu bara dengan oksigen. Kandungan *moisture* batu bara juga mengurangi jumlah energi panas yang dapat dimanfaatkan karena sebagian energi panas dipakai untuk menguapkan air batu bara

yang endothermik. Sehingga nilai moisture tersebut berpengaruh terhadap dampak blocking pada outlet coal bunker.

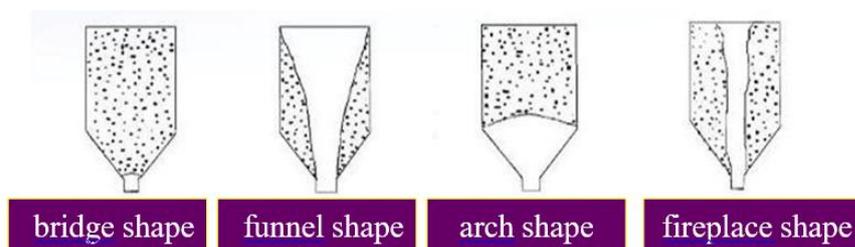
2.4 Studi Literatur

Pada tahap Studi literatur penulis mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan *blocking* pada *outlet coal bunker* baik dari *manual book*, *e-book*, dan *journal* dari penelitian terdahulu yang berkaitan dengan tema *tesis* yang meliputi *desain rotary anti blocking*, material, performansi dan model rancangan dari alat *Rotary Anti Blocking*.

2.5 Mekanisme Blocking Pada Outlet Coal Bunker

Beberapa penyebab *blocking* dari data operasi pada *outlet coal bunker* PLTU pangkalan susu adalah sebagai berikut :

- a. *Blocking coal bunker* unit lokal terutama berfokus pada area dari 1,5 meter hingga 3 meter di atas coal feeder, hal ini disebabkan karena dimensi *coal bunker* area dari besar ke kecil, Aliran batubara akan dipengaruhi oleh hambatan gesekan *bunker* batubara dan gaya ekstrusi internal menjadi lebih besar, yang biasanya menyebabkan masalah penumpukan batu bara dan lengket di dinding. Apalagi setelah terjadi *blocking* batu bara di bagian bawah, hingga bagian atas *coal bunker*. Dibawah ini merupakan gambar dari beberapa tipe *blocking* batubara yang sering terjadi pada coal bunker.



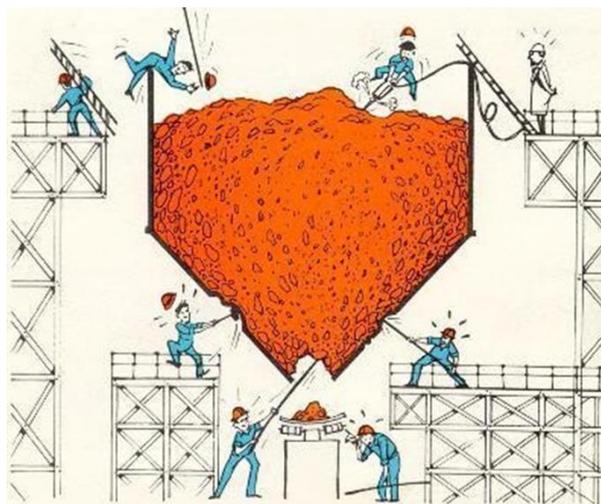
Gambar 2.8 Mekanisme Blocking pada Outlet Coal Bunker

- b. *Sliding Gate Valve outlet coal bunker* juga merupakan salah satu penyebab *blocking* batubara yang serius yang terletak pada *inlet coal feeder*, dikarenakan area tersebut terjadi penyempitan dan pada casing sliding gate valve tersebut terlalu lebar sehingga berdampak terjadinya *blocking*.

- c. Kondisi batubara *Low rank Coal* yang mempunyai nilai moisture tinggi dan basah.

2.6 Indikasi Blocking Pada *Outlet Coal Bunker*

Blocking batubara pada *outlet coal bunker* merupakan kejadian yang sering terjadi pada setiap Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan batubara sebagai bahan bakarnya. Pada setiap kejadian blocking berpengaruh terhadap penurunan produksi atau disebut MWH Looses. Blocking pada outlet coal bunker di indikasikan dari beberapa sinyal seperti, Sinyal alarm blocking pada outlet coal bunker aktif pada DCS-CCR, Flow Coal Feeder menurun, Serta temperature pada peralatan coal mill naik hingga diatas 70°C. sehingga jika terjadi blocking tersebut, maka untuk peralatan yang berfungsi untuk menyalurkan batubara sebagai bahan bakar menuju boiler akan segera di matikan atau shutdown, dan dilakukan pekerjaan untuk mengatasi blocking sampai batubara tersebut lancar. Dibawah ini merupakan kegiatan mengatasi blocking pada outlet coal bunker.



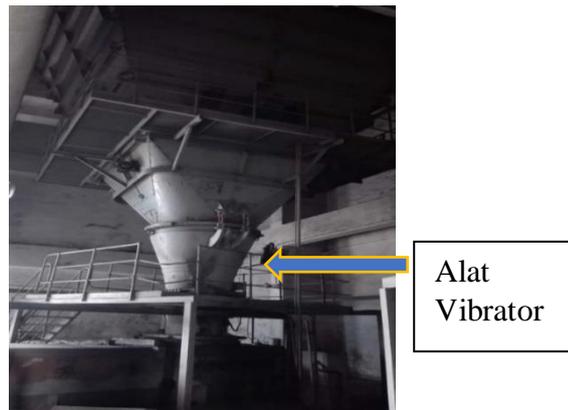
Gambar 2.9 Kegiatan Mengatasi Blocking pada Outlet Coal Bunker

2.7 Jenis – jenis *Anti Blocking*

Anti blocking merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mengatasi dampak terjadinya *blocking* pada suatu peralatan yang di aliri media batuabara. *Anti blocking* batubara terdapat berbagai jenis antara lain : menggunakan *Vibrator*, *Hydraulic system*, *Air canon*, dan *Rotary Anti Blocking*. Tujuan adanya anti blocking adalah untuk meningkatkan kehandalan peralatan system bahan bakar batubara. Berikut ini adalah beberapa jenis anti blocking yang terdapat pada *Outlet bunker* untuk mengatasi blocking batubara:

2.7.1 Vibrator

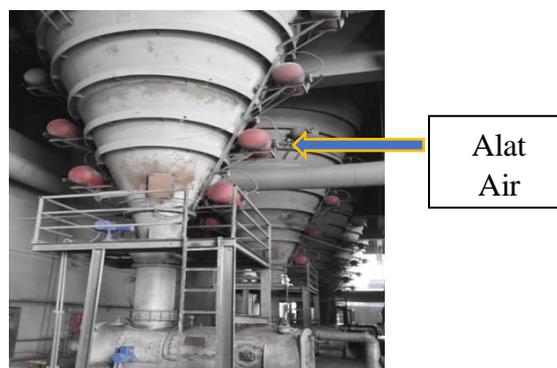
Vibrator merupakan alat yang digunakan untuk mengatasi dampak blocking pada outlet bunker dengan metode memberikan getaran pada sisi bodi bunker bagian luar. Kekurangan dari alat vibrator ini adalah hanya menggetarkan pada sisi yang terpasang alat vibrator sehingga kurang efektif mengatasi blocking batubara yang berada di outlet coal bunker. Disamping itu, metode ini dapat menyebabkan efek kerusakan/retak pada konstruksi akibat getaran.



Gambar 2.10 *Vibrator*

2.7.2 Air Canon

Air Canon merupakan alat yang digunakan untuk mengatasi dampak *blocking* pada outlet bunker dengan metode memberikan tekanan udara yang berasal dari compressor dan diarahkan keposisi dalam bunker melalui nozzle udara bertekanan. Kekurangan dari alat air canon ini adalah hanya dapat mengatasi blocking pada sisi yang ada pada arah nozzle, sehingga kurang efektif mengatasi blocking batubara yang berada di outlet coal bunker.



Gambar 2.11 *Air Canon*

2.7.3 Hydraulic Anti Blocking

Hydraulic Anti Blocking merupakan alat yang digunakan untuk mengatasi dampak *blocking* pada *outlet coal bunker* dengan metode menekan sebuah tuas

berbentuk sirip yang berada didalam *chute coal bunker* sehingga tekanan tersebut diharapkan dapat mengatasi dampak terjadinya *blocking*. Adapun kekurangan dari alat air ini adalah tidak dapat mengatasi *blocking* pada seluruh sisi lingkaran bunker karena tidak dapat dijangkau oleh tuas tersebut, sehingga kurang efektif mengatasi *blocking* batubara yang berada di *outlet coal bunker*.



Gambar 2.12 Hydraulic Anti Blocking

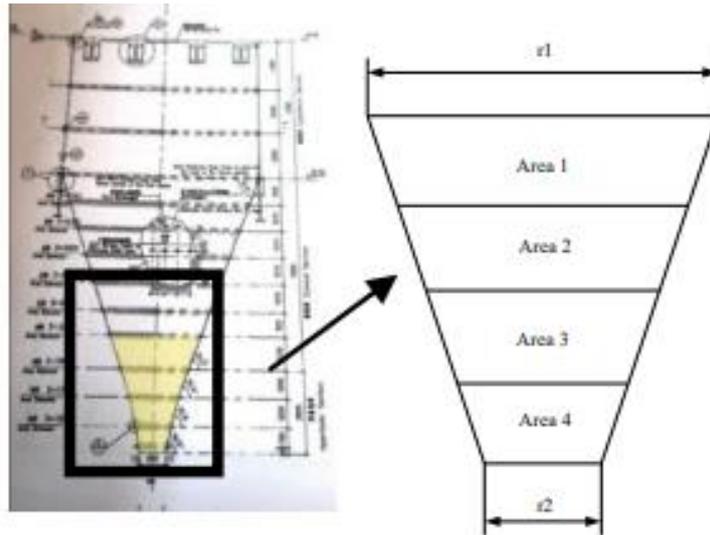
2.8 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian sebelumnya oleh (Sadewa, Priyonggo.S.L, & Mayangsari) yang berjudul “Analisis Lapisan Pelindung Pada *Coal Feeder Dan Coal Mill* Di Perusahaan Pupuk”. Penelitian ini menganalisis kecukupan *safeguard* dan analisis SIL pada *coal feeder* dan *coal mill*. Penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan tingkat risiko pada komponen *coal feeder* dan *coal mill*. Selanjutnya hasil dari FMEA dilakukan analisis kecukupan pelindung menggunakan metode *Layer Of Protection Analysis* (LOPA) dan menentukan nilai SIL (*Safety Integrity Level*). Berdasarkan hasil identifikasi bahaya menggunakan metode FMEA terdapat tiga *consequence* dengan tingkat risiko tertinggi yaitu *coal feeder* memiliki 1 *consequence* dan *coal mill* memiliki 2 *consequence*. Berdasarkan hasil penelitian untuk frekuensi skenario kesatu, kedua dan ketiga didapatkan $1,26 \times 10^{-2}$, $9,8 \times 10^{-3}$ dan $1,50 \times 10^{-2}$ per tahun. Didapatkan hasil bahwa

risiko berada pada tingkat tidak dapat diterima. Rekomendasi yang dapat diterapkan adalah penambahan IPL yang dapat mereduksi frekuensi skenario hingga dapat diterima. Dari PFD yang ditentukan dapat diketahui untuk skenario kesatu adalah SIL 3, skenario kedua SIL 2 dan Skenario ketiga adalah SIL 3.

Sebenarnya prinsip kerja pada *coal feeder* sama seperti *conveyor* pada umumnya, tetapi yang membedakan *coal feeder* dengan *conveyor* pada umumnya adalah terdapat inverter yang dapat mengatur kecepatan putar pada *pulley*. Inverter tersebut terhubung dengan CCR (*Central Control Room*) dan terhubung dengan *coal feeder* motor sehingga dapat mengatur kecepatan *conveyor belt* dan batu bara yang akan keluar melalui *chute outlet* sesuai dengan kebutuhan produksi [8].

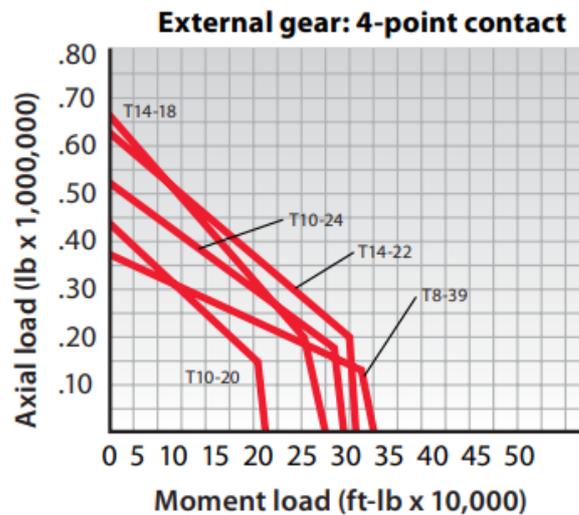
(**Komarudin, Kabdiyono, & Sugeng**) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Kegagalan *Dredging System* Pada *Outlet Coal Bunker* Di Pltu Indramayu” berisi tentang Batubara berkalori rendah yang di ijin di PLTU Wilayah Indramayu. Untuk menjaga kontinuitas penyediaan batubara sebelum dibakar di atas boiler, batubara disimpan di gudang batubara. Dalam kenyataannya, seringkali terjadi gangguan pada gudang batubara yang biasa disebut dengan blocking batubara seperti pada gambar 2.9. Blocking batubara sering terjadi pada musim penghujan yang mana batubara dalam kondisi basah. Gudang batu bara yang telah dilengkapi dengan sistem pengerukan digunakan untuk mengatasi blocking batubara, namun karena karakteristik batubara basah tersebut membuat pengerukan tidak dapat memecahkan batubara, walaupun pengoperasian pengerukan berjalan normal. Pompa hidrolik memberikan sebuah tekanan pada pengerukan, sehingga pengerukan memiliki gaya yang bekerja di sepanjang area kerjanya. Dengan menggunakan metode diagram “5-Why”, perhitungan pada luas area kerja dan gaya pengerukan, kita akan mengetahui permasalahan sistem pengerukan yang belum dapat dioperasikan secara maksimal.



Gambar 2.13 Area yang sering mengalami blocking batubara

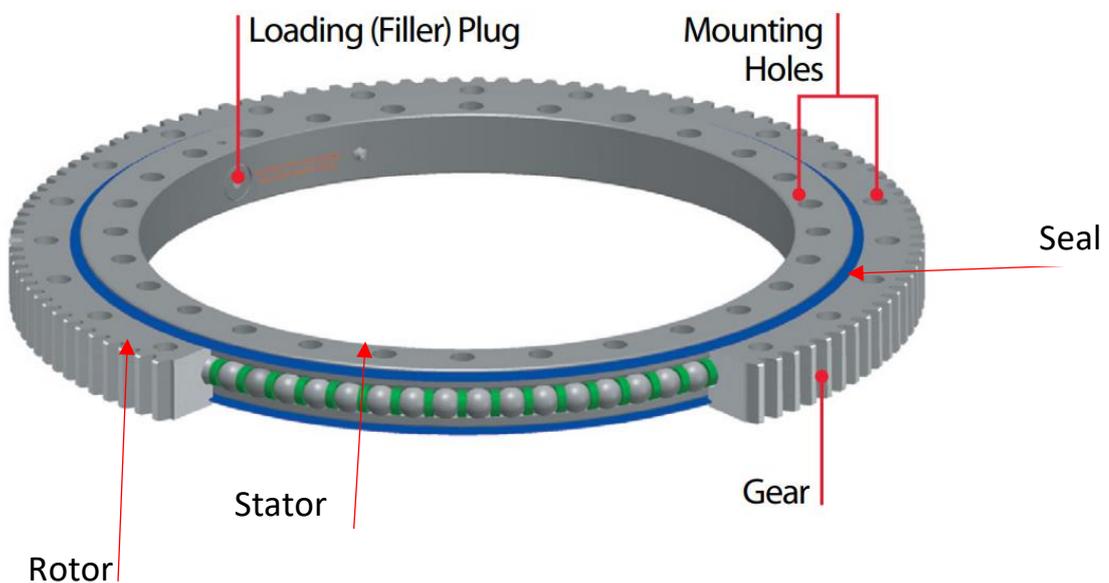
Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan, didapatkan luas are pekerjaan dan gaya pengerukan yang kurang maksimal, sehingga menyebabkan pengerukan tidak mampu memutus blocking batubara. Selanjutnya, modifikasi pengerukan dilakukan dengan mengubah sudut sudu 90o (sama dengan ketinggian dinding gudang batubara) menjadi 30o dan menambahkan 10 bilah yang dipasang pada sumbu tengah dengan model zig-zag. Modifikasi pengerukan ini membuat luas pekerjaan pengerukan bertambah dari 3 m² menjadi 4,2 m² dan gaya pengerukan dari 24,106 N menjadi 33,6.106 N. Dengan penambahan luas pengerukan dan gaya pengerukan, masalah blocking batubara pada gudang batubara tidak terjadi lagi [7].

Dari **white paper Kaydon** menjelaskan tentang *Shifting Gears: Simplify Your design With slewing ring bearing* *Slewing bearing* merupakan alat yang digunakan untuk peralatan yang berputar dengan Konstruksi yang dirancang mempunyai stator yaitu bagian yang diam dan rotor bagian yang berputar. Dimana antara bagian rotor dan stator dilengkapi dengan system sealing untuk mencegah masuknya kotoran/udara ke celah antara stator dan rotor. Pada bagaian rotor terdapat external gear yang di transmisikan melalui pinion gear menggunakan *gearbox*. Pada gambar 2.12 ditunjukkan hubungan antara momen load dengan *Axial load* untuk mendapatkan *slewing bearing* yang tepat digunakan pada peralatan tertentu.



Gambar 2.14 Grafik antara Moment Load dengan Axial load

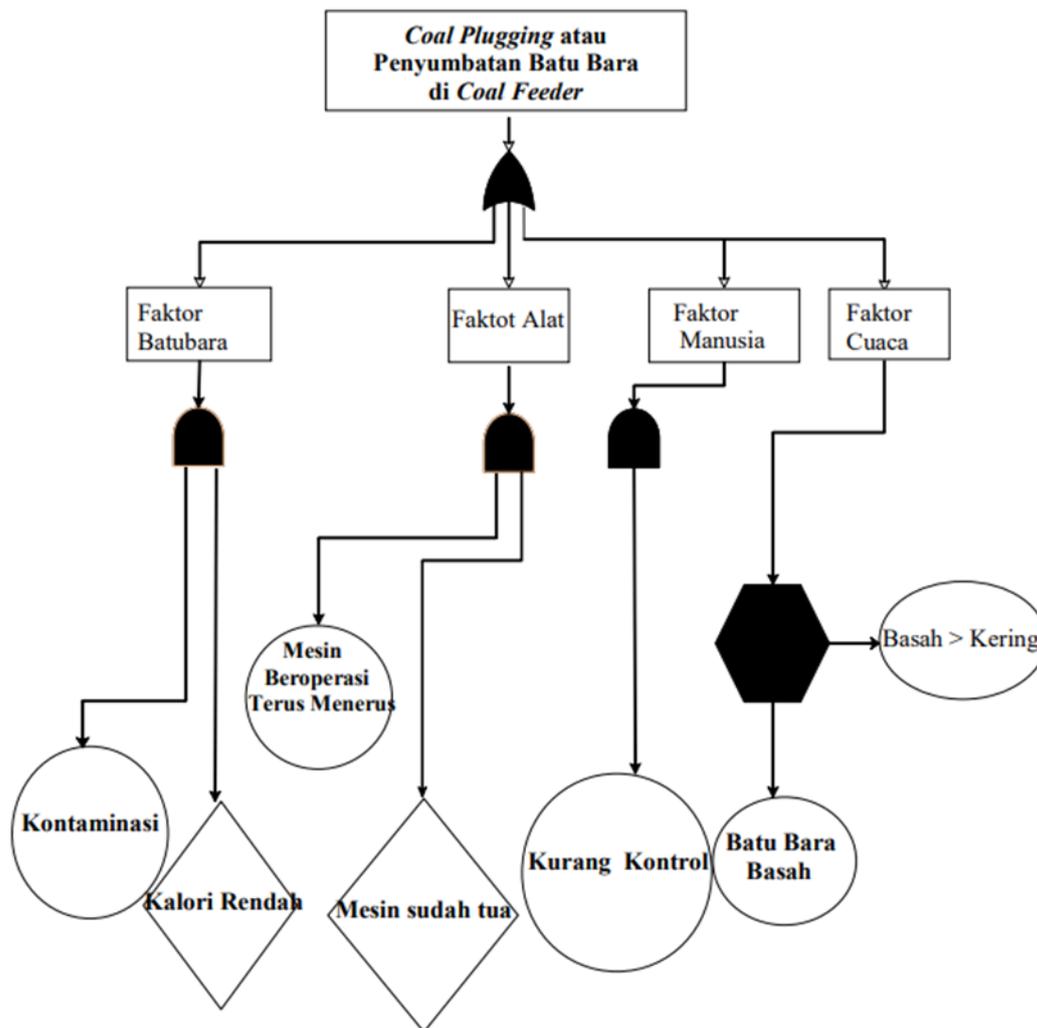
Sehingga hal ini sangat cocok digunakan sebagai alat pendukung untuk membuat rotary anti blocking. Dikarenakan, bagian scrapper/knife yang berputar berada di sisi inner ring slewing bearing. Scrapper tersebut di desain mempunyai torsi tinggi dan dilengkapi dengan material yang tahan abrasive [12].



Gambar 2.15 Slewing Bearing

(Anthony) dalam penelitiannya yang berjudul Analisis Coal Plugging Atau Penyumbatan Batu Bara Pada Mesin Coal Feeder Unit 1-4 Dengan Metode FTA (Fault Tree Analysis) Di PT. ABZ. Dalam penelitiannya bertujuan untuk mengetahui akar penyebab masalah dari gangguan coal plugging atau penyumbatan batubara di peralatan coal feeder di PT. ABZ dengan menggunakan Metode FTA (Fault Tree Analysis) dan

memberikan usulan perbaikan dengan Metode 5W + 1 H (*what, why, who, when, where* dan *how*). Berdasarkan analisa menggunakan FTA, didapatkan bahwa penyebab *coal plugging* atau penyumbatan yang terjadi pada mesin *coal feeder* adalah dikarenakan adanya kontaminasi pada batubara yang digunakan, nilai kalori batubara yang rendah, mesin beroperasi secara terus menerus, mesin sudah tua, kurangnya kontrol dari pihak pekerja dan batubara basah saat akan digunakan.



Gambar 2.16 Diagram FTA (Fault Tree Analysis) Coal Plugging di Coal Feeder

Penyebab coal plugging atau penyumbatan yang terjadi pada mesin *coal feeder* disebabkan oleh adanya kontaminasi pada batubara yang digunakan, nilai kalori batubara yang rendah, mesin beroperasi secara terus menerus, mesin sudah tua, kurangnya kontrol dari pihak pekerja dan batubara basah saat akan digunakan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10. Usulan perbaikan telah dibuat dan salah satunya

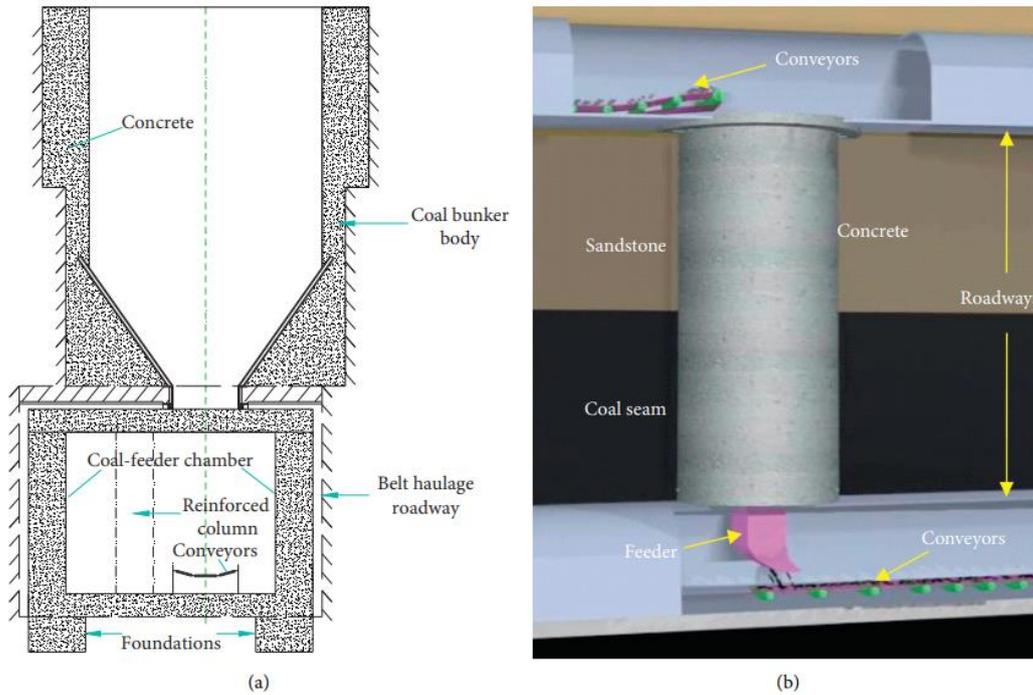
adalah dengan cara memisahkan batubara basah dengan batubara yang kering secara otomatis menggunakan alat *coal online analyzer* [4].



Gambar 2.17 Coal Online Analyzer

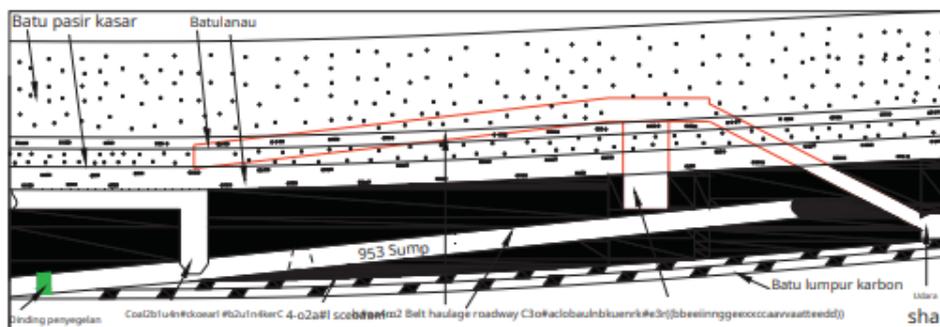
Alat *Coal Online Analyzer* (CNA) ini dapat memberikan informasi dan pencegahan secara realtime untuk komposisi unsur kimia, nilai kalor, kandungan abu, zat melayang dan batubara basah atau menggumpal. Teknologi pembangkitan neutron CNA memungkinkan untuk memisahkan apabila kondisi batu bara dalam keadaan menggumpal dengan cara mendeteksi secara otomatis.

Penelitian sebelumnya juga pernah dilakukan oleh **(Wang, Xie, Bai, Jing, & Su)** dengan judul penelitian *Large-Deformation Failure Mechanism of Coal-Feeder Chamber and Construction of Wall-Mounted Coal Bunker in Underground Coal Mine with Soft, Swelling Floor Rocks* penelitian ini menganalisis karakteristik deformasi, faktor-faktor utama yang mempengaruhi, dan mekanisme kegagalan CFC menggunakan model numerik FLAC. Hasil ini menunjukkan bahwa intrusi air melemahkan kekuatan batuan dasar dan menyebabkan gaya ekspansi yang signifikan, dengan demikian deformasi besar dan kegagalan tarik terjadi pertama kali di lantai, selanjutnya menyebabkan kerusakan geser dan tarik dari kolom yang diperkuat dan bahkan ketidakstabilan CFC secara keseluruhan seperti pada gambar 2.16.

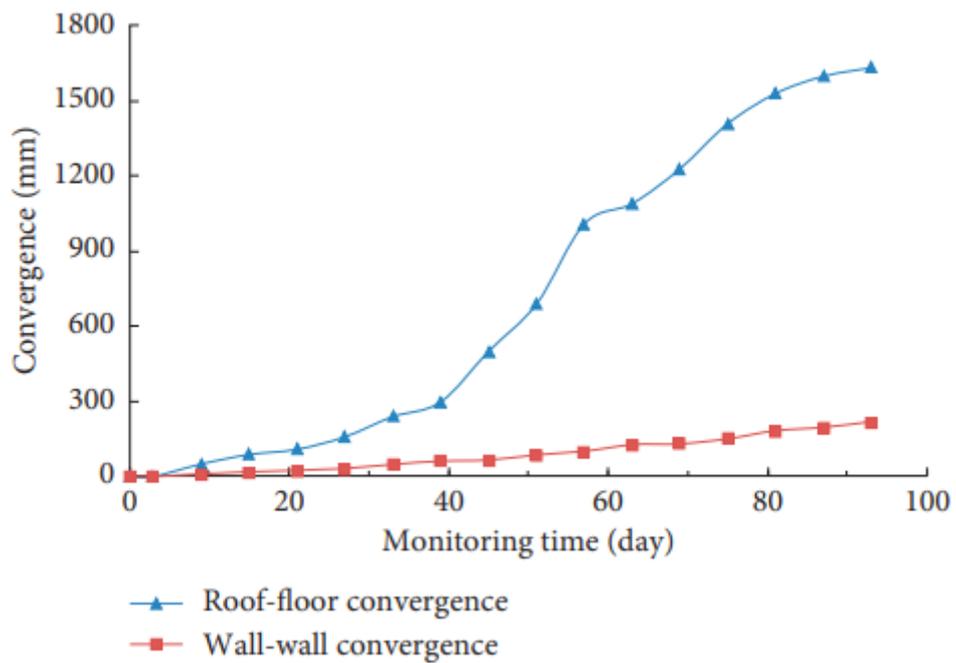


Gambar 2.18 (a) Struktur Vertical Bunker Existing, (b) Desain Baru Bunker Vertical Tanpa CFC

Diusulkan bunker batubara baru yang dipasang di dinding (*wall-mounted coal bunker, WMCB*), tanpa membangun CFC. Program FLAC3D diadopsi untuk mempelajari stabilitas batuan di sekitar bunker baru, dan skema perkuatan yang dioptimalkan ditentukan. Lebih penting lagi, sistem *self-bearing*, yang mencakup balok baja-H yang dirancang sendiri, braket baja-H, dan kabel jangkar yang mengunci sendiri, diusulkan dan dibangun untuk menahan seluruh berat bunker, kestabilan WMCB diverifikasi oleh penilaian keselamatan teoretis dan uji lapangan. WMCB yang ditemukan dapat tetap stabil meskipun terjadi kenaikan lantai yang parah, pekerjaan ini dapat memberikan referensi yang berguna untuk pembangunan bunker vertikal tanpa CFC di tambang batu bara dengan batuan dasar yang lunak [5].



Gambar 2.19 Penampang Geologis Melalui Bunker Batubara



Gambar 2.20 Hasil Monitoring Deformasi CFC

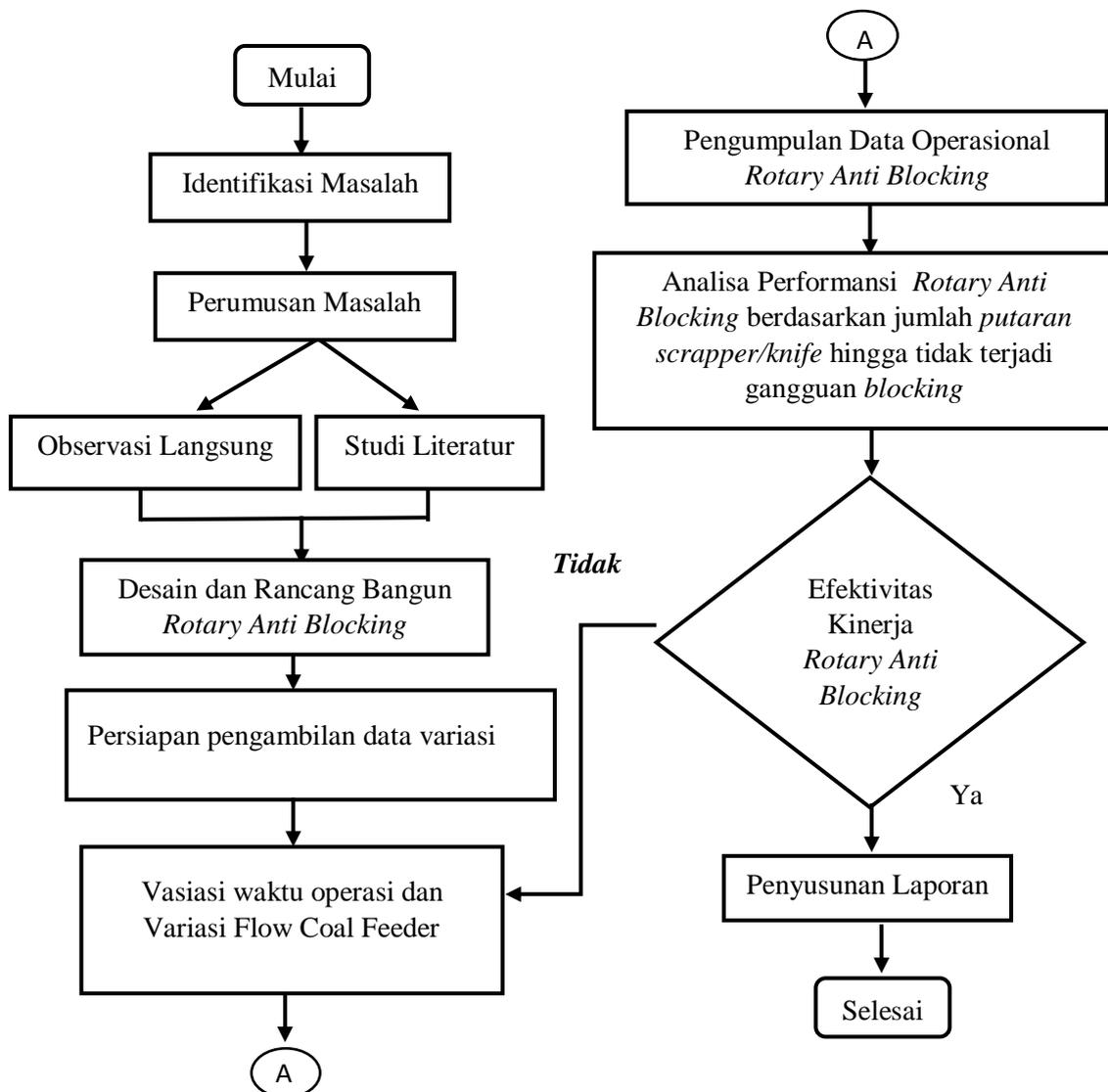
Pada gambar 2.18 diatas ditunjukkan bahwa terjadi proses deformasi pada struktur CFC bagian *roof-floor convergence* dan *wall – wall convergence* yang semakin hari semakin meningkat. Terutama untuk *Roof - Floor Convergence* hal ini disebabkan karena ada beban statis dari material dan beban ekstrusi dari batubara.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Langkah-Langkah Penelitian

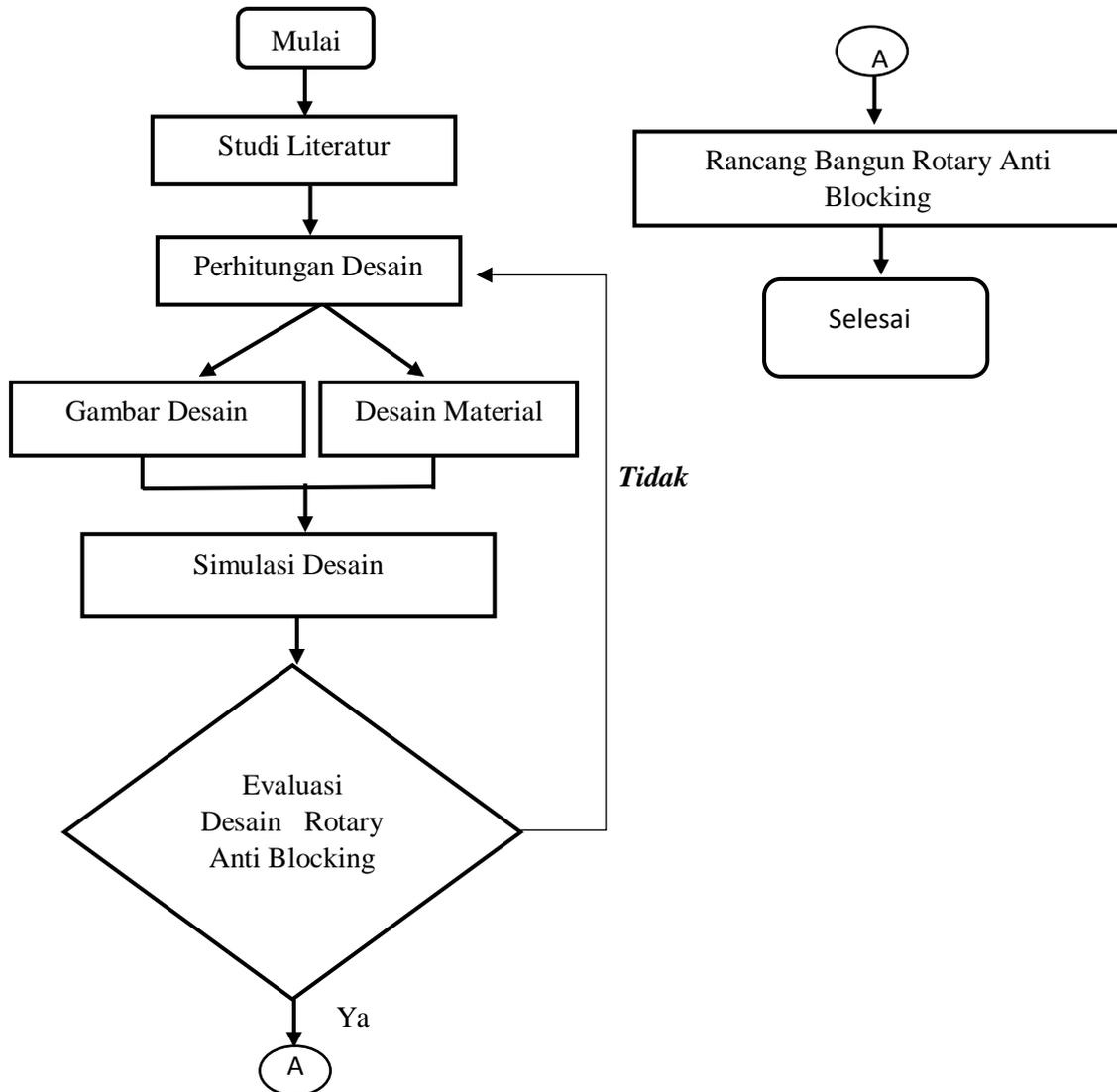
Penelitian ini dilakukan di PLTU Pangkalan Susu yang bergerak dibidang pembangkit tenaga listrik. Objek penelitian ini adalah peralatan *coal bunker* dan *coal feeder* di PLTU Pangkalan Susu. Pengumpulan data dilakukan dengan dua cara yaitu studi pustaka dan observasi langsung ke lapangan. Untuk alur penelitian dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Desain Rotary Anti Blocking

Pada desain rotary anti blocking meliputi perhitungan desain, gambar desain, desain material, simulasi desain dan evaluasi terhadap desain rotary anti blocking tersebut. Seperti pada flow chart desain rotary anti blocking dibawah ini:



Gambar 3.2 Diagram Alur Desain Rotary Anti Blocking

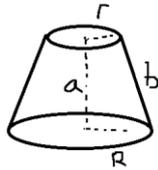
3.3 Perhitungan Desain Rotary Anti Blocking

Perhitungan desain rotary anti blocking dimulai dari menghitung volume coal bunker, massa batubara, gaya berat batubara, nilai torsi beban batubara terhadap rotary anti blocking, putaran output scrapper/knife rotary anti blocking hingga daya motor yang digunakan. Sehingga dari perhitungan tersebut dapat ditentukan untuk pemilihan spesifikasi teknis pada rotary anti blocking.

3.3.1 Perhitungan Volume Coal Bunker

Perhitungan volume material tiap layer *Coal bunker* di PLTU Pangkalan Susu berbentuk kerucut terpancung dan tiap layer dapat diukur volumenya dengan menggunakan rumus :

$$\text{Volume} = 1/3 \times \pi \times a \times (R \times r + R^2 + r^2) \quad (3.1)$$



Dimana, $\pi = 3,14$

a = Tinggi Kerucut terpancung

R = Jari – jari permukaan terbesar

r = Jari – jari permukaan terkecil

b = panjang selimut kerucut

Sehingga dari persamaan diatas dapat ditentukan volume coal bunker yang akan di pasang alat *rotary anti blocking* yang sesuai dengan desain coal bunker eksisting.

3.3.2 Perhitungan Massa Batubara

$$\text{Massa} = \text{Massa Jenis} \times \text{Volume} \quad (4.2)$$

Dimana, Untuk batubara yang digunakan adalah *Low Rank Coal* dengan Massa jenis 845 Kg/ M^3 .

3.3.3 Perhitungan Gaya Berat Batubara

Untuk mengetahui gaya berat batubara tersebut pada coal bunker yang akan dipasang *rotary anti blocking* adalah dengan menggunakan persamaan newton II sebagai berikut:

$$F = \text{Massa} \times \text{Gravitasi (Gaya Ekstrusi BB)} \quad (4.3)$$

Dimana percepatan gravitasi adalah 9.81 m/s^2 , sehingga gaya batubara dapat ditentukan dari persamaan diatas.

3.3.4 Perhitungan Tegangan Geser scrapper/knife Terhadap Batubara

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (4.4)$$

Dimana,

τ = Tegangan Geser

F = Gaya

A = Luas Penampang

3.3.5 Perhitungan Nilai Torsi Beban Batubara Terhadap *Rotary Anti Blocking*

Untuk menentukan minimal torsi beban batubara yang harus diputar adalah menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Torsi} = \tau \times J \times R \quad (4.5)$$

Dimana :

T = Torsi (N.m)

τ = Tegangan Geser (N/m^2)

I = Momen Inersia Polar (kg.m^2)

R = Jari - Jari (m)

3.3.6 Perhitungan Nilai Momen Inersia Polar Beban Batubara Terhadap *Rotary Anti Blocking*

$$J = 1/2 \cdot m \cdot (a^2 + b^2)$$

Dimana :

J = Momen inersia Polar (kg.m^2)

M = Massa scrapper/knife ditimbang 8,21 (kg)

a = Lebar scrapper/knife (m)

b = Panjang scrapper/knife (m)

3.3.7 Perhitungan Putaran Output Scrapper/Knife Rotary Anti Blocking

Untuk menghitung putaran *gearbox anti blocking* terhadap putaran *output scrapper/knife*, dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$N1/N2 = Z2/Z1 \quad (4.6)$$

Dimana,

Z1 = jumlah teeth pinion gear yang terpasang pada gearbox

Z2 = Jumlah teeth pada *Slewing Bearing*

Ratio = nilai 1: 465 (*Standard Manufacture Gearbox*)

N1 = Putaran *output Gearbox*

N2 = Putaran *Ouput Scrapper/knife*

3.3.8 Perhitungan Daya Motor Yang Digunakan Pada Rotary Anti Blocking

Untuk menghitung daya yang dibutuhkan pada motor gearbox dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = 2 \times \pi \times N \times \text{Torsi} / 60.000 \quad (4.7)$$

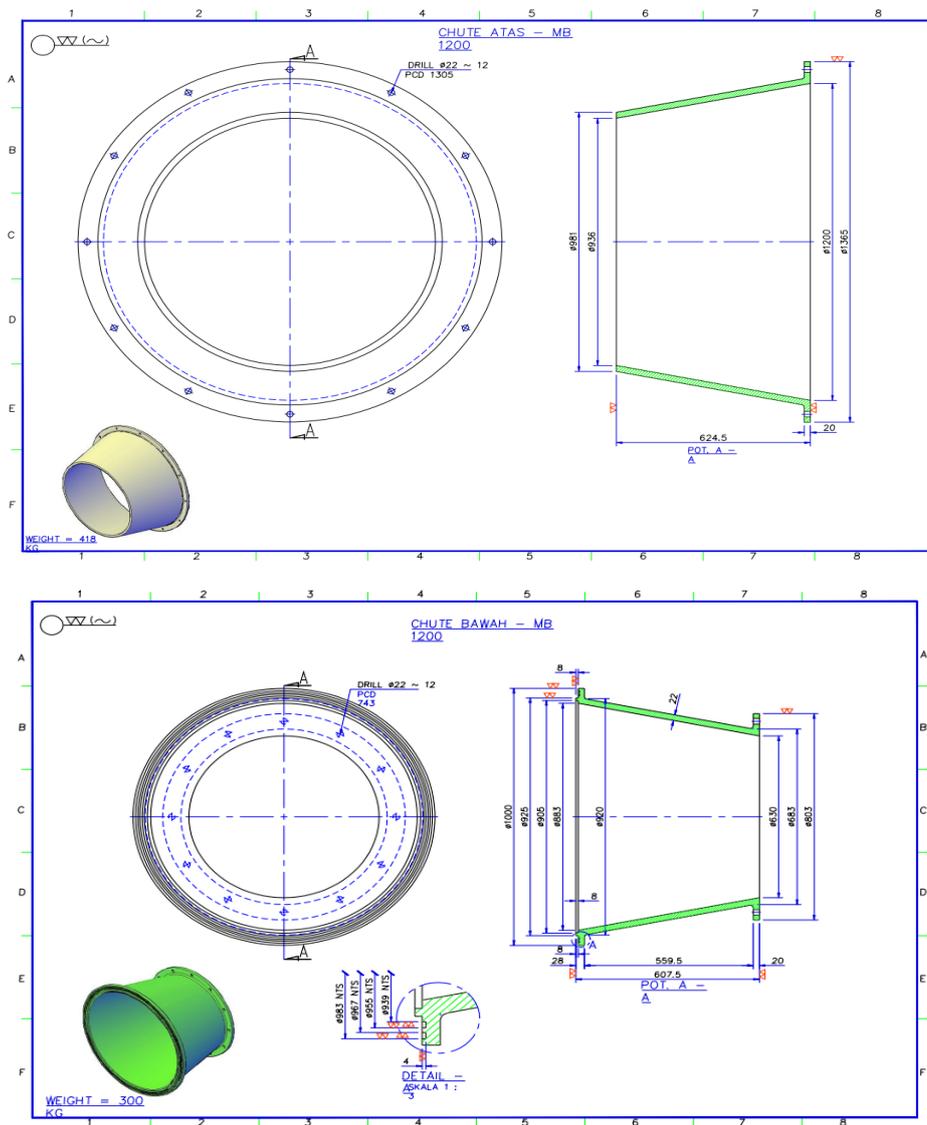
Dimana, N merupakan putaran *output scrapper/knife*, sehingga dapat ditentukan daya motor yang digunakan disesuaikan dengan standard pabrik yang tersedia.

3.4 Gambar Desain dan Material Rotary Anti Blocking

Pada gambar desain rotary anti blocking meliputi, body rotary anti blocking, slewing bearing, rotor, scrapper/knife, hingga assembling rotary anti blocking. Batubara memiliki sifat zat asam tinggi yang dapat menyebabkan penipisan/*worn out* pada material yang bersentuhan langsung dengannya. Sehingga pada desain material rotary anti blocking, dipilih material yang tahan abrasive terutama pada area yang kontak langsung dengan batubara, seperti *Liner Body rotary anti blocking*, rotor, maupun scrapper/knife. Sehingga dapat ditentukan factor aging untuk kebutuhan menentukan program maintenance pada peralatan rotary anti blocking tersebut. Berikut ini merupakan gambar desain dan material dari masing-masing bagian rotary anti blocking.

3.4.1 Gambar Desain dan Material Body rotary anti blocking

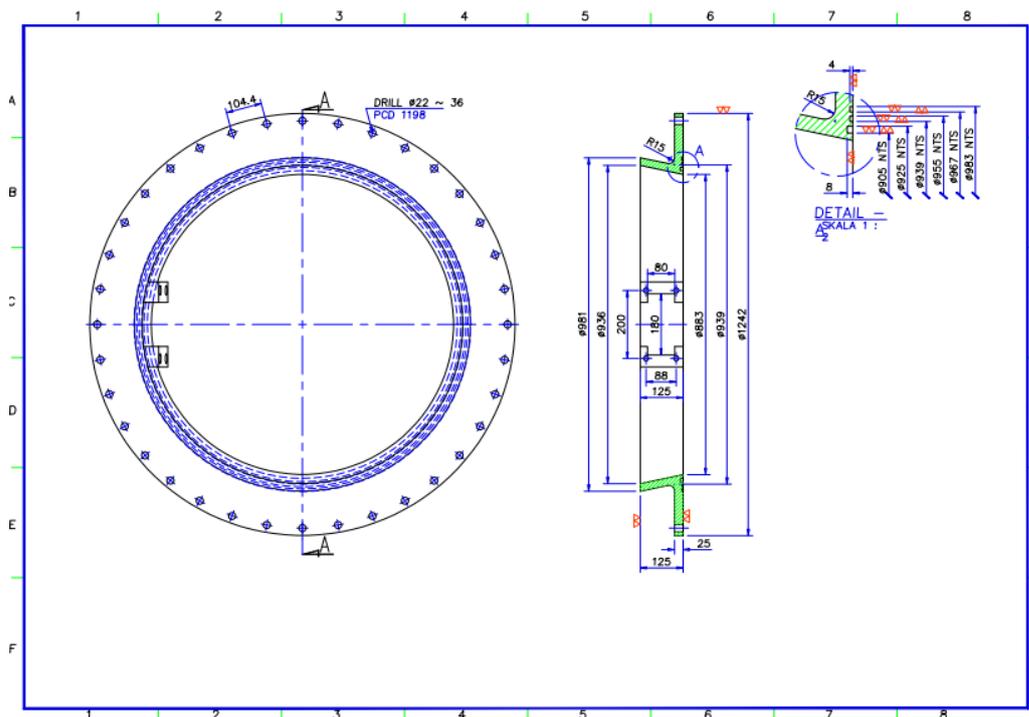
Body rotary anti blocking merupakan salah satu bagian terpenting dalam konstruksi *rotary anti blocking* memiliki dimensi yang disesuaikan dengan konstruksi eksisting *coal bunker* yaitu diameter 1200 mm x 630 mm x tinggi 1350 mm. masing-masing menggunakan material *Structural Steel 400* dengan tebal 16 mm dan dibagian dalamnya ditambahi liner menggunakan material *Stainless Steel 304* dengan tebal 3 mm. Secara keseluruhan *body rotary antiblocking* dikerjakan dengan teknik fabrikasi, *machining* serta *finishing* seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.3 Dimensi *Transition Chute*

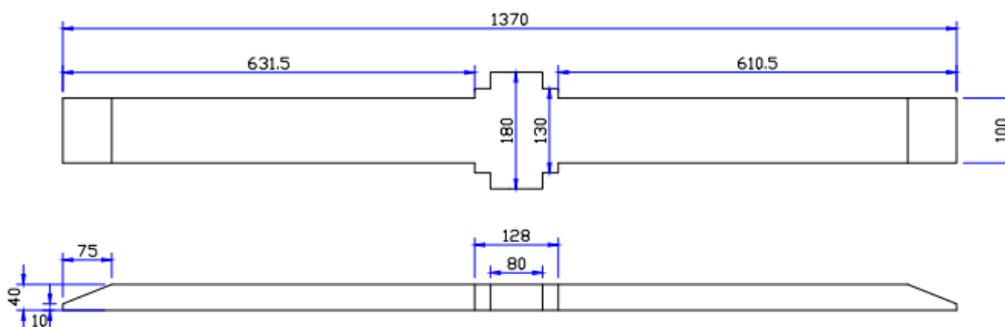
3.4.3 Gambar Desain dan Material Rotor Rotary Anti Blocking

Rotor merupakan bagian yang berputar mengikuti putaran *slewing bearing* yang diikat menggunakan baut M25 x 36 pcs di sekeliling rotor tersebut. Rotor juga merupakan tempat dudukan *scraper/knife* sehingga dapat disimpulkan bagian ini sangat rentan dengan peristiwa abrasive pengaruh gesekan terhadap batubara. Dimensi disesuaikan dengan *rotary anti blocking* dan posisi nya berada tepat di tengah-tengah *rotary anti blocking*.



Gambar 3.5 Dimensi Rotor

3.4.4 Gambar Desain dan Material Scraper/Knife Rotary Anti Blocking

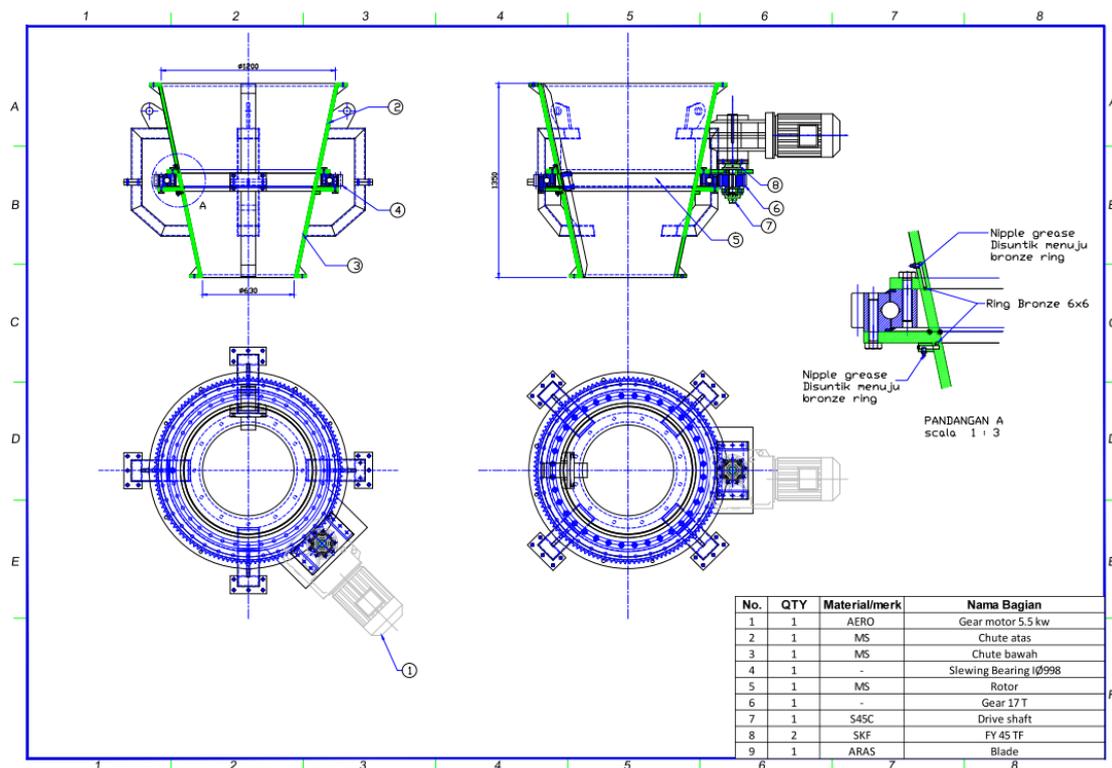


Gambar 3.6 Dimensi *Scraper/knife*

Scrapper/knife merupakan scrapper yang berputar didalam *coal bunker* sehingga dapat membersihkan batu bara yang menempel pada dinding coal bunker. Dimensi scrapper/knife terlihat pada gambar diatas disesuaikan dengan dimensi chute rotary anti blocking dengan panjang 1370 mm, lebar 100 mm, tebal 40 mm sehingga diupayakan dapat menjangkau seluruh bagian dinding chute. Adapun untuk material yang digunakan merupakan high manganese steel casting JIS SCMnH-11, ASTM Grade A128.

3.4.5 Gambar Desain Assembling Rotary Anti Blocking

Pada gambar dibawah ini, menunjukan gambar desain assembling pada unit rotary anti blocking.



Gambar 3.7 Assembling Rotary Anti Blocking

3.5 Simulasi Desain Rotary Anti Blocking

Setelah dilakukan gambar desain terhadap rotary anti blocking, maka setelah itu dilakukan sebuah simulasi dengan menggunakan software agar terlihat lebih jelas desain rotary anti blocking sesuai dengan yang diharapkan.

3.6 Variabel Tetap dan Variabel Bebas pada Percobaan Yang Dilakukan

Pola pengoperasian *Rotary Anti Blocking*, dapat dilakukan secara manual dan *automatic*. Secara manual, dioperasikan melalui *control push button* pada *control panel*, sedangkan jika dioperasikan secara *automatic* menggunakan *sequences by timer* yang dapat diatur dengan durasi 15 min, 30 min, dan 60 min. Adapun variable tetap dan variable bebas pada percobaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Table 3.1 Variabel Tetap dan Variabel Bebas

No	Variabel tetap	Satuan	Nilai
1	Diameter <i>Coal Bunker</i>	1100	mm
2	Putaran Motor	1450	Rpm
3	Putaran <i>Slewing Bearing</i>	1,025	Rpm
4	Jenis Batubara	<i>Low Rank Coal</i>	-

No	Variabel bebas	Satuan	Nilai
1	Waktu Operasi		
	✓ Variasi 1	15	Menit
	✓ Variasi 2	30	Menit
	✓ Variasi 3	60	Menit
2	Coal Flow		
	✓ Variasi 1	15	Ton/Jam
	✓ Variasi 2	20	Ton/Jam
	✓ Variasi 3	25	Ton/Jam

3.7 Alat Ukur

Adapun alat ukur yang digunakan untuk penelitian ini antara lain :

1. *Belt Weigher Coal Feeder*
2. *Amperemeter*
3. *Avometer*
4. *Tachometer*
5. *Stopwatch*

3.8 Pengambilan Data pada Variasi Percobaan

Pengambilan data dilakukan pada *rotary anti blocking* PLTU Pangkalan Susu. Untuk mendapat data parameter dalam eksperimen dilakukan langkah-langkah yang disusun dalam instruksi kerja sebagai berikut :

1. Pastikan peralatan anti blocking sudah siap dioperasikan.
2. Pastikan peralatan tidak ada kebocoran/kerusakan.
3. Pastikan Gearbox dan motor normal dan tidak ada kerusakan.
4. Lakukan pengecekan terhadap baut-baut pengikat *Slewing Bearing* dan pastikan sudah dilakukan *Regreasing*.
5. Lakukan pengecekan terhadap *Control Panel*.
6. Pastikan arus listrik pada electromotor sudah di *supply* atau di *Rack in*.
7. Operasikan rotary anti blocking dengan cara tekan tombol hijau untuk start operation, lalu tekan tombol merah untuk stop operation, kemudian dapat memilih pengoperasian secara manual atau automatic.
8. Lakukan variasi waktu operasi dan coal flow sebanyak 9 percobaan seperti pada table dibawah ini:

Tabel 3.2 Variasi Percobaan

		Waktu operasi		
		15 menit	30 menit	60 menit
<i>Coal Flow</i>	15 ton/jam	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
	20 ton/jam	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6
	25 ton/jam	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9

9. Setelah dilakukan percobaan variasi waktu operasi dan *coal flow*, data tersebut dianalisa untuk mengetahui variasi yang paling optimal untuk pengoperasian *Rotary Anti Blocking* PLTU Pangkalan Susu.
10. Pastikan peralatan yang sudah digunakan untuk pengambilan data dalam kondisi normal.

BAB IV

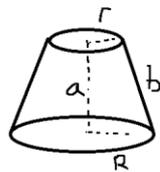
ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, diuraikan analisa dan pembahasan desain rotary anti blocking meliputi perhitungan teknis, simulasi desain, rancang bangun, serta hasil performansi rotary anti blocking dengan menentukan jumlah putaran scrapper/knife pada percobaan menghilangkan gangguan blocking dengan variasi coal flow terhadap waktu operasi.

4.1 Analisa Perhitungan Teknis *Rotary Anti Blocking*

Pada sistem *rotary anti blocking* batubara adalah sebagai beban yang akan mempengaruhi nilai torsi pada peralatan yang akan digunakan. Sehingga diperlukan perhitungan torsi yang akan digunakan agar dapat mengakomodir beban batubara yang di lewati pada system rotary anti blocking. Perhitungan volume pada outlet bunker dapat ditentukan dengan persamaan kerucut terpancung seperti dibawah ini:

$$\text{Volume} = \frac{1}{3} \times \pi \times a \times (R \times r + R^2 + r^2) \quad (4.1)$$



Dimana, $\pi = 3,14$

a = Tinggi Kerucut terpancung

R = Jari – jari permukaan terbesar

r = Jari – jari permukaan terkecil

b = panjang selimut kerucut

dari persamaan diatas jika digunakan untuk menghitung volume coal bunker PLTU Pangkalan Susu maka didapat volume sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{3} \times (3.14) \times (4) \{ (1.4)^2 + (1.4 \times 0.4) + (0.4)^2 \} \\ &= 11.22 M^3 \end{aligned}$$

Untuk batubara yang digunakan adalah *Low Rank Coal* dengan Massa jenis 845 Kg/ M^3 .

Sehingga jika dihitung beban yang dialami coal bunker yang akan dipasang *rotary anti blocking* adalah dengan persamaan:

$$\text{Massa} = \text{Massa Jenis} \times \text{Volume} \quad (4.2)$$

Sehingga, massa batubara yang ada pada coal bunker yang akan dipasang *rotary anti blocking* adalah:

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= 845 \text{ Kg/ } M^3 \times 11.22 M^3 \\ &= 9.480 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui gaya berat batubara tersebut pada coal bunker yang akan dipasang *rotary anti blocking* adalah dengan menggunakan persamaan newton II sebagai berikut;

$$F = \text{Massa} \times \text{Gravitasi (Gaya Ekstrusi BB)} \quad (4.3)$$

Dimana percepatan gravitasi adalah 9.81 m/s^2 , sehingga gaya yang dialami adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F &= 9480 \text{ Kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \\ &= 93.000 \text{ Newton} \end{aligned}$$

Perhitungan Tegangan Geser scrapper/knife Terhadap Batubara

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (4.4)$$

Dimana,

$$\tau = \text{Tegangan Geser}$$

$$F = \text{Gaya}$$

$$A = \text{Luas Penampang}$$

Maka, untuk menentukan tegangan geser scrapper/knife terhadap batubara adalah;

$$\text{Luas lintasan scrapper/knife} = \pi \times b \times (r + R)$$

$$A = 3,15 \times 1,38 \times (0,4 + 1,4)$$

$$A = 7,82 \text{ M}^2$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{93000 \text{ N}}{7,82 \text{ M}^2} \end{aligned}$$

$$\tau = 11.892,5 \text{ N/M}^2$$

Untuk menentukan nilai Torsi yang harus diputar adalah menggunakan persamaan berikut;

$$T = \tau \times J \times R \quad (4.5)$$

Dimana :

$$T = \text{Torsi (N.m)}$$

$$\tau = \text{Tegangan Geser (N/m}^2\text{)}$$

$$I = \text{Momen Inersia Polar (kg.m}^2\text{)}$$

$$R = \text{Jari - Jari (m)}$$

karena media pengaduk berbentuk pejal, maka perhitungan momen inersia polar dapat diketahui dengan rumus

$$J = 1/2 \cdot m \cdot (a^2 + b^2)$$

Dimana :

$$J = \text{Momen inersia Polar (kg.m}^2\text{)}$$

$$M = \text{Massa scrapper/knife ditimbang 8,21 (kg)}$$

$$a = \text{Lebar scrapper/knife (m)}$$

$$b = \text{Panjang scrapper/knife (m)}$$

$$J = 1/2 \times m \times (a^2 + b^2)$$

$$= \frac{1}{2} \times 8,21 \text{ Kg} \times (0,1^2 + 0,4^2) \text{ M}^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 8,21 \text{ Kg} \times (1,89) \text{ M}^2$$

$$= 7,75 \text{ Kg. M}^2$$

$$\text{Torsi} = \tau \times J \times R \quad (4.5)$$

Pada *outlet bunker* yang akan dipasang rotary anti blocking memiliki jari – jari *Slewing Bearing* sebesar $\varnothing 1100 \text{ mm}$ (jari-jari = 550 mm), sehingga beban yang dialami pada *rotary anti blocking* adalah sebagai berikut:

$$\text{Torsi} = 11.892,5 \text{ N/M}^2 \times 7,75 \text{ Kg.M}^2 \times 0,55 \text{ M}$$

$$= 50.692 \text{ N.meter}$$

Untuk menghitung putaran *gearbox anti blocking* terhadap putaran *output scrapper/knife*, dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$N1/N2 = Z2/Z1 \quad (4.6)$$

Z1 = jumlah teeth pinion gear yang terpasang pada gearbox

Z2 = Jumlah teeth pada *Slewing Bearing*

Ratio = nilai 1: 465 (*Standard Manufacture Gearbox*)

N1 = Putaran *output Gearbox*

N2 = Putaran *Ouput Scrapper/knife*

Putaran motor yang tersedian adalah 1460 Rpm. Dengan ratio 1:465 sehingga, dapat ditentukan Nilai N1 pada gearbox yaitu:

$$N1 = \text{Putaran motor} / \text{Ratio}$$

$$N1 = 1460 \text{ Rpm} / 465$$

$$\text{Maka, N1} = 3,1 \text{ Rpm}$$

Gearbox dihubungkan ke *slewing bearing* dengan transmisi Pinion Gear, dimana dibutuhkan, Z1 = 42 Teeth, Z2 = 127 Teeth (dari daftar *table manufacture slewing bearing* dengan jari-jari 550 mm), Sehingga untuk menentukan N2 adalah dengan persamaan:

$$N2 = (Z1/Z2) \times N1 \quad (4.7)$$

$$= (42/127) \times 3,1 \text{ Rpm}$$

$$N2 = 1,025 \text{ RPM}$$

Untuk menghitung daya yang dibutuhkan pada motor gearbox dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = 2 \times \pi \times N \times \text{Torsi} / 60.000 \quad (4.8)$$

Dimana,

N merupakan putaran *output scraper/knife*, sehingga:

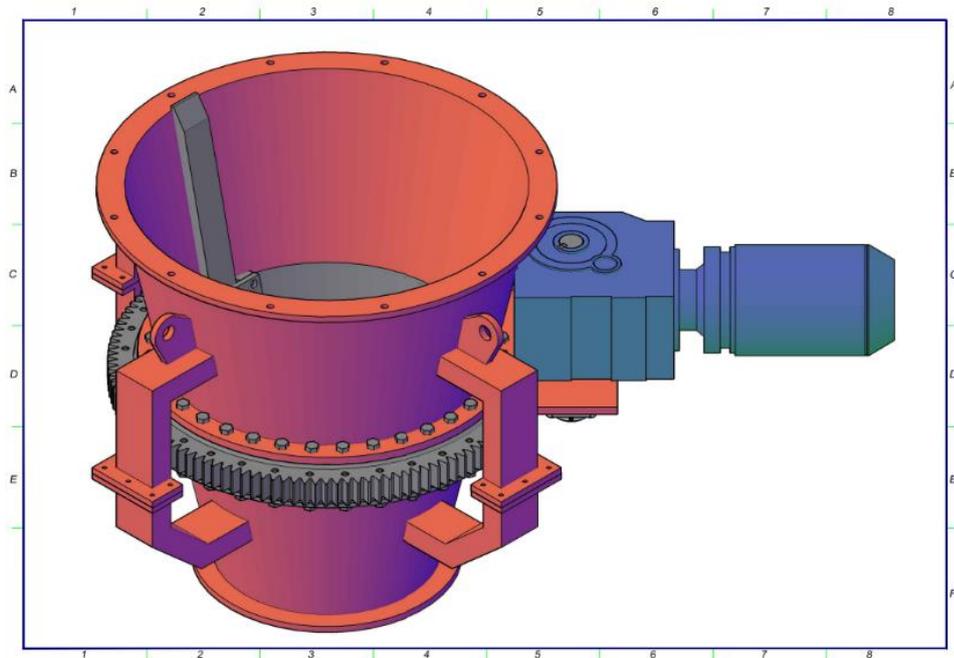
$$P = 2 \times 3.14 \times 1,025 \times 51.150 \text{ N.m} / 60.000$$

$$= 5,3 \text{ kW}$$

Dari perhitungan diatas, dipilih Motor Gearbox dengan daya (P) = 5,5 kW. Sehingga jenis *slewing bearing* yang digunakan pada *rotary anti blocking* adalah menggunakan daya motor 5,5 kW, putaran gearbox 3,1 Rpm, Putaran Output Scrapper/knife 1,025 Rpm.

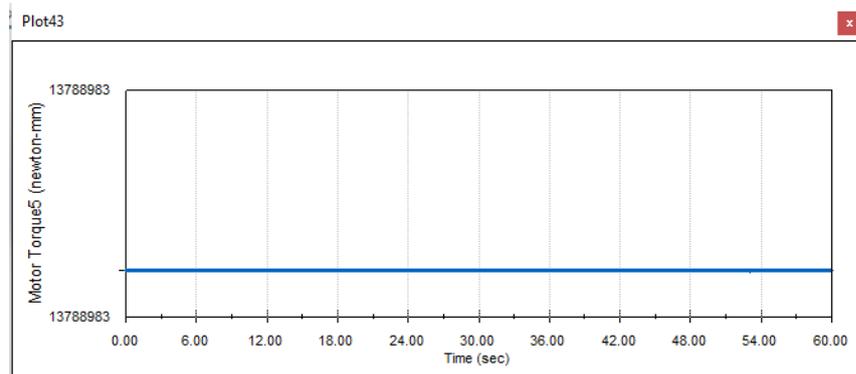
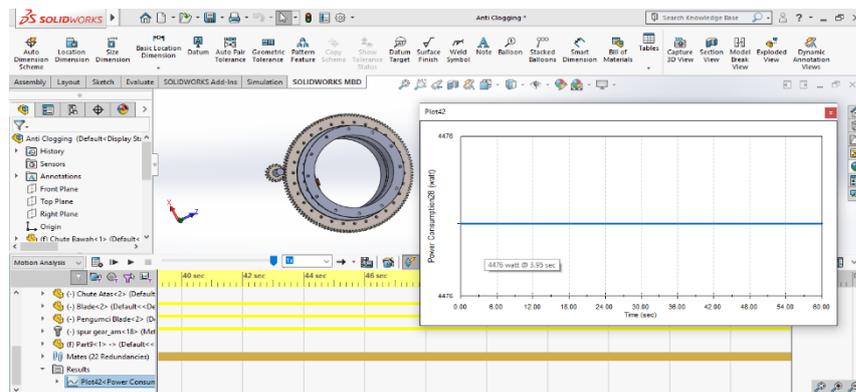
4.2 Analisa Simulasi Desain Rotary Anti Blocking

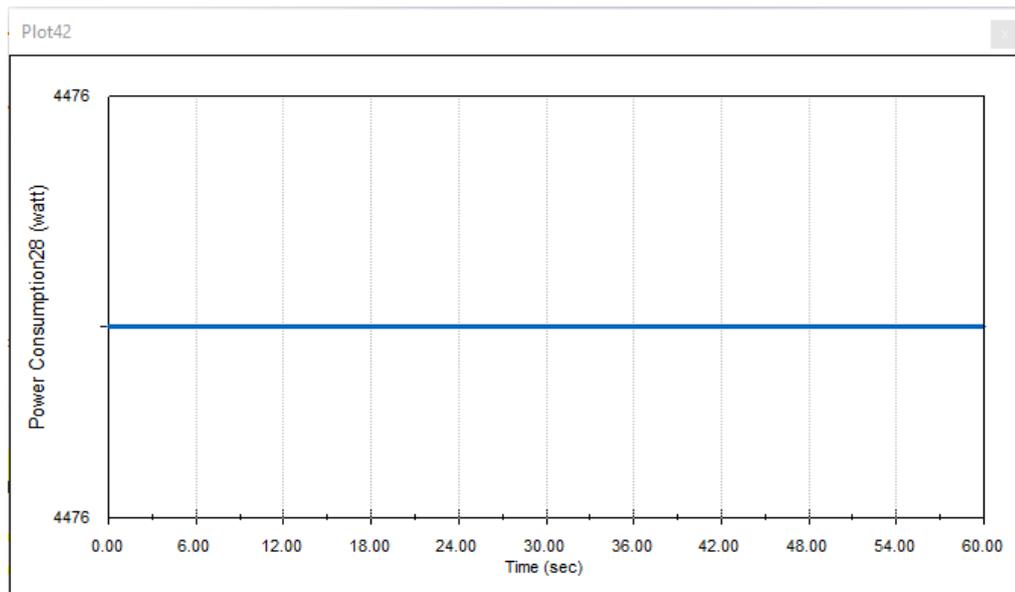
Setelah dilakukan perhitungan teknis dan gambar desain pada *rotary anti blocking* maka dilanjutkan dengan simulasi desain sebagai evaluasi terhadap sebuah desain sebelum melakukan tahap selanjutnya yaitu rancang bangun. Adapun analisa pada gambar desain menggunakan software inventor 2020, dan pada hasil analisa tersebut bahwasanya unit *rotary anti blocking* dapat beroperasi normal sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan. Sebagai contoh *scraper/knife* tidak bersentuhan dengan body *rotary anti blocking*. Seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.1 Simulasi Desain Rotary Anti Blocking menggunakan software Inventor 2020

Untuk selanjutnya dilakukan simulasi dengan menggunakan software solid works. Pada simulasi ini bertujuan sebagai pembandingan nilai torsi beban dan daya motor yang digunakan pada rotary anti blocking yang didapatkan menggunakan perhitungan teknis terhadap analisa software tersebut. Seperti pada gambar dibawah ini:





Gambar 4.2 Simulasi Menentukan Nilai Torsi Dan Daya Motor

Jika pada perhitungan teknis nilai torsi yang didapatkan adalah 14.500 N.m, maka pada hasil simulasi didapatkan 13.789 N.m, dan daya motor didapatkan pada simulasi sebesar 4.4 Kw sementara jika menggunakan perhitungan teknis daya motor yang digunakan sebesar 5,3 Kw, sementara untuk standard umum daya motor yang tersedia adalah 5,5 kW.

4.3 Rancang Bangun *Rotary Anti Blocking*



**Gambar 4.3 Rotary Anti Blocking Yang Terpasang Di Unit
PLTU Pangkalan Susu**

Setelah dilakukan simulasi terhadap rotary anti blocking dan hasilnya sesuai dengan perhitungan teknis serta desain gambar, maka dilakukan rancang bangun *rotary anti blocking* di coal bunker PLTU Pangkalan Susu. Commissioning pada bulan desember 2021 tahun lalu sudah beroperasi sekitar 7 bulan sampai sekarang. Selama rotary anti blocking beroperasi tidak terjadi gangguan blocking pada coal bunker.

4.4 Pengambilan Data pada Variasi Percobaan *Rotary Anti Blocking*

Pengambilan data pada variasi percobaan *rotary anti blocking* dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan alat ukur yaitu *Belt Weigher Coal Feeder, Amperemeter, Avometer, Tachometer dan Stopwatch*. Berikut ini adalah langkah-langkah pengambilan data untuk percobaan variasi pada *Rotary Anti Blocking* :

4.4.1 Melaksanakan *Rack-In Breaker 380 V*

Pelaksanaan *rack in breaker 380 V* dilakukan oleh operator setelah kondisi peralatan tidak ada pemeliharaan atau tagging. Adapun pelaksanaannya dilakukan dengan memasukkan *breaker 380V* ke system kelistrikan. Dipastikan peralatan yang *rack-in* untuk power yang digunakan oleh *rotary anti blocking* dengan berkoordinasi antara operator local dan operator *Central Control Room*.



Gambar 4.4 Melaksanakan *Rack-In Breaker* 380 V.

4.4.2 *Start Rotary Anti Blocking* Dari Panel Lokal

Proses *start rotary anti blocking* dilakukan dari panel local. Pada panel local terdapat *push botton start-stop*, *overload*, *timer*, ampere meter, avometer dan *emergency stop*. Pada saat pengambilan data, dilakukan dengan menggunakan timer. Sesuai dengan variasi operasi waktu yaitu 15 menit, 30 menit dan 60 menit. Tetapi untuk start awal pengoperasian dilakukan dengan menekan *push button start* yang selanjutnya *system* operasinya *sequences by timer*.



Gambar 4.5 Proses Start Push Button Rotary Anti Blocking.

4.4.3 Monitoring Rotary Anti Blocking Beroperasi Dengan Normal

Setelah *push button start* dilakukan maka pastikan *rotary anti blocking* beroperasi dengan normal dan sesuai dengan putaran desain. Posisi *rotary anti-blocking* saat beroperasi harus dipastikan tidak ada suara abnormal, tidak ada kebocoran, dan vibrasi normal. Untuk arus dan tegangan pada motor dipastikan pada rank sesuai fabrikasi agar peralatan terhindar dari *overload*.



Gambar 4.6 Monitoring Rotary Anti Blocking Beroperasi Dengan Normal

4.4.4 Pengambilan Data Variasi Waktu Operasi

Setelah *rotary anti blocking* beroperasi dengan normal dan parameter dalam batasan standard, maka dilakukan pengambilan data variasi waktu operasi. Pada variasi ini pastikan *setting timer* sudah di set dengan 15 menit operasi. Pengambilan data gangguan dilakukan selama 24 jam sehingga data yang diperoleh sebanyak $24 \times 4 = 96$ data. Kemudian variasi kedua untuk waktu operasi adalah membuat *setting timer* setiap 30 menit sekali beroperasi. Pengambilan data gangguan dilakukan selama 24 jam sehingga data yang diperoleh sebanyak $24 \times 2 = 48$ data. Selanjutnya variasi ketiga untuk waktu operasi adalah membuat setting timer setiap 60 menit, pengambilan data gangguan dilakukan selama 24 jam sehingga data yang diperoleh sebanyak $24 \times 1 = 24$ data.



Gambar 4.7 Pengambilan Data Variasi Waktu Operasi

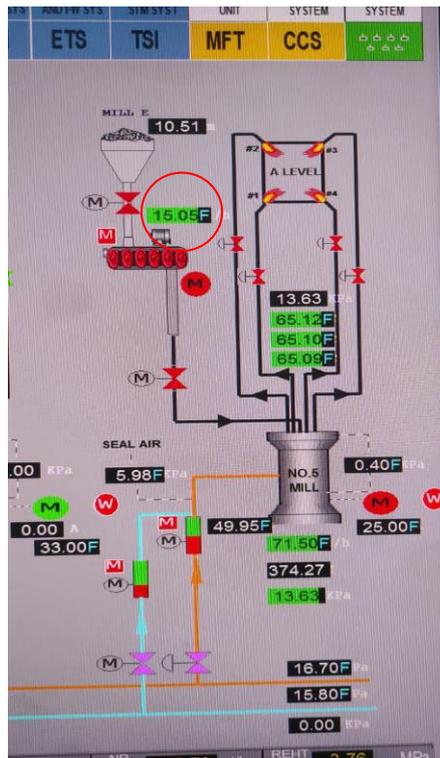
4.4.5 Pengambilan Data Variasi Coal Flow

Untuk pengambilan data variasi coal flow disesuaikan dengan tipe pembebanan pada PLTU Pangkalan Susu. Pada saat pengambilan data, yang perlu diperhatikan adalah penyesuaian pola pembebanan unit dari *central control room*.

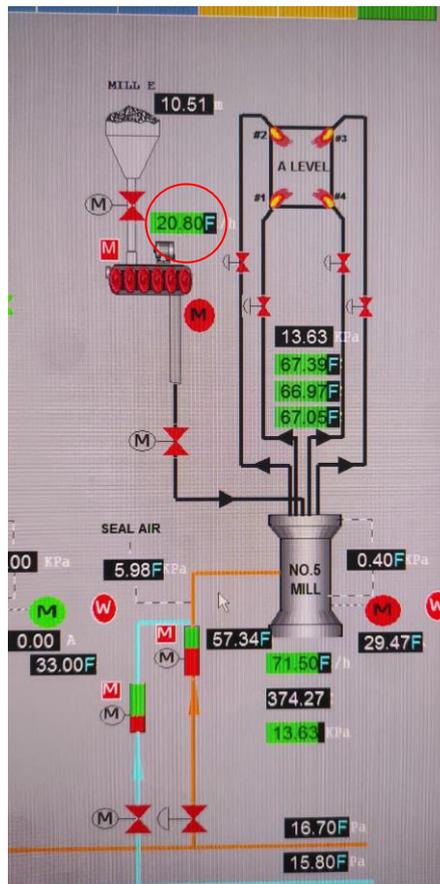


Gambar 4.8 Pengambilan Data Variasi *Coal Flow*

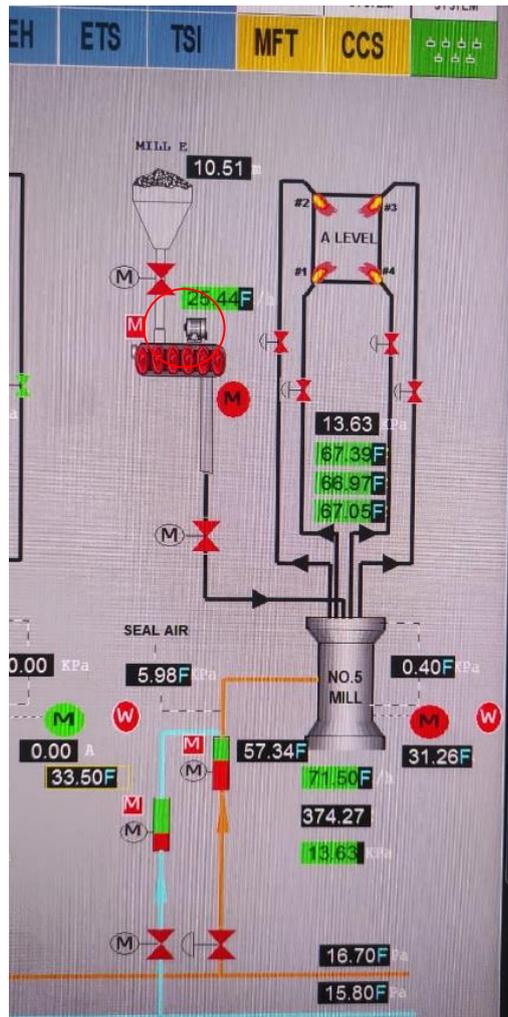
Data yang diambil pada *flow* 15 ton/jam, dilaksanakan pada hari sabtu dan minggu menyesuaikan beban rendah pada unit. Untuk *flow* 20 ton/jam dilaksanakan pada hari kerja yaitu pagi hari. Sedangkan untuk *flow* 25 ton/jam dilaksanakan pada hari kerja pada saat beban puncak yaitu malam hari. Berikut ini merupakan penunjukan *coal flow* pada saat dilakukan percobaan dan pengambilan data dari HMI-DCS.



Gambar 4.9 Pengambilan Data Variasi Pada *Coal Flow* 15 Ton/Jam



Gambar 4.10 Pengambilan Data Variasi Pada *Coal Flow* 20 Ton/Jam



Gambar 4.11 Pengambilan Data Variasi Pada Coal Flow 25 Ton/Jam

4.5 Percobaan *Rotary Anti Blocking*

Setelah *rotary anti blocking* di desain, kemudian dipasang pada *outlet bunker* maka dilakukan percobaan pada *rotary anti blocking* tersebut. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui berapa jumlah putaran *scraper/knife rotary anti blocking* hingga tidak terjadi gangguan *blocking* sesuai dengan karakteristik variasi *coal flow* yaitu ; 15 ton/jam, 20 ton/jam dan 25 ton/jam serta variasi waktu operasi setiap 15 menit, 30 menit dan 60 menit.

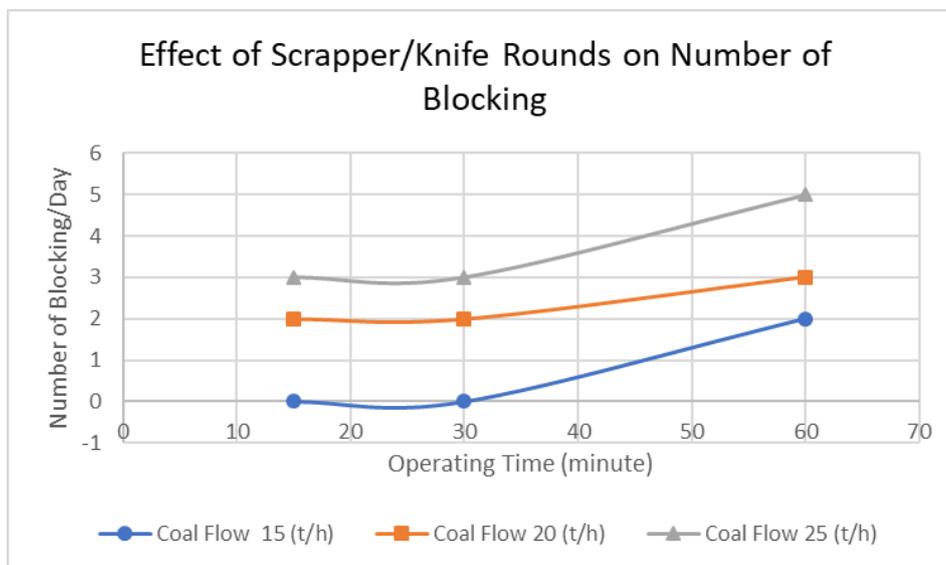
4.5.1 Percobaan 1 Kali Putaran *Scraper/Knife* terhadap Gangguan *Blocking*

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui gangguan *blocking* yang terjadi pada variasi waktu operasi dan *coal flow*, jika jumlah pengoperasian *scraper/knife rotary anti blocking* dengan 1 kali putaran. Seperti pada data sebagai berikut:

Tabel. 4.1 Data Hasil Percobaan 1 Kali Putaran Scrapper/Knife Rotary Anti Blocking

Experiment	Coal Flow (T/h)	Operating time (minute)	Scrapper/ Knife Rounds	number of blocking /day
1	15	15	1	0
2	15	30	1	0
3	15	60	1	2
4	20	15	1	2
5	20	30	1	2
6	20	60	1	3
7	25	15	1	3
8	25	30	1	3
9	25	60	1	5

Dari percobaan yang telah dilakukan didapat pengaruh jumlah putaran scrapper/knife terhadap gangguan yaitu seperti pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.12 Pengaruh 1 Kali Putaran Scrapper/Knife Terhadap Jumlah Gangguan

Dari grafik diatas diketahui bahwa semakin besar waktu operasi maka jumlah gangguan juga semakin banyak hal ini disebabkan karena, potensi *blocking* akan semakin besar jika semakin lama tidak dilakukan pembersihan *outlet coal bunker* dengan menggunakan *scrapper/knife* pada *rotary anti blocking*. Sebagai contoh, pada

variasi waktu operasi 15 menit dan pada coal flow 15 t/h jumlah gangguan blocking adalah 0, berarti pada pengoperasian seperti ini tidak terjadi gangguan blocking. Sedangkan pada variasi waktu operasi 60 menit terjadi gangguan blocking sebanyak 2 kali dalam 1 hari. Untuk itu perlu dilakukan penambahan jumlah putaran scrapper/knife rotary anti blocking pada percobaan berikutnya yang masih mengalami gangguan blocking.

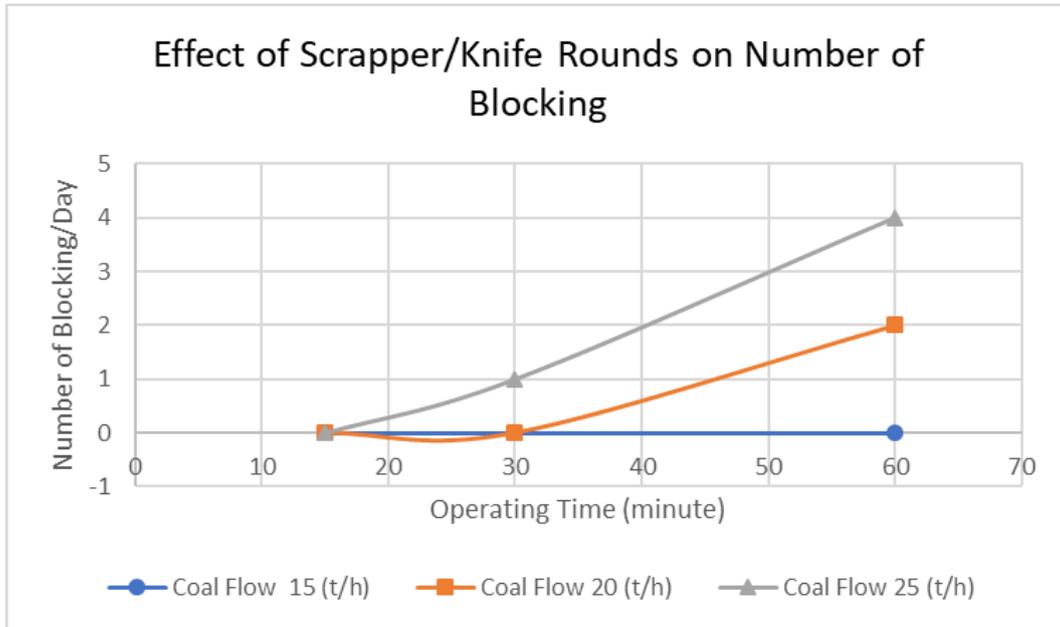
4.5.2 Percobaan 2 Kali Putaran *Scrapper/Knife* terhadap Gangguan *Blocking*

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui gangguan blocking yang terjadi pada variasi waktu operasi dan coal flow, jika jumlah pengoperasian scrapper/knife rotary anti blocking menjadi 2 kali putaran. Seperti pada data sebagai berikut:

Tabel. 4.2 Data Hasil Percobaan 2 Kali Putaran Scrapper/Knife Rotary Anti Blocking

Experiment	Coal Flow (T/h)	Operating time (minute)	Scrapper/ Knife Rounds	number of blocking /day
1	15	15	1	0
2	15	30	1	0
3	15	60	2	0
4	20	15	2	0
5	20	30	2	0
6	20	60	2	2
7	25	15	2	0
8	25	30	2	1
9	25	60	2	4

Dari percobaan yang telah dilakukan didapat pengaruh jumlah putaran scrapper/knife terhadap gangguan yaitu seperti pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.13 Pengaruh 2 Kali Putaran Scrapper/Knife Terhadap Jumlah Gangguan

Dari grafik diatas dapat ditentukan adanya penurunan gangguan blocking jika jumlah putaran scrapper/knife rotary anti blocking ditambah.

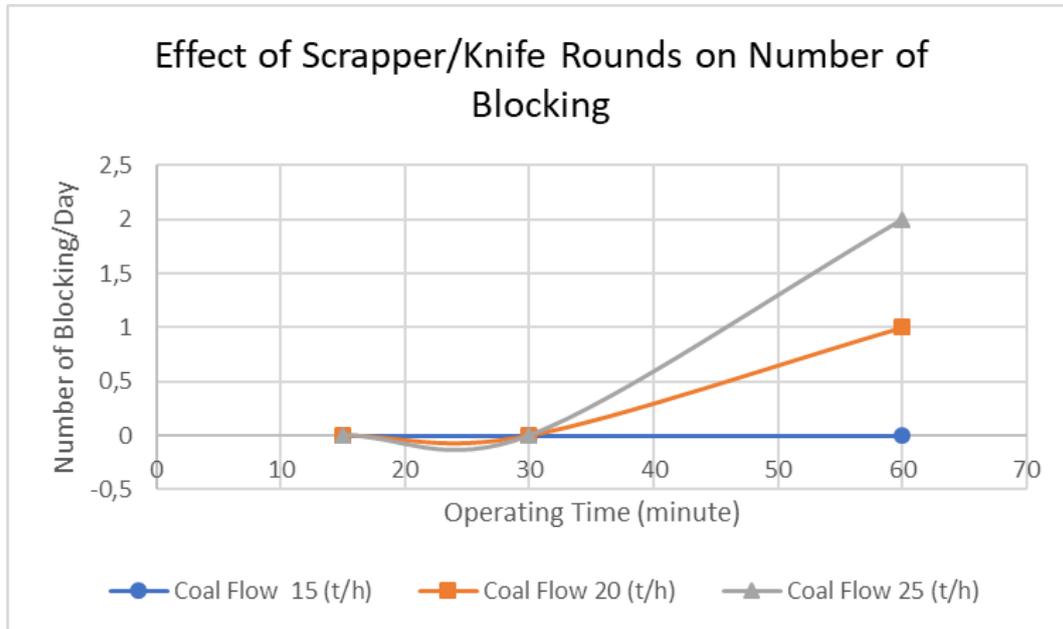
4.5.3 Percobaan 3 Kali Putaran *Scrapper/Knife* terhadap Gangguan *Blocking*

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui gangguan blocking yang terjadi pada variasi waktu operasi dan coal flow, jika jumlah pengoperasian scrapper/knife rotary anti blocking menjadi 3 kali putaran. Seperti pada data sebagai berikut:

Tabel. 4.3 Data Hasil Percobaan 3 Kali Putaran Scrapper/Knife Rotary Anti Blocking

Experiment	Coal Flow (T/h)	Operating time (minute)	Scrapper/ Knife Rounds	number of blocking /day
1	15	15	1	0
2	15	30	1	0
3	15	60	2	0
4	20	15	2	0
5	20	30	2	0
6	20	60	3	1
7	25	15	2	0
8	25	30	3	0
9	25	60	3	2

Dari percobaan yang telah dilakukan didapat pengaruh jumlah putaran scrapper/knife terhadap gangguan yaitu seperti pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.14 Pengaruh 3 Kali Putaran Scrapper/Knife Terhadap Jumlah Gangguan

Dari grafik diatas dapat ditentukan adanya penurunan gangguan blocking jika jumlah putaran scrapper/knife rotary anti blocking ditambah.

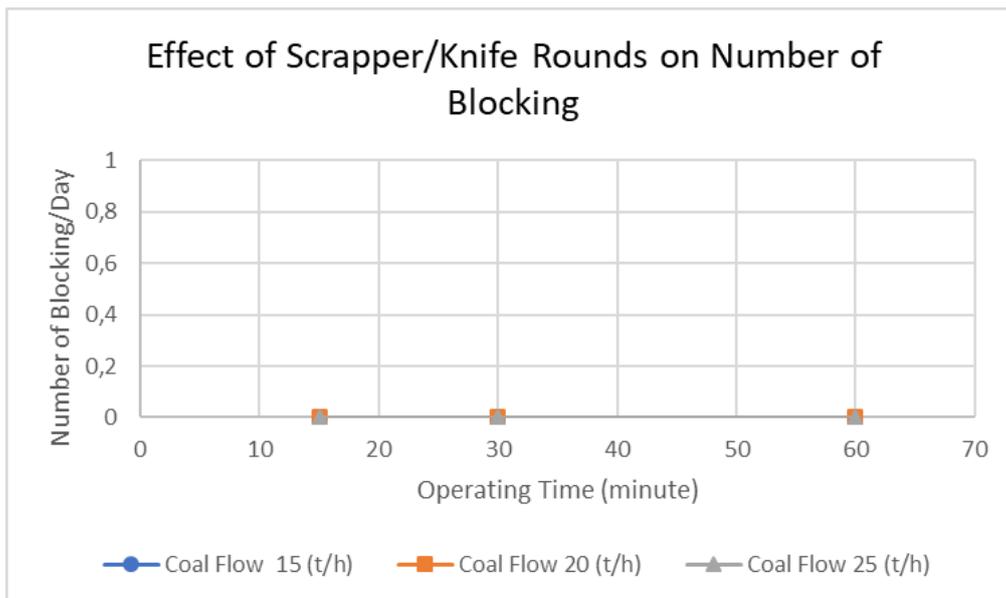
4.5.4 Percobaan 4 Kali Putaran Scrapper/Knife terhadap Gangguan *Blocking*

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui gangguan blocking yang terjadi pada variasi waktu operasi dan coal flow, jika jumlah pengoperasian *scrapper/knife rotary anti blocking* menjadi 4 kali putaran. Seperti pada data sebagai berikut:

Tabel. 4.4 Data Hasil Percobaan 4 Kali Putaran Scrapper/Knife Rotary Anti Blocking

Experiment	Coal Flow (T/h)	Operating time (minute)	Scrapper/ Knife Rounds	number of blocking /day
1	15	15	1	0
2	15	30	1	0
3	15	60	2	0
4	20	15	2	0
5	20	30	2	0
6	20	60	4	0
7	25	15	2	0
8	25	30	3	0
9	25	60	4	0

Dari percobaan yang telah dilakukan didapat pengaruh jumlah putaran scrapper/knife terhadap gangguan yaitu seperti pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.15 Pengaruh 4 Kali Putaran Scrapper/Knife Terhadap Jumlah Gangguan

Dari grafik diatas dapat ditentukan adanya penurunan gangguan blocking jika jumlah putaran scrapper/knife rotary anti blocking ditambah.

Pada data diatas dapat ditentukan jumlah putaran rotary anti blocking yang disesuaikan berdasarkan variasi waktu operasi dan flow batubara sehingga dapat digunakan untuk menghilangkan dampak blocking pada outlet coal bunker. Selanjutnya

data ini menjadi dasar pembuatan Standard Operasional Prosedur (SOP) secara umum dan Instruksi Kerja secara khusus bagi Operator maupun Pemeliharaan.

4.6 Analisa Performansi *Rotary Anti Blocking* Dengan Menentukan Nilai Optimal

Dari percobaan dan analisa yang sudah dilakukan maka nilai yang optimal pada pengoperasian *rotary anti blocking* adalah percobaan yang tidak mengalami gangguan blocking. Adapun percobaan *rotary anti blocking* bertujuan untuk menentukan nilai optimal sehingga dapat digunakan sebagai standard pengoperasian alat tersebut dengan menentukan jumlah putaran *scraper/knife rotary anti blocking* hingga tidak terjadi gangguan *blocking* pada *outlet coal bunker*. Percobaan tersebut dilakukan pada masing-masing karakteristik dengan waktu operasi, setiap 15 menit, 30 menit dan 60 menit serta pada variasi *flow coal feeder* 15 ton/jam, 20 ton/jam, dan 25 ton/jam. Maka dapat ditentukan nilai optimal yaitu pada *flow coal feeder* 15 ton/jam, dengan 1 kali putaran *scraper/knife rotary anti blocking* pada waktu operasi setiap 15 dan 30 menit. Pada *flow coal feeder* 20 ton/jam, dengan 2 kali putaran *scraper/knife rotary anti blocking* pada waktu operasi setiap 15 dan 30 menit, sedangkan pada *flow coal feeder* 25 ton/jam, dengan 2 kali putaran *scraper/knife rotary anti blocking* pada waktu operasi setiap 15 menit. Seperti pada tabel 4.5 dibawah ini.

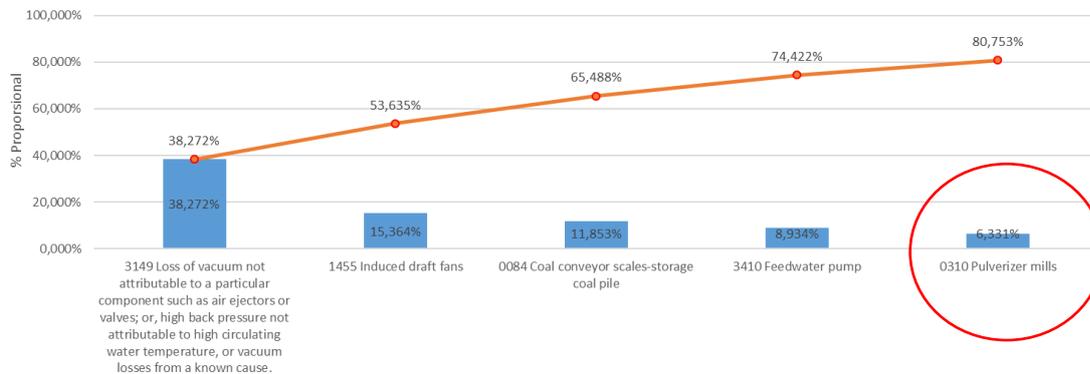
Tabel. 4.5 Data Performansi Operasi Rotary Anti Blocking

Coal Flow (T/h)	Operating time (minute)	Number of Rounds (rounds)
15	15	1
	30	1
20	15	2
	30	2
25	15	2

4.7 Analisa Manfaat Finansial Jika Tidak Terjadi Gangguan Blocking

Setiap gangguan yang terjadi pada satu system pembangkit dicatat dalam satu pareto looses. Gangguan blocking pada coal bunker termasuk lima besar penyumbang berkurangnya daya produksi pada suatu pembangkit atau yang disebut dengan MWH

looses. Dibawah ini merupakan data pareto loses pada PLTU Pangkalan Susu mulai dari bulan januari 2021 sampai dengan bulan desember 2021.



Gambar 4.16 Pareto Loses Gangguan Blocking Outlet Coal Bunker

Terjadinya derating unit selama tahun 2021 yaitu 453 jam 34 menit yang diakibatkan oleh blocking batubara pada outlet coal bunker maupun mill. Setiap bulannya terjadi blocking dan menyumbang loses 26425.8144 MWH.

Dengan menggunakan Biaya Pokok Produksi bulan April Rp. 1,032.52 /kwh maka perhitungan kerugian yang dialami, yaitu :

$$\text{KWH Loses} = \text{MWH Loses} \times 1000 = 26.425,8144 \text{ mwh} \times 1000 = 26.425.814,4 \text{ kwh}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{MWH Loses} &= 26.425.814,4 \text{ kwh} \times 1.032,52 \text{ Rp/kwh} \\ &= \text{Rp } 27.285.181.884 \end{aligned}$$

Dari data pareto loses diatas diketahui bahwa pada tahun 2021, PLTU Pangkalan Susu mengalami kerugian senilai 27 Miliar akibat terjadinya gangguan blocking batubara pada outlet coal bunker. Dengan besarnya nilai kerugian, Maka dengan pemasangan rotary anti blocking dapat menghilangkan kerugian tersebut.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan desain dan percobaan terhadap *rotary anti blocking* sesuai dengan prosedur yang dilakukan untuk variasi waktu operasi dan *coal flow* serta *variable* tetap pada batubara jenis *Low Rank Coal*, diameter *coal bunker*, putaran motor dan putaran slewing bearing, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain putaran scrapper/knife rotary anti blocking 1,025 RPM
2. Desain nilai torsi gearbox 14.500 N.m dengan ratio 1: 465
3. Daya motor yang digunakan adalah 5,5 kW, 3 phase.
4. Material Liner body rotary anti blocking menggunakan Stainless Steel 304 tebal 3 mm, dan material pada scrapper/knife rotary anti blocking menggunakan material JIS SCMnH11.
5. Analisa menggunakan software sesuai dengan hasil perhitungan teknis rotary anti blocking.
6. Dari percobaan dan analisa yang sudah dilakukan maka nilai yang optimal pada pengoperasian *rotary anti blocking* adalah percobaan yang tidak mengalami gangguan blocking. Maka dapat ditentukan nilai optimal yaitu pada *flow coal feeder* 15 ton/jam, dengan 1 kali putaran *scrapper/knife rotary anti blocking* pada waktu operasi setiap 15 dan 30 menit. Pada *flow coal feeder* 20 ton/jam, dengan 2 kali putaran *scrapper/knife rotary anti blocking* pada waktu operasi setiap 15 dan 30 menit, sedangkan pada *flow coal feeder* 25 ton/jam, dengan 2 kali putaran *scrapper/knife rotary anti blocking* pada waktu operasi setiap 15 menit.
7. Gangguan blocking pada outlet coal bunker menjadi salah satu penyumbang pareto losses pada tahun 2021 dengan kerugian senilai Rp 27.285.181.884

5.2 Saran

Setelah menganalisa pengaruh variasi waktu operasi dan *coal flow* terhadap jumlah putaran scrapper/knife rotary anti blocking untuk menghilangkan gangguan blocking, maka terdapat beberapa saran setelah penelitian dilakukan diantaranya:

1. Perlu dilakukan perancangan desain untuk pengoperasian *rotary anti blocking* dengan menggunakan sistem automasi dan terhubung langsung dengan DCS (*Central Control Room*), agar jika terjadi *blocking* pada *outlet bunker* maka operator dapat mengoperasikan langsung dari HMI DCS.
2. Melihat kegunaan *rotary anti blocking* ini sangat bermanfaat untuk mengurangi potensi kerugian maka, dapat di implementasikan pada pembangkit listrik tenaga uap lainnya yang menggunakan *coal bunker* untuk transportasi batu bara ke boiler.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Guangdong Power Engineering Corporation, Operation and Maintenance Training Program Boiler Part, (2014). China.
- [2] Pratiwi I. Ila, Sulistiyanto, Bachrudin. JEECOM. Penambahan Seal Air Pada Sensor Chuteplug Dan Discharge Coal Feeder Untuk Mencegah Mwh Losses Di Pltu Paiton 1 & 2 1 Oktober 2019
- [3] (Nugroho & Sunarto). Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik. Modifikasi Outlet Coalbunker Dan Outlet Coal Feeder Untuk Mengatasi Blocking Batubara Di Pltu Tanjung Awar-Awar Tuban. Juni 2017.
- [4] (Anthony). JATI UNIK. Analisis Coal Blocking Atau Blocking Batu Bara Pada Mesin Coal Feeder Unit 1-4 Dengan Metode FTA (Fault Tree Analysis) Di PT. ABZ. 2020.
- [5] Xingkai Wang. Large-Deformation Failure Mechanism of Coal-Feeder Chamber and Construction of Wall-Mounted Coal Bunker in Underground Coal Mine with Soft, Swelling Floor Rocks. 2019.
- [6] M Denny Surindra. ICETIA. The Momentum Rate of Change in Control Volume Silo Bunker to Coal Feeder on Power Plant Operational for Performance Analysis of Coal Distribution Prosess. 2014
- [7] (Komarudin, Kabdiyono, & Sugeng).Jurnal Tera. Analisis Kegagalan Dredging System Pada Outlet Coal Bunker Di Pltu Indramayu. 2021
- [8] (Sadewa, Priyonggo.S.L, & Mayangsari). Analisis Lapisan Pelindung Pada Coal Feeder Dan Coal Mill Di Perusahaan Pupuk.
- [9] Agil, Muhammad. Pakuan University. Buku Batu Bara. 2018
- [10] Andri Aditya Irawan. Dampak Ekonomi Dan Sosial Aktivitas Tambang Batubara Pt. Tanito Harum Bagi Masyarakat Di Kelurahan Loa Tebu Kecamatan Tenggaraong. 2013
- [11] Komariah, Wulan. Universitas Indonesia. Removing moisture for quality improvement of Indonesian low rank coal by microwave heating. (2012). Depok.

[12] Kaydon, White Paper. Shifting Gears: Simplify Your design With slewing ring bearing Slewing bearing. 2022.