

ANALISIS KEGAGALAN DREDGING SYSTEM PADA OUTLET COAL BUNKER DI PLTU INDRAMAYU

Komarudin¹, Era Agita Kabdiyono², Margono Sugeng³

¹Program Studi Teknik Mesin - Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional

²Program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Dian Nusantara

³Program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Dian Nusantara

Corresponding author

E-mail: komarudin.mt@gmail.com



Diterima : 10/02/2021
Direvisi : 24/02/2021
Dipublikasi : 10/03/2021

Abstrak: Batubara berkalori rendah yang di ijinakan 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 penyumbatan batubara. Penyumbatan batubara sering terjadi pada musim penghujan yang mana batubara dalam kondisi basah. Gudang batu bara yang telah dilengkapi dengan sistem pengerukan digunakan untuk mengatasi penyumbatan batubara, namun karena karakteristik batubara basah tersebut membuat pengerukan tidak dapat memecahkan batubara, walaupun pengoperasian pengerukan berjalan normal. Pompa hidrolis 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. Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan, didapatkan luas are pekerjaan dan gaya pengerukan yang kurang maksimal, sehingga menyebabkan pengerukan tidak mampu memutus penyumbatan 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 penyumbatan batubara pada gudang batubara tidak terjadi lagi.

Kata Kunci: Batubara, Pengerukan, Wilayah Pengerukan,

	Gaya Pengerukan
--	-----------------

PENDAHULUAN

PLTU Indramayu (PLTU 1 Jawa barat) yang terletak di Desa Sumuradem Kecamatan Sukra Indramayu merupakan salah satu program Percepatan Diversifikasi Energi (PPDE) 10.000 MW tahap 1 yang berkapasitas 3 x 330 MW yang dilakukan oleh PT PLN (Persero). Batu bara *Low rank Coal* (LRC) atau batubara berkalori rendah merupakan bahan bakar utama yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik, dengan bahan bakar awal menggunakan bahan bakar minyak *High Speed Diesel* (HSD).

Secara umum PLTU yang menggunakan bahan bakar batubara mempunyai sistem penanganan atau penyaluran batubara untuk keperluan operasi atau biasa disebut *coal handling system*. Sebanyak 10.000 – 12.000 ton batubara yang digunakan untuk keperluan operasi 3 unit per harinya. Untuk itu perlunya kehandalan peralatan *coal handling system* agar keperluan batubara tersebut dapat tercapai. Peralatan *coal handling* antara lain *conveyor*, *crusher*, *coal bunker* dan *coal feeder*. *Coal bunker* merupakan tempat penampungan terakhir sebelum digunakan untuk pembakaran *boiler*. Dari *coal bunker* kemudian batubara masuk ke *mill* melewati *coal feeder*, dari *mill* inilah batubara digunakan untuk pembakaran *boiler*. Pada saat musim hujan, *coal bunker* ini sering mengalami gangguan yaitu *plugging* batubara. Batubara yang basah merupakan salah satu penyebab gangguan *plugging* batubara tersebut. *Dredging* adalah suatu alat pendobrak batubara yang dipasang didalam *coal bunker*. *Dredging* yang terdiri dari beberapa *blade* yang disusun sepanjang *shaft* yang bergerak arah horisontal searah dinding *coal bunker* pada kondisi batubara basah tidak mampu mendobrak batubara. *Plugging* di *outlet coal bunker* ini apabila tidak diatasi segera akan mengakibatkan *coal feeder trip* (mati) dan batubara tidak dapat di-suplai ke boiler sehingga mengakibatkan penurunan daya operasi pembangkit atau sering disebut *force derating*. Akibat dari *forced derating* ini, pembangkit tidak dapat menghasilkan tenaga listrik sehingga mengakibatkan kerugian finansial.

KAJIAN PUSTAKA

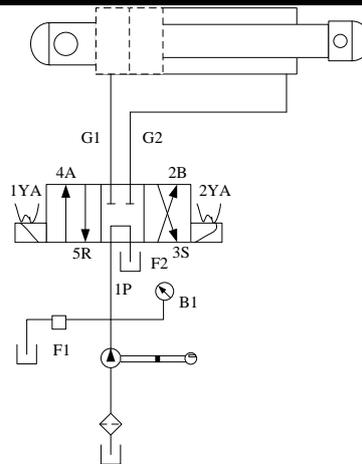
Sistem Hidrolik

Sistem Hidrolik bekerja karena adanya daya dari mesin yang diteruskan secara mekanis atau hidrolik. Sistem hidrolik adalah daya yang menggunakan fluida kerja cair. Besaran utama dalam sistem ini adalah tekanan dan aliran fluida. Tekanan menghasilkan daya dorong, sedangkan aliran menghasilkan gerakan atau kecepatan aliran. Rumus dasar dari Hidrolik adalah:

$$P = \frac{F}{A}$$

Dimana :

- P : Tekanan (N/m²/Pa)
- F : Gaya (N)
- A : Luas Bidang Tekan (m²)

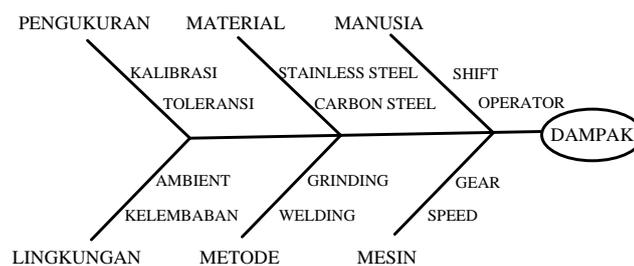


Gambar 1. Diagram Sistem Hidrolik

Pada saat *electromagnetic diverting valve* 1YA beroperasi, hidrolik dari pompa hidrolik akan masuk ke dalam *piston chamber* G1 melewati katup 4A untuk mendorong silinder, kemudian katup 5R akan me-release hidrolik *piston chamber* melawati G2. Selanjutnya untuk *piston chamber* kembali ke posisi awal, *electromagnetic diverting valve* 2YA akan beroperasi kemudian hidrolik dari pompa hidrolik akan masuk ke *piston chamber* G2 melewati katup 2B yang direspon oleh katup 3S untuk me-release hidrolik *piston chamber* melawati G1.

“5-WHY” Analisis

“5-WHY” Analisis adalah alat bantu *root cause analysis* untuk. Alat ini membantu mengidentifikasi akar masalah atau penyebab dari sebuah ketidaksesuaian pada proses atau produk. “5 – WHY” Analisis biasa digunakan bersama dengan Diagram Tulang Ikan (*Fishbone Diagram*) dan menggunakan teknik iterasi dengan bertanya Mengapa (*Why*) dan diulang beberapa kali sampai menemukan akar masalahnya, dan kemudian melakukan perubahan.



Gambar 2. Diagram Tulang Ikan

Metode Perhitungan Autocad

AutoCAD merupakan sebuah program yang biasa digunakan untuk tujuan tertentu dalam menggambar serta merancang dengan bantuan komputer dalam pembentukan model serta ukuran dua dan tiga dimensi atau lebih dikenali sebagai “Computer-aided drafting and design program” (CAD). Program ini dapat digunakan dalam semua bidang kerja terutama sekali dalam bidang-bidang yang memerlukan keterampilan khusus seperti bidang Mekanikal Engineering, Sipil, Arsitektur, Desain Grafik, dan semua bidang yang berkaitan dengan penggunaan CAD.

Autocad digunakan untuk membentuk / menggambar dan menganalisa model kerja agar dapat diketahui luasan, berat dan perubahan gerak model tersebut.



Gambar 3. Luas Area Versi Autocad

Netto Plan Heat Rate (NPHR)

Yaitu perhitungan *heat rate* dengan menggunakan data *kwh* netto dari *output* generator. Yang dimaksud *kwh* netto adalah jumlah dari travo generator setelah dikurang pemakaian sendiri, adapun rumusnya adalah :

$$NPHR = \frac{M_{fuel} \times HHV}{Pg - Ps}$$

Dimana :

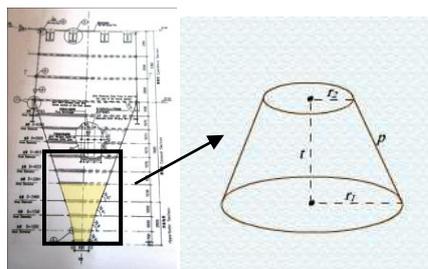
NPHR = Netto Plan Heat Rate (kCal/kWH ;
kJ/kWH)

M_{fuel} = Total Fuel Flow (kg/h)

HHV = High Heating Value (kcal/kg ; kJ/kg)

Kerucut Terpancung

Bentuk coal bunker PLTU Indramayu adalah kerucut terpancung.



Gambar 4. Coal Bunker

Untuk mengetahui berat batubara yang berada di dalam coal bunker diperlukan perhitungan volume ruang coal bunker tersebut dengan menggunakan rumus:

$$V = \frac{1}{3} \pi t (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2)$$

Dimana :

V : Volume kerucut (m³)

t : Tinggi kerucut (m)

r₁ : Jari-jari bawah (m)

r₂ : Jari-jari atas (m)

METODOLOGI PENELITIAN

Data Plugging Batubara

Masalah plugging batubara di PLTU Indramayu diambil pada Oktober 2013 – Februari 2013) dapat dilihat dari tabel 1.

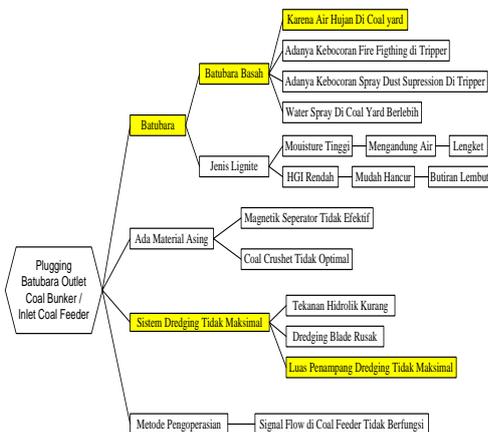
Tabel 1. Data Plugging Batubara

No	SR	Gangguan
1	SR-7064	Boiler #3 : mill 1E plugging inlet feeder
2	SR-8025	mill #3B plugging (wet coal)
3	SR-7726	Boiler #3 : outlet feeder 2F plugging
4	SR-8086	Boiler : Mill #3 E Plugging
5	SR-8203	Boiler #3 : plugging inlet feeder 1E
6	SR-8199	Boiler #3 : Inlet feeder mill 3B plugging
7	SR-8290	Unit #3 : Coal feeder 1D plugging batu bara
8	SR-8291	Unit #3 : Coal feeder 2 A plugging di inlet
9	SR-8292	Unit #3 : Coal feeder 2E plugging di inlet
10	SR-8290	Unit #3 : Coal feeder 1D plugging batu bara

Data diambil dari program *maximo* PLTU Indramayu. Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa *plugging* batubara terjadi pada saat musim hujan.

Pengolahan Data

Dari data-data yang didapat dari penelitian dilapangan mengenai plugging batubara dapat dibuat diagram “5-Why” untuk dapat mengkerucutkan permasalahan yang terjadi seperti gambar 5.



Gambar 5. Diagram “5-Why” Plugging Batubara

Dari gambar 5, didapat 2 kemungkinan yang menyebabkan plugging batubara sebagai berikut:

1. Batubara basah
 Batubara yang basah dikarenakan belum tersedianya *coal shelter* atau atap *coal yard*. *Coal shelter* ini berfungsi untuk menutup batubara di tempat penyimpanan dari derasnya air hujan.
2. Sistem *dredging* tidak maksimal

Pada saat terjadinya *plugging*, *dredging* beroperasi karena adanya signal flow dari coal feeder sehingga pompa hidrolik memberikan daya untuk mendobrak batubara. Namun pengaruh luas penampang (area kerja) *dredging* dan gaya tekan diindikasikan tidak maksimal.

Batubara Low Rank Coal

Batubara basah pada saat *plugging* batubara dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Batubara penyebab *plugging*

Dari gambar 3.6, batubara terlihat basah. Seperti yang sudah diketahui bahwa batubara *lignite* (*Low Rank Coal*). Selanjutnya untuk mengetahui seberapa basahnya batubara yang menyebabkan *plugging* batubara, batubara tersebut diuji oleh PT Surveyor Indonesia (Suatu badan yang terakreditasi dan mempunyai sertifikat untuk menguji batubara). Hasil uji batubara *plugging* dapat dilihat pada gambar 76.

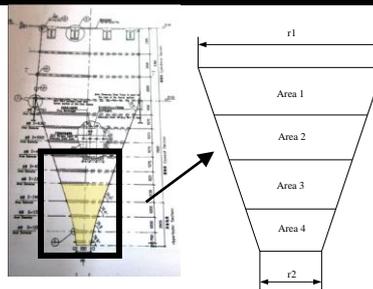
Parameter	Unit	Result	DB	DAFB	Methods	
Total Moisture	%	38,41	-	-	ASTM D 3302	
Moisture in the Analysis Sample	%	18,0	-	-	ASTM D 3173	
Proximate						
Ash Content	%	3,63	7,48	9,13	ASTM D 3174	
Volatile Matter	%	31,49	41,88	51,14	ASTM D 3175	
Fixed Carbon	%	24,47	32,64	39,73	By Different	
Total Sulphur	%	0,18	0,24	0,29	ASTM D 4239	
Gross Calorific Value	Kcal/Kg	3968	5144	6281	ASTM D 5865	
Total Carbon	%	-	56,46	68,94	-	
Total Hydrogen	%	2,87	5,13	6,28	ASTM D 5373	
Nitrogen	%	-	0,60	0,72	0,81	
Oxygen	%	-	11,97	-	By Different	
Hardgrove Grindability Index	Index Point		62	-	ASTM D 409	
Size Test	Size Fraction					
- 75 mm	%	99,9	99,9	99,2	ASTM D 4749	
- 50 mm	%	-	-	-	-	
- 30 mm	%	-	-	-	-	
- 2,38 mm	%	-	-	-	-	
Slagging Index			0,18	(LOW)		
Fouling Index			0,35	(MEDIUM)		
Ash Fusion						
Initial Deformation temp.	°C		1150	1210		
Spherical Temp.	°C		1160	1200		
Reduction	°C		1180	1240	ASTM D 1857	
Oxidation	°C		1180	1340		
Flaked Temp./Fluid	°C		1220	1380		
Ash Analysis						
Parameter	Unit	Result	Parameter	Unit	Result	Methods
SiO ₂	%	39,38	K ₂ O	%	0,30	
Al ₂ O ₃	%	11,19	FeO	%	7,09	
Fe ₂ O ₃	%	21,24	SiO ₂	%	16,25	Ignited at
CaO	%	6,44	Mn ₂ O ₃	%	0,46	800°C ASTM D
MgO	%	7,57	P ₂ O ₅	%	0,15	3600
Na ₂ O	%	0,59				

Gambar 7. Sertifikat Surveyor Indonesia

Dari gambar 7, hasil uji dari PT Surveyor Indonesia dengan nilai *Total Moisture* (parameter kelembaban/kandungan air didalam batubara) sebesar 38,41. Hasil ini menggambarkan bahwa batubara tersebut BASAH (spesifikasi normal / tidak basah adalah < 35). Hal ini merupakan salah satu penyebab terjadinya *plugging* batubara di *outlet coal bunker*.

Berat Batubara Di Coal Bunker

Diketahui berat batubara pada area kerja *dredging* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Batubara Di Area Kerja Dredging

Diketahui:

$$r_1 = \frac{3.364}{2} = 1.682 \text{ mm}$$

$$r_2 = \frac{920}{2} = 460 \text{ mm}$$

Dari rumus kerucut terpancung didapat volume pada gambar 8 adalah:

$$V_{\text{area dredging}} = \frac{1}{3} \pi t (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2)$$

$$= \frac{3,14}{3} \times 4135 ((1682^2 + 460^2) + (1682 \times 460))$$

$$= 16,51 \times 10^{-9} \text{ mm}^3$$

$$= 16,51 \text{ m}^3$$

Sehingga didapat massa batubara yang berada di area kerja dredging adalah:
*massa batubara*_{area dredging} = *V*_{area dredging} x *Bulk Density Batubara*
Bulk density batubara = 0,898 Ton/m³ (sumber PT Surveyor Indonesia)

$$\text{massa batubara}_{\text{area dredging}} = 16,51 \text{ m}^3 \times 0,95 \text{ Ton/m}^3$$

$$\text{massa batubara}_{\text{area dredging}} = 15,6845 \text{ Ton}$$

$$\text{massa batubara}_{\text{area dredging}} = 15.685 \text{ kg}$$

$$\text{Berat batubara}_{\text{area dredging}} = 15.685 \text{ kg} \times \text{gravitasi}$$

$$\text{Berat batubara}_{\text{area dredging}} = 15.685 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Berat batubara}_{\text{area dredging}} = 153.869 \text{ N}$$

$$\text{Berat batubara}_{\text{area dredging}} = 1,54 \times 10^5 \text{ N}$$

Dikarenakan dredging dipasang dua sisi coal bunker, maka berat batubara yang ditanggung oleh masing-masing dredging sebagai berikut :

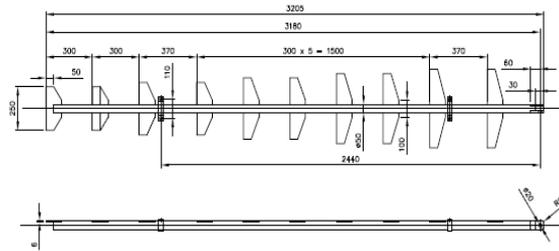
$$\text{Berat batubara}_{\text{per dredging}} = \frac{1,54 \times 10^5}{2} \text{ N}$$

$$\text{Berat batubara}_{\text{per dredging}} = 0,77 \times 10^5 \text{ N}$$

Berat Dredging

Spesifikasi dredging yang terpasang di coal bunker PLTU Indramayu unit 3 adalah sebagai berikut :

- Hydraulic pump pressure : 8 Mpa
- Clapper stroke : 0,2 m
- Dredged area : 1,5 – 3,0 m²

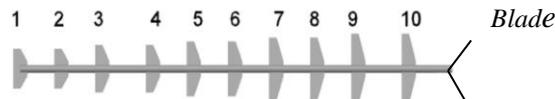


Gambar 9. Dredging

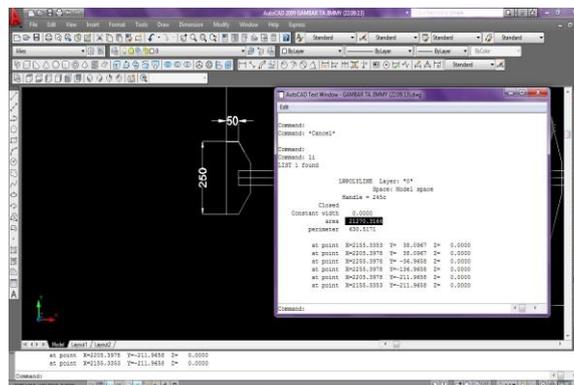
Dari data diatas, dapat dihitung berat maksimal benda yang dapat dibebankan oleh pompa hidrolis adalah,

$$\begin{aligned} \text{Gaya}_{\text{tekan}} &= \text{Tekanan pompa} \times \text{Dredge area} \\ &\quad (2 \text{ Dredging Area}) \\ \text{Gaya}_{\text{tekan}} &= 8 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \times 3 \text{ m}^2 \\ \text{Gaya}_{\text{tekan}} &= 24 \times 10^6 \text{ N} \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk menghitung berat *dredging* menggunakan bantuan *Autocad*, dengan cara menggambar setiap ukuran *blade* dan poros *dredging* sehingga data yang didapat adalah luas dan volume *dredging*. Berikut adalah luas dan volume *dredging* :



Gambar 10 Dredging Versi Autocad Poros



Gambar 11. Display Autocad Area Dredging

Dari gambar 11. didapat ukuran untuk masing-masing *blade* dan shaft sebagai berikut:

Tabel 2. Luas dan Volume Dredging

Keterangan	Luas mm ²	Tebal Mm	Volume mm ³	Volume m ³
Blade 1	21,270.3	6	127,621.90	0.000127622
Blade 2	21,270.3	6	127,621.90	0.000127622
Blade 3	28,750.0	6	172,500.00	0.000172500
Blade 4	28,750.0	6	172,500.00	0.000172500
Blade 5	36,219.6	6	217,317.68	0.000217318
Blade 6	36,219.6	6	217,317.68	0.000217318

Blade 7	43,719.6	6	262,317.68	0.000262318
Blade 8	43,719.6	6	262,317.68	0.000262318
Blade 9	51,219.6	6	307,317.68	0.000307318
Blade 10	51,219.6	6	307,317.68	0.000307318
Shaft Luar	1,963.5			
Shaft	314.2			
Shaft (a-b)	1,649.3	3155	5,203,541.50	0.005203542
Total Blade (1~10)			2,174,149.88	0.002174150
Total Shaft			5,203,541.50	0.005203542
Total Dredging			7,377,691.38	0.007377691

Dari tabel 2 didapat massa *dredging* sebagai berikut :

$massa\ dredging = massa\ jenis\ SS\ 304 \times volume\ total\ dredging$

$massa\ dredging = 7750\ kg/m^3 \times 0,0074\ m^3$

$massa\ dredging = 57,35\ kg$

$berat\ dredging = 57,35\ kg \times gravitasi$

$berat\ dredging = 57,35\ kg \times 9,81m/s^2$

$berat\ dredging = 563\ N$

Dari perhitungan berat batubara per *dredging* (bab 3.5) dan perhitungan tekanan pompa dan berat *dredging* (bab 3.5) didapat sebagai berikut:

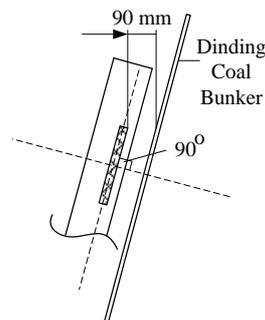
$Gaya\ tekan > berat\ batubara\ per\ dredging + berat\ dredging$

$24 \times 10^6 N > 0,77 \times 10^5 + 563\ N$

$24 \times 10^6 N > 0,77 \times 10^5 + 0,00563 \times 10^5 N$

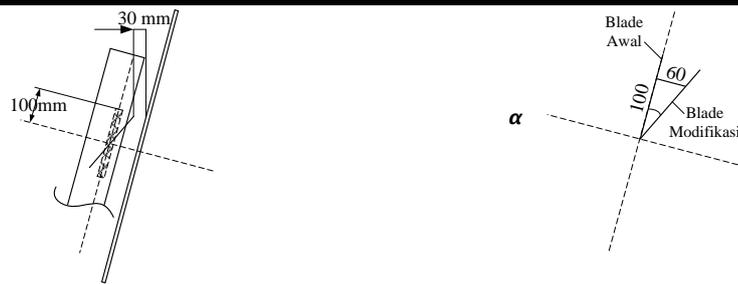
Modifikasi *Dredging*

Adanya kegagalan *dredging* terpasang yang tidak mampu mendobrak *plugging* batubara ini, diindikasikan gaya tekan yang diberikan dan luas penampang *dredging* tidak maksimal. Untuk itu perlu dilakukan perubahan/modifikasi *dredging* dengan melihat parameter-parameter pada gambar 12



Gambar 12 Posisi *Dredging* Awal

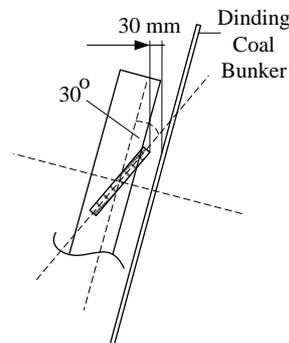
Dari gambar 12 didapat jarak antara dinding *coal bunker* dengan *blade dredging* adalah 90 mm, yang dapat memungkinkan batubara terjepit di selah-selah *blade* dan dinding *coal bunker*. Hal ini dapat menyebabkan terganggunya operasi *dredging*. Selanjutnya *blade* diatur kemiringannya agar batubara tidak terjepit diantara *blade* dan dinding *coal bunker*. Diketahui ukuran batubara dalam *coal bunker* sebesar 32-45 mm (spesifikasi *coal crusher*) sehingga jarak *blade* dengan dinding *coal bunker* dibuat sebesar 30 mm terlihat pada gambar 13



Gambar 13. Pengaturan Posisi Blade

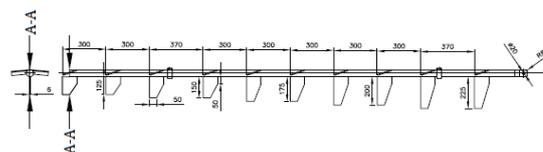
Selanjutnya berdasarkan gambar 13 didapat perhitungan sudut blade modifikasi sebagai berikut:

$$\tan \alpha = \frac{60}{100}$$
$$\alpha = \tan^{-1}(0,6)$$
$$\alpha = 30,9^\circ \approx 30^\circ$$



Gambar 14. Posisi Blade Modifikasi

Kemudian untuk menambah luas area kerja dredging dengan cara menambah blade yang dipasang ditengah poros dredging terlihat pada gambar 15.



Gambar 15. Modifikasi Dredging

Keterangan :

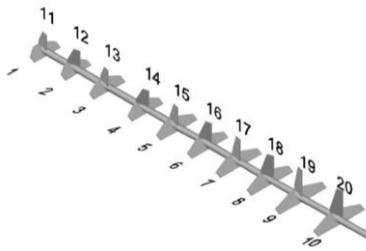
- Blade samping dibuat miring 30° setiap *bladenya*.
- Penambahan *Blade* yang dipasang di poros *dredging* dibuat selang-seling dengan pengaturan kemiringan 30° setiap *bladenya*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Berat Dredging Setelah Modifikasi

Untuk menghitung berat *dredging* setelah modifikasi menggunakan bantuan autocad kembali, dengan cara menggambar setiap ukuran *blade* dan *shaft dredging* sehingga data yang didapat

adalah luas dan volume *dredging*. Berikut adalah luas dan volume *dredging* setelah modifikasi:



Gambar 16. Modifikasi *Dredging* Versi Autocad

Dari gambar 16 didapat ukuran untuk masing-masing *blade* dan poros pada tabel 3.

Tabel 3. Luas dan Volume Modifikasi *Dredging*

Keterangan	Luas mm ²	Tebal mm	Volume mm ³	Volume m ³
Blade 1	21,270.3	6	127,621.90	0.000127622
Blade 2	21,270.3	6	127,621.90	0.000127622
Blade 3	28,750.0	6	172,500.00	0.000172500
Blade 4	28,750.0	6	172,500.00	0.000172500
Blade 5	36,219.6	6	217,317.68	0.000217318
Blade 6	36,219.6	6	217,317.68	0.000217318
Blade 7	43,719.6	6	262,317.68	0.000262318
Blade 8	43,719.6	6	262,317.68	0.000262318
Blade 9	51,219.6	6	307,317.68	0.000307318
Blade 10	51,219.6	6	307,317.68	0.000307318
Blade 11	10,626.5	6	63,758.70	0.000063759
Blade 12	10,626.5	6	63,758.70	0.000063759
Blade 13	12,499.1	6	74,994.66	0.000074995
Blade 14	12,499.1	6	74,994.66	0.000074995
Blade 15	14,374.1	6	86,244.66	0.000086245
Blade 16	14,374.1	6	86,244.66	0.000086245
Blade 17	15,308.9	6	91,853.64	0.000091854
Blade 18	15,308.9	6	91,853.64	0.000091854
Blade 19	18,121.4	6	108,728.64	0.000108729
Blade 20	18,121.4	6	108,728.64	0.000108729
Shaft Luar	1,963.5			
Shaft	314.2			
Shaft (a-b)	1,649.3	3155	5,203,541.50	0.005203542
Total Blade (1~20)			3,025,310.48	0.003025310
Total Shaft			5,203,541.50	0.005203542
Total Modifikasi <i>Dredging</i>			8,228,851.98	0.008228852

Dari tabel 3 didapat massa *dredging* sebagai berikut :

$$\text{massa modifikasi dredging} = \rho_{SS\ 304} \times \text{volume total dredging}$$

$$\text{massa modifikasi dredging} = 7750\ \text{kg/m}^3 \times 0,0082\ \text{m}^3$$

$$\text{massa dredging} = 63,55\ \text{kg}$$

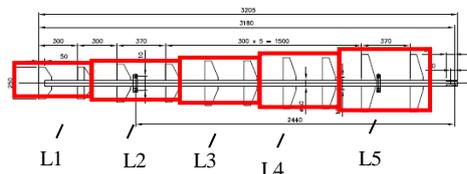
$$\text{berat dredging} = 63,55\ \text{kg} \times \text{gravitasi}$$

$$\text{berat dredging} = 60,45\ \text{kg} \times 9,81\ \text{m/s}^2$$

$$\text{berat dredging} = 623\ \text{N}$$

Perhitungan Gaya Tekan Dredging Sebelum Dan Sesudah Modifikasi Dredging

Gaya tekan *dredging* digunakan untuk memberi tekanan/dobrakkan kepada *plugging* batubara sehingga diharapkan gaya tekan tersebut mampu mendobrak *plugging* batubara. Untuk menghitung gaya tekan *dredging* ini diperlukan luas area kerja *dredging* sebagai berikut



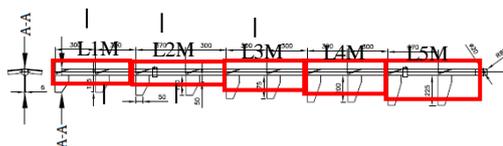
Gambar 17. Model Luas Area Kerja Dredging

Dari gambar 17 diatas, dapat dihitung luas area kerja *dredging* pada tabel 3.9.

Tabel 4. Luas Area Kerja Dredging

Keterangan	Lebar Mm	Panjang Mm	Luasan mm ²	Luasan m ²
L1	250.0	600	150,000	0.15
L2	350.0	670	234,500	0.23
L3	450.0	600	270,000	0.27
L4	550.0	600	330,000	0.33
L5	650.0	780	507,000	0.51
Total Area kerja sebelum modifikasi (LS)			1,491,500	1.5

Dari tabel 4. didapat luas area kerja *dredging* sebesar 1,5 m².



Gambar 18. Model Luas Area Kerja Modifikasi Dredging Penambahan Blade

Dari gambar 18, adanya penambahan luas area kerja setelah modifikasi *dredging* dari penambahan *blade* pada tabel 5.

Tabel 5. Luas Area Kerja Modifikasi Dredging

Keterangan	Lebar Mm	Panjang Mm	Luasan mm ²	Luasan m ²
L1B	125.0	600	75,000	0.08
L2B	150.0	670	100,500	0.10
L1B	175.0	600	105,000	0.11
L2B	200.0	600	120,000	0.12
L1B	225.0	780	175,500	0.18
Total Penambahan <i>Blade</i> (LB)			576,000	0.6

Dari tabel 5. didapat luas area kerja modifikasi *dredging* penambahan *blade* sebagai berikut:

Luas area kerja modifikasi (LM) = Ls + LB

LM = 2,1 m²

Dikarenakan jumlah *dredging* ada 2, maka untuk luas area kerja *dredging* adalah

$$LM = 2,1 \text{ m}^2 \times 2 = 4,2 \text{ m}^2$$

Sehingga untuk menghitung gaya tekan *dredging* setelah modifikasi sebagai berikut:

$$\text{Gaya}_{\text{tekan}} = \text{Tekanan pompa hidrolik} \times LM$$

$$\text{Gaya}_{\text{tekan}} = 8 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \times 4,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Gaya}_{\text{tekan}} = 33,6 \times 10^6 \text{ N}$$

$$BD = \frac{(9 \times 9461,14) - 51781,53}{(9 \times 9461,14)} \times 100\% = 39,19\%$$

2.6. Total waktu menganggur (*Idle Time*):

$$\text{Total waktu menganggur} = (K.CT) - \Sigma Wb$$

$$\text{Total waktu menganggur} = 85150,26 - 51781,53$$

$$= 33368,71 \text{ detik}$$

Pengaruh Gaya Tekan Modifikasi *Dredging* Terhadap Berat Batubara Dan Berat Modifikasi *Dredging*

Setelah dilakukan modifikasi *dredging* yaitu dengan adanya penambahan *blade* ditengah shaft dan perubahan sudut *blade*, berdasarkan perhitungan dari perhitungan berat batubara per *dredging* (3.4) dan perhitungan berat *dredging* setelah modifikasi (3.7) dan perhitungan gaya tekan *dredging* setelah modifikasi, didapat sebagai berikut:

Gaya tekan modifikasi

> berat batubara + berat *dredging*

$$33,6 \times 10^6 \text{ N} > 0,77 \times 10^5 + 623 \text{ N}$$

$$33,6 \times 10^6 \text{ N} > 0,77 \times 10^5 + 0,00623 \times 10^5 \text{ N}$$

Kerugian Akibat Gangguan *Plugging* Batubara

Plugging batubara yang terjadi dalam waktu yang lama akan berdampak pada tidak beroperasinya *coal feeder* sehingga mengakibatkan unit derating atau turun beban. Pengoperasian pembangkit untuk menghasilkan *output* daya listrik dengan satuan *watt*, tentunya diperlukan bahan bakar batubara. Jika *plugging* batubara menyebabkan *coal feeder trip*, maka dapat dihitung *losses* jika derating sebesar:

Asumsi data yang dipakai pada satu waktu tertentu, bukan rata-rata. Sehingga berdasarkan hitungan heat ratenya:

$$1 \text{ kg batubara HHV (High Heat Value)} = 4205 \text{ kCal/kg}$$

$$\text{Total pemakaian batubara} = 168,62 \text{ ton}$$

$$\text{Gross Power Output} = 305,57 \text{ MW}$$

$$NPHR = \frac{\text{Total pemakaian batubara} \times \text{HHV}}{\text{Gross power output}}$$

$$= \frac{168,62 \times 4205}{305,57} = 2320,41 \frac{\text{kCal}}{\text{kWh}}$$

Jumlah batubara yang bisa dijadikan listrik

$$= \frac{2320,41 \text{ kCal/kWh}}{4205 \text{ kCal/kg}}$$

$$= 0,55 \frac{\text{ton}}{\text{kWh}}$$

Yang artinya, 0,55 ton batubara dapat dirubah menjadi daya sebesar 1 kWh. Sedangkan besarnya flow maksimal coal feeder adalah 35 ton/jam. Jadi, besarnya derating yang dapat dihitung sebagai berikut:

Berdasarkan pengalaman operasi, dapat diketahui:

$$5 \text{ feeder} = 300 \text{ MW}$$

$$4 \text{ feeder} = \pm 250 \text{ MW (dengan asumsi tidak ada mill yang standby)}$$

Jadi, jika 1 feeder trip maka akan mengalami derating beban dan mendapatkan kerugian sebesar:

$$1 \text{ feeder} = \pm 50 \text{ MW}$$

dimana 1kwh = ±Rp. 770,-

$$50 \text{ MW} = 50000 \text{ kW} \times \text{Rp. 770, -}$$
$$= \text{Rp. 38.500.000, -/jam}$$

Berdasarkan pengalaman di lapangan waktu perbaikan sampai coal feeder start lagi diperlukan kisaran terlama memakan waktu sampai 1 hari, sehingga didapatkan:

$$38.500.000 \times 24 \text{ jam} = \text{Rp. 924.000.000, -}$$

Biaya di atas hanyalah yang terjadi pada derating pada satu feeder dan satu kali waktu.

Analisa Batubara

Dari hasil data Batubara Low Rank Coal, dapat disimpulkan bahwa batubara pada saat plugging batubara adalah basah. Hal ini dibuktikan dengan hasil analisa dari PT Surveyor Indonesia yang menyatakan bahwa nilai Total Moisture (TM) atau kelembaban/kandungan air batubara dari sampel batubara pada saat plugging sebesar 38,41% (batubara tidak basah dengan nilai < 35%). Dibahas juga dalam Bab 3 bahwa batubara basah dapat menempel dipermukaan dredging dan dinding outlet coal bunker. Batubara basah dapat mengakibatkan dredging tidak bekerja secara maksimal

Gaya Tekan Dredging Dan Luas Area Kerja Dredging Sebelum Modifikasi Dredging

Tekanan pompa hidrolik terpasang mampu memberikan gaya tekan dredging untuk menggerakkan dredging sebelum modifikasi, dikarenakan :

$$\text{Gaya tekan} > \text{berat batubara per dredging} + \text{berat dredging}$$

$$24 \cdot 10^6 \text{ N} > 0,725 \cdot 10^5 + 525 \text{ N}$$

$$24 \cdot 10^6 \text{ N} > 0,725 \cdot 10^5 + 0.00525 \cdot 10^5 \text{ N}$$

Sedangkan untuk luas area kerja dredging sebesar $1,5 \text{ m}^2 - 3 \text{ m}^2$.

Dengan kata lain, gaya tekan dredging yang diberikan pompa hidrolik **Lebih Besar** dari berat batubara dan berat dredging. Sehingga dapat disimpulkan bahwa adanya kegagalan dredging yang tidak mampu mendobrak plugging batubara walaupun dredging bekerja dengan normal. Hal ini dikarenakan gaya tekan dan luas area kerja dredging tidak maksimal.

Gaya Tekan Dredging Dan Luas Area Kerja Dredging Setelah Modifikasi Dredging

Setelah dilakukan modifikasi dredging dengan merubah sudut blade dan menambah blade dapat dihitung luas area kerja dan gaya tekan dredgingnya seperti perhitungan di Bab 3.8, yaitu:

$$LM = 2,1 \text{ m}^2 \times 2 = 4,2 \text{ m}^2$$

LM merupakan luas area kerja *dredging* setelah modifikasi. Adanya penambahan luas area kerja *dredging* dari 3 m² menjadi 4,2 m² sehingga dapat dihitung adanya penambahan gaya tekan *dredging* yaitu :

$$Gaya_{tekan} = Tekanan pompa hidrolik \times LM$$

$$Gaya_{tekan} = 8.10^6 N/m^2 \times 4,2 m^2$$

$$Gaya_{tekan} = 33,6.10^6 N$$

Penambahan luas area kerja dan gaya tekan *dredging* dari 24. 10⁶ N menjadi 33,6.10⁶N mampu mengatasi *plugging* batubara di *outlet coal bunker*.

Analisa Modifikasi *Dredging*

Berdasarkan perhitungan di Bab 3.6, maka modifikasi tersebut dapat direalisasikan. Hal ini dikarenakan adanya penambahan luas area *dredging* sebesar 1,2 m² dan adanya penambahan gaya tekan *dredging* sebesar 9,6x10⁶ N. Perhitungan ini didapat dari perubahan sudut *blade* sebelum modifikasi dari 90° (sejajar dinding *coal bunker*) menjadi kemiringan sudut 30°, serta penambahan *blade* yang dipasang di tengah poros *dredging* secara selang-seling. Adanya perubahan sudut dan penambahan *blade* menjadikan gaya tekan *dredging* terdistribusi ke beberapa arah sesuai luas area kerjanya.



Gambar 19. Implementasi Modifikasi *Dredging*

Modifikasi *dredging* seperti gambar 19 adalah cara untuk mengatasi *plugging* batubara pada *outlet coal bunker* PLTU Indramayu

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan disimpulkan, yaitu :

1. Pengaruh kerugian-kerugian akibat *plugging* batubara dikarenakan adanya perubahan sifat batubara dari *total moisture* (TM) atau kelembaban/ kandungan air batubara normal yaitu <35 % menjadi tinggi sebesar 38,41%
2. Luas area kerja *dredging* sebelum modifikasi sebesar 3 m² yang menghasilkan gaya tekan *dredging* terhadap pompa hidrolik terpasang sebesar 24x10⁶ N, tidak mampu mendobrak *plugging* batubara di *outlet coal bunker* walaupun *dredging* bekerja dengan baik
3. Luas area kerja *dredging* setelah dimodifikasi sebesar 4,2 m² menghasilkan gaya tekan *dredging* terhadap pompa hidrolik terpasang sebesar 33,6x10⁶, sehingga mampu mendobrak *plugging* batubara di *outlet coal bunker*
4. Modifikasi *dredging* untuk menambah luas area kerja dan gaya tekannya dengan cara merubah sudut *blade* dari posisi 90° (sejajar dinding *coal bunker*) menjadi kemiringan

dengan sudut 30° dan menambah *blade* yang dipasang ditengah poros *dredging*. Perubahan sudut *blade* dan posisi ini membuat gaya tekan terdistribusi kebeberapa arah sesuai luas area kerjanya.

5. Dalam kurun waktu 4 bulan (Mei 2013 – Agustus 2013), batubara tidak terjadi lagi sehingga meningkatkan kinerja pembangkit
6. Adanya potensi penghematan biaya pembangkit akibat tidak terjadinya *plugging* batubara sebesar Rp. 3.003.000.000,- per 13 kali *plugging* batubara (asumsi 6 jam perbaikan) atau Rp. 231.000.000 per 1 (satu) kali *plugging* batubara
7. Dengan adanya penghematan dan tidak terjadinya *plugging* batubara dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja pembangkit PLTU Indramayu

DAFTAR RUJUKAN

- George, Waterhouse. 1990. *Coal handbook*, The George Waterhouse Consultants.
- Holzbock, W.G. 1967. *Hydraulic Power and Equipment*, Eoton Yale Inc., New York,
- Croses, P. 1985. *Pneumatics in Control*. Festo Dictatic: PT Nusantara Cybernetic EKA Perdana,.
- PT PLN (Persero) Udiklat Suralaya, *Materi Pengoperasian Coal Handling Sistem PLTU*..
- PT PLN (Persero). 2009. *Operation Performance Improvement (OPI)*,
- Sulardi. 2006. *Pandai Berhitung Matematika Jilid 5*. Erlangga: PT Geloras Pratama.
- Roger, Zavagnin.. 2008An Overview Of A Root Cause Failure Analysis (RCFA) Process. Canada.
- www.lifetime-reliability.com
- www.en.wikipedia.com
- www.parmatech.com