



Rancang Bangun Vibrating Screen Sebagai Pengganti Vibrating Screen Lama 664-VS1

Andre Krisna Yudha^{1*}, Grenny Sudarmawan², Dedi Junaedi³, dan Hotman Silitonga³

¹ Program Studi Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri Semen Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

² Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³ Maintenance Mechanical Finishmill Narogong 1, PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, Jl. Raya Klapanunggal No.7, Kembang Kuning, Kec. Klapanunggal, Bogor, 16710

Abstrak

Di area pack house, material semen dikeluarkan dari silo untuk ditransportasikan ke bin semen sebelum dilakukan proses pengemasan. Vibrating screen digunakan sebagai alat untuk memisahkan semen dengan kontaminan yang terbawa oleh air slide. Terjadinya kerusakan pada vibrating screen dapat menyebabkan proses penyaringan material menjadi tidak berjalan sehingga terjadi penumpukan material pada vibrating screen hingga lolosnya material kontaminan ke dalam bin sehingga terjadi kerusakan pada bin feeder. Dari analisis yang dilakukan ditemukan kondisi vibrating screen yang sudah obsolete (usang) dan kerusakan major pada reducer gearbox yang menyebabkan terjadinya tumpahan oli di area vibrating screen. Penggantian reducer gearbox tidak direkomendasikan karena ketidakterdediaan suku cadang di pasaran, selain itu substitusi reducer gearbox dengan tipe yang menyerupai aslinya membutuhkan biaya tinggi dan waktu yang lama. Penggantian unit vibrating screen menjadi tipe inclined screen dengan penggerak motor vibrator diharapkan mampu mengeliminasi masalah yang terjadi dan diharapkan mampu mengurangi biaya perawatan pada equipment vibrating screen 664-VS1.

Kata-kata kunci: : Pack House, Reducer Gearbox, Vibrating Screen, Semen.

Abstract

In the pack house area, cement material is ejected from the cement silo for transport to the cement bin before packaging. A vibrating screen is used to separate cement from contaminants carried by the water slide. Failure of the vibrating screen can cause the process of material not to run so that material occurs on the vibrating screen until the contaminant material escapes into the bin, causing damage to the feeder bin. The analysis found that the vibrating screen condition was obsolete, and there was significant damage to the reducer gearbox, causing oil spills in the vibrating screen area. The replacement of the reducer gearbox is uncertain due to the unavailability of spare parts in the market. Besides that, substituting a reducer gearbox with a similar type requires a long time and cost. The replacement of the vibrating screen with an inclined screen-type unit with a vibrator motor drive is expected to eliminate the problems and reduce maintenance costs on the 664-VS1 vibrating screen equipment.

Keywords: Pack House, Reducer Gearbox, Vibrating Screen, Cement.

* Corresponding author E-mail address: andre.krisnayudha.tm19@mhs.w.pnj.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pack house merupakan area paling hilir dalam industri semen yang berperan penting sebagai ujung tombak distribusi produk industri semen sebagai tempat pengemasan semen.[1] Sebelum dimasukkan ke kemasan, semen harus diayak kembali menggunakan *vibrating screen*. *Vibrating screen* adalah *equipment* yang berfungsi untuk mengayak material semen untuk mencegah material *reject* seperti semen yang mengeras, dan benda asing masuk ke proses pengemasan. *Vibrating screen* digerakkan oleh motor listrik.

Vibrating screen yang saat ini dipakai mengalami keusangan dengan masalah major pada *reducer*. Apabila tidak dilakukan tindak lanjut *vibrating screen* akan mengalami kegagalan saat beroperasi. Hal ini akan menimbulkan risiko ceceran oli hingga terhentinya produksi. Opsi pemugaran *vibrating screen* sulit dilakukan dikarenakan ketidakterersediaan *reducer* di pasaran.

Maka dari itu opsi rancang bangun *vibrating screen* baru dibutuhkan agar dapat mengeliminasi permasalahan serta mengurangi biaya *preventive maintenance*, dan juga mengurangi pencemaran limbah berupa debu semen.

2. METODE PENELITIAN

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk menentukan langkah yang tepat untuk memecahkan masalah. Identifikasi dimulai dari mencari penyebab hingga dampak-dampak yang akan terjadi ke depannya. Identifikasi masalah dilakukan dengan metode wawancara dengan para expert dan penanggungjawab area mengenai masalah-masalah yang muncul di lapangan. Dari hasil observasi, maka diketahui bahwa terjadi kerusakan *reducer* yang menyebabkan oli *reducer* bocor sehingga operator harus selalu melakukan pengecekan cairan lubrikasi (oli) secara berkala. Penggantian unit *reducer* baru tidak dapat dilakukan dikarenakan tidak adanya komponen *reducer* baru di pasaran sehingga diperlukan solusi untuk mengganti total unit *vibrating screen* baru sehingga permasalahan pada *reducer* dapat terselesaikan.

Perumusan Masalah

Merumuskan masalah yang teridentifikasi, masalah yang ada diketahui secara rinci agar diperoleh pokok permasalahan yang tepat. Pokok permasalahan digunakan untuk menentukan tujuan yang ingin dicapai.

Studi Literatur

Penulis mencari sumber informasi terkait dengan sistem *material screening* dan sumber informasi terkait dengan perhitungan serta instalasi *vibrating screen*.

Pemilihan Desain

Setelah studi literatur dilakukan, maka pemilihan desain dilakukan untuk mengetahui desain yang sesuai dengan preferensi konsumen. Preferensi konsumen akan menjadi indikator terpilihnya desain yang akan direalisasikan.

Proses Rancang Bangun

Melakukan rancang bangun *vibrating screen* pada area *664-vs1* sebagai pengganti *vibrating screen* lama. Proses rancang bangun dimulai dengan tahap perhitungan kekuatan untuk mengetahui apakah material kuat menahan gaya yang bekerja, dan kebutuhan material untuk menjamin ketersediaan material saat proses fabrikasi. Setelah itu dilanjutkan dengan memulai proses fabrikasi *vibrating screen* dan instalasi *vibrating screen* di area *pack house* NAR 1.

Ujicoba

Penulis melakukan pemantauan terhadap objek tugas akhir dan membandingkan hasil sebelum digantinya *vibrating screen* lama dengan yang baru dan hasil sesudah dilakukannya pergantian *vibrating screen*. Indikator

keberhasilan dari proses ujicoba adalah kebocoran oli dan kebocoran material akibat kerusakan *flexible joint* tereliminasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan

Sebelum memulai rancang bangun vibrating screen 664-VS1, perlu dilakukan observasi untuk mendapatkan data sebagai pertimbangan pada proses rancang bangun.

Tabel 1. Tabel Analisis Kebutuhan Vibrating screen

No	Objek pengukuran	Dimensi (mm)			Suhu
		P	L	T	
1	Dimensi Area	3000	1000	500	
2	Dimensi Ayakan yang tersedia	2500	970		
4	Suhu Material				90°C

Preferensi Konsumen

Preferensi konsumen berdasar pada kondisi rusaknya reducer serta kebocoran ducting dan casing. Tujuan utama dari tugas akhir ini adalah mengeliminasi kebocoran oli dan material yang disebabkan oleh vibrating screen 664-VS1. Berdasarkan hasil wawancara dengan Superintendent dan Engineering support maintenance finish mill NAR 1 pada tanggal 20 oktober 2021, didapat hasil sebagai berikut:

1. Bahan mudah didapat
2. Andal dan downtime maintenance berkurang
3. Moving parts sedikit
4. Mengurangi pemakaian energi listrik
5. Mudah dalam proses instalasi
6. Mudah dalam proses maintenance

Pemilihan Desain

Berikut beberapa desain *vibrating screen* dengan perbedaan tipe gerak yang akan dipilih.

1. Desain 1 (Linear Vibrating Screen)

Pada linear *vibrating screen*, casing ditopang pada pegas di sisi kiri dan kanan. [2] Prinsip kerja *vibrating screen* tipe ini adalah motor vibrator menggerakkan casing dengan gerakan naik turun. Material halus akan melewati *wire mesh* dan akan keluar melalui *outlet chute* dan material kasar akan tetap berada di atas *wire mesh* lalu bergerak menuju *reject chute*.

2. Desain 2 (Gyratory Vibrating Screen)

Vibrating screen jenis ini menggunakan *reducer gearbox* yang mentransmisikan daya dari motor listrik ke casing *vibrating screen*. casing *vibrating screen* bertumpu pada *carbon slide ball* yang memungkinkan *vibrating screen* dapat bergerak.

3. Desain 3 (Straight/Trommel Vibrating Screen)

Trommel screen berbentuk tabung besar yang berputar dengan lubang-lubang di permukaan tabung. *Trommel Screen* terdiri dari *inlet chute*, *reject chute*, dan *fine material chute*. Material masuk ke dalam tabung dari *inlet chute* dan kemudian keluar menuju outlet chute. Material halus akan keluar melalui lubang-lubang pada permukaan tabung.

Kebutuhan Konsumen	Desain		
	Desain 1 Linear vibrating	Desain 2 gyratory	Desain 3 Straight vibrating
Proses instalasi mudah	0	0	0
Sesuai dengan kondisi lingkungan operasi	0	0	-
Mudah dalam proses maintenance	+	0	0

Bahan tersedia di workshop	+	-	+
Moving parts sedikit	+	0	0
Jumlah +	4	0	1
Jumlah -	0	1	1
Jumlah 0	2	4	3

Tabel Pemilihan desain Vibrating Screen

Pada tabel di atas, simbol (+) melambangkan bahwa desain memenuhi kebutuhan konsumen, simbol (-) melambangkan bahwa desain tidak memenuhi kebutuhan konsumen, dan simbol (0) melambangkan posisi netral. Desain dengan jumlah simbol (+) terbanyak adalah desain yang paling cocok dengan kebutuhan konsumn. Dari tabel di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa desain yang paling sesuai dengan kebutuhan di lapangan adalah desain 1.

Pemilihan Bahan

Setelah tahap pemilihan desain maka langkah berikutnya adalah tahap pemilihan bahan. Pemilihan bahan dilakukan untuk menentukan bahan yang akan dipilih untuk komponen casing. Pemilihan bahan harus memenuhi kebutuhan di lapangan, yaitu tahan terhadap panas (70-90°C) dan tahan abrasif. Bahan yang disarankan oleh user untuk fabrikasi casing adalah Wear plate.

Beban Material

Vibrating screen 664-VS1 beroperasi saat pengisian kantong semen jumbo 664-BB1. Material masuk dari *inlet chute* secara terus menerus sebagai umpan untuk material bin 664-3B1. Material umpan *vibrating screen* berasal dari *air slide* dengan dimensi 365 mm x 276 mm x 2300 mm dengan massa jenis 3150 kg/m³. Maka beban material semen adalah :

$$V = \text{Luas alas} \cdot h$$

$$V = 0,365 \cdot 0,276 \cdot 1,8 \rightarrow V = 0,181332[m^3]$$

F material semen:

$$F = m \cdot a$$

$$F = (\rho \cdot V) \cdot a \rightarrow F = 3150 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \cdot 0,181332[m^3] \cdot 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$F = 571,1958 \text{ kg} \cdot 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right] \rightarrow F = 5603,4307 \text{ N}$$

Maka gaya yang dihasilkan oleh jatuhnya material dari *inlet* adalah 5603,4307 N.

Menentukan Kemiringan Screen dan Daya Motor

Kemiringan screen mengacu pada teori *angle of repose* material. *Angle of repose* adalah sudut paling curam dari tumpukan terhadap bidang horizontal material. Ketentuan angle of repose semen adalah sebagai berikut.

	kg/m ³	degrees		kg/m ³	degrees
Alum, fine lumpy	720-800	30-45	Iron ore, haematite crushed	2600-3700	35-40
Alumina, powdery	800-950	30-45	Kaolin clay, lumps	2200-2500	35-40
Aluminium hydrate	800-1200	22-33	Lead arsenate ore	1010	35
Asphalt, paving	290	34	Lead ores	1150	
Ash, dry, compact	2160		Lead oxides	3200-4300	30
Baryte, ore powdered	700-800	30-40	Line, ground, burned hydrated	960-2400	35
Barley	2220-2400		Limestone, crushed	960-1400	35-40
Bauxite, dry, ground mine run	1920-2040		Manganese ore	640-700	35-40
Brick, dense light	640	27	Magnetite ore	2000-2240	39
Cement, at rest	1090	35	Marble, crushed	4000	35
	1280-1440	31	Nickel ore	1280-1500	
	1200-1360	30	Paper, pulp stock sheet	1280-2400	
	1600			640-960	
	1300-1600	30-33		800-1500	

Tabel Angle of repose material

Pada tabel di atas, material semen yang teraerasi memiliki massa jenis 1200 kg/m³ dan angle of repose sebesar 20-30°. Maka angle of repose untuk semen dengan massa 571,1958 kg/m³ adalah:

$$\frac{1200}{571,1958} = \frac{30}{\theta} \rightarrow \theta = \frac{17135}{1200} = 14,27^\circ$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan sudut kemiringan *vibrating screen* memiliki ukuran sebesar 14,27°. Karena kemiringan *vibrating screen* di bawah 18° Menurut buku VSMA *vibrating screen* ini digolongkan ke

flat screen. pada range ini dibutuhkan motor dengan kecepatan 700 rpm. Motor yang terdapat di lapangan memiliki daya sebesar 2.7 KW dengan kecepatan 740 rpm. massa keseluruhan vibrating screen adalah 1133,6 kg. maka gaya pada keseluruhan vibrating screen adalah:

$$F = m \cdot a$$

$$F = 1133,6 [kg] \cdot 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right] \rightarrow F = 11.120,616 [N]$$

Maka vibrasi motor yang dibutuhkan adalah:

$$P = F \cdot v$$

$$2700[W] \rightarrow 2700 \left[N \frac{m}{s} \right] = 11.120 N \cdot v$$

$$v = \frac{2700}{11.120} \left[\frac{m}{s} \right] \rightarrow v = 0,245 \left[\frac{m}{s} \right] \rightarrow v = 245 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Perhitungan Kekuatan Pegas *Vibrating Screen*

Pegas digunakan pada *vibrating screen* untuk mentransmisikan getaran bandul motor vibrator, selain itu pegas air berfungsi sebagai penopang *vibrating screen*.

Pemilihan pegas harus diperhatikan dengan menghitung total beban dan getaran yang pada operasi *equipment vibrating screen*. Pemilihan pegas dilakukan untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan seperti retak atau pecahnya pegas akibat beban yang tinggi atau getaran yang tidak maksimal akibat pegas yang terlalu besar. Dibutuhkan 4 buah pegas yang dipasang pada sisi kiri dan kanan *casing vibrating screen*.

Massa total *vibrating screen* adalah 1133,6 kg. maka gaya yang bekerja pada *vibrating screen* adalah:

$$F = m \cdot a$$

$$F = 1133,6 [kg] \cdot 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right] \rightarrow F = \frac{11120,616}{4} = 2780,154 [N]$$

Pegas yang terdapat di *warehouse SBI* memiliki diameter dalam (Di) sebesar 120 mm dengan bahan carbon steel s45c. Momen puntir maksimum yang bekerja pada pegas adalah:

$$T = W \cdot \left(\frac{D}{2} \right) \rightarrow T = W \cdot \left(\frac{Di+d}{2} \right) \rightarrow T = W \cdot \left(\frac{120+d}{2} \right)$$

Material	Allowable shear stress (τ) MPa			Modulus of rigidity (G) kN/m ²	Modulus of elasticity (E) kN/mm ²		
	Severe service	Average service	Light service				
1. Carbon steel				80	210		
(a) Upto to 2.125 mm dia.	420	525	651				
(b) 2.125 to 4.625 mm	385	483	595				
(c) 4.625 to 8.00 mm	336	420	525				
(d) 8.00 to 13.25 mm	294	364	455				
(e) 13.25 to 24.25 mm	252	315	392				
(f) 24.25 to 38.00 mm	224	280	350	70	196		
2. Music wire	392	490	612				
3. Oil tempered wire	336	420	525				
4. Hard-drawn spring wire	280	350	437.5				
5. Stainless-steel wire	280	350	437.5				
6. Monel metal	196	245	306			44	105
7. Phosphor bronze	196	245	306			44	105
8. Brass	140	175	219			35	100

Tabel 4. 1 Tabel material Baut

Dari tabel di atas, diketahui tegangan geser yang diijinkan adalah 252 MPa. Maka momen puntir maksimum dari pegas adalah:

$$166808,9157 + 1390,066d = \left(\frac{\pi}{16} \right) \cdot 252 \cdot d^3 \rightarrow d = 15,618 [mm]$$

Maka didapat minimum diameter kawat spring yang dibutuhkan adalah 13 mm, momen puntir maksimum yang didapat ialah:

$$T = W \cdot \left(\frac{D}{2} \right) \rightarrow T = W \cdot \left(\frac{Di+d}{2} \right)$$

$$T = 2780,154 [N] \cdot \left(\frac{120+15,618}{2} \right) [mm] \rightarrow T = 188.519,4625 [Nmm]$$

Setelah mendapatkan momen puntir maksimum pada pegas, maka perlu dilakukan perhitungan tegangan geser yang bekerja pada pegas. Untuk mencari tegangan geser yang bekerja, maka perlu diketahui indeks pegas dan faktor koreksi wahl. Berikut perhitungan indeks pegas:

$$C = \frac{D}{d} = \frac{120 + 15,618}{20} = 6,78$$

Faktor koreksi wahl:

$$K = \frac{4C - 1}{(4C - 4)} + \frac{0,615}{C} = \frac{4 \cdot 6,78 - 1}{(4 \cdot 6,78 - 4)} + \frac{0,615}{6,78} = 1,22$$

Setelah diketahui indeks pegas dan faktor koreksi wahl, maka didapatkan tegangan geser sebesar:

$$\tau = K \cdot \frac{8 \cdot W \cdot C}{\pi \cdot d^2} \rightarrow \tau = 1,22 \cdot \frac{8 \cdot 2780,154 \cdot 6,78}{\pi \cdot 15,618^2} = 240,075397 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Diameter kawat spring yang tersedia di area sebesar 20mm. maka momen puntir maksimum yang bekerja pada pegas adalah:

$$T = W \cdot \left(\frac{D}{2} \right) \rightarrow T = W \cdot \left(\frac{D+d}{2} \right) \rightarrow T = 2780,154 [N] \cdot \left(\frac{120+20}{2} \right) [mm] \rightarrow T = 19460,78 [Nmm]$$

perhitungan indeks pegas:

$$C = \frac{D}{d} = \frac{120 + 20}{20} = 7$$

Faktor koreksi wahl:

$$K = \frac{4C - 1}{(4C - 4)} + \frac{0,615}{C} = \frac{4 \cdot 7 - 1}{(4 \cdot 7 - 4)} + \frac{0,615}{7} = 1,21$$

Setelah diketahui indeks pegas dan faktor koreksi wahl, maka didapatkan tegangan geser sebesar:

$$\tau = K \cdot \frac{8 \cdot W \cdot C}{\pi \cdot d^2}$$

$$\tau = 1,21 \cdot \frac{8 \cdot 2780,154 \cdot 6,78}{\pi \cdot 15,618^2} = 238,107 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Menentukan Kapasitas Screen

Kapasitas *vibrating screen* ditentukan oleh luas *screen* dengan kedalaman *screen* tersebut dipasang. Maka kapasitas dari *vibrating screen* adalah:

$$V = \text{Luas screen} \cdot h$$

$$V = (2500 [mm] * 997 [mm]) \cdot 400 [mm] \rightarrow V = 97000000 [mm^3] = 0,997 [m^3]$$

Perhitungan Support Screen

Panjang dari support screen adalah 2500mm dengan lebar 40mm. terdapat 2 buah ayakan yang terbuat dari siku 40x40x6000mm dengan material St 37. Maka gaya yang bekerja pada masing masing support screen adalah sebagai berikut:

Terdapat 2 support screen dengan beban total material adalah sebesar 490,5 N. Masing-masing support mendapatkan gaya (F) sebesar 245,25 N. material siku memiliki angka poisson 0,33. Proses pengelasan menggunakan elektroda las dengan jenis RD-718. Berikut adalah tabel spesifikasi elektroda:

RD-718	LOW HYDROGEN - IRON POWDER ELECTRODE WITH OPTIMUM WELDABILITY FOR WORKSHOP AND SITE FABRICATIONAL WORK			DATA SHEET NO. 23							
SPECIFICATION	AWS A5.1		EN ISO 2560-A		JIS Z 3212						
CLASSIFICATION	E7018		E 46 3 B		D5016						
PRODUCT DESCRIPTION	The design emphasis of the chemically basic flux is engineered to ensure the optimum weld metal properties demanded by the specification are fully met. The basic flux containing the appropriate alloying elements with a controlled balanced addition of iron powder, is extruded onto a high purity ferritic core wire with a blend of silicates that ensures both coating strength and a coating resistant to subsequent moisture absorption.										
WELDING FEATURES OF THE ELECTRODE	The chemical nature of the flux together with a significant proportion of iron powder ensures maximum deposition efficiency without detracting from its ability to be used in all positions except vertical down. Overall the arc is very stable, slag detachability is good and metal recovery is some 120% with respect to the core wire.										
APPLICATIONS AND MATERIALS TO BE WELDED	Medium and high tensile carbon-manganese steels with UTS of up to 510 N/mm ² max. Typical grades : BS 1449 plate and sheet BS 4360 grades 43A and 43C Lloyds A & D ship steel BS 4360 grade 50B, Lloyds grades AH and DH BS 3059 and BS 3601 grade 320-410 API 5L A-B and X42, BS 4360-50B-50C-50D, BS 1501-151 430-490, BS 3602-410-460. Such steels are used in ship construction, bridge building and pressure vessel work as well as general construction work.										
WELD METAL ANALYSIS COMPOSITION % BY Wt.	Min.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Max.	0.15	1.6	0.75	0.035	0.035	0.2	0.3	0.3	0.08	-
	Typical	0.1	1.2	0.4	0.01	0.01	0.1	0.01	0.02	0.02	Bal.
WELD METAL PROPERTIES (ALL WELD METAL)	PROPERTY	UNITS	MINIMUM	TYPICAL							
	Tensile strength	N/mm ²	490	620							
	0.2% Proof stress	N/mm ²	400	550							
	Elongation on 4d	%	22	28							
	Reduction of Area (RA)	%	-	70							
	Impact energy -30°C	J	27	80							

Tabel Spesifikasi Kawat Las RD-718

Berdasarkan tabel di atas, kuat tarik minimum dari kawat las yang dipakai adalah 490 N/mm². Dengan ini maka didapat tebal leher las dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\tau_{ijin} = \frac{m}{m+1} \cdot \sigma t_{ijin}$$

Nilai m diperoleh dari dari

$$m = \frac{1}{\text{poisson}} = \frac{1}{0,33} = 3,03$$

Lalu nilai σt izin

$$\frac{\sigma t}{\text{angka keamanan}} = \frac{490}{8} = 61,25 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

Sehingga didapat tegangan izin geser las:

$$\begin{aligned} \tau_{ijin} &= \frac{m}{m+1} \cdot \sigma t_{ijin} \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] \\ \tau_{ijin} &= \frac{3,03}{3,03+1} \cdot 61,25 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] \\ \tau_{ijin} &= 46,0526 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] \end{aligned}$$

Maka nilai tebal leher las sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \tau_{ijin} &= \frac{F}{A} \\ 46,0526 &= \frac{2 \cdot 2500 \cdot s \cdot 0,707 \cdot \cos 22}{0,0748} \\ 46,0526 &= \frac{0,0748}{s} \rightarrow s = 0,001625 [mm] \end{aligned}$$

Maka ukuran tebal leher las dalam milimeter (s) yang dibutuhkan adalah senilai 0,0365 mm. besar ukuran las (s) sama dengan ukuran tebal plat sehingga tebal plat minimum untuk support screen adalah mm. dalam pembuatan support screen menggunakan angle steel 40x40 mm dengan tebal 4 mm. Maka dari itu berikut perhitungan tebal leher las dengan pelat 4 mm:

$$\begin{aligned} t &= s \cdot \sin 45^\circ \\ t &= 4 \cdot 0,707 \\ t &= 2,828 [mm] \end{aligned}$$

Dengan tebal leher lasan 2,828 mm, maka didapatkan tegangan geser pada *support screen* adalah:

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{F}{A} = \frac{F}{(2 \cdot l \cdot t)} \\ \tau &= \frac{245,45}{2 \cdot 2500 \cdot 2,828} \\ \tau &= 0,0173 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] \end{aligned}$$

Perhitungan pada Wire Mesh Screen

Pada vibrating screen 664-VS1, digunakan jenis screen dengan bentuk anyaman jaring kawat atau *woven wire mesh*. Anyaman kawat memiliki diameter kawat sebesar 2 mm dengan jarak antar kawat sebesar 10 mm, dipasang pada sudut 22°. Lebar *screen* adalah 997 mm. jumlah kawat yang terpasang adalah 64 kawat.

Menentukan Celah Ayakan

Berdasarkan pada buku *VSMA handbook*, dan kebutuhan konsumen, jenis *screen* yang akan digunakan adalah *woven wire mesh* dengan tipe *square opening plain weave*. Jenis *screen* ini dipilih karena paling umum sehingga mudah didapat dan yang paling akurat dalam menyaring material. Material *oversize* cenderung tidak menembus bukaan persegi sehingga mengurangi kemungkinan kontaminasi atau kehilangan produk. *Screen* menggunakan bahan *stainless steel 304*.

Perhitungan pada Kawat Wire Mesh

Beban material yang bekerja pada kawat *wire mesh* harus dilakukan untuk memastikan apakah kawat *wire mesh* dapat menerima beban material tanpa ada masalah. Terdapat 120 batang kawat *wire mesh* yang terpasang memanjang. Masing masing kawat menerima beban sebesar 46,7 N. *Screen* ditopang dengan 3 buah support dengan jarak 800 mm. berikut adalah perhitungan pembebanan pada kawat *wire mesh*. Gaya yang bekerja pada kawat:

$$Fx = F \cdot \cos \alpha$$

$$Fx = 46,7 \cdot \cos 14^\circ \rightarrow Fx = 45,31 [N]$$

Perhitungan dimensi baut yang dibutuhkan

Screen yang dipasang pada *vibrating screen* membutuhkan baut sebagai penahan ke *casing*. Baut yang akan digunakan memiliki ukuran M18 dengan jumlah 16 buah. Baut dipasang 8 buah di sisi kiri *casing* dan 8 buah di sisi kanan *casing*. Posisi pemasangan baut memiliki kemiringan 60. Gaya yang bekerja pada baut adalah sebagai berikut:

$$F = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$F = 5603,4307 [N] \cdot \sin(45^\circ)$$

$$F = 3962,22 [N]$$

Gaya yang diterima masing- masing baut sebesar 247,63 N. Baut yang dipasang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Kuat tarik : 800 N/mm²
 Jumlah baut : 16 buah
 Ukuran baut : M18
 Angka keamanan: 4

Nilai tegangan tarik yang diizinkan:

$$\frac{\sigma_t}{\text{angka keamanan}} = \frac{800}{4} = 200 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

Sehingga didapat tegangan izin geser baut:

$$\tau_{ijin} = \frac{m}{m+1} \cdot \sigma_t \text{ izin} \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\tau_{ijin} = \frac{3,03}{3,03+1} \cdot 200 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] \rightarrow \tau_{ijin} = 150,3722 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

Maka nilai tebal leher las sebagai berikut:

$$\tau_{ijin} = \frac{F}{A} \rightarrow \tau_{ijin} = \frac{F}{\frac{\pi}{4} \cdot (d)^2}$$

$$\tau_{ijin} = \frac{150}{\frac{\pi}{4} (18)^2} \rightarrow \tau_{ijin} = 0,590925 N$$

Maka dapat disimpulkan bahwa baut M18 dapat menahan beban.

Perhitungan ketebalan plat casing

Bahan yang digunakan pada fabrikasi *casing vibrating screen* adalah wear plate dengan tebal 6 mm. bahan ini dipilih karena memiliki ketahanan terhadap gesekan yang lebih tinggi daripada *mild steel plate*. *Casing* menerima beban material sebesar 490,5 N. *Casing* dihubungkan dengan metode pengelasan pada setiap sudut dengan jenis sambungan *fillet butt joint*. Diperlukan perhitungan untuk memastikan kekuatan sambungan las.

$$\text{Nilai } \sigma_t \text{ izin} = \frac{\sigma_t}{\text{angka keamanan}} = \frac{490}{8} = 61,25 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

Kemudian didapat tegangan izin geser:

$$\tau_{izin} = \frac{m}{m+1} \cdot \sigma_t \text{ izin} \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\tau_{izin} = \frac{3,03}{3,03+1} \cdot 61,25 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] \rightarrow \tau_{izin} = 46,05 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

Dari hasil tegangan izin geser yang diperoleh, maka didapat tebal lasan sebagai berikut:

$$\tau_{izin} = \frac{F}{A}$$

$$\tau_{izin} = \frac{F}{2 \cdot l \cdot t}$$

$$92,1 = \frac{490,5}{2 \cdot 2500 \cdot 92,1 \cdot t}$$

$$t = \frac{490,5}{2 \cdot 2500 \cdot 92,1} \rightarrow t = 0.001065 [mm]$$

Maka tebal leher yang diperoleh adalah 0,001065 mm. Tebal leher las sama dengan tebal plat. Plat yang digunakan memiliki ketebalan 6 mm. maka ukuran tebal leher las adalah:

$$t = s \cdot \sin 45^\circ \rightarrow t = 6 \cdot 0,707 \rightarrow t = 4.242 [mm]$$

Uji Coba

Proses ujicoba bertujuan untuk melihat kinerja dari vibrating screen dan mengetahui masalah pada vibrating screen pasca pemasangan. Ujicoba juga dilakukan untuk melakukan perbandingan antara sebelum dan sesudah dilakukan penggantian.

Dari hasil uji coba yang dilakukan, ceceran oli *reducer* telah dieliminasi sehingga area bebas dari ceceran oli. Kemudian pada *outlet chute*, tidak terdapat kerusakan *flexible joint* yang menyebabkan kebocoran material sehingga area tetap bersih. Berikut adalah kondisi perbandingan sebelum dan sesudah penggantian unit *vibrating screen*.



Gambar Perbandingan sebelum dan sesudah

Analisis Potential Cost of Saving

Perlu dilakukan analisis *potential cost of saving* untuk mengetahui seberapa besar penghematan biaya perawatan *equipment 664-VS1*. Berikut tabel histori perawatan 664-VS1 periode 2021 dengan biaya yang dibutuhkan:

date	type	notification	func loc	cost ctr	description	tot planned cost	tot actual cost	entered by
09-04-21	PM01	1001473160	NR.664-VS1	60100	M3 664-VS1 Repair cover bolong	-	-	MUCHTARU
30-04-21	PM01	1001492146	NR.664-VS1	60100	M3 664-VS1 Replace flexible joint	1.095.205,00	1.095.205,00	MUCHTARU
30-04-21	PM01	1001496406	NR.664-VS1	60100	M3 664-VS1 Repair support baseplate crac	-	-	MUCHTARU
07-05-21	PM01	1001498802	NR.664-VS1	60100	M6 664-VS1 Replace Vee Belt rusak	505.479,00	505.479,00	MUCHTARU
16-08-21	PM01	1001507154	NR.664-VS1	60100	M3 664-VS1 Modifikasi pakai motor vibrat	145.558.213,00	85.517.971,00	MUCHTARU
10-09-21	PM01	1001512185	NR.664-VS1	60100	M3 664-VS1 Replace flexible joint	1.095.205,00	1.095.205,00	MUCHTARU
16-09-22	PM01	1001508219	NR.664-VS1	60100	M3 664-VS1 Pm stop Replace Slide ball ca	13.995.205,00	13.995.205,00	MUCHTARU
23-09-21	PM01	1001514769	NR.664-VS1	60100	M3 664-VS1 Replace flexible inlet	1.095.205,00	1.095.205,00	MUCHTARU
08-11-21	PM01	1001523746	NR.664-VS1	60100	M3 664-VS1 Replace vee belt crack	505.479,00	505.479,00	MUCHTARU
19-11-21	PM01	1001524561	NR.664-VS1	60100	M3 664-VS1 Perbaikan flexibel outlet VS	1.095.205,00	1.095.205,00	MUCHTARU
total						164.945.196,00	104.904.954,00	

Tabel Tabel Histori Perawatan

Dari tabel di atas diketahui bahwa pada tahun 2021 terjadi 10 kali perawatan mesin dengan detail 1 kali perbaikan cover, 4 kali penggantian *flexible joint*, 1 kali perbaikan *baseplate*, 2 kali penggantian *v-belt*, 1 kali modifikasi motor, dan 1 kali penggantian *slide ball* dengan biaya total aktual adalah Rp. 187.727.972. setelah dilakukan penggantian unit *vibrating screen* yang baru, maka biaya penggantian *v-belt* dan penggantian *slide ball* dapat dieliminasi sehingga dapat dilakukan penghematan sebesar Rp. 15.006.163,00. Selain itu penggantian *flexible joint* dapat ditekan menjadi 1 kali setahun. Maka biaya penggantian *flexible joint* dapat dihemat adalah Rp. 3.285.615,00.

Pengecekan oli *reducer gearbox* dilakukan setiap 2 minggu sekali dan dituangkan $\pm 2,5$ liter oli *reducer gearbox* dengan tipe Shell Omala dengan harga Rp 9.500.000,00/ per drum dengan volume 220 liter. Maka biaya mengisi oli yang dilakukan per tahun adalah:

$$\begin{aligned} \text{biaya oli} &= \text{jumlah oli}[l] \cdot 26[\text{minggu}] \cdot \frac{9.500.000}{220} \\ \text{biaya oli} &= 2,5[l] \cdot 26[\text{minggu}] \cdot \frac{9.500.000}{220} = \text{Rp. } 2.806.819,00 \end{aligned}$$

Penurunan daya motor listrik dari 5,5 KW menjadi 2,7 KW berpengaruh pada biaya konsumsi listrik. Biaya listrik industri tahun 2022 adalah senilai Rp 996,74. Maka biaya konsumsi listrik dapat ditekan senilai

$$\begin{aligned} \text{selisih} &= \text{biaya lama} - \text{biaya baru} \\ \text{selisih biaya konsumsi listrik} &= \text{biaya lama} - \text{biaya baru} \\ \text{selisih} &= ((5,5[\text{KW}] \cdot 8[\text{jam}] \cdot 365[\text{hari}]) - (2,7[\text{KW}] \cdot 8[\text{jam}] \cdot 365[\text{hari}])) \cdot [\text{Rp}]996,74 \\ \text{selisih} &= \text{Rp } 8.731.442,4/\text{tahun} \end{aligned}$$

Maka biaya perawatan yang dapat ditekan adalah:

$$\begin{aligned} \text{total} &= \text{biaya sparepart} + \text{biaya flexible joint} + \text{biaya oli} + \text{biaya listrik} \\ \text{total} &= 15.006.163 + 3.285.616 + 2.806.819 + 8.731.442,4 = \text{Rp. } 29.830.040,4 \text{ per tahun} \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil rancang bangun vibrating screen 664-VS1 adalah:

1. Solusi untuk mengatasi keusangan pada vibrating screen adalah dengan rancang bangun vibrating screen dengan tipe gerakan linear.
2. Biaya perawatan yang dapat ditekan dari proses penggantian vibrating screen adalah Rp. 29.830.040,4 per tahun
3. Desain vibrating screen yang dipilih adalah dengan tipe inclined screen dengan menggunakan vibrator motor 2,7 KW.
4. Kapasitas vibrating screen baru adalah 0,97 m³.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Solusi Bangun Indonesia, Tbk atas dukungannya berupa fasilitas yang telah diberikan selama pengerjaan tugas akhir ini.

REFERENSI

1. N. Ali et al., "The Greenhouse Gas Emissions Produced by Cement Production and Its Impact on Environment A Review of Global Cement Processing," *Int. J. Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 488–500, 2015, [Online]. Available: <http://edupediapublications.org/journals/index.php/ijr/article/view/1455>.
2. VSMA Vibrating Screen Handbook. Construction Industry Manufacturers Association (CIMA), 2005.
3. Sulaiman, "RANCANG BANGUN ALAT PENGUPAS BAWANG MERAH DENGAN MEMAKAI MOTOR LISTRIK 1,4 HP," 2020.
4. R. S. Khurmi and J. K. Gupta, *A Textbook Of Machine Design*, vol. 1, no. I. Eurasia Publishing House (PVT.) LTD, 2005.
5. Sularso and K. Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. PT. Pradnya Paramita, 2004.
6. N. Barry and Taylor, *The International System of Units (SI)*. U.S. Government Printing Office, 2001.
7. Rotex®, "Rotex Gyrotory Reciprocating Screeners, Sifters, and Separators." <https://rotex.com/products/rotex/> (accessed May 04, 2022).