

## Analisis Kerusakan *Universal Shaft* Dan *Spindle Support Stand* *Rolling Mill* Akibat Vibrasi

Andriyanto<sup>1</sup>, Gusri Akhyar Ibrahim<sup>2</sup>, Akmal Jamiatul<sup>2</sup>, Yanuar Burhanuddin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Prodi Magister Teknik Mesin, Universitas Lampung  
Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro, Gedong Meneng, Rajabasa, Kota Bandar Lampung,  
Lampung, Indonesia

<sup>2</sup>Prodi Magister Teknik Mesin, Universitas Lampung  
Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro, Gedong Meneng, Rajabasa, Kota Bandar Lampung,  
Lampung, Indonesia

\*Corresponding author: [andrivwen@gmail.com](mailto:andrivwen@gmail.com)

### Abstract

*Reinforcing steel and concrete are components commonly used in construction projects for multi-storey buildings, bridges, houses and so on. Reinforcing steel can be made using a rolling or rolling process. In the rolling process, high vibration often occurs, especially in the finishing mill area which works at a speed of 18-21 m/s with a motor rotation of 1000 – 1300 rpm. Damage occurred to the spindle support, stand and missroll (rolling process failure). The expected RMS value of vibration speed is <20mm/s. This research aims to identify the damage that occurs and reduce or dampen the vibrations that occur. This research method is trial and error, which aims to reduce the vibrations that occurred previously. The research results show that after 3 (three) repairs were carried out, the first repair was replacing the Universal Joint Shaft, as well as changing the cross joint type to the SWC type and changing the spline design, the second repair was replacing the liner using Shore A95 polyurethane material, the third repair was replacing the ring. Chock Spindle uses shore A 90 polyurethane material. The RMS value of vibration speed can be reduced to between 19.1 – 26.3 mm/s. The main factor that arises from high vibrations is mechanical looseness due to lack of lubrication in machine parts which rub continuously while the machine is rotating.*

**Keywords :** vibrations, polyurethane, mechanical looseness

### Abstrak

Baja tulangan dan beton merupakan komponen yang umum dipergunakan pada proyek pembangunan gedung bertingkat, jembatan, rumah dan lain-lainya. Baja tulangan dapat dibuat menggunakan proses *rolling* atau pengerollan. Pada proses *rolling* sering terjadi vibrasi yang tinggi, terutama pada area *finishing mill* yang bekerja pada kecepatan 18-21 m/s dengan rotasi motor 1000 – 1300 rpm. Kerusakan terjadi pada *spindle support*, *stand* hingga *missroll* (kegagalan proses *rolling*). Nilai RMS kecepatan vibrasi yang diharapkan yaitu < 20mm/s. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kerusakan yang terjadi dan mengurangi atau meredam vibrasi yang terjadi. Metode penelitian ini adalah *trial & error*, yang bertujuan untuk menurunkan vibrasi yang terjadi sebelumnya. Hasil penelitian menunjukkan setelah dilakukan 3 (tiga) perbaikan, perbaikan pertama yaitu penggantian *Universal Joint Shaft*, serta mengganti tipe *cross joint* ke tipe SWC dan merubah desain *spline*, perbaikan kedua yaitu penggantian Liner dengan menggunakan material poliuretan Shore A95, perbaikan ketiga yaitu dengan penggantian *Ring Chock Spindle* dengan menggunakan material poliuretan shore A 90. Nilai RMS kecepatan vibrasi dapat diturunkan sampai antara 19,1 – 26,3 mm/s. Faktor utama vibrasi tinggi yang muncul adalah kelonggaran mekanis yang dikarenakan kurangnya lubrikasi pada bagian mesin yang bergesekan secara terus menerus selama mesin berputar.

**Kata kunci :** vibrasi, poliuretan, kelonggaran mekanis

## 1. Pendahuluan

Besi beton atau baja tulangan diproduksi menggunakan proses *reheating furnace*, *rolling mill*. Billet dipanaskan sampai dengan 1050 - 1100°C, proses ini dinamakan proses *reheating furnace* (RHF). Kemudian untuk membentuk baja menjadi baja ulir menggunakan proses *rolling*.

Proses *rolling* dibagi menjadi 3 tahap yaitu *Roughing Mill*, *Intermediate Mill*, *Finishing Mill*. Sebagai penggerak utama, proses *rolling mill* menggunakan motor listrik arus bolak-balik (AC) induksi dengan menggunakan *inverter*, sehingga dapat diatur kecepatan putaran motor.[3] Dan *gearbox* adalah untuk meningkatkan torsi,

mengurangi kecepatan putaran poros keluaran penggerak utama. *Universal joint shaft* adalah komponen yang digunakan untuk mentransfer daya dari *gearbox* ke satu set roll ketika sambungan langsung tidak memungkinkan atau tidak praktis. Poros *spindle* yang digunakan untuk mentransmisikan torsi antara dua poros yang tidak sejajar satu sama lain. *Spindle support rolling mill* merupakan komponen mesin *rolling mill* yang mempunyai tugas menopang atau menahan *spindle* yang akan disambungkan ke *roll stand*. *Spindle support* ini penting untuk menjaga keseimbangan, keselarasan putaran *rolling mill*. Kecepatan *rolling* berbeda-beda sesuai dengan dimensi baja tulangan yang akan diproduksi. Pada saat produksi BjTS 420 dengan dimensi diameter 10mm (biasa dikatakan BjTS 420 S10) yaitu antara 18 - 21 m/s, dengan rotasi motor 1000 - 1300 rpm. Pada saat produksi dengan kecepatan produksi tersebut, vibrasi yang tinggi muncul, dan menyebabkan kerusakan pada *universal joint shaft*, *spindle support*, *stand* dan juga terjadi *missroll* (kegagalan proses rolling), yang mengakibatkan penurunan produktivitas mesin tersebut.

## 2. Metode Penelitian

Pengambilan data diambil di pabrik PT. Krakatau Osaka Steel di Kota Cilegon Provinsi Banten. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode *trial & error*. Pada metode ini, dilakukan berbagai pendekatan dan metode dalam mengevaluasi masalah yang dihadapi. Dengan menggunakan metode ini, eksperimen demi eksperimen dilakukan pada beberapa hal untuk mencari tahu dampak dari perlakuan yang diberikan, dan mengambil data untuk mengetahui hasil dari eksperimen atau percobaan yang dilakukan. Pengamatan dan penelitian pada obyek *spindle support stand* ke-18. Perbaikan dan pergantian yang dilakukan ada tiga variasi yaitu pada *universal joint shaft*, *liner spindle support*, *ring chock*. Dan titik pengambilan data vibrasi dilakukan pada 3 titik vibrasi

yaitu radial horisontal (sumbu X), radial vertikal (sumbu Y), aksial (sumbu Z) dan pada *spindle* atas dan bawah. Dari parameter di atas, pengambilan sebanyak 54 kali pengambilan data.



Gambar 1. Titik pengambilan data vibrasi *spindle* atas



Gambar 2. Titik pengambilan data vibrasi *spindle* bawah

Tabel 1. Parameter pengambilan data

Parameter	Variasi		
	Pergantian	<i>Universal Joint Shaft</i>	<i>Liner Spindle Support</i>
Pengambilan data	V	H	A
Putaran Motor <i>Spindle</i>	1000 RPM	1120 RPM	1310 RPM
	Atas		Bawah

Perbaikan tahap pertama yaitu dengan penggantian *Universal Joint Shaft*, dengan mengganti tipe *cross joint* dan merubah desain *spline*. Toleransi *female (hole) & male (shaft)* merujuk pada JIS-B0401-1,-2 (1998). Tipe *cross joint* diganti dari tipe SWP menjadi tipe SWC. Perbaikan kedua dilakukan pergantian *Liner Spindle Support*. *Liner* sebelumnya menggunakan material tembaga CAC702, diganti menjadi poliuretan Shore A95 dengan tulangan plat SS400. Perbaikan ketiga dilakukan pergantian *Ring Chock Spindle*. *Ring chock spindle* sebelumnya menggunakan material

VCN 150 (kelas baja) diganti menjadi *ring chock* dengan material poliuretan *Shore A 90*, dimensi tidak berubah, hanya materialnya saja berubah. Nilai vibrasi yang didapatkan yaitu nilai RMS kecepatan vibrasi (mm/s), dengan nilai RMS kecepatan vibrasi yang diinginkan < 20 mm/s.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Performa dari *stand 18* yang sangat terlihat penurunan performa yang sangat cepat. Karena pada *stand 18* tersebut, kecepatan putar mesin yang paling tinggi karena bagian akhir dari *rolling mill*. Kerusakan pada *spindle support* seperti rel lepas dari *spindle support* karena baut-baut patah atau lepas, *liner housing bearing* aus, *spring* patah, *chain* (rantai) patah, dan *base concrete spindle support* retak. Sebelumnya perawatan rutin terus dilakukan dan beberapa kali dilakukan pengaturan khususnya pada *stand 18*. Pengaturan yang dilakukan hanyalah meredam vibrasi atau getaran yang ditimbulkan, yang berefek ke proses produksi yang terhambat.

Tabel 2. Data nilai RMS kecepatan vibrasi sebelum perbaikan.

Putaran Motor (RPM)	Spindle	V (mm/s)	H (mm/s)	A (mm/s)
1000	Atas	37,8	50,8	38,6
1120	Atas	40,1	53,1	39,2
1310	Atas	44,2	57	48,1
1000	Bawah	37,2	48,1	32,3
1120	Bawah	42	52,2	41
1310	Bawah	46,6	59	58,2

Pengaturan yang dilakukan :

- Pergantian *liner spindle support* material tembaga
- Pergantian *universal joint shaft* (masih desain yang sama)
- Pemasangan *stopper* sebagai penahan efek yang terjadi
- Pergantian tipe baut penahan rel dan *liner*

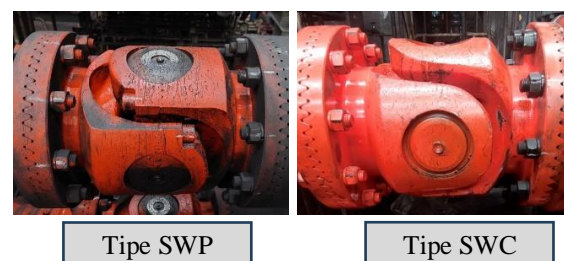
- Pergantian grade materail rel menjadi lebih keras

Dari beberapa pengaturan yang telah dilakukan, vibrasi berhasil diredam dalam jangka waktu yang sangat pendek, karena hanya meredam vibrasi pada bagian mesin dengan vibrasi tertinggi, tidak menghilangkan darimana vibrasi itu berasal.

Dilakukan 3 tahap perbaikan.

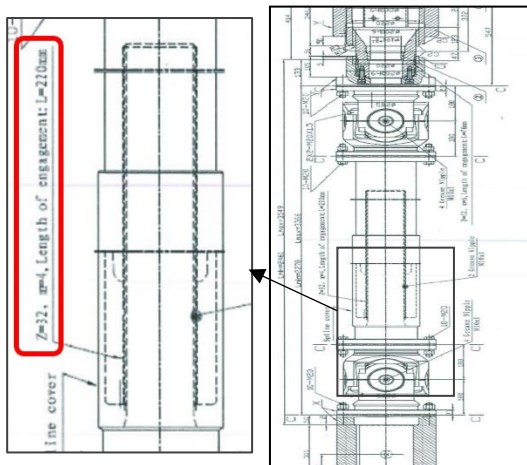
#### 3.1 Perbaikan Tahap Pertama

Perbaikan tahap pertama yaitu dengan penggantian *Universal Joint Shaft*, dengan mengganti tipe *cross joint* dan merubah desain *spline*. Tipe *cross joint* diganti dari tipe SWP (*Shaft With Pin*) atau *split bearing eye* (mata bantalan terpisah) menjadi tipe SWC (*Shaft With Cross*) atau *closed bearing eye* (mata bantalan tertutup). Jenis *cross joint* tipe SWP adalah jenis *cross joint* yang dibelah dan kemudian disambung menggunakan baut, seperti *clamp* menggunakan baut, tanpa *snap ring* sebagai stopper. SWP dikembangkan secara khusus untuk aplikasi tugas berat dan super berat, dengan kemampuan transmisi torsi maksimum, dan tidak cocok untuk semua aplikasi, seperti aplikasi dengan persyaratan kecepatan putar tinggi. Jenis *cross joint* tipe SWC ini dirancang dengan penampang tugas berat yang tidak memerlukan sambungan atau baut, menggunakan *snap ring* sebagai *stopper bearing*, sehingga memberikan peningkatan kekuatan. Karena tidak ada sambungan baut, maka potensi keausan yang disebabkan oleh kelonggaran sambungan baut tidak ada. Hal ini dapat mengurangi kebutuhan perawatan dan mengurangi potensi kerusakan pada *cross joint*.

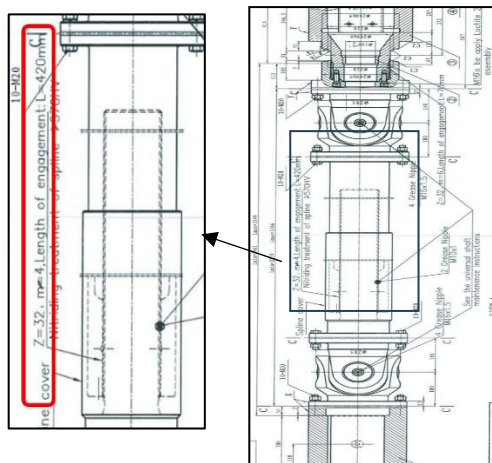


Gambar 3. Cross Joint SWP & SWC

Perubahan desain pada *spline* terjadi pada *length of engagement* (LOE) atau panjang pertemuan *contact surface* dengan *target surface*. Pada desain sebelumnya, LOE sepanjang 220 mm, diubah menjadi 420 mm. Ada penambahan panjang pertemuan *contact surface* dengan *target surface* sebesar 200 mm. Hal ini diberikan agar *universal joint shaft* lebih stabil atau seimbang karena titik pertemuan gigi lebih panjang.



Gambar 4. Desain lama *Universal Joint Shaft Stand* 18 [2]

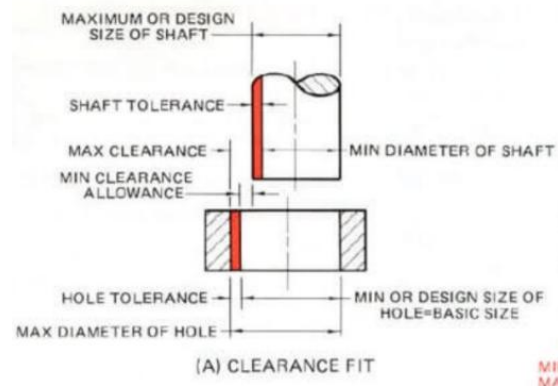


Gambar 5. Desain baru *Universal Joint Shaft Stand* 18 [2]

*Universal Joint Shaft* ini memakai kelonggaran *clearance fit* atau *sliding* (luncur) sesuai dengan penggunaannya bisa *sliding* (luncur). Toleransi yang diromendasikan sesuai JIS-B0401-1,-2 (1998) yaitu H7/f7.

Tabel 3. Data perbaikan Tahap Pertama

Putaran Motor (RPM)	Spindle	V (mm/s)	H (mm/s)	A (mm/s)
1000	Atas	21	19,1	21,8
1120	Atas	22,9	22,5	28,5
1310	Atas	25,9	25,9	26,9
1000	Bawah	23,1	23,3	22,6
1120	Bawah	26,6	25,4	24,1
1310	Bawah	25,9	28,1	27,8



Gambar 5. Disain *clearance fit* [6]

Tabel 2. Toleransi *hole (female)* & *shaft (male)* [6]

Reference Hole	Class of Tolerance Range for Shafts															
	Clearance Fit			Transition Fit			Interference Fit									
H6				f6	g5	h5	js5	k5	m5	n6*	p6*					
H7				f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6*	r6*	s6	t6	u6	x6
H8				e7	f7	h7	js7									
				f7		h7										
H9				e8	f8	h8										
				d9	e9											
H10				d8	e8	h8										
				c9	d9	e9	h9									
	b9	c9	d9													

Diameter desain adalah  $132_{g6}^{H7}$  mm.

Toleransi *female spline* H7 =  $132_{-0,0}^{+0,040}$  mm

Toleransi *male spline* f7 =  $132_{-0,083}^{-0,043}$  mm

Diameter *female spline* baru = 132,01 mm

Diameter *male spline* baru = 131,95 mm

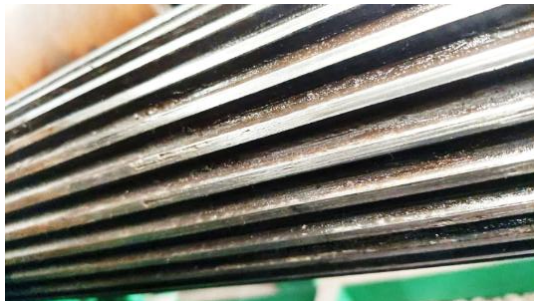
Setelah perbaikan pertama ini digunakan untuk proses produksi sebanyak 3.690 ton (81 jam kerja) muncul kembali vibrasi yang cukup besar.

Diameter *female spline* setelah dipakai produksi = 132,10 mm. Diameter *male spline* setelah dipakai produksi = 131,49 mm. Keausan pada *female spline* sebesar 0,09 mm, melebihi toleransi maksimal sebesar 0,043 mm. Keausan pada *male spline* sebesar 0,46 mm, toleransi

maksimal sebesar 0,039 mm. Pada *male spline* juga terlihat cacat baret.

Tabel 4. Data perbaikan Tahap Pertama setelah digunakan produksi 3.690 ton

Putaran Motor (RPM)	Spindle	V (mm/s)	H (mm/s)	A (mm/s)
1000	Atas	36,8	47,4	36,8
1120	Atas	37,9	49,9	40,8
1310	Atas	43,1	53,8	46,9
1000	Bawah	36,1	41	30,1
1120	Bawah	39	47,1	40,1
1310	Bawah	42,5	53,3	57,8



Gambar 6. Cacat pada *male spline*

Keausan dan cacat yang terjadi pada *male & female spline* ini membuat *clearance* menjadi besar dan menyebabkan lendutan kembali, sehingga vibrasi menjadi lebih besar. Pusat massa *shaft* mungkin tidak lagi seimbang, yang dapat mengakibatkan getaran.

### 3.2 Perbaikan Tahap Kedua

Pergantian *Liner Spindle Support* ini dilakukan karena melihat adanya kelonggaran mekanis yang terjadi pada *liner* dan rel *spindle support*. Karena kelonggaran mekanis ini, getaran terjadi kesegala arah, dan menyebabkan kerusakan pada rail dan *liner* itu sendiri. Bila baut-baut rel dan *liner* sudah patah/rusak, maka vibrasi semakin besar yang menyebabkan rusaknya *stand* dan *bearing*.

Pergantian *Liner Spindle Support* ini dilakukan karena melihat adanya kelonggaran mekanis yang terjadi pada *liner*

dan rel *spindle support*. Karena kelonggaran mekanis ini, getaran terjadi kesegala arah, dan menyebabkan kerusakan pada rail dan *liner* itu sendiri. Bila baut-baut rel dan *liner* sudah patah/rusak, maka vibrasi semakin besar yang menyebabkan rusaknya *stand* dan *bearing*. *Liner* diganti dengan menggunakan material Poliuretan *Shore A95* yang memiliki sifat elastis dan tahan akan karat. Sifat elastis ini dapat dijadikan acuan untuk meredam getaran yang terjadi.



Gambar 7. Liner tipe lama yang terpasang pada *Spindle Support*



Gambar 8. Liner tipe baru yang terpasang pada *Spindle Support*

Parameter data yang diambil adalah sama, dan total pengambilan data sebanyak 18 kali.

Tabel 5. Data perbaikan Tahap Kedua

Putaran Motor (RPM)	Spindle	V (mm/s)	H (mm/s)	A (mm/s)
1000	Atas	18	17,3	12,8
1120	Atas	19,3	20,2	14,5
1310	Atas	23,2	22,9	18,3
1000	Bawah	21,8	18,5	10,2
1120	Bawah	25,3	19,8	14,5
1310	Bawah	25,8	25,6	15,8

Nilai vibrasi turun cukup signifikan, dan vibrasi tertinggi masih terjadi pada *spindle* bawah arah radial vertikal bawah dengan putaran motor 1310 rpm atau kecepatan 21m/s. Vibrasi bisa turun karena vibrasi yang kemungkinan disebabkan dari *Universal Shaft Joint* bisa diredam oleh *liner* poliuretan dengan kelonggaran mekanis yang kecil, gap antara *liner* dan rel disetting maksimal 0,2 mm dan diberi lubrikasi (*grease*) agar *liner* poliuretan tidak aus pada saat bergesekan dengan rel. Karena sifat poliuretan yang elastis, vibrasi pada *housing bearing* menjadi kecil, vibrasi yang terbaca pada vibrasi meter kecil. Setelah perbaikan Tahap Kedua ini digunakan untuk proses produksi sebanyak 4.598 ton (99 jam kerja) muncul kembali vibrasi pada arah radial vertikal dan horisontal, tetapi arah aksial cenderung stabil atau nilai vibrasinya tidak jauh dengan nilai sebelum digunakan dan diambil kembali data.

Tabel 6. Data perbaikan Tahap Kedua setelah digunakan produksi 4.598 ton

Putaran Motor (RPM)	Spindle	V (mm/s)	H (mm/s)	A (mm/s)
1000	Atas	28,7	38,2	14,5
1120	Atas	31,3	39,3	15,2
1310	Atas	38,6	40,1	22,3
1000	Bawah	31,1	33,1	13,2
1120	Bawah	33,4	39,4	16,8
1310	Bawah	35,3	45,2	19,9

Dari data Tabel 6, dapat dikatakan untuk mengurangi vibrasi sisi aksial bisa dilakukan dengan pergantian *liner spindle support* menggunakan desain baru ini dengan material Poliuretan. Nilai RMS kecepatan vibrasi arah aksial bisa dikendalikan tetapi vibrasi arah vertikal dan horisontal masih besar, masih lebih tinggi dari nilai vibrasi yang diinginkan yaitu di bawah 20 mm/s.

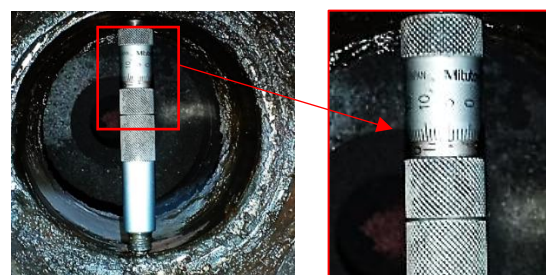
### 3.3 Perbaikan Tahap Ketiga

Ditemukan keausan pada sisi roll yang masuk ke dalam *chock*, serta keausan pada *ring chock*. Diameter sisi roll yang masuk ke *chock* terukur sebesar 96 mm, standarnya yaitu 99,8 mm dengan toleransi -0,2 mm.



Gambar 9. Diameter roll (96mm) yang masuk ke dalam *ring chock*

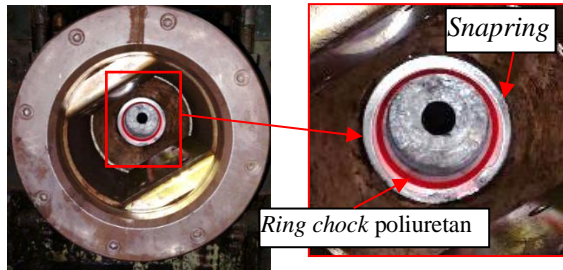
Diameter ring chock terukur sebesar 101,5 mm, standarnya yaitu 100 mm dengan toleransi +0,2 mm.



Gambar 10. Diameter *ring chock* (101,5mm)

Keausan pada *ring chock* dan roll diatasi dengan diberi lubrikasi (*oil spray*) dari keluaran *oil spray* lubrikasi *bearing*. Adanya lubrikasi ini diharapkan gesekan yang terjadi antara *ring chock* dan roll berkurang dan mengurangi keausan pada roll dan *ring chock* tersebut. Pada perbaikan tahap ketiga ini dilakukan pergantian *Ring*

*Chock Spindle* yang sebelumnya menggunakan material VCN 150 (kelas baja) diganti dengan material poliuretan shore A90 dengan *stopper ring chock*.



Gambar 11. Ring chock poliuretan dan stoper snap ring

Tabel 7. Data perbaikan Tahap Ketiga

Putaran Motor (RPM)	Spindle	V (mm/s)	H (mm/s)	A (mm/s)
1000	Atas	17	16,1	12,8
1120	Atas	20,1	17,9	14,5
1310	Atas	22,1	20,1	18,3
1000	Bawah	18,7	17,1	10,2
1120	Bawah	19	19,1	14,5
1310	Bawah	21,2	22,3	15,8

Vibrasi pada vertikal dan horisontal bisa berkurang karena tidak adanya kelonggaran mekanis yang terjadi pada *ring chock & roll*.



Gambar 12. Jalur lubrikasi ring chock

Diberikan pelumas secara terus menerus melalui lubang yang dihubungkan ke *bearing*, sehingga lubrikasi atau oli pelumas juga masuk ke dalam *ring chock* untuk melumasi *ring chock* agar tidak cepat

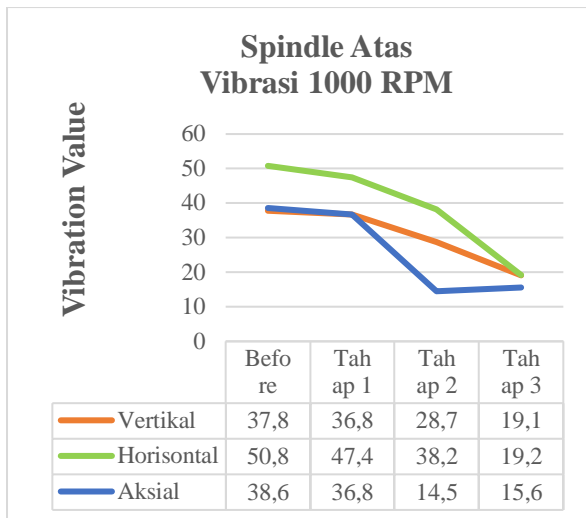
aus. Setelah perbaikan tahap ketiga ini, dipakai untuk proses produksi sebanyak 15.279 ton (204 jam) ada peningkatan vibrasi.

Vibrasi berhasil diturunkan dan dijaga karena kelonggaran mekanis pada sisi yang bergesekan dijaga tetap kecil, pengaruh dari *liner* serta *ring chock* poliuretan juga sangat membantu untuk meredam vibrasi yang muncul.

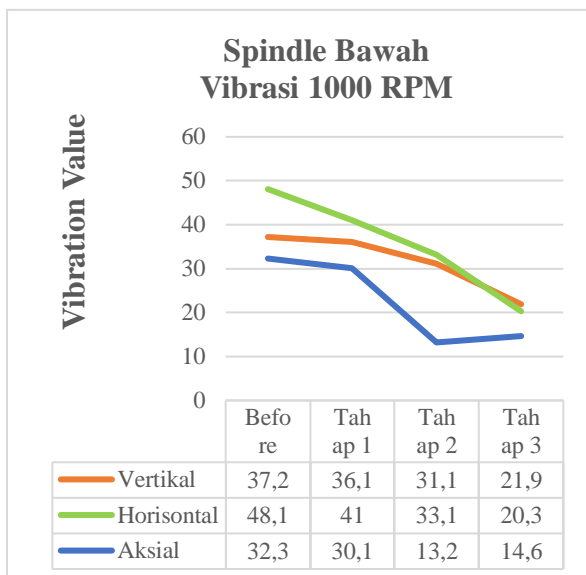
Tabel 8. Data perbaikan Tahap Ketiga setelah digunakan produksi 15.279 ton

Putaran Motor (RPM)	Spindle	V (mm/s)	H (mm/s)	A (mm/s)
1000	Atas	19,1	19,2	15,6
1120	Atas	19,7	19,7	15,7
1310	Atas	26	23,4	20,9
1000	Bawah	21,9	20,3	14,6
1120	Bawah	25,1	21	16
1310	Bawah	26,3	25,8	20,6

Lubrikasi oli pada *ring chock* juga berpengaruh untuk menjaga keausan *ring chock* dan roll menjadi kecil, sehingga umur dari *ring chock* serta *roll* atau *sleeve roll* menjadi lebih panjang. Nilai RMS kecepatan vibrasi maksimum pada Tabel 8 adalah 26,3 mm/s, masih lebih tinggi dari nilai RMS kecepatan vibrasi yang diinginkan yaitu di bawah 20 mm/s. Vibrasi berkurang karena teredam oleh polyurethane. Untuk memudahkan dalam melihat perbedaan data vibrasi untuk masing-masing kecepatan putar setelah perbaikan dan dipakai produksi, dapat dilihat lampiran Gambar 12, 13, 14, 15, 16, 17.



Gambar 13. Grafik perbandingan vibrasi pada 1000 RPM pada *spindle* atas



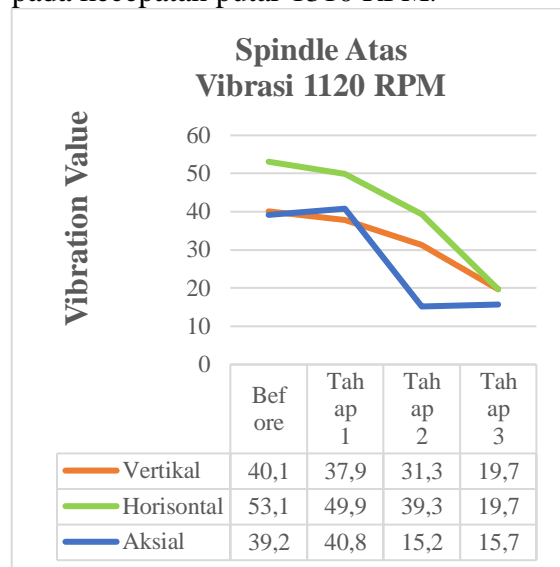
Gambar 15. Grafik perbandingan vibrasi pada 1000 RPM pada *spindle* bawah

Pada Gambar 14 dan Gambar 15 (1000 RPM) terlihat nilai vibrasi vertikal, horisontal, aksial sebelum dan sesudah perbaikan dan dipakai produksi ada penurunan nilai vibrasi yang artinya 2 perbaikan bertahap yang dilakukan dapat menurunkan atau meredam vibrasi pada kecepatan putar 1000 RPM.

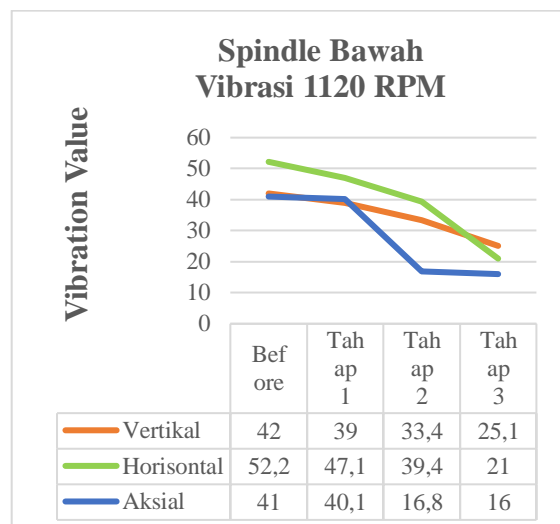
Pada Gambar 16 dan Gambar 17 (1120 RPM) terlihat nilai vibrasi vertikal, horisontal, aksial sebelum dan sesudah perbaikan dan dipakai produksi ada penurunan nilai vibrasi yang artinya 2 perbaikan bertahap yang dilakukan dapat

menurunkan atau meredam vibrasi pada kecepatan putar 1120 RPM

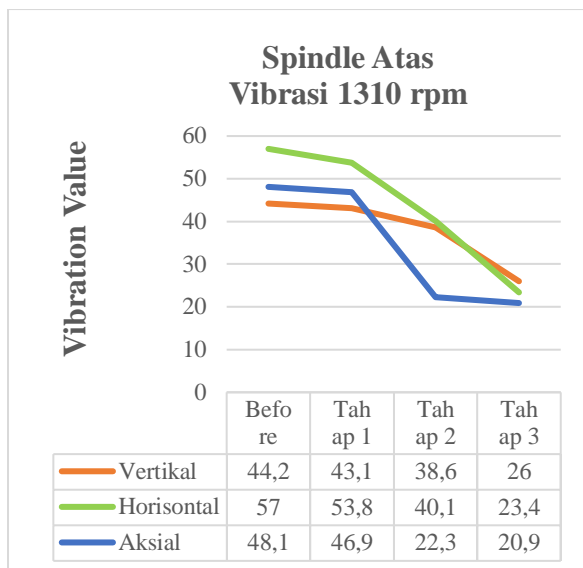
Pada Gambar 18 dan Gambar 19 (RPM 1310) terlihat nilai vibrasi vertikal, horisontal, aksial sebelum dan sesudah perbaikan ada penurunan nilai vibrasi yang artinya 2 perbaikan bertahap yang dilakukan dapat menurunkan atau meredam vibrasi pada kecepatan putar 1310 RPM.



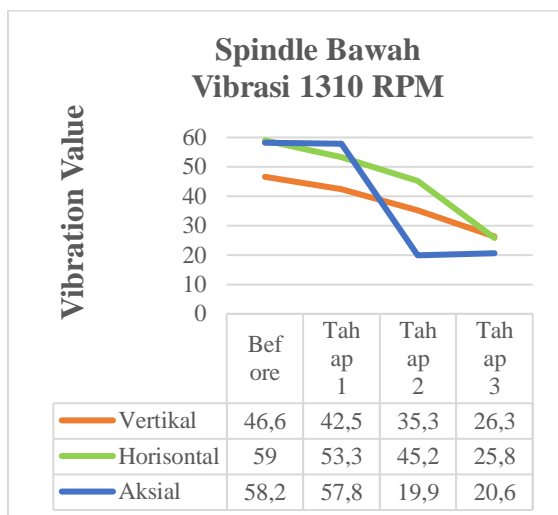
Gambar 16. Grafik perbandingan vibrasi pada 1120 RPM pada *spindle* atas



Gambar 147. Grafik perbandingan vibrasi pada 1120 RPM pada *spindle* bawah



Gambar 158. Grafik perbandingan vibrasi pada 1310 RPM pada *spindle* atas



Gambar 19. Grafik perbandingan vibrasi pada 1310 RPM pada *spindle* bawah

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu Vibrasi yang tinggi pada suatu mesin yang berputar berpotensi merusak *part* mesin. Pada kasus ini adalah kerusakan pada *Spindle Support*. Kerusakan yang teridentifikasi yaitu kelonggaran mekanis, yang menyebabkan baut-baut patah atau lepas, *liner housing bearing* aus, *spring* patah, *chain* patah, dan *base concrete spindle support* retak. Beberapa perbaikan dilakukan untuk menurunkan atau meredam vibrasi yang terjadi. Perbaikan Tahap Pertama dengan mengendalikan kondisi

tidak seimbang (*unbalance*) pada sisi *Universal Joint Shaft*. Pergantian *Universal Joint Shaft* dengan perubahan desain dan tipe *cross joint* diganti dari tipe SWP menjadi tipe SWC. Nilai RMS kecepatan vibrasi berkurang rata-rata hanya 5% bila dibandingkan dari data sebelum dilakukan perbaikan. Nilai vibrasi tertinggi adalah 57,8 mm/s pada arah aksial *spindle* bawah dengan kecepatan putar 1310 RPM. Keausan pada *female spline* sebesar 0,09 mm, melebihi toleransi maksimal sebesar 0,04 mm. Keausan terjadi pada *male spline* sebesar 0,46 mm, melebihi toleransi maksimal sebesar 0,083 mm. Pada *male spline* juga terlihat ada cacat baret. Perbaikan Tahap Kedua, dilakukan dengan mengendalikan kelonggaran mekanis yang terjadi pada sisi *liner* dan *rail spindle support*. Material *Liner* diganti menggunakan material Poliuretan. Nilai RMS kecepatan vibrasi arah radial vertikal dan horisontal rata-rata berkurang hanya 18%, dan arah aksial berkurang sebesar 59% bila dibandingkan dari data perbaikan Tahap Pertama setelah produksi 3.690 ton. Nilai vibrasi tertinggi adalah 45,2 mm/s pada arah radial horisontal *spindle* bawah dengan kecepatan putar 1310 RPM. Pada tahap kedua ini terlihat keausan pada sisi roll yang masuk ke dalam *chock*, serta keausan pada *ring chock*. Keausan *ring chock* sampai 4 mm. Perbaikan Tahap Ketiga, dilakukan dengan mengendalikan kelonggaran mekanis yang terjadi pada sisi *chock spindle*. Perbaikan tahap ketiga ini dilakukan penambahan jalur lubrikasi untuk sisi dalam *chock spindle* dan pergantian *Ring chock spindle* menggunakan material poliuretan shore A 90 yang sebelumnya menggunakan material VCN 150 (kelas baja). Nilai RMS kecepatan vibrasi arah radial vertikal dan horisontal berkurang rata-rata 38%, arah aksial ada kenaikan hanya 2% bila dibandingkan dari data perbaikan Tahap Kedua setelah produksi 4.598 ton. Nilai vibrasi tertinggi adalah 26,3 mm/s pada arah radial vertikal *spindle* bawah dengan kecepatan putar 1310 RPM. Nilai ini

masih diatas nilai RMS kecepatan vibrasi yang diinginkan yaitu 20 mm/s. Nilai RMS kecepatan vibrasi pada putaran mesin 1310 rpm pada arah radial vertikal yaitu 26,3 mm/s, arah radial horizontal yaitu 25,8 mm/s dan arah aksial yaitu 20,6 mm/s.

## Referensi

- [1] Lee, Youngseog. 2004. Rod and bar rolling. CRC Press
- [2] Bambach, Markus. 2016. Modeling Steel Rolling Processes By Fluid-Like Deferential Equations. Published by Elsevier
- [3] Baskara, Made Sanjaya & Ir. Purnomo MSME., Ph. D. 2015. Kajian Efisiensi Thermal Pada Mesin Reheating Furnace Tipe Walking Beam Dengan Bahan Bakar Gas Alam. Universitas Gadjah Mada
- [4] Gunawan, Andika Bani. 2013. Pengertian Vibrasi. Scribd.
- [5] Wardjito, Hendra Dwi Nur Cahyo. 2016. Optimalisasi Analisa Vibrasi Untuk Mendeteksi Gejala Misalignment Pada Mesin Berputar. Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik
- [6] Saif M., 2022, Rolling Mills : Parts, Working, and Types of Rolling Mills, The Engineering Post.
- [7] Irawati. 2020. Pengantar Teknik Tenaga Listrik. Deepublish, Sleman.
- [8] Drawing Project Combined Mill For Bar And Small Section PT. Krakatau Osaka Steel. 2015. JP Steel Plantech Co.
- [9] <https://teknikece.com/bearing/jenis-bearing/>. diakses pada Selasa, 01 Agustus 2023
- [10] S. B. Patil, S. Patil. 2019. Engineering International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration. ACCENTS Journals.
- [11] Raymond J. Drago and Laurence E. Scott, 2000. Powerful Gears In Rolling Mills, [www.machinedesign.com](http://www.machinedesign.com). diakses pada 8 April 2023
- [12] Sularso, Kiyookatsu Suga. 2000. Dasar Perencanaan Dan Pemeliharaan Elemen Mesin, Pradnya Paramita.
- [13] Hajdu, Stefan. 2016. Kinematics Of Simulation Of The Cardan Shaft For Investigation Of The Cardan Error In Catia V5. Slovak University of Technology In Bratislava.
- [14] Kelly, S. Graham. 2011. Mechanical Vibration Theory & Applications. Published by Cengage Learning.
- [15] Kurniawan Andi. 2021. Pengaruh Looseness Terhadap Vibrasi Peralatan Yang Mengalami Unbalance Dan Misalignment. Kilat. Jakarta