

Pola Vibrasi Dari Transmisi *V-Belt* Dibawah Pengaruh *Parallel Misalignment*

Ardhian Heru Saputra dan Bambang Daryanto Wonoyudo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: bambang@me.its.ac.id

Abstrak—Sistem transmisi *v-belt* banyak digunakan di industri karena mudah penanganannya dan murah harganya, tetapi di samping itu dibanding sistem transmisi daya yang lain *v-belt* juga lebih sering menunjukkan gejala fluktuasi transmisi. Di antara sekian metode *condition monitoring*, vibrasi sering dipraktikkan di industri, karena vibrasi adalah indikator yang sangat baik dari kondisi mesin, dan merupakan indikator dini terjadinya kerusakan/ketaknormalan sebelum terlanjur tumbuh menjadi lebih serius dan menyebabkan *downtime* yang tidak direncanakan. Pada studi ini dilakukan kajian eksperimental guna mempelajari karakteristik vibrasi pada sistem transmisi *v-belt* dengan adanya *parallel misalignment* antar *pulley*. Studi dilakukan pada sebuah *test bed* sistem transmisi *v-belt* dengan *belttunggal*. Pengambilan data dan pengolahan data dilakukan dengan *Integrating Vibration Meter BK-2513*. Dari hasil yang didapat, ditemukan bahwa kecepatan rms vibrasi bertambah seiring bertambahnya besar *misalignment*. Tendensi grafik cenderung konsisten untuk tiap variasi kecepatan putaran input. Selain itu, *gradient (slope)* dari kecepatan rms vibrasi semakin bertambah seiring dengan bertambahnya *misalignment* dan kecepatan input pada *pulley*.

Kata Kunci— vibrasi, *v-belt*, *misalignment*, *vibration analyzer*.

I. PENDAHULUAN

TRANSMISI daya yang menggunakan peralatan *belt* dan *pulley* banyak dijumpai di dunia industri, antara lain: manufaktur, kertas, otomotif, dan tenaga listrik. Sistem transmisi *belt* digunakan karena penanganannya mudah dengan perawatan yang minimum, murah harganya, serta memiliki rentang daya dan kecepatan yang lebar [1].

Dalam prakteknya, jika dibandingkan dengan sistem transmisi daya lainnya, sistem transmisi *belt* sering mengalami fluktuasi dalam kinerjanya. Fluktuasi ini dapat terjadi oleh karena adanya beberapa ketaknormalan yang terjadi pada sistem transmisi *belt* misalnya: *misalignment* antar *pulley* (*parallel*, *angular*, dan *twisted*). *Misalignment* sering terjadi karena proses *assembly* yang kurang bagus dan kurang teliti. Hal-hal ini dapat menyebabkan kerusakan yang lebih parah [2].

Oleh karena itu kondisi operasi transmisi *belt-pulley* perlu selalu diamati dengan metode perawatan yang sesuai/memadai. Salah satu bentuk perawatan yang dikembangkan adalah perawatan berdasarkan kondisi peralatan (*maintenance based on condition monitoring*) yang merupakan sebuah metode perawatan yang dilaksanakan dengan melakukan analisa terhadap indikator kondisi peralatan, seperti: getaran, temperatur, pelumasan, dan lain sebagainya [3]. Dalam *condition monitoring*, analisis kondisi mesin seringkali dilakukan dengan pengukuran dan analisa

getaran. Getaran akan memberikan profil atau respon getaran yang spesifik, yang biasa disebut sebagai *vibration signature*. Sinyal getaran dapat memberitahu cacat pada *v-belt* [4].

Studi tentang pengaruh *misalignment* terhadap getaran pada *v-belt drive* pernah dilakukan pernah dilakukan sebelumnya [4]. Getaran radial pada *belt* terjadi akibat adanya *parallel misalignment* antara *pulley* penggerak dan yang digerakkan. Ditengarai munculnya “letupan” suara dalam operasi transmisi *belt* yang terdapat *misalignment*, menunjukkan adanya osilasi radial secara periodik dari *belt* di lokasi *interface*-nya dengan *pulley*. Frekuensi dan amplitudo getaran radial *belt* yang terjadi tergantung pada besar atau kecilnya *misalignment* yang ada. Pengukuran empiris maupun perhitungan matematis menunjukkan peningkatan frekuensi getaran ada karena naiknya kecepatan operasi (transportasi) *belt*. Dengan adanya *misalignment*, *belt* tidak langsung “masuk” ke *pulley* yang digerakkan di titik vertikal, tetap sekian derajat sesudah posisi vertikal, yang disebut sebagai sudut kritis yang nilainya berbanding terbalik dengan frekuensi eksitasi getaran *belt*. Pada titik vertikal tersebut terjadi elevasi permukaan *belt* terhadap perubahan *pulley*, yang menentukan amplitudo eksitasi getaran *belt* [5].

Selain itu dari studi eksperimental yang dilakukan oleh Bismar Ibrahim pada *test bed* yang sama, didapatkan pada rasio *pulley driven* dan *driver* 6 inch, maka sistem memiliki frekuensi natural pada kecepatan input 1400 rpm [6].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam garis besarnya, langkah yang dilakukan dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur untuk mendapatkan teori tentang transmisi *v-belt*, fenomena getaran, pengolahan sinyal getaran, serta diagnosa pada peralatan.
2. Pengecekan dan peremajaan kondisi *test bed*.
3. *Setting* alat ukur getaran dan *test bed*.
4. Pengoperasian *test bed* dan pengambilan data getaran dengan kondisi tanpa *parallel misalignment* pada *pulley* untuk digunakan sebagai data acuan awal eksperimen.
5. Pengoperasian *test bed* dan pengambilan data getaran dengan variasi yang dilakukan. Variasi yang dilakukan adalah jarak *parallel misalignment* dan kecepatan putaran *pulley*.
6. Analisa data getaran hasil pengukuran. *Plotting* data sebagai grafik
7. Penarikan kesimpulan dari eksperimen dan analisa tren grafik.
8. Penyusunan laporan dari penelitian dan hasil analisa.

A. Prosedur Eksperimen

Parameter operasi pokok yang dicatat adalah putaran motor penggerak, diameter *pulley* penggerak, jarak antara poros penggerak dan poros yang digerakkan. Variasi yang dilakukan adalah variasi jarak *misalignment* dan variasi kecepatan putar *pulley*.

Sebelum melaksanakan pengukuran getaran, ada beberapa pengecekan yang dilakukan untuk memastikan bahwa *test bed* berfungsi dengan baik. Pengecekan yang dilakukan adalah:

- Pemasangan dan pelepasan *pulley* yang digerakkan dan juga *belt* dapat dilakukan dengan mudah.
- Pengaturan jarak *misalignment* antar *pulley* dapat dilakukan dengan mudah
- Pengaturan tegangan *belt* dari *test bed* dapat dilakukan dengan mudah
- Pengecekan ketegaklurusan antara *pulley* dengan poros. Pengecekan dilakukan dengan menggunakan penggaris siku

B. Pengaturan Tegangan Belt Sistem Transmisi V-belt

Untuk dapat memelihara tegangan yang cukup dan sesuai pada *belt*, jarak titik tengah poros *pulley* penggerak dan yang digerakkan harus dapat diatur. Untuk itu posisi motor penggerak dari *test bed* dapat diatur/digeser. Pengaturan tegangan *belt* dapat dilakukan dengan menggunakan metode defleksi *belt* (*deflection method*).

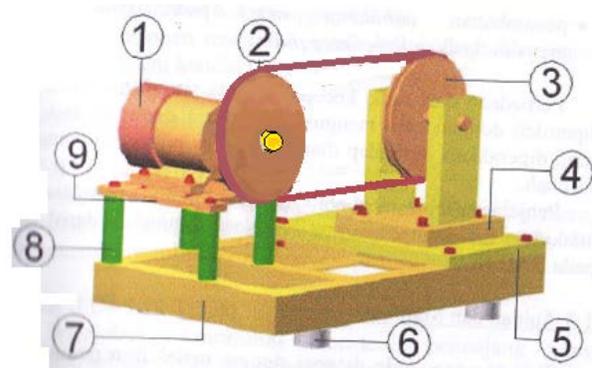
Deflection method untuk pengaturan tegangan *belt* [2].

- Ukur panjang rentangan (L) dari sistem transmisi.
- Pada titik tengah rentangan berikan gaya yang tegak lurus *belt*. Ukur besarnya gaya yang dibutuhkan untuk memberikan defleksi *belt* sebesar 1/64 per tiap inch panjang *belt*. Contoh: bila rentangan *belt* 100" maka defleksi yang diinginkan adalah $100''/64$ atau sekitar 1,5 inch.
- Bandingkan gaya yang dibutuhkan dengan rentang gaya yang direkomendasikan tabel [2]. Kencangkan atau kendurkan *belt* sampai rentang gaya yang direkomendasikan oleh tabel tersebut. Pada penelitian ini, gaya yang 17.1 lbs sampai 22.1 lbs
- Ketika memasang *belt* baru, kencangkan sampai dicapai "initial installation" seperti pada tabel [2] yakni 25.5 inch.
- Samakan langkah no. 1 sampai no. 4 pada tiap *misalignment*

Setelah pengaturan tegangan *belt* selesai dilakukan, maka selanjutnya *test bed* dioperasikan lalu dilakukan pengukuran getaran. Terhadap data getaran yang didapat dari eksperimen kemudian dilakukan analisa/diagnosa untuk mengetahui karakteristik sinyal getaran pada sistem transmisi *v-belt*, dibawah pengaruh adanya cacat pada *pulley* yang digerakkan dengan variasi kecepatan.

C. Test Bed

Test bed sistem transmisi *v-belt* yang digunakan dalam studi eksperimental ditunjukkan Gambar 1, terdiri atas beberapa bagian yang akan dijelaskan sebagai berikut



Gambar. 1. *Test-bed* yang digunakan [3, 6, 7].

Keterangan Gambar 1:

- Motor listrik
- Pulley* penggerak
- Pulley* yang digerakkan
- Dudukan *pulley* yang digerakkan
- Landasan pengarah
- Bantalan karet
- Landasan utama
- Tiang silinder
- Landasan motor listrik

D. Integrating Vibration Meter BK-2513

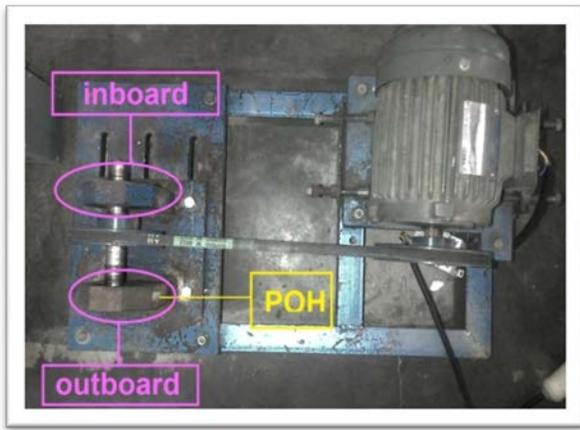
Pada studi kali ini, alat ukur yang dipakai adalah *Integrating Vibration Meter BK-2513*. BK-2513 adalah alat ukur yang menunjukkan sebuah angka sebagai hasil besarnya getaran. Namun tidak mengurangi keakuratan pengukuran.

Cara Pembacaan dan Perhitungan

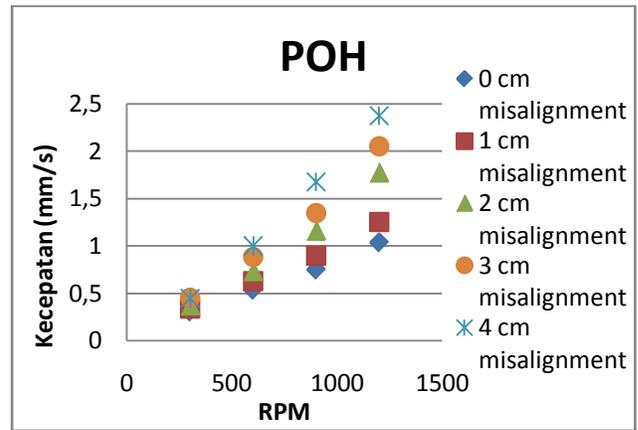
- Setelah melakukan pengukuran, maka ditunggu sampai hasil yang ditunjukkan pada *display* menjadi stabil (untuk RMS khususnya).
- Setelah stabil, maka dapat dilihat di sebelah kanan *display* angka yang tertera. Pembacaan angka ini tergantung dari *range* yang dipilih. Dengan dipilihnya *range selector*, maka akan merubah nilai maksimal dari *range* sehingga mempengaruhi pula pembacaan angka yang tertera
- Pada pengukuran *Velocity*, karena pada *display* terdiri dari 1-100 angka, maka pada saat nilai maksimal menunjukkan 100 mm/s (akibat pemilihan Vel. Bagian atas) maka angka 1 diinterpretasi sebagai 1 mm/s. Sedangkan jika nilai maksimal menunjukkan 10 mm/s, maka angka 1 diinterpretasikan sebagai 0.1 mm/s
- Setelah pembacaan, maka hasil dapat dibandingkan dengan standar yang dipakai (dalam Tugas Akhir ini memakai ISO-10816).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan rata-rata kecepatan (rms) dari 4 kali pengambilan data untuk bantalan *pulley* yang digerakkan pada posisi *outboard* dalam arah horisontal. *Outboard* adalah bagian seberang dari motor listrik induksi seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar. 2. Titik yang diamati pada test bed.



Gambar 4. Grafik kecepatan fungsi putaran input untuk tiap tingkat misalignment.

VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816					
Machine		Class I	Class II	Class III	Class IV
		small machines	medium machines	large rigid foundation	large soft foundation
	in/s	mm/s			
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28			
	0.02	0.45			
	0.03	0.71		good	
	0.04	1.12			
	0.07	1.80			
	0.11	2.80		satisfactory	
	0.18	4.50			
	0.28	7.10		unsatisfactory	
	0.44	11.2			
	0.70	18.0			
0.71	28.0		unacceptable		
1.10	45.0				

Gambar. 3. ISO-10816 Vibration Severity Chart.

Tabel 1. Kecepatan (rms) pada POH (PulleyOutboard Horizontal)

misalignment (cm)	Kecepatan input (rpm)			
	300	600	900	1200
0	0.30875	0.5375	0.75	1.0375
1	0.34125	0.63	0.895	1.25
2	0.3775	0.7375	1.1625	1.775
3	0.4575	0.8875	1.35	2.05
4	0.445	1	1.675	2.375

Pada penelitian ini, hasil getaran akan dibandingkan dengan standar ISO-10816 *Vibration Severity Chart*, sehingga dapat diketahui kondisi dari sistem transmisi *v-belt*. Menurut standar ISO-10816 *Vibration Severity Chart*, nilai kecepatan getaran RMS dari sinyal getaran untuk posisi *aligned* (0 cm *misalignment*) menunjukkan bahwa *test bed* (Class I) masuk daerah kondisi peralatan “good” untuk kecepatan input 300 rpm dan 600 rpm. Selain itu untuk kecepatan input 900 rpm dan 1200 rpm pada posisi pengukuran yang sama masuk daerah kondisi “satisfactory”. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi transmisi *v-belt* masih baik serta *setting* telah dilakukan dengan baik.

Menurut standar ISO-10816 *Vibration Severity Chart* pada gambar 6, nilai kecepatan getaran rms pada posisi POH ini menunjukkan bahwa *test bed* (Class I) pada kecepatan input 300 rpm pada seluruh *misalignment* masuk kondisi peralatan “good”. Lalu pada 600 rpm baik 0 cm maupun 1 cm *misalignment* juga masuk kondisi peralatan “good”. Sedangkan untuk kecepatan input 600 rpm pada 2 cm, 3 cm, dan 4 cm *misalignment* maupun untuk 900 rpm pada seluruh *misalignment* level getaran tergolong “satisfactory” (pada keadaan ini peralatan masih dapat dipakai untuk waktu operasional yang lama). Putaran input 1200 rpm untuk kondisi *aligned*, *misalignment* 1 cm, dan 2 cm juga tergolong “satisfactory”. Namun untuk 3 cm dan 4 cm *misalignment* pada 1200 rpm level getaran telah masuk golongan “unsatisfactory”. Pada keadaan ini sebaiknya alat dijadwalkan untuk diperbaiki dan jika digunakan harus dengan waktu operasional yang terbatas.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa kenaikan jarak *misalignment* dari 0 cm ke 4 cm dan kenaikan putaran input dari 300 rpm ke 1200 rpm, pada umumnya akan meningkatkan level getaran. Hal ini dapat dilihat dari kedua Gambar 2.

Dari Gambar 4 terlihat pengaruh perubahan kecepatan input terhadap level getaran yang terjadi untuk 5 buah grafik *misalignment* yang berbeda-beda. Kondisi *aligned* memiliki level getaran yang lebih rendah dibanding dengan *misalignment* 1 cm. Lalu level getaran *misalignment* 1 cm lebih rendah daripada level getaran *misalignment* 2 cm. Serta *misalignment* 3 cm lebih tinggi level getarannya daripada kondisi *misalignment* 2 cm dan level getaran *misalignment* 4 cm tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin *misalignment* yang terjadi, maka level getaran meningkat.

Jika dianggap bahwa tren yang terbentuk adalah linier, maka grafik kondisi *aligned* bila dibandingkan dengan grafik 1 cm memiliki kemiringan (*slope*: besar peningkatan kecepatan getaran rms untuk tiap peningkatan kecepatan input sebesar 300 rpm) yang lebih kecil (lebih landai). Hal ini juga terjadi bila grafik 1 cm dibanding dengan grafik 2 cm, serta grafik 2 cm dibanding grafik 3 cm dan grafik 3 cm dibandingkan dengan grafik 4 cm. Sehingga semakin besar *misalignment*, maka kemiringan akan semakin besar (semakin curam).

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan getaran rms menurut standar ISO-10816 *Vibration Severity Chart* untuk kecepatan *input* 300 rpm pada seluruh *misalignment* masuk kondisi peralatan “good”. Lalu pada 600 rpm masuk kondisi peralatan “good” dan “satisfactory”. Pada 900 rpm pada seluruh *misalignment* level getaran tergolong “satisfactory” Putaran *input* 1200 rpm tergolong “satisfactory” dan “unsatisfactory”.
2. Pada gambar level getaran fungsi *misalignment* tercatat bahwa semakin besar kecepatan *input* maka grafik yang dihasilkan akan memiliki tingkat kemiringan yang makin besar (semakin curam)
3. Pada gambar level getaran fungsi kecepatan *input* tercatat bahwa semakin besar *misalignment* maka grafik yang dihasilkan akan memiliki tingkat kemiringan yang semakin besar (semakin curam)
4. Grafik kecepatan *input* 1200 rpm dan 900 rpm pada level getaran fungsi *misalignment* memiliki selisih kemiringan yang lebih besar (selisih tren lebih curam) jika dibandingkan dengan perbandingan antar grafik 900 rpm dan 600 rpm maupun grafik 600 rpm dan 300 rpm.
5. Grafik *misalignment* 1 cm lebih besar level getarannya dibandingkan kondisi *aligned*. Hal ini juga terjadi sama bila *misalignment* 2 cm dibandingkan dengan 1 cm,

atau *misalignment* 3 cm dibandingkan dengan 2 cm, maupun *misalignment* 4 cm dibandingkan dengan 3 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Artady, Hery, *Study Eksperimental Pengaruh Cacat Belt Dan Pulley Terhadap Profil Sinyal Getaran Dan Distribusi Temperature Dari System V-belt*, Thesis S-2 Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2009.
- [2] Harris, Cyrill M., and Piersol, Allan G., *Harris's shock Vibration Handbook, 6th edition*, McGraw-Hill, New York, 2002.
- [3] Heryanto, *Study Eksperimental respon getaran dari V-belt akibat parallel Misalignment*, Tugas Akhir S-1 Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2005.
- [4] Higgins, Lindley R., Mobley, Keith R., and Smih, Ricky, *Maintenance Engineering Handbook*, Mcgraw-Hill, New York, 1999.
- [5] Ibrahim, Bismar, *Studi Eksperimental Respon Getaran Akibat Pengaruh Cacat Pulley Pada Sistem Transmisi V-belt*, Tugas Akhir S-1 Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2006.
- [6] Moon, J., and J.A. Wickert (1997), “Non-Linear Vibration of Power Transmission Belts”, *J. Sound and vibration*, vol. 200, pp 419-431.
- [7] Moon, J., and J.A. Wickert (1999), “Radial Boundary Vibration of Misalignment V-belt Drives”, *J. Sound and vibration*, vol. 225, pp. 527-541.