

TINJAUAN KARAKTERISTIK GETARAN PADA POMPA SENTRIFUGAL SATU TINGKAT PARALEL

Ir. Suriady Sihombing, MT, David William Nababan, ST
Program Studi Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen, Medan
Jl.Turi Gg Parulian No. 156 Medan 20218, Hp (085275447229)
e-mail: surihombing@yahoo.com

ABSTRACT

A centrifugal pump is one type of pump that is very widely used, especially in the water treatment industry. This study is a review on the vibration characteristics of a centrifugal pump paralel. Pompa level used in this study is a type of centrifugal, maximum capacity of 3.2 liters / sec and 1850 watts of power. Suction pipe and pipe press using PVC pipe, 2.5-inch diameter suction pipe with a length of 0.77 m and is equipped with a valve and manometer. Press 3 inch diameter pipeline with a length of 2.78 m is equipped with a valve. Manometer and flowmeter. The low vibration pump at a point located on the P-02 at a price of 27.5×10^{-6} m deviation axial direction in round $n = 1000$ rpm, while the highest are in elektromotor at P-03 to the price deviation of 170×10^{-6} m in the axial direction of rotation $n = 1800$ rpm. highest frequency is 46 Hz, with deviation 2.40×10^{-6} m at the point P0-3 axial direction and the vertical rotation $n = 1800$ rpm, Speed 4.10×10^{-2} cm / s at the point P0-4 axial direction in round $n = 1200$ rpm, Acceleration 2.75×10^{-2} cm/s² at point P0-3 axial direction in round $n = 1800$ rpm.

Keys words : Centrifugal parallel pump , Vibration, Tachometer and Electromotor.

1. PENDAHULUAN

Pompa sentrifugal adalah salah satu jenis pompa yang sangat banyak dipakai oleh dunia industri terutama industri pengolahan dan pendistribusian air. Ada beberapa keunggulan pompa sentrifugal yaitu :

1. Konstruksinya sederhana dan mudah pemasangannya.
2. Kapasitas dan *head* yang tinggi.
3. Harga relatif murah, tetapi kehandalannya tinggi.

Walaupun banyak terdapat kelebihan dan kehandalan dari pompa sentrifugal ini tetapi masih sering dijumpai kegagalan pengoperasian yang terjadi dilapangan, hal ini terutama terjadi yang disebabkan oleh kesalahan waktu pemasangan dan pengoperasian, seperti penyetulan sambungan pada pompa dan motor, pondasi pompa, penggunaan bentuk maupun bahan rangka pompa, getaran pada pipa tekan dan kavitasi.

Kelemahan lainnya adalah kesalahan perencanaan yang mengakibatkan timbulnya getaran yang tinggi pada pengoperasian pompa. Disamping itu , pemberhentian pompa juga memberikan getaran yang besar pada pompa, dimana pompa dioperasikan dalam kondisi katup tertutup. Selain beberapa keunggulan serta kelemahan pengoperasian , masih diperlukan penelitian yang lebih dalam tentang pengoperasian yang terbaik dari susunan pompa secara paralel dengan variasi beban gaya dan kapasitas sehingga pompa dapat beroperasi dalam keadaan getaran yang rendah dan getaran itu dapat menjadi indikator kinerja dari pompa.

Pengujian dan penyelidikan getaran pada pompa yang disusun secara paralel telah dilakukan oleh beberapa peneliti dan balai pengujian dengan mengkaji beberapa aspek yang berbeda.

Getaran yang terjadi akibat pengoperasian pompa sentrifugal satu tingkat paralel adalah getaran relative antara satu pompa dengan pompa yang lain.

Getaran ini disebabkan :

1. Ketidak homogenan material pompa.
2. Ketidak sempurnaan sistem penggerak pompa.
3. Fluktuasi gaya.
4. Fenomena kavitasi.
5. Getaran luar yang ditransmisikan melalui pondasi.

Getaran akibat sistem operasi pompa termasuk getaran eksitasi sendiri yang energi eksitasinya termasuk dari dalam pompa itu sendiri, sedangkan tiga penyebab getaran yang lain termasuk eksitasi luar yang menimbulkan getaran paksa.

Getaran akibat susunan paralel timbul bilamana kapasitas, putaran, kavitasi, ketidak sempurnaan sistem penggerak pompa menimbulkan ketidakstabilan dan amplitude getarannya membesar dimana frekuensi eksitasinya mendekati frekuensi pribadi. Secara garis besar banyak faktor yang berpengaruh terhadap getaran pada sistem operasi paralel yaitu :

1. Aspek parameter operasi diantaranya : Kapasitas, Putaran, kecepatan aliran, jenis fluida, bentuk impeler, jumlah sudu, bentuk sudu dan viskositas fluida.
2. Aspek struktur pompa diantaranya kekakuan statik, redaman, frekuensi pribadi dan massa getar.

Dengan semakin majunya teknik perawatan peralatan mesin yang ditandai dengan digunakannya teknik *predictive maintenance* yang berdasarkan kepada perhitungan kondisi mesin ketika beroperasi. Teknik ini bergantung kepada kenyataan bahwa sebahagian besar mesin akan memberikan peringatan sebelum terjadi kerusakan atau kegagalan. Beberapa gejala kegagalan pada mesin tersebut dapat diprediksi dari beberapa analisa seperti analisa vibrasi, analisa temperatur serta analisa keausan peralatan.

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan besarnya vibrasi pompa sentrifugal satu tingkat paralel variasi putaran.
2. Mendapatkan vibrasi yang terbesar pada masing – masing pompa dan elektromotor yang disusun paralel.
3. Mendapatkan frekuensi natural sistem (teoritis).

Manfaat penelitian ini merupakan suatu upaya nyata dari pihak perguruan tinggi dalam memberikan informasi kepada dunia industri tentang hubungan pompa sentrifugal yang dihubungkan secara paralel terhadap vibrasi yang timbul.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi tentang pengujian getaran pada pompa sentrifugal yang dihubungkan secara Paralel.
2. Memberikan informasi kepada dunia industri yang menggunakan pompa sentrifugal susunan paralel tentang pemanfaatan sinyal vibrasi sebagai indikator perawatan atau *maintenance*.

3. Memberikan masukan kepada pembuat pompa untuk memberikan data vibrasi dari pompa yang diproduksi khususnya pompa yang disusun secara paralel sebagai acuan perawatan pompa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pompa adalah salah satu dari jenis mesin – mesin fluida yang berguna untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ketempat lain. Dalam dunia industri biasanya pompa sentrifugal dapat beroperasi dengan maksimal dan tahan dioperasikan dalam waktu yang lama, hal ini tidak terlepas dari jenis pompa, pemasangan serta pengoperasian yang tepat sehingga akan bekerja sesuai dengan kegunaannya. Untuk menentukan apakah suatu peralatan bekerja sesuai dengan kondisi terbaiknya diperlukan indikator yang dapat bekerja dengan cepat dan efisien.

Vibrasi adalah salah satu indikator yang baik untuk menentukan apakah suatu peralatan beroperasi dalam keadaan baik. Semakin kecil nilai suatu vibrasi maka akan menjadi semakin baiklah peralatan itu, dan sebaliknya apabila suatu peralatan yang beroperasi mempunyai getaran yang besar atau tinggi, maka kondisi peralatan tersebut perlu pemeriksaan kembali. Oleh karena itu suatu peralatan yang beroperasi sebaiknya memiliki suatu nilai getaran standar dan batasan getaran yang diperbolehkan sesuai dengan standar dari pabrik pembuatnya, sehingga apabila nilai getaran yang terjadi diluar batasan yang diizinkan maka peralatan tersebut harus menjalani tindakan perawatan (*maintenance*).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan sejak tanggal disetujuinya usulan penelitian ini oleh pengelola program sampai dinyatakan selesai. Tempat penelitian di Laboratorium Prestasi Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Medan. Dalam penelitian ini subjek penelitian adalah berupa pompa sentrifugal satu tingkat yang tersusun secara paralel serta elektromotornya seperti terlihat pada gambar.



Gambar Konstruksi Pompa Sentrifugal

- *Vibrometer*

Untuk melakukan pengukuran terhadap tingkat vibrasi yang terjadi pada pompa digunakan instrumen pengukur sinyal vibrasi, yaitu *vibrometer digital Handheld 908B* seperti

terlihat pada gambar Setting instrumen pengukur vibrasi ini dilakukan pada saat akan melakukan pengukuran sinyal vibrasi.



Gambar Vibrometer

Adapun variable yang akan diamati dalam penelitian ini adalah :

1. *Displacement* atau simpangan dari empat titik dan tiga arah pengukuran.
2. *Velocity* atau kecepatan dari empat titik dan tiga arah pengukuran.
3. *Acceleration* atau percepatan dari empat titik dan tiga arah pengukuran
4. Frekuensi natural dari sistem pompa sentrifugal susunan paralel.
5. Kapasitas dari pompa sesuai dengan variasi putaran

Penyelidikan sinyal vibrasi yang timbul akibat perubahan susunan pompa secara paralel dilakukan pada pompa dan elektromotor dengan titik pengukuran searah sumbu vertikal, horizontal dan aksial. Pengukuran dilakukan pada titik yang telah ditentukan dengan pengambilan data berdasarkan *time domain* dan *Domain Frequency*.

Pengukuran ketiga arah tadi dikarenakan sistem pengujian diasumsikan mempunyai 3 derajat kebebasan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Pompa Dan Elektromotor

Pada penelitian ini sebuah pompa sentrifugal yang berhubungan secara paralel dipergunakan untuk mengukur pengaruh putaran dan getaran mekanis yang terjadi pada pompa dan Elektromotor , sehingga dapat diketahui berapa besar getaran yang timbul, apakah masih sesuai dengan batas-batas vibrasi mesin yang baik atau masih dalam batas-batas toleransi

Dalam pengambilan data sistem pengujian yang dilakukan adalah mengukur seberapa besar respon getaran pompa yang timbul pada pemberian beban putaran 1000 rpm dan 1800 rpm. Data yang diambil dari variasi putaran ini diukur pada empat titik pengukuran yaitu pada Pompa dititik P-01, P-02, dan kedua elektromotor pada titik P-03, P-04 berdasarkan *Domain Frequency* dan *time domain* .

Adapun tujuan pengukuran ini adalah untuk menemukan karakteristik respon getaran dari pompa sentrifugal yang dihubungkan secara paralel.

Pengukuran respon getaran diambil pada putaran 1000 rpm dititik P-01 dilakukan dengan mengambil *displacement* (simpangan) , *velocity* (kecepatan) , *Acceleration* (Percepatan) untuk arah aksial, vertikal, horizontal, data pengukuran dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 1 Hasil pengukuran respon getaran pada Pompa putaran 1000 rpm pada P-01

No	Waktu (detik)	Aksial			Vertikal			Horizontal		
		Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc
1	12	40.5	2.25	3.20	40.0	0.550	1.90	35.5	0.65	2.285
2	16	40.0	2.70	3.51	45.0	0.825	1.80	38.5	0.75	2.335
3	20	45.0	2.68	3.22	43.5	0.850	1.95	39.0	0.90	2.565
4	24	46.5	2.68	3.00	51.0	0.825	1.85	40.5	1.05	2.610
5	28	48.0	2.70	3.00	51.0	0.825	2.25	41.5	1.25	2.835
6	32	50.0	2.65	2.94	52.5	0.675	2.25	42.5	1.55	2.940
7	36	48.0	2.70	3.51	53.5	0.675	2.40	43.0	1.75	2.940
8	40	52.5	2.67	3.51	55.0	0.975	2.70	44.0	1.90	3.135
9	44	54.0	2.67	3.36	55.0	0.875	2.40	44.0	2.00	3.240
10	48	56.0	2.70	3.80	55.0	0.875	2.40	45.0	2.10	3.450
Rata-rata		48.0	2.64	3.31	50.1	0.795	2.19	41.3	1.39	2.83

Harga respon getaran pada Tabel 1 adalah penjumlahan harga rata-rata yang didapat dari pengukuran langsung simpangan, kecepatan dan percepatan dibagi jumlah pengujian.

Berdasarkan analisa perhitungan getaran didapat berdasarkan :

$$\text{Simpangan : } x = A \cdot \sin \omega t$$

$$A = \frac{x}{\sin \omega t}$$

$$\text{Kecepatan : } \dot{x} = \omega A \cos \omega t$$

$$A = \frac{\dot{x}}{\omega \cos \omega t}$$

$$\text{Percepatan : } \ddot{x} = -\omega^2 A \sin \omega t$$

$$A = \frac{\ddot{x}}{-\omega^2 \sin \omega t}$$

Disubstitusikan persamaan 4.1 ke pers. 4.3 akan didapat : $\ddot{x} = -x\omega^2$

Adapun tanda negative menyatakan bahwa arah percepatan berlawanan dengan arah simpangannya .

Sehingga didapat frekuensi dalam bentuk kecepatan sudut : $\omega = -\sqrt{\frac{\ddot{x}}{x}}$

Untuk A sebagai harga simpangan maksimum mempunyai harga yang sama pada simpangan (*displacement*), Kecepatan (*velocity*), dan percepatan (*acceleration*), sehingga berlaku hubungan :

$$A_1 = A_2 = A_3 \text{ Sehingga didapat : } \frac{x}{\sin\omega t} = \frac{\dot{x}}{\omega \cos\omega t} = \frac{\ddot{x}}{\omega^2 \sin\omega t}$$

$$\text{Sehingga : } \frac{x}{\dot{x}} = \frac{\sin\omega t}{\omega \cos\omega t}$$

$$\text{Maka : } \omega t = \text{arc. tan} \frac{x\omega}{\dot{x}}$$

Kecepatan sudut untuk masing-masing arah dapat dihitung dari Tabel yaitu :

Arah aksial

$$\text{Kecepatan sudutnya : } \omega = \sqrt{\frac{\ddot{x}}{x}} = \sqrt{\frac{3.31 \times 10^{-2}}{48.05 \times 10^{-6}}} = \sqrt{688.86} = 26.2462 \text{ rad/s}$$

$$\omega t = \text{arc. tan} \frac{x\omega}{\dot{x}} = \text{arc tan} \frac{48.05 \times 10^{-6} \times 26.2462}{2.64 \times 10^{-2}}$$

$$= \text{arc.tan} 0,04777 = 2,7349 \text{ rad}$$

Sehingga diperoleh perioda :

$$t = \frac{\omega t}{\omega} = \frac{2.7349}{26.2462} = 0,1040 \text{ s}$$

Amplitudo adalah

$$A = \frac{x}{\sin \omega t}$$

$$A = \frac{48,05 \times 10^{-6}}{\sin 26.2462 \times 0,97} = 1.04 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Dengan cara yang sama dalam perhitungan kecepatan sudut, periode, dan amplitudo untuk arah vertikal dan horizontal dapat dicari dan ditabelkan sebagai Tabel .

Tabel 2 Amplitudo pada $n = 1000 \text{ rpm}$; P-01

	Arah		
	Aksial	Vertikal	Horizontal
ω (rad/s)	26,2462	20,8971	26,1611
ωt (rad)	2,7349	7,5095	4,45
t (s)	0,1040	0,3593	0,1701
A (m)	$1,04 \times 10^{-3}$	$3,91 \times 10^{-4}$	$5,52 \times 10^{-3}$

Dari Tabel diatas dapat diperoleh simpangan dari rumus :

$$\text{Arah aksial : } x = A \sin \omega t = 1,04 \times 10^{-3} \sin 26,2462 t$$

$$\dot{x} = A \cos \omega t = 2,72 \times 10^{-2} \cos 26,2462 t$$

$$\ddot{x} = -A \omega^2 \sin \omega t = -7,16 \times 10^{-1} \sin 26,2462 t$$

$$\text{Arah vertikal : } y = A \sin \omega t = 3,91 \times 10^{-4} \sin 20,8971 t$$

$$\dot{y} = A \cos \omega t = 8,17 \times 10^{-3} \cos 20,8971 t$$

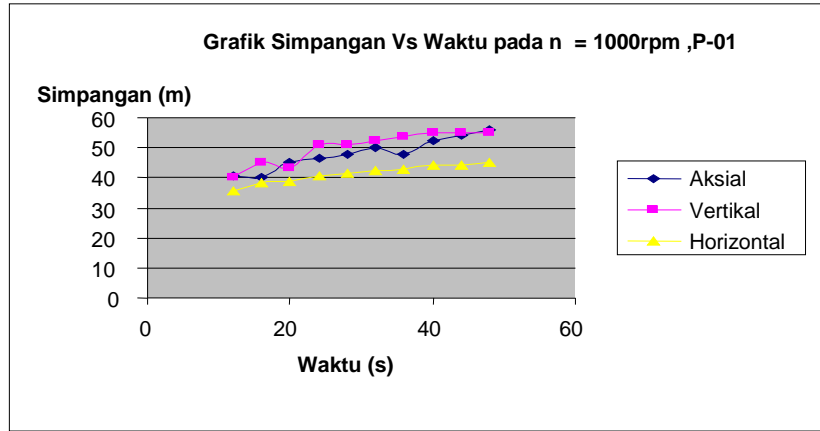
$$\ddot{y} = -A \omega^2 \sin \omega t = -1,70 \times 10^{-1} \sin 20,8971 t$$

$$\text{Arah horizontal : } z = A \sin \omega t = 5,52 \times 10^{-3} \sin 26,1611 t$$

$$\dot{z} = A \cos \omega t = 1,44 \times 10^{-1} \cos 26,1611 t$$

$$\ddot{z} = -A \omega^2 \sin \omega t = -3,78 \sin 26,1611 t$$

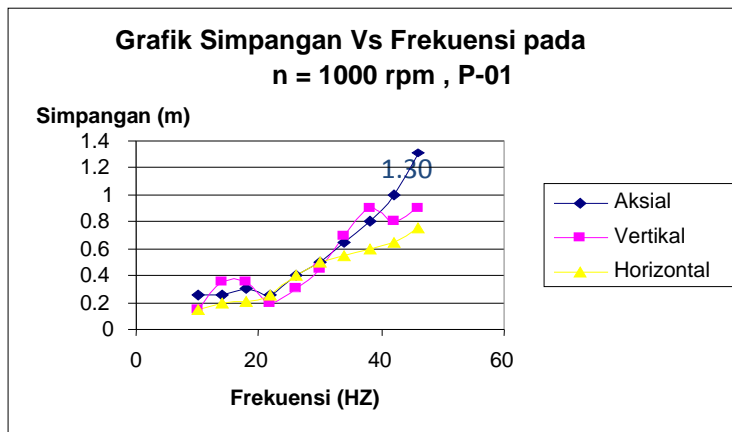
Dengan hasil pengukuran respon getaran yang diukur pada titik P-01 dengan putaran $n = 1000 \text{ rpm}$, maka diperoleh data simpangan dengan waktu seperti Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Simpangan dengan Waktu pada $n = 1000$ rpm; P-01

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa simpangan arah aksial merupakan harga tertinggi 56×10^{-6} m , sedangkan arah vertikal 55×10^{-6} m dan arah horizontal 45×10^{-6} m.

Pengukuran dengan *Domain Frequency* pada kondisi dan titik yang sama dapat digambarkan seperti Gambar 1.



Gambar 2. Hubungan Simpangan dengan Frekuensi pada $n = 1000$ rpm; P-01

Dari Gambar 2 dilihat simpangan dengan frekuensi domain pada arah aksial lebih tinggi dari pada arah vertikal dan horizontal, dimana pada arah aksial untuk frekuensi 46 Hz diperoleh $1,30 \times 10^{-6}$ m, vertikal $0,90 \times 10^{-6}$ m dan arah horizontal $0,75 \times 10^{-6}$ m

Pengukuran respon getaran pompa Sentrifugal putaran $n = 1000$ rpm; P-02

Hasil pengukuran respon getaran yang terjadi pada putaran 1000 rpm titik P-02.

Tabel 3 Hasil pengukuran respon getaran pada Pompa putaran 1000 rpm pada P-02

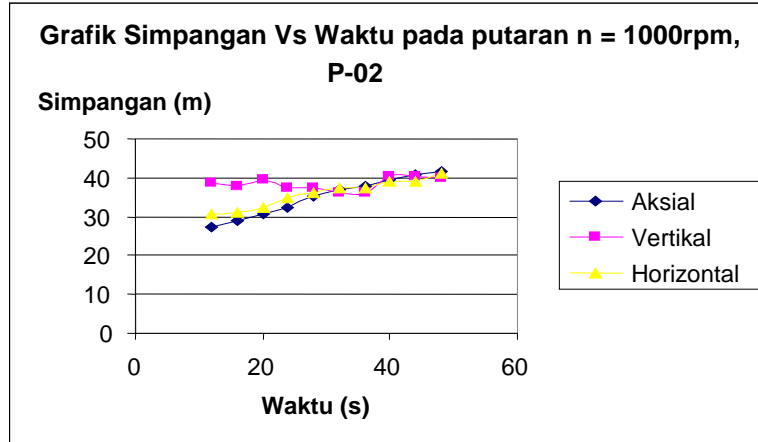
No	Waktu (detik)	Aksial			Vertikal			Horizontal		
		Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc
1	12	27.5	0.10	2.75	38.5	0.10	3.25	30.50	0.15	3.00
2	16	29.0	0.20	2.67	38.0	0.20	3.12	31.00	0.20	3.10
3	20	30.5	0.30	2.67	39.5	0.30	3.42	32.25	0.35	3.30
4	24	32.5	0.40	3.02	37.5	0.35	3.50	35.05	0.40	3.45
5	28	35.5	0.40	3.17	37.5	0.40	3.50	36.00	0.40	3.50
6	32	37.0	0.50	3.17	36.0	0.45	4.10	37.50	0.60	3.50
7	36	38.0	0.60	3.22	36.0	0.70	4.17	37.50	0.80	3.60
8	40	39.6	0.85	3.32	40.5	0.80	4.20	39.00	0.90	3.60
9	44	40.6	0.90	3.40	40.5	1.00	4.25	39.00	1.00	3.70
10	48	41.5	1.05	3.60	40.0	1.10	4.25	41.00	1.00	3.80
Rata-rata		35.17	0.53	3.09	38.4	0.54	3.78	35.83	0.58	3.46

Harga respon getaran pada Tabel 3 adalah penjumlahan harga rata-rata yang didapat dari pengukuran langsung simpangan, kecepatan dan percepatan dibagi jumlah pengujian. Dengan cara yang sama dalam perhitungan kecepatan sudut perioda, dan amplitudo untuk arah aksial, vertikal, dan horizontal dapat dicari dan ditabelkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Amplitudo pada $n = 1000 \text{ rpm}$; P-02

	Arah		
	Aksial	Vertikal	Horizontal
$\%o$ (rad/s)	29,641	31,3747	31,0752
$\%ot$ (rad)	11,1276	12,577	10,8668
t (s)	0,3754	0,4008	0,3496
A (m)	$1,89 \times 10^{-4}$	$1,84 \times 10^{-4}$	$1,98 \times 10^{-4}$

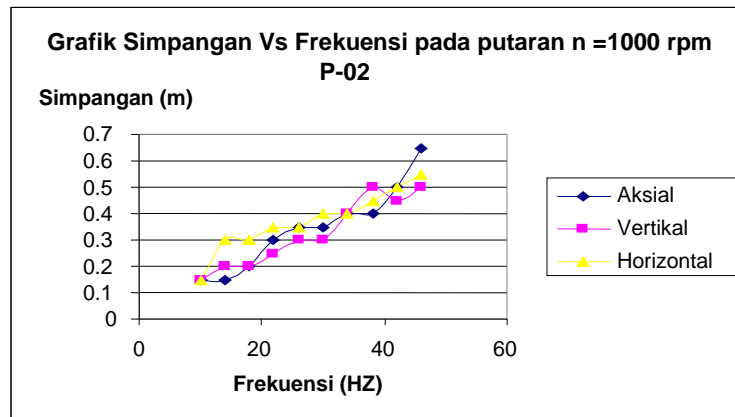
Dengan hasil pengukuran respon getaran yang diukur pada titik P-02 dengan $n = 1000 \text{ rpm}$, maka diperoleh data simpangan dengan waktu seperti Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Simpangan dengan Waktu pada $n = 1000$ rpm ; P-02

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa simpangan pada arah aksial merupakan angka tertinggi dengan harga $41,5 \times 10^{-6}$ m , sedangkan pada arah vertikal $40,5 \times 10^{-6}$ m dan arah horizontal 41×10^{-6} m.

Pengukuran dengan *Domain Frequency* pada kondisi dan titik yang sama dapat digambarkan pada Gambar 4 :



Gambar 4. Hubungan Simpangan dengan Frekuensi pada putaran $n = 1000$ rpm ; P-02

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa simpangan dengan *Domain Frequency* pada arah aksial lebih tinggi dari pada arah vertikal dan horizontal, dimana pada arah aksial untuk frekuensi 46 Hz didapat $0,65 \times 10^{-6}$ m vertikal $0,50 \times 10^{-6}$ m dan arah horizontal $0,55 \times 10^{-6}$ m.

Hasil pengukuran respon getaran yang terjadi pada titik P-03 dapat dilihat pada Tabel 5 .

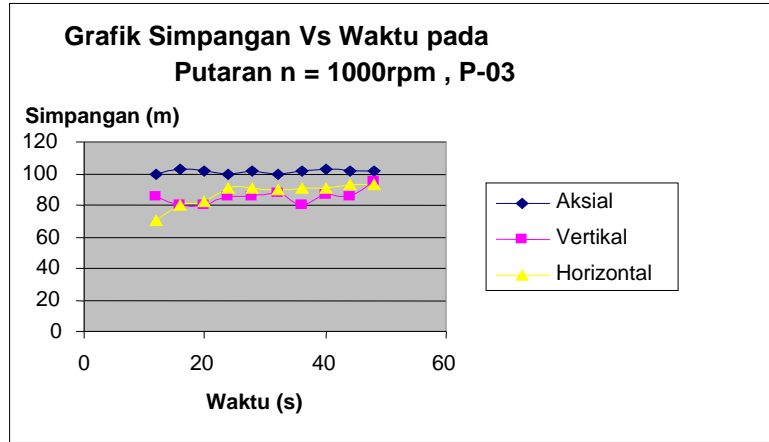
Tabel 5 Hasil pengukuran respon getaran pd elektromotor pada $n = 1000$ rpm; P-03

No	Waktu (detik)	Aksial			Vertikal			Horizontal		
		Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc
1	12	90	2.35	2.17	85	2.10	2.25	80	2.00	2.20
2	16	93	2.45	2.25	86	2.10	2.37	81	2.10	2.32
3	20	95	2.50	2.30	87	2.35	2.47	82.5	2.25	2.45
4	24	96	2.65	2.35	87.5	2.40	2.50	83.5	2.35	2.45
5	28	97	2.65	2.45	88.5	2.65	2.50	84.5	2.45	2.48
6	32	98	2.75	2.60	89.5	2.70	2.60	86	2.50	2.48
7	36	100	2.75	2.70	90	2.70	2.75	89	2.60	2.55
8	40	101	2.80	2.70	91	2.80	2.75	90	2.75	2.55
9	44	102	2.80	2.85	91.5	2.85	2.87	91	2.85	2.60
10	48	102	2.95	2.85	92	2.85	2.90	92	2.85	2.75
Rata-rata		97.5	2.67	2.52	88.8	2.55	2.59	85.95	2.47	2.48

Harga respon getaran pada Tabel 5 adalah penjumlahan harga rata-rata yang didapat dari pengukuran langsung simpangan, kecepatan dan percepatan dibagi jumlah pengujian. Dengan cara yang sama dalam perhitungan kecepatan sudut perioda, dan amplitudo untuk arah aksial, vertikal, dan horizontal dapat lihat pada Tabel 6

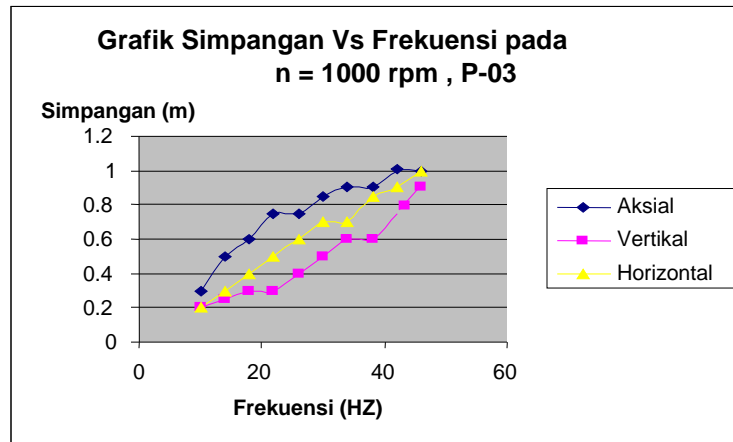
Tabel 6 Amplitudo pada $n = 1000 \text{ rpm}$; P-03

	Arah		
	Aksial	Vertikal	Horizontal
$\%_o \text{ (rad/s)}$	16.0849	17.0782	16.9864
$\%_o t \text{ (rad)}$	3.358	3.4035	3.3827
t (s)	0,2087	0,1992	0,1991
A (m)	1.68×10^{-3}	1.52×10^{-3}	1.48×10^{-3}



Gambar 5 Hubungan Simpangan dengan Waktu pada $n = 1000$ rpm; P-03

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa simpangan pada arah aksial merupakan angka tertinggi dengan harga 102×10^{-6} m, sedangkan pada arah vertikal 92×10^{-6} m dan arah horizontal 92×10^{-6} m. Pengukuran dengan frekuensi domain pada kondisi dan titik yang sama dapat digambarkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Simpangan dengan Frekuensi pada $n = 1000$ rpm; P-03

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa simpangan dengan *Domain Frequency* pada arah aksial lebih tinggi dari pada arah vertikal dan horizontal, dimana pada arah aksial untuk frekuensi 42 Hz didapat $1,00 \times 10^{-6}$ m, vertikal $0,80 \times 10^{-6}$ m dan arah horizontal $0,90 \times 10^{-6}$ m. Hasil pengukuran respon getaran yang terjadi pada titik P-04 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Pengukuran Respon Getaran pd Elektromotor pada n = 1000 rpm; P-04

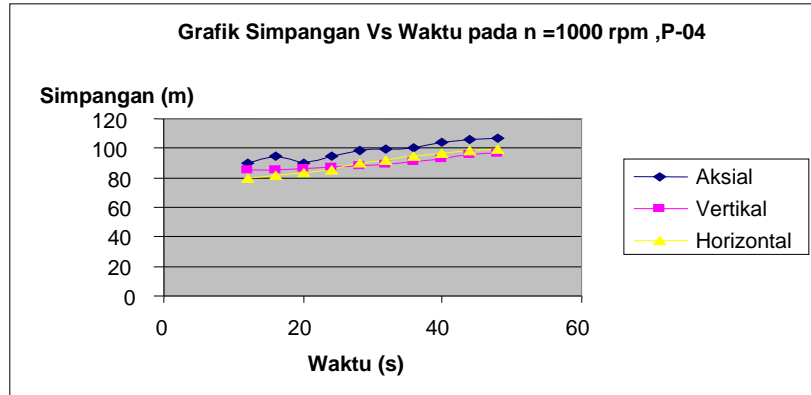
No	Waktu (detik)	Aksial			Vertikal			Horizontal		
		Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc
1	12	90	2.00	2.65	85	2.15	2.00	80	2.20	1.55
2	16	95	2.10	3.05	85.5	2.15	2.10	81.5	2.55	1.55
3	20	90	2.15	3.25	86	2.25	2.20	83	2.55	1.67
4	24	95	2.25	3.35	87	2.40	2.35	85	2.75	1.67
5	28	98	2.45	3.35	88	2.55	2.45	90	2.95	2.00
6	32	99	2.55	3.50	89	2.75	2.45	92	3.05	2.10
7	36	100	2.70	3.50	90.5	2.95	2.50	95	3.25	2.25
8	40	104	2.95	3.55	92.5	3.05	2.50	97	3.35	2.30
9	44	106	3.05	3.55	96	3.15	2.60	98	3.35	2.40
10	48	107	3.15	3.65	97	3.25	2.70	99	3.45	2.65
Rata-rata		98.4	2.54	3.34	89.65	2.67	2.39	90.05	2.95	2.01

Harga respon getaran pada Tabel 7 adalah penjumlahan harga rata-rata yang didapat dari pengukuran langsung simpangan, kecepatan dan percepatan dibagi jumlah pengujian. Dengan cara yang sama dalam perhitungan kecepatan sudut perioda, dan amplitudo untuk arah aksial, vertikal, dan horizontal dapat dicari dan ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 8 Amplitudo pada n = 1000 rpm; P-04

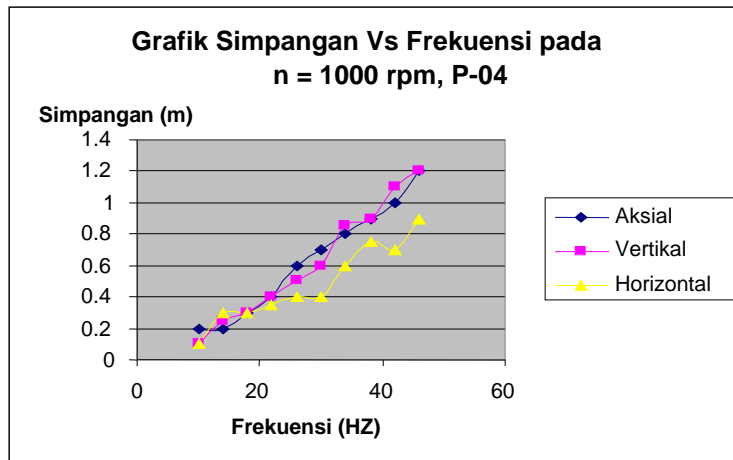
	Arah		
	Aksial	Vertikal	Horizontal
%o (rad/s)	18.4236	16.3276	14.9402
%ot (rad)	4.0905	3.1379	2.6112
t (s)	0,222	0,1922	0,1747
A (m)	1.4×10^{-3}	1.66×10^{-3}	2.0×10^{-3}

Dengan hasil pengukuran respon getaran yang diukur pada titik P-04 dengan gaya n = 1000rpm, maka diperoleh data simpangan dengan waktu seperti Gambar 7.



Gambar 7 Hubungan Simpangan dengan Waktu pada n = 1000 rpm; P-04

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa simpangan pada arah aksial merupakan angka tertinggi dengan harga 107×10^{-6} m, sedangkan pada arah vertikal 97×10^{-6} m dan arah horizontal 99×10^{-6} m.



Gambar 8 Hubungan Simpangan dengan Frekuensi pada n = 1000 rpm; P-04

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa simpangan dengan *Domain Frequency* pada arah aksial dan vertikal lebih tinggi dari pada arah horizontal, dimana pada arah aksial dan vertikal untuk frekuensi 46 Hz diperoleh $1,20 \times 10^{-6}$ m dan arah horizontal $0,90 \times 10^{-6}$ m.

Elektromotor 2 (P – 04) untuk n = 1000 rpm

No	Frequency (Hz)	Axial			Vertical			Horizontal		
		Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc
1	10	0.22	0.35	0.17	0.18	0.35	0.25	0.25	0.35	0.25
2	14	0.25	0.40	0.25	0.25	0.65	0.25	0.40	0.45	0.35
3	18	0.35	0.45	0.40	0.30	0.95	0.45	0.50	0.75	0.40
4	22	0.70	0.75	0.45	0.50	1.10	0.50	0.55	0.85	0.40
5	26	0.85	1.10	0.40	0.50	1.25	0.45	0.50	1.10	0.50
6	30	1.10	1.40	0.65	0.50	1.40	0.65	0.50	1.20	0.70
7	34	1.40	1.90	0.65	0.75	1.40	0.65	0.65	1.45	0.70
8	38	1.85	2.75	0.70	0.70	1.65	0.60	0.75	1.55	0.75
9	42	2.00	3.50	0.75	0.80	1.70	0.75	0.90	2.10	0.85
10	46	2.25	4.10	0.80	0.80	2.00	0.80	1.10	2.90	0.90

Pompa I (P-01) untuk n = 1800 rpm

No	Time (Second)	Axial			Vertical			Horizontal		
		Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc
1	12	52.0	3.60	3.65	50.0	1.65	2.85	52.5	1.95	2.95
2	16	52.5	3.70	3.75	51.0	1.85	2.90	52.5	2.05	2.95
3	20	55.5	3.80	3.95	52.5	1.95	2.95	54.0	2.20	2.85
4	24	60.5	3.90	4.05	53.0	2.22	3.15	58.5	2.55	2.90
5	28	65.0	4.10	4.15	55.0	2.22	3.25	61.5	2.85	2.85
6	32	70.0	4.25	4.25	57.5	2.47	3.25	64.5	2.75	3.10
7	36	74.0	4.30	4.35	58.5	2.57	3.40	67.0	2.75	3.10
8	40	72.5	4.40	4.25	60.0	2.47	3.70	70.0	2.90	3.35
9	44	78.0	4.50	4.30	64.0	2.67	3.80	73.0	3.10	3.40
10	48	78.0	4.50	4.30	67.0	2.57	4.00	76.0	3.30	3.60

Pompa II (P- 02) untuk n = 1800 rpm

No	Time (Second)	Axial			Vertical			Horizontal		
		Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc
1	12	40.0	0.70	3.50	47.0	0.50	3.85	47.05	0.55	3.60
2	16	41.0	0.80	3.65	48.0	0.65	3.85	48.00	0.65	3.80
3	20	43.5	0.90	3.75	49.5	0.75	3.95	49.25	0.75	3.90
4	24	45.5	1.00	3.85	50.5	0.85	4.00	50.05	0.80	4.15
5	28	47.5	1.10	3.95	52.5	0.90	4.15	52.00	0.90	4.60
6	32	48.0	1.25	3.95	53.0	1.05	4.50	53.50	1.00	4.80
7	36	49.0	1.40	4.25	54.0	1.10	4.65	54.50	1.20	4.95
8	40	52.5	1.65	4.35	56.5	1.40	4.90	56.00	1.40	5.10
9	44	55.5	1.80	4.50	57.5	1.65	5.40	58.00	1.65	5.35
10	48	56.5	1.95	4.80	59.0	1.80	5.55	58.50	1.85	5.55

Elektromotor I (P – 03) untuk n = 1800 rpm

No	Time (Second)	Axial			Vertical			Horizontal		
		Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc
1	12	125	3.55	3.85	97	2.65	3.75	89	2.60	3.65
2	16	135	3.65	3.90	98	2.75	3.95	90	2.70	3.75
3	20	145	3.70	4.00	98	2.88	3.95	92	2.85	3.85
4	24	155	3.75	4.05	99	2.95	4.00	94	2.95	3.95
5	28	150	3.95	4.15	100	3.00	4.15	96	3.05	4.05
6	32	155	3.90	4.25	102	3.15	4.30	96	3.10	4.15
7	36	155	4.00	4.30	103	3.35	4.40	97	3.10	4.25
8	40	165	4.10	4.55	105	3.50	4.50	98	3.25	4.35
9	44	165	4.10	4.70	107	3.65	4.65	100	3.35	4.40
10	48	170	4.25	4.95	115	3.75	4.85	102	3.45	4.50

No	Frequency (Hz)	Axial			Vertical			Horizontal		
		Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc
1	10	1.55	0.65	0.70	0.85	0.70	0.70	0.65	0.60	0.60
2	14	1.65	0.85	0.85	0.90	0.70	0.75	0.65	0.60	0.65
3	18	1.75	0.95	1.10	1.00	1.15	0.80	0.75	0.80	0.60
4	22	1.85	1.10	1.20	1.25	1.25	0.90	0.80	1.10	0.80
5	26	1.85	1.55	1.55	1.40	1.45	1.05	0.95	1.25	0.90
6	30	1.95	1.90	1.90	1.60	1.60	1.15	1.10	1.25	1.15
7	34	2.00	2.55	2.35	1.85	1.85	1.25	1.20	1.30	1.35
8	38	2.10	2.80	2.55	1.90	1.95	1.35	1.35	1.55	1.45
9	42	2.20	3.10	2.65	2.35	2.15	1.50	1.40	2.15	1.60
10	46	2.40	3.50	2.75	2.40	2.25	1.65	1.65	2.35	1.75

Elektromotor 2 (P – 04) untuk n = 1800 rpm

No	Time (Second)	Axial			Vertical			Horizontal		
		Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc	Dis	Vel	Acc
1	12	114	2.60	3.25	94	1.75	2.45	94	2.00	1.40
2	16	115	2.80	3.25	95	1.95	2.65	94	2.35	1.55
3	20	127.5	2.95	3.55	96.5	2.20	2.75	95	2.55	1.55
4	24	127.5	3.05	3.65	96.8	2.65	2.85	95.5	2.75	1.85
5	28	130	3.25	3.65	99	2.80	3.05	96	2.75	2.15
6	32	136	3.35	3.85	100.5	2.90	3.35	95.5	3.15	2.35
7	36	137	3.65	3.85	102.5	3.15	3.40	96	3.35	2.55
8	40	140.5	3.65	3.90	105.5	3.20	3.55	99	3.45	2.70
9	44	147	3.85	3.95	107.5	3.35	3.60	100	3.55	2.75
10	48	150	3.90	3.95	110	3.55	3.70	102	3.55	2.85

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah :

1. Dari ketiga posisi pengukuran dapat disimpulkan bahwa Karakteristik getaran yang paling rendah terdapat pada Pompa dititik P-02 dengan harga simpangan $27,5 \times 10^{-6}$ m arah aksial pada putaran $n = 1000$ rpm sedangkan yang paling tinggi terdapat pada elektromotor di titik P-03 dengan harga simpangan 170×10^{-6} m arah aksial pada putaran $n = 1800$ rpm.
2. Dari hasil pengukuran getaran yang diukur pada, pompa, dan elektromotor dapat disimpulkan bahwa simpangan terbesar terjadi pada elektromotor.
3. Frekwensi tertinggi terjadi pada frekwensi 46 Hz, untuk pengukuran simpangan, kecepatan dan percepatan dimana besarnya untuk:
 - Simpangan $2,40 \times 10^{-6}$ m dititik P-03 arah aksial dan vertikal pada putaran $n = 1800$ rpm
 - Kecepatan $4,10 \times 10^{-2}$ cm/s dititik P-04 arah aksial pada putaran $n = 1000$ rpm
 - Percepatan $2,75 \times 10^{-2}$ cm/s² dititik P-03 arah aksial pada putaran $n = 1800$ rpm

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Bagiasna, K., " Analisis Sinyal Getaran, " PT. Krakatau Engineering.
2. Barkov, A. V, Barkova, N.A, " Artificial Inteligence System For Machine Condition and Diagnosties by vibration," Proccedings of the Saint Peterburg, USA, 1999
3. Bodre, R, The Principles of Vibration theory and Analysis," DLI Engineering Corp Bainbridge Island, W A 98110.
4. Church, A , H , Pompa dan Blower Sentrifugal, Penerbit Erlangga ,1986.
5. Filtz Dietzel, Turbin, Pompa Dan Kompresor Penerbit Erlangga, 1996.
6. Hicks, Edward, Teknologi Pemakaian Pompa, Penerbit Erlangga, 1996.
7. Kelly, S, G , Fundamentals of Mechanical Vibration, Second Edition, Mc Graw Hill, 2000
8. Kenneth, G, McConnell, Vibration Testing, John Wiley & Sons, Inc, 1995.

RIWAYAT HIDUP (CV)

Data Pribadi

Nama : Ir,Suriady Sihombing,MT
Jenis kelamin : Laki-laki
Tempat/Tgl lahir : P.Siantar, 30 Januari 1964
Pekerjaan : Dosen Tetap Fakultas Teknik
Golongan : IV-B
Pangkat : Lektor Kepala
Jabatan : Kepala Laboratorium
Instansi : Univ. HKBP Nommensen
Alamat : Jl.Turi Gg. Parulian NO.156 Medan 20218
HP. 08163137059

Riwayat Pendidikan

Tahun		Jenjang Pendidikan
Masuk	Tamat	
1970	1976	Sekolah Dasar (SD) Taman Siswa P.Siantar
1976	1979	Sekolah Menengah Pertama (SMP) Taman.Siswa P.Siantar
1979	1982	Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 2 P.Siantar
1982	1987	Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Univ. HKBP Nommensen
2005	2008	Sekolah Pascasarjana USU Prog.Magister Teknik Mesin

Riwayat Pekerjaan

No	Pekerjaan	Tahun
1	Kepala Lab. Metalurgi	1988-1992
2	Kepala Lab. Pengujian Mesin	1993-1995
3	Kepala Lab. Teknologi Mekanik	1996-1999
4	Kepala Lab. Fenomena Dasar	2000-2013

RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Nama : David William Nababan
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat/Tgl lahir : Medan, 20 Maret 1990
Pekerjaan : Supplier Marketing Spare part
Jabatan : Manager Marketing
Instansi : Cv. Jaya Utama
Alamat : Jl.Turi Gg. Parulian NO.156 Medan 20218
HP. 085830202066

Riwayat Pendidikan

Tahun		Jenjang Pendidikan
Masuk	Tamat	
1996	2002	Sekolah Dasar (SD) St.Antonius VI Medan.
2002	2005	Sekolah Menengah Pertama (SMP) Katolik Trisakti 1 Medan.
2005	2008	Sekolah Menengah Atas (SMA) Budi Murni 1 Medan.
2008	2012	Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Univ. HKBP Nommensen Medan.

Riwayat Pengalaman

NO	Pengalaman	Tahun
1	Mekanik Bengkel Sun Motor Medan	2009
2	Supplier Marketing Spare part Cv. Jaya Utama Medan	2010 s/d sekarang