

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DAFTAR PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Menjaga stabilitas dan performa pada pompa sentrifugal sangat dibutuhkan untuk menunjang kegunaan pompa sentrifugal. Turunnya performa pada pompa sentrifugal dapat disebabkan oleh beberapa kerusakan antara lain kavitasi, *unbalance*, *misalignment*, dan *cooked bearing* (Farandy dkk,2013). Banyak metode yang telah dilakukan untuk mendeteksi kerusakan pada pompa sentrifugal antara lain yang telah diteliti oleh beberapa peneliti dibawah ini.

Pradhan, dkk (2012) melakukan sebuah penelitian tentang metode deteksi kerusakan pada pompa sentrifugal berbasis vibrasi sinyal getaran. Metode ini dilakukan bukan untuk mencegah kegagalan tetapi dilakukan untuk memprediksi kegagalan yang akan terjadi pada waktu mendatang. Parameter yang digunakan pada metode ini adalah domain waktu dan domain frekuensi dengan menggunakan variasi kerusakan impeller pada pompa. Pada domain waktu digunakan parameter statistik RMS. Hasil penelitian diketahui bahwa level cacat pada impeler yang bertambah akan menghasilkan puncak amplitudo pada domain frekuensi sinyal getaran yang tinggi dan RMS sinyal getaran meningkat.

Ahmed,dkk (2012) melakukan sebuah eksperimen dengan mengidentifikasi tingkat aliran yang terjadi pada variasi kerusakan impeler yang berbeda. Alat yang digunakan untuk menangkap perubahan vibrasi atau getaran pada pompa sentrifugal menggunakan accelerometer. Hasil dari eksperimen ini menunjukkan peningkatan laju alir sejalan dengan meningkatnya amplitudo sinyal getaran yang disebabkan karena beberapa jenis cacat pada setiap impeler.

Halley (2009) melakukan sebuah penelitian tentang metode deteksi fenomena kavitasi pada pompa sentrifugal menggunakan parameter sinyal getaran dan perubahan temperatur. Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan eksperimen dan analisis tentang perubahan karakteristik sebuah kavitasi pada pompa sentrifugal yang disebabkan oleh variasi NPSH (*Net Positive Suction Head*

Available), perubahan suhu dan meningkatnya sinyal getaran. NPSH digunakan sebagai ukuran keamanan pompa terhadap kavitas. Hasil penelitian ini menggambarkan bahwa terjadi peningkatan amplitudo sinyal getaran dan temperatur fluida pada rumah pompa akibat variasi NPSHA.

Astriyanto dkk (2012) melakukan pengujian terhadap respon getaran fenomena kavitas pada pompa sentrifugal menggunakan variasi kerusakan impeller. Variasi yang digunakan pada pengujian ini menggunakan 4 jenis kerusakan yang berbeda. Hasil dari pengujian ini adalah kerusakan impeller sangat berpengaruh terhadap tekanan pada pompa sentrifugal baik tekanan keluar pompa atau tekanan hisap pompa. Kerusakan pada impeller tidak berpengaruh terhadap kenaikan tertinggi pada accelerometer.

Jensen dkk (2000) melakukan sebuah penelitian dengan mendeteksi fenomena kavitas yang terjadi pada pompa sentrifugal menggunakan sinyal getaran dengan variasi kecepatan putaran motor dan peletakan sensor di dua titik (vertikal dan horisontal). Penelitian dengan menggunakan sinyal getaran ini mendapatkan hasil bahwa fenomena kavitas akibat penurunan tekanan dapat ditandai dengan pergeseran amplitudo pada 5X menjadi 3,5X.

Fauziah, dkk (2016) melakukan penelitian tentang kerusakan pada pompa yang dipengaruhi transmissibilitas sinyal getaran. Deteksi kerusakan pada penelitian ini menggunakan accelerometer. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa superposisi destruktif diketahui pada nilai transmissibility yang bernilai negatif pada *spektrum Fast fourier transform*.

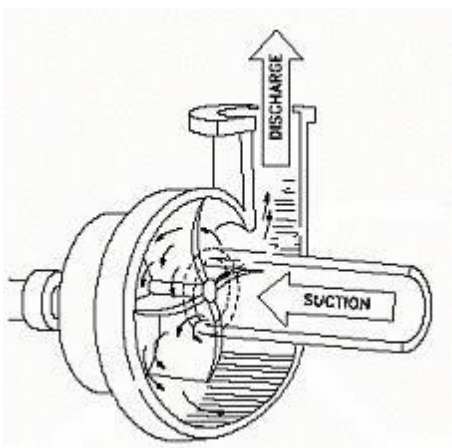
Wijianto, dkk (2010) melakukan penelitian pada pompa sentrifugal menggunakan sinyal getaran dengan variasi bukaan katup pada *suction* dan *discharge* pompa. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan pompa pada saat keadaan normal dan keadaan kavitas. Hasil pengukuran sinyal getaran juga di bandingkan dengan nilai NPSHA. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa semakin tinggi putaran pompa akan mengakibatkan penurunan tekanan pada *suction* pompa dan berbanding lurus dengan intensitas kavitas.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu seperti yang diuraikan pada paragraf di atas, metode deteksi kerusakan dini menggunakan domain waktu atau

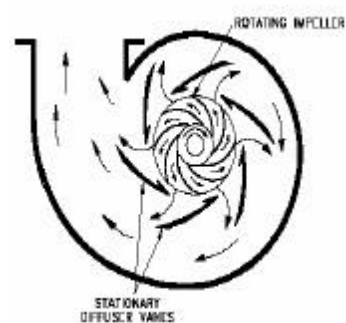
domain frekuensi menunjukkan hasil yang menjanjikan. Namun dalam metode-metode yang digunakan sebelumnya cenderung didapatkan dengan cara parsial. Pada penelitian ini digunakan sebuah metode deteksi dini yang mengkombinasikan informasi dari domain waktu dan domain frekuensi. Metode kombinasi ini diharapkan dapat memperbaiki kekurangan dari metode-metode yang sebelumnya sudah dipakai.

2.2 Pompa sentrifugal

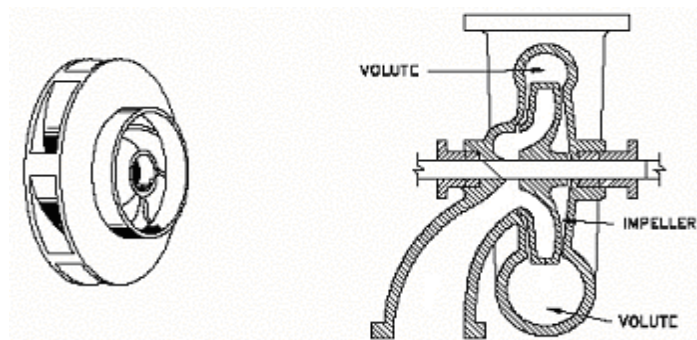
Pompa sentrifugal adalah sebuah jenis pompa yang memiliki bentuk yang sederhana. Selain memiliki bentuk yang sederhana pompa sentrifugal juga memiliki harga yang cukup murah maka dari itu pompa sentrifugal paling banyak digunakan (Martianis,2013). Impeler pada pompa sentrifugal adalah komponen yang digunakan untuk menggerakkan fluida cair dari lokasi sumber menuju lokasi target dengan memanfaatkan energi kecepatan yang diubah menjadi energi tekan (Bloch, dkk 2005). Gaya sentrifugal memiliki fungsi untuk mendorong fluida keluar dari impeler pada pompa sentrifugal (Dietzel,2010). Menurut Chuch (1996) pompa sentrifugal sendiri mempunyai beberapa macam jenis yaitu : Pompa rumah keong Gambar 2.1, Pompa *diffuser* Gambar 2.2, dan pompa turbin Gambar 2.3.



Gambar 2.1 Pompa rumah keong
(Chuch, 1996)



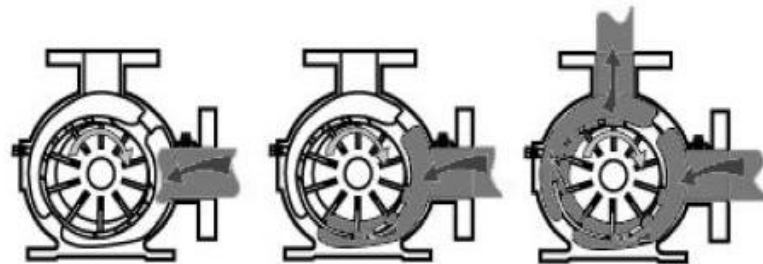
Gambar 2.2 Pompa Diffuser
(Chuch,1996)



Gambar 2.3 Pompa Turbin (Dietzel, 2010)

2.2.1 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pada saat impeler berputar mengakibatkan kevakuman yang terjadi didalam rumah pompa sehingga udara luar terhisap perbedaan tekanan inilah yang menyebabkan fluida terhisap. Selanjutnya fluida terdorong keluar memanfaatkan gaya sentrifugal yang terjadi pada impeler Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Ilustrasi prinsip kerja pompa sentrifugal

(Chuch,1996)

2.2.2 Klasifikasi Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal diklasifikasikan berdasarkan beberapa kriteria, antara lain:

1. Kapasitas :

- a.) Kapasitas rendah : $< 20 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- b.) Kapasitas menengah : $20\text{-}60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- c.) Kapasitas tinggi : $> 60 \text{ m}^3 / \text{jam}$

2. Tekanan Discharge :

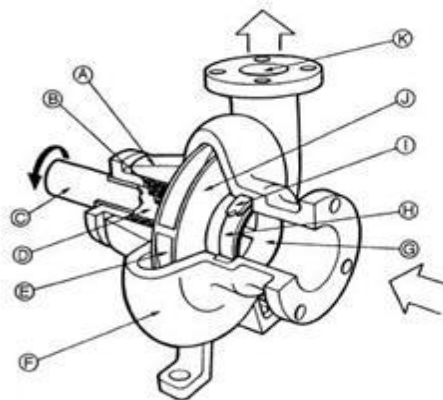
- a.) Tekanan Rendah : $< 5 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
- b.) Tekanan menengah : $5 - 50 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
- c.) Tekanan tinggi : $> 50 \text{ Kg} / \text{cm}^2$

3. Jumlah / Susunan Impeller dan Tingkat :

- a.) Single stage : Terdiri dari satu impeller dan satu casing
- b.) Multi stage : Terdiri dari beberapa impeller yang tersusun seri dalam satu casing.
- c.) Multi Impeller : Terdiri dari beberapa impeller yang tersusun paralel dalam satu casing.
- d.) Multi Impeller – Multi stage : Kombinasi multi impeller dan multi stage.

2.2.3 Bagian-bagian Utama Pompa Sentrifugal

Secara umum pompa sentrifugal memiliki beberapa bagian-bagian utama seperti *stuffing box*, *packing*, *shaft*, *shaft sleeve*, *vane casing*, *eye of impeller*, *impeller*, *wearing ring*, *bearing* dan *casing*. Bagian-bagian tersebut memiliki kegunaan masing-masing yang berguna untuk menunjang kerja pompa. Letak bagian-bagian utama pada pompa sentrifugal dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Rumah Pompa Sentrifugal (Dietzel,1988)

1. *Stuffing Box*

Stuffing Box memiliki fungsi untuk mencegah kebocoran pada daerah dimana poros pompa menembus rumah pompa.

2. *Packing*

Digunakan untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari rumah pompa melalui poros. Bahan material packing terbuat dari asbes atau teflon.

3. Poros

Poros sendiri memiliki fungsi untuk meneruskan momen puntir yang diperoleh dari penggerak selama beroperasi.

4. *Shaft sleeve*

Shaft sleeve berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada *stuffing box*. Pada pompa multi stage dapat sebagai *leakage joint*, *internal bearing* dan *interstage* atau *distance sleeve*.

5. *Vane*

Sudu dari *impeller* sebagai tempat berlalunya cairan pada *impeller*.

6. *Casing*

Merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan *diffuser (guide vane)*, *suction* dan *discharge* serta tempat memberikan arah aliran dari impeler dan mengkonversikan energi kecepatan fluida menjadi energi dinamis (*single stage*).

7. *Eye of Impeller*

Eye of Impeller merupakan bagian sisi masuk pada arah isap *impeller*.

8. *Impeller*

Impeller berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada fluida yang dipompakan secara berkelanjutan, sehingga fluida pada *suction* secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.

9. *Wearing Ring*

Wearing ring berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan *impeller* maupun bagian belakang *impeller*, dengan cara memperkecil celah antara *casing* dengan *impeller*.

10. *Bearing*

Bearing (bantalan) berfungsi untuk menumpu dan menahan beban dari poros agar dapat berputar, baik berupa beban radial maupun beban axial. Bearing

juga memungkinkan poros untuk dapat berputar dengan lancar dan tetap pada tempatnya, sehingga kerugian gesek menjadi kecil.

11. *Casing*

Merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan diffuser (*guide vane*), inlet dan outlet nozel serta tempat memberikan arah aliran dari impeller dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (*single stage*).

2.3. Kerusakan yang sering terjadi pada pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal yang terkenal banyak digunakan pada industri, dapat mengalami sebuah kerusakan yang di sebabkan oleh beberapa masalah yang timbul seperti kavitasi dan kesalahan mekanik seperti kerusakan bearing atau kerusakan impeler. Keterangan diawah akan menjelaskan secara singkat mengenai kerusakan yang dapat terjadi pada pompa sentrifugal.

2.3.1 Kavitasi

Kavitasi dianggap sebagai hal yang umum terjadi pada suatu sistem pemipaan yang memanfaatkan pompa sentrifugal. Kavitasi yang timbul pada sisi isap pompa sentrifugal akan mungkin terjadi karena pengaruh kecepatan aliran dan perbedaan penampang ketika tekanan fluida dalam pompa menurun di bawah tekanan uap jenuhnya. Pada saat terjadi kavitasi akan terbentuk gelembung udara di dalam pompa. Gelembung udara mempunyai efek yang berbahaya yaitu pada saat gelembung air pecah kemungkinan akan menyebabkan erosi pada komponen pompa dan menimbulkan suara bising. Gelembung uap yang terjadi ini memiliki siklus yang sangat singkat (Karassik, dkk 1976). Gelembung akan terbawa aliran sampai akhirnya berada pada tempat yang memiliki tekanan lebih tinggi dari tekanan uap jenuh fluida. Pada daerah yang memiliki takanan lebih besar itulah gelembung akan pecah dan mengakibatkan getaran. Fenomena kavitasi dapat dilihat seperti pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Fenomena kavitasi

Kavitasi yang terjadi pada pompa sentrifugal akan sangat merugikan dan harus dihindari. Cara yang dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya kavitasi adalah dengan menghindari tekanan yang kecil pada *suction* pompa dengan meletakkan tangki atau sumber fluida berasal lebih tinggi untuk meningkatkan tekanan pada sisi isap. Metode lainnya adalah dengan meminimalisir belokan pada pipa untuk mengurangi gesekan head loss.

2.3.2 Kerusakan Impeler

Impeler sendiri berfungsi sebagai penggerak fluida dengan cara mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara berkelanjutan. Impeler adalah salah satu komponen yang berputar apabila impeler berputar tidak seimbang atau unbalance, maka akan mengakibatkan gaya sentrifugal dan terjadi getaran. Unbalance pada impeler dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti kavitasi, korosi karena bahan kimia atau asam dan lain-lain (Ari, dkk 2013). Contoh dari kerusakan impeler dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Kerusakan Impeler

(Sumber: <http://www.modul-pompa.com>)

2.3.3 Kerusakan Bearing

Bearing pada pompa sentrifugal yang memiliki fungsi sebagai penahan atau penumpu beban dari poros juga memiliki beberapa kemungkinan kerusakan. Kerusakan yang terjadi pada bearing pada umumnya terjadi karena kekurangan pelumas, terjadinya abrasi, pemasangan yang salah, korosi dan erosi akibat gesekan dapat dilihat pada (Gambar 2.8). Kerusakan pada bearing juga mempengaruhi kerja dari pompa sentrifugal (Farandy, 2013).



Gambar 2.8 Kerusakan Bearing

(Farandy,2013)

2.4 Condition Based Monitoring (CBM)

Condition based monitoring diklaim sebagai teknik pemeliharaan yang banyak digunakan pada industri dan dianggap paling modern (Ahmad, dkk 2012). Metode CBM memudahkan untuk mengetahui kondisi internal dari sistem ketika suatu alat dalam keadaan beroperasi. Vibration Based Condition monitoring adalah salah satu metode dalam CBM, kegagalan pada sistem (*fault detection*) dapat diketahui melalui lewat kejanggalan yang terjadi pada sistem ketika sistem mengeluarkan getaran yang berbeda pada kondisi standar. Kegagalan pada sistem dapat diketahui dengan membandingkan *trend* hasil pengukuran sinyal getaran dari sebuah sistem dengan sinyal getaran pada kondisi normal. Kondisi kerusakan pada suatu alat berhubungan erat dengan hasil getaran yang tinggi pada suatu alat (Feng, dkk 2011).

Pada umumnya pengukuran sinyal getaran dianalisis setelah dikumpulkan menggunakan sebuah transduser accelerometer yang dipasang pada komponen. Informasi yang berbentuk sinyal getaran dan disimpan dalam interval waktu tertentu akan membentuk sebuah gelombang. Pengolahan data yang dilakukan pada sinyal getaran pada umumnya dibagi menjadi tiga bagian yaitu domain waktu, domain frekuensi, dan *time-frequency*. Tujuan utama dari pengolahan data dari sinyal getaran untuk diagnosa kesalahan adalah mengetahui informasi pada gelombang yang tidak diketahui pada keadaan normal.

2.5 Sinyal Getaran

Gambaran (deskripsi) tentang bagaimana suatu parameter mempengaruhi parameter lain itulah yang disebut sinyal. Misalnya yang terjadi pada sirkuit elektronik yaitu pada saat voltase yang berubah setiap waktu. Suatu respon gabungan dari suatu mesin terhadap gaya eksitasi yang berasal dari dalam ataupun luar mesin adalah sinyal yang diperoleh melalui sensor pada pengukuran suatu getaran mesin.

Suatu alat yang berputar dapat diketahui apakah masih dalam kondisi baik atau sudah dalam kondisi rusak salah satunya dapat di indikasi lewat getaran,

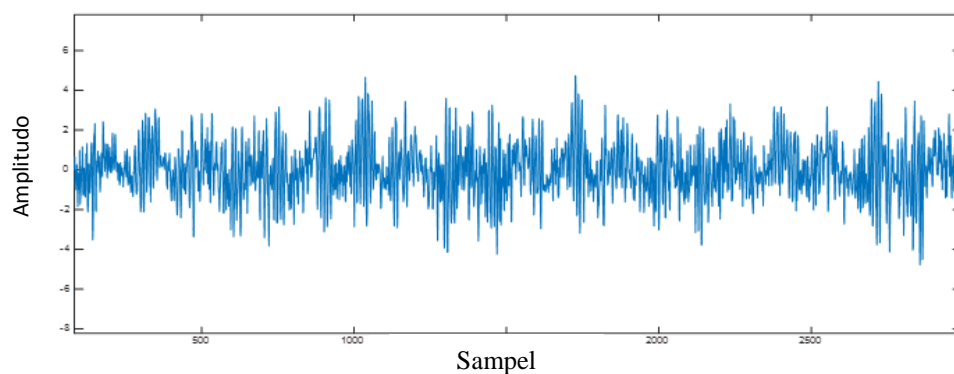
semakin tinggi atau besar getaran pada suatu alat kondisi peralatan tersebut cukup rawan terhadap kerusakan, sebaliknya semakin kecil tingkat getaran pada suatu alat dianggap peralatan tersebut dalam kondisi baik. Oleh karena itu suatu peralatan yang berputar diperlukan suatu nilai getaran standar atau batasan getaran yang diperbolehkan. Seperti dituliskan pada Tabel 2.1 sinyal getaran pada pompa sentrifugal menghasilkan beberapa sinyal getaran (Beebe,2004)

Tabel 2.1 Sinyal getaran yang diperoleh pompa sentrifugal

Frekuensi (<i>Rotation speed=1x</i>)	Penyebab
1x	unbalance (ketidakseimbangan)
0,05x to 0,25	aliran terganggu
2x	Kelonggaran mekanik
3x	Misalignment (ketidaklurusan)
1,1 x sampai 1,2 x	Perputaran kavitasi
5x sampai 50 x	Elemen bantalan berputar
1 kHz sampai 20 kHz	noise kavitasi
Zx (Z=jumlah sudu impeler)	Misalignment pada impeler
sinkron (frekuensi sumber tegangan listrik)	Masalah elektrik

2.6 Domain waktu

Grafik domain waktu dapat membantu untuk mengamati perubahan simpangan suatu getaran terhadap waktu. Pada Gambar 2.9 menunjukkan gambaran yang dihasilkan dalam domain waktu pada kehidupan sehari-hari, getaran akan menampilkan komponen lebih dari satu dan analisa pada domain waktu menjadi lebih sulit.



Gambar 2.9 Domain waktu

Pengolahan menggunakan data domain waktu melibatkan data hasil pengukuran objek pemantauan sinyal getaran, tekanan fluida kerja. Data domain waktu adalah respon total sinyal getaran sehingga karakteristik masing-masing sinyal getaran tidak teramati dengan jelas. Data time domain pada umumnya dapat diekstraksi menggunakan statistik deskriptif seperti yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penelitian sebelumnya

No	Peneliti	Tahun	Parameter
1	Deka mewinda dkk	2011	Varians
2	Mariza Devaga	2013	mean, varians , standar deviasi
3	Hevi herlina ullu	2013	RMS
4	M. Ahmed dkk	2012	Varians,mean
5	Hoon soon dan charles R farrar	2000	RMS
6	Thamara vilegas	2010	varians
7	Berli paripurna kamiel	2015	kurtosis, RMS, varians, skewness

Parameter statistik yang digunakan peneliti terdahulu berguna untuk mengekstraksi data pada domain waktu. Ada beberapa parameter statistik yang digunakan antara lain varians, mean, standar deviasi, RMS, kurtosis, skewness. Beberapa parameter tersebut akan dijelaskan secara singkat sebagai berikut:

Mean

Means merupakan rata-rata dari suatu deret angka. Berikut adalah persamaan dari means.

$$\mu_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \dots\dots\dots(2.1)$$

Varians

Varian juga diketahui sebagai statistik momen yang didapat dalam persamaan.

$$\text{Varians} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1} \dots\dots\dots(2.2)$$

RMS (root mean square)

RMS adalah rata-rata kuadrat. Berikut persamaan dari RMS.

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{2} \sum n x^{2(t)}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Kurtosis

Kurtosis merupakan derajat keruncingan dari suatu distribusi. Persamaan kurtosis dapat dirumuskan seperti dibawah ini.

$$K = \frac{E(x-\mu)^4}{\sigma^4} \dots\dots\dots(2.4)$$

Skewness

Skewness adalah pengukuran data asimetri pada sekitar rata-rata sampel. Jika distribusi normal (simetris sempurna) maka skewness bernilai nol jika bernilai negatif maka data lebih tersebar kekiri. Sebaliknya jika data bernilai positif maka data lebih tersebar kekanan. Berikut adalah persamaan dari skewness.

$$y = \frac{E(x-\mu)^3}{\sigma^3} \dots\dots\dots(2.5)$$

Standar deviasi

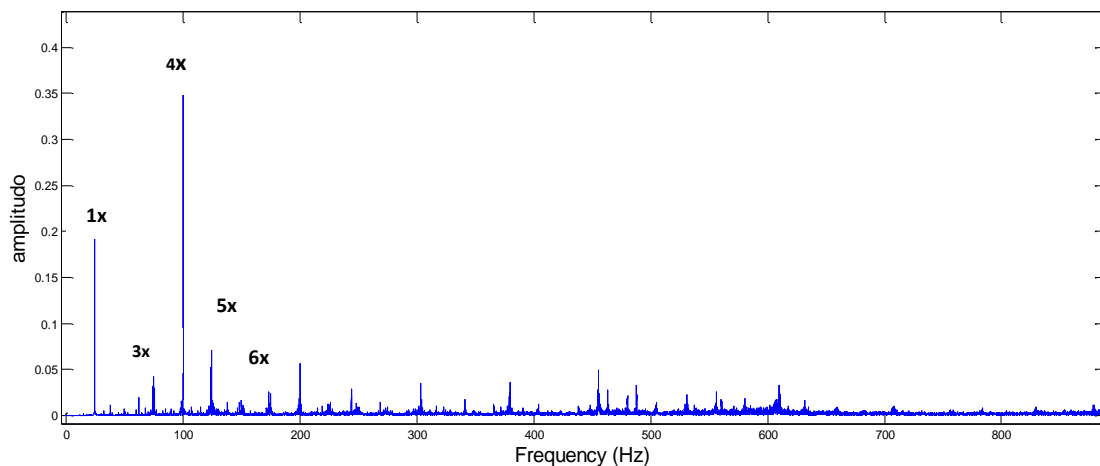
Standar deviasi menunjukkan berapa besar penyebaran data. Persamaan data dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \dots\dots\dots(2.6)$$

2.7 Domain frekuensi

Pengolahan dengan domain frekuensi dilakukan dengan tujuan untuk memeriksa apakah amplitudo untuk frekuensi tertentu masih dalam batas yang diizinkan. Prinsip pada domain frekuensi yang dirumuskan oleh J.B Fourier bahwa semua sinyal (bukan sinyal ideal) bisa dibangkitkan dengan cara penjumlahan gelombang sinus. Pada pengolahan data menggunakan domain frekuensi adalah dengan merubah data domain waktu menjadi domain frekuensi. Dalam praktiknya cara yang digunakan untuk merubah domain waktu ke domain

frekuensi menggunakan proses Transformasi Fourier. Dari proses perubahan dari domain waktu ke domain frekuensi tidak ada informasi yang hilang bila fase antar komponen juga disertakan. Seperti pada Gambar 2.10 dapat dilihat contoh hasil grafik dari domain frekuensi. Pada domain frekuensi tersebut memiliki pik atau puncak yang menggambarkan sebuah getaran yang berasal dari suatu komponen pada pompa. Puncak atau pik yang pertama (1x) merupakan hasil perekaman getaran yang berasal dari putaran poros yang seterusnya akan tergambarkan pada kelipatan bilangan bulat atau yang disebut dengan harmonik. Sedangkan komponen lain juga akan mempunyai pik atau puncak perekaman data yang berbeda seperti pada komponen bearing, impeler, dan fan motor.



Gambar 2.10 Domain frekuensi

2.8 Analisa Fast Fourier Transform

Analisa Fourier adalah cara untuk mempresentasikan gelombang kedalam domain frekuensi. Fast Fourier Transform (FFT) adalah cara analisis yang umum digunakan (Duhamel, dkk 1990). Analisa fourier terbagi menjadi dua yaitu deret fourier untuk sinyal periodik dan perubahan fourier untuk sinyal aperiodik. Komponen pada sinyal sinusoidal dengan frekuensi yang berbeda menyatakan setiap sinyal periodik.

FFT adalah elemen pemrosesan sinyal untuk pengukuran getaran. getaran pada sistem dalam bentuk displacement, kecepatan dan percepatan dimana ketiga bentuk tersebut dapat di presentasikan dalam domain waktu dan frekuensi.

representasi dalam domain waktu menampilkan perubahan fisis getaran berdasar waktu. sedangkan domain waktu merupakan amplitudo yang ditampilkan dalam gelombang sinus/cosinus. dimana mempunyai magnitud dan fasa yang berubah-ubah terhadap frekuensi.

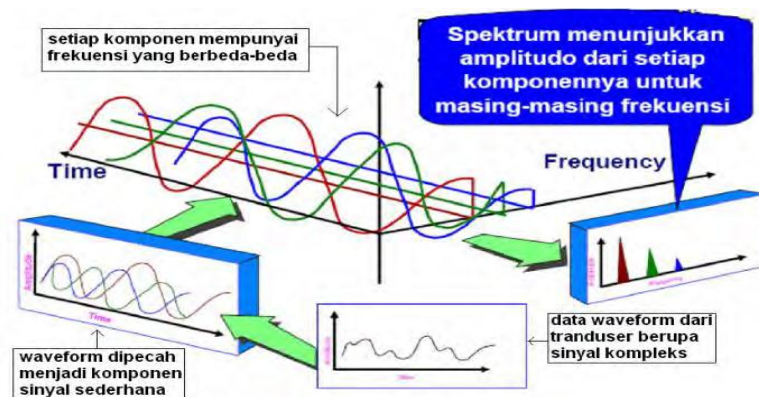
FFT merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mempercepat konversi dari time domain ke frekuensi domain (Kreyzig, 2011). Deret sinusoidal takhingga yang frekuensi-frekuensinya berkaitan secara harmonik menyatakan bahwa suatu fungsi periodik dapat dilihat menggunakan FFT. Suatu deret FFT dapat dituliskan sebagai

$f(t) = a_0 + a_1 \cos(\omega_0 t) + b_1 \sin(\omega_0 t) + a_2 \cos(2\omega_0 t) + b_2 \sin(2\omega_0 t) + \dots$ atau

$$f(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} [a_k \cos(k\omega_0 t) + b_k \sin(k\omega_0 t)] \dots\dots\dots(2.7)$$

(Capra, 1988)

FFT mempunyai beberapa tahapan untuk merubah dari domain waktu menjadi domain frekuensi seperti pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Proses FFT (Hayati,2011)

2.9 Penggunaan fungsi FFT pada MATLAB

Matlab adalah sebuah software yang dilengkapi dengan fungsi sintaks yang berfungsi untuk membantu melakukan perhitungan dengan lebih cepat dan efisien. Matlab adalah software yang efektif untuk komputasi FFT dari suatu sinyal. Komputasi FFT pada sinyal getaran memiliki sintaks yang khas dituliskan sebagai berikut:

$$\text{FFT}(x, N) \dots \dots \dots (2.8)$$

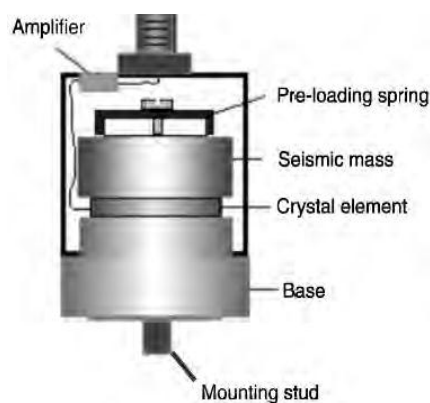
Dimana x adalah sinyal $x[n]$ sinyal yang akan ditransformasi sedangkan N adalah jumlah titik dalam FFT. Fungsi diataslah yang digunakan mentransformasikan data dari sinyal getaran dalam wujud domain waktu menjadi data sinyal getaran dalam domain frekuensi.

2.10 Sensor

Sinyal getaran dapat diamati dengan bantuan sensor pengamatan. Ada beberapa sensor yang dapat digunakan untuk merekam data sinyal getaran seperti yang akan dibahas dibawah.

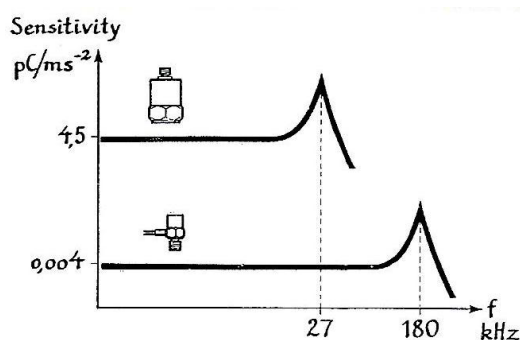
2.11 Accelerometer

Accelerometer adalah salah satu transduser yang paling populer digunakan untuk aplikasi pada *rotary machine* (Girdhar,2004). Accelerometer biasanya dipasang pada bagian stasioner (tidak berputar) pada sistem. Accelerometer bekerja dengan mengubah gerak mekanik menjadi sinyal tegangan. Piezo elektrik diusung untuk mengkonversi sinyal tegangan agar sebanding dengan percepatan getaran. Untuk menghindari efek resonansi lokal transduser dipasang pada bagian yang cukup kaku. Penempatan accelerometer diletakan pada tempat yang dekat dengan sumber vibrasi. Posisi *axial* dan posisi *radial* dapat dilakukan pengambilan data dengan accelerometer. Accelerometer terdiri dari bahan kristal piezoelektrik yang dilapisi dengan logam. Bentuk accelerometer dapat dilihat pada Gambar 2.12.



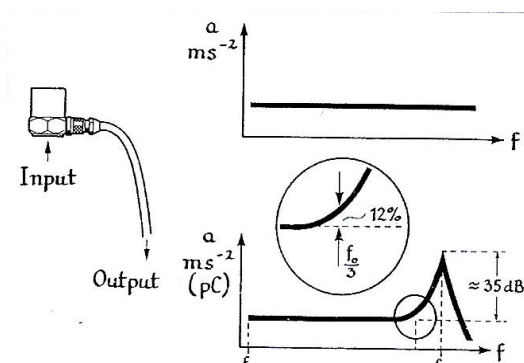
Gambar 2.12 Accelerometer (Girdhar,2004)

Sensivitas akselerometer berkenaan dengan rentang frekuensi yang dapat diamati sampai rentang frekuensi mendekati frekuensi resonansinya. Sensitivitas dan rentang frekuensi akselerometer berhubungan dengan besar kecilnya ukuran akselerometer tersebut. Semakin besar akselerometer semakin tinggi sensitivitasnya dan semakin kecil rentang frekuensi yang berguna, sebaliknya semakin kecil akselerometer akan semakin kecil sensitivitasnya dan semakin besar rentang frekuensi yang berguna. Hubungan sensitivitas dengan ukuran akselerometer dapat diamati pada Gambar 2.13



Gambar 2.13 Hubungan Sensitivitas dengan ukuran akselerometer
(Courrech,1990)

Akselerometer akan memberikan sinyal konstan untuk akselerasi konstan dari frekuensi yang sangat rendah sampai batas yang ditentukan oleh kenaikan akibat resonansi akselerometer. Akselerometer tidak dianjurkan digunakan dekat dengan resonansinya karena dapat mengakibatkan kesalahan pada sinyal yang telah diukur. Akselerometer dapat digunakan pada sepertiga dari frekuensi resonansi ini untuk memastikan kesalahan pada sinyal perekaman tidak melebihi 12% seperti diperlihatkan pada Gambar 2.14.



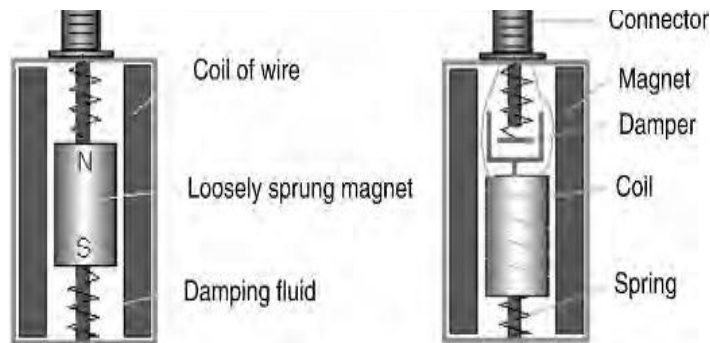
Gambar 2.14 Penggunaan *frequency range* (Courrech,1990)

Akselerometer memiliki sensitivitas utama yang segaris dengan sumbu utama akselerometer. Pada arah melintang sensitivitas akselerometer memiliki sensitivitas yang sangat buruk yaitu kurang dari 4% sensitivitas sumbu utama.

Pemasangan akselerometer juga tidak bisa dikesampingkan karena pemasangan akselerometer yang buruk dapat merusak pengukuran getaran dengan mengurangi rentang frekuensi yang dapat digunakan. Ada beberapa cara pemasangan akselerometer pada alat yang akan diamati yaitu *stud mounting*, *cementing studs*, pemasangan dengan wax, pemasangan dengan magnet permanen, *hand held probe*. Dari beberapa cara pemasangan akselerometer tersebut *stud mounting* adalah pemasangan yang terbaik. Namun apabila diperlukan pemasangan yang cepat di berbagai lokasi lebih baik menggunakan pemasangan dengan bantuan wax.

2.12 Velocity pickup

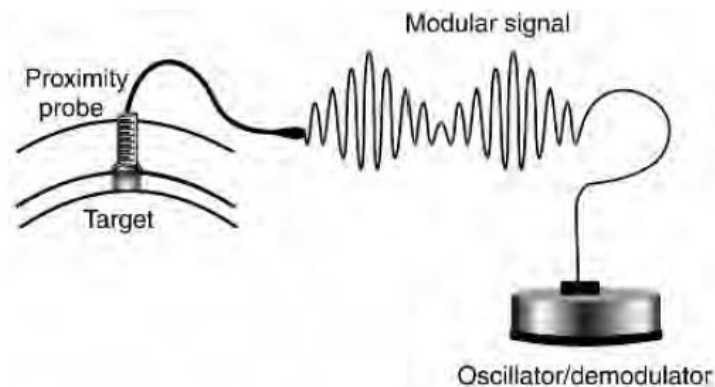
Velocity pickup adalah salah satu transduser yang umum digunakan untuk mengamati getaran pada mesin yang berputar. Velocity pickup bekerja dengan teori ketika kumparan dipindahkan dengan medan magnet tegangan terinduksi dari kumparan. Transfer energi magnet menuju kumparan menghasilkan tegangan induksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Velocity pickup (Girdhar,2004)

2.13 Proximity Probes

Proximity probe adalah salah satu transducer untuk mengamati sinyal getaran yang lebih banyak dipakai pada pemantauan bantalan. Proximity probe adalah salah satu transducer yang mengamati perpindahan poros dalam pengukuran getaran. Proximity probe terdiri dari sebuah kabel dan osilator dapat dilihat pada Gambar 2.16.

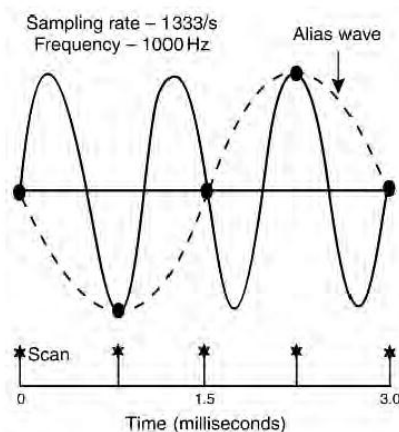


Gambar 2.16 Proximity probe (Girdhar,2004)

2.14 Sampling

Pengambilan sampling adalah pencatatan amplitudo gelombang pada pada intensitas kerusakan. Data sampel yang terpisah digunakan untuk merekonstruksi gelombang yang awalnya berbentuk analog menjadi digital. Proses rekonstruksi gelombang digital harus terlihat mirip dengan aslinya. Seperti pada teorema

sampling Nyquist disebutkan untuk tidak kehilangan setiap informasi yang terkandung pada sinyal getaran, kita harus melakukan sampling pada frekuensi paling sedikit dua kali komponen dengan frekuensi tertinggi yang diamati. Berikut adalah gambaran dari sampling ditunjukkan pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Sampling rate (Girdhar,2004)

Pembentukan gelombang pada frekuensi rendah karena *undersampling* disebut aliasing. Secara teori getaran dengan frekuensi lebih dari separuh dari tingkat sampling tidak ada, namun dalam praktiknya tidak dapat dipastikan tidak terjadinya aliasing.

Aliasing dapat di reduksi dengan filter anti-aliasing yang memungkinkan frekuensi yang menghapus semua getaran pada sinyal analog yang memiliki frekuensi yang lebih besar dari setengah laju sampling. Proses ini sangat penting untuk dicatat bahwa penyaringan harus dilakukan sebelum sinyal analog dirubah menjadi sinyal digital.