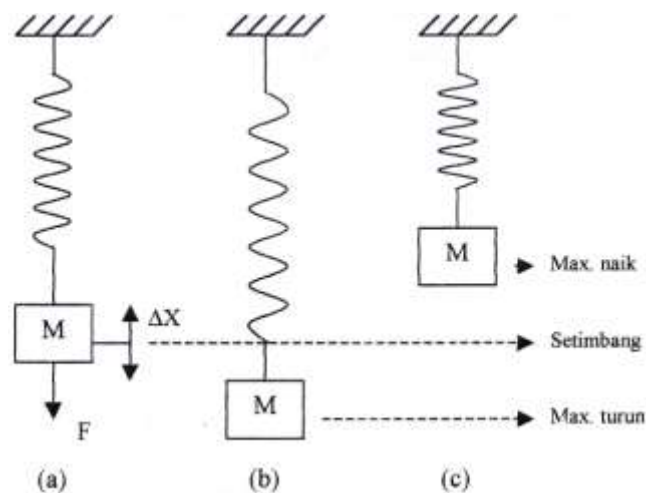


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Getaran

Getaran adalah osilasi periodik dari suatu sistem mekanis. Contoh sederhana fenomena getaran dapat dilihat pada sebuah pegas yang salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya diberi massa M seperti gambar 2.1. berikut (Aji, Kunto., 2007)



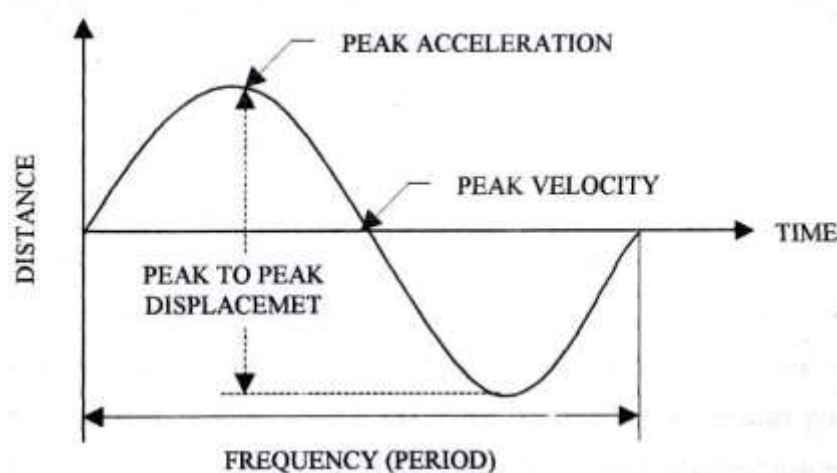
Gambar 2.1. Getaran pada sistem pegas-massa sederhana (Aji, Kunto., 2007)

Mula-mula sistem dalam keadaan setimbang (gambar 2.1.a). Jika massa diberi gaya F maka massa akan turun sampai batas tertentu (gambar 2.1.b). Perpindahan maksimum posisi massa bergantung pada besarnya gaya F , massa dan kekuatan tarik pegas melawan gaya F tersebut. Jika gaya sebesar F tidak dikenakan lagi pada massa, maka massa akan ditarik keatas oleh pegas karena tenaga potensial yang tersimpan dalam pegas (gambar 2.1.c). Massa akan kembali ke posisi

kesetimbangan, selanjutnya bergerak keatas sampai batas tertentu. Perpindahan maksimum ke atas dipengaruhi oleh kekuatan tarik pegas dan massa benda. Proses tersebut akan berulang sampai tidak ada pengaruh gaya luar pada sistem. Pergerakan massa naik turun ini disebut osilasi mekanis. Berkaitan dengan mesin, getaran mesin (*machinery vibration*) didefinisikan sebagai gerakan bolak-balik dari mesin atau elemen mesin dari posisi setimbang (diam).

2.1.1. karakteristik Getaran

Kondisi mesin dan masalah mekanik dapat diketahui dengan mempelajari karakteristik getarannya. Pada suatu sistem pegas-massa, karakteristik getaran dapat dipelajari dengan memplot pergerakan massa terhadap waktu.



Gambar 2.2. Karakteristik getaran (Aji, Kunto., 2007)

Gerak massa dari posisi netralnya ke batas atas kemudian kembali ke posisi netral (kesetimbangan) dan bergerak lagi ke batas bawah kemudian kembali ke posisi kesetimbangan, menunjukkan gerakan satu siklus. Waktu untuk melakukan

gerak satu siklus ini disebut periode, sedangkan jumlah siklus yang dihasilkan dalam satu interval waktu tertentu disebut frekuensi.

Dalam analisis getaran mesin, frekuensi lebih bermanfaat karena berhubungan dengan *rpm* (putaran) suatu mesin. Karakteristik getaran suatu mesin dapat dilihat pada gambar 2.2.

2.1.2. Frekuensi Getaran (*Vibration Frequency*)

Frekuensi adalah jumlah siklus pada setiap satuan waktu. Besarnya dapat dinyatakan dalam siklus per detik (*cycles per second*) atau siklus per menit (*cycles per minute*).

frekuensi = 1/periode

Frekuensi getaran penting diketahui dalam analisa getaran mesin untuk menunjukkan masalah yang terjadi pada mesin tersebut. Dengan mengetahui frekuensi getaran, akan memungkinkan untuk dapat mengidentifikasi bagian mesin yang rusak (*fault*) dan sekaligus masalah yang menyebabkannya.

Gaya yang menyebabkan getaran dihasilkan dari gerak berputar elemen mesin. Gaya tersebut berubah dalam besar dan arahnya sebagaimana elemen putar berubah posisinya terhadap titik netral. Akibatnya, getaran yang dihasilkan akan mempunyai frekuensi yang bergantung pada kecepatan putar elemen yang telah mengalami kerusakan. Oleh karena itu, dengan mengetahui frekuensi getaran, akan dapat mengidentifikasi bagian dari mesin yang bermasalah.

Penting untuk diketahui juga, bahwa permasalahan yang berbeda pada suatu mesin menyebabkan frekuensi getaran yang berbeda pula, sehingga permasalahan dasar yang terjadi akan dapat diidentifikasi. Sebagai contoh, kerusakan bantalan akan menyebabkan frekuensi tinggi timbul pada komponen getarannya, *unbalance*

dari elemen rotasi akan menghasilkan frekuensi getaran sama dengan kecepatan putar (1X RPM) elemen tersebut. Contoh lain, kelonggaran mekanis (*mechanical loosenes*) akan menghasilkan frekuensi getaran sama dengan dua kali kecepatan putar (2X RPM). Kerusakan gear juga akan menghasilkan frekuensi getaran yang tinggi, biasanya pada frekuensi sama dengan jumlah gigi dikali RPM-nya.

2.2. Penguraian Sinyal Getaran

Sinyal adalah gambaran (deskripsi) tentang bagaimana suatu parameter mempengaruhi parameter lain. Misalnya voltase yang berubah setiap waktu dalam sirkuit elektronik. Sedangkan sistem merupakan suatu proses yang mengolah sinyal masukan menjadi sinyal keluaran (**Smith, Steven W., 1999**).

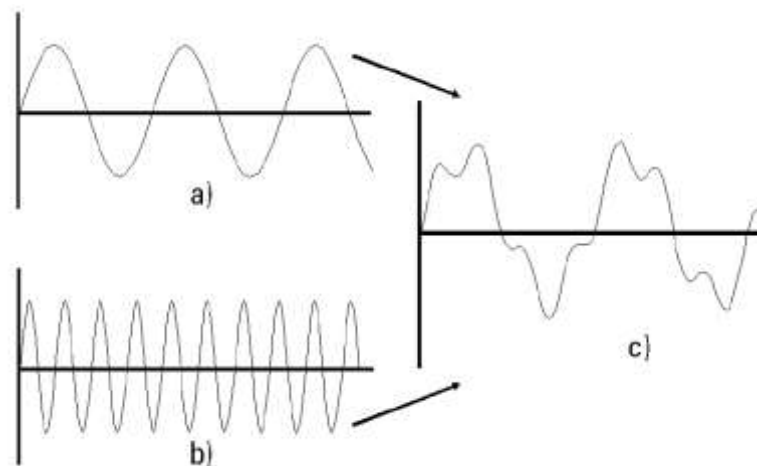
Sinyal yang diperoleh melalui sensor pada pengukuran suatu getaran mesin adalah suatu respon gabungan dari suatu mesin terhadap bermacam-macam gaya eksitasi, dari dalam maupaun dari luar mesin tersebut. Kunci ke arah analisa yang efektif adalah penguraian sinyal kompleks ini menjadi komponen-komponennya. Masing-masing komponen kemudian dikorelasikan dengan sumbernya. Ada dua pandangan dalam persoalan analisa getaran yaitu domain waktu, yang memandang getaran sebagai simpangan terhadap waktu. Dan domain frekuensi, yang memandang getaran berupa amplitudo sebagai fungsi frekuensi. Domain waktu memberikan gambaran fenomena getaran secara fisik sedangkan domain frekuensi merupakan cara yang cocok untuk mengidentifikasi komponen-komponennya.

2.2.1. Domain Waktu

Perubahan simpangan suatu getaran terhadap waktu dapat diamati secara terinci dengan grafik domain waktu. Gambar 2.3.a. merupakan gambaran dalam

domain waktu, yang menunjukkan simpangan rotor yang tidak balance terhadap waktu. Amplitudo sinyal sebanding dengan massa tak balance dan siklus berulang seiring dengan putaran. Sinyal ini sangat sederhana dan mudah dianalisa. Dalam praktek, sinyal yang didapat akan sangat rumit.

Bila getaran lebih dari satu komponen, maka analisa dalam domain waktu menjadi lebih sulit. Keadaan ini ditunjukkan dalam gambar 2.3.c. yang mewakili getaran dengan dua buah getaran sinus sebagai komponennya.



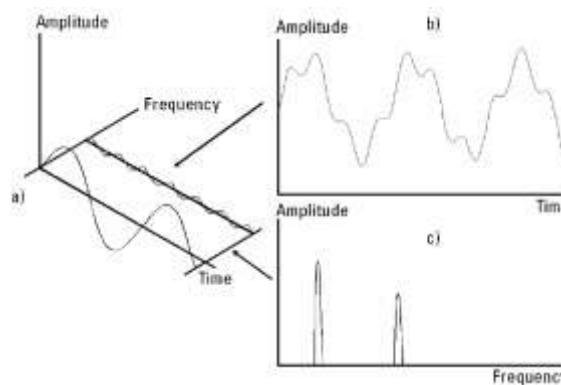
Gambar 2.3. Gelombang dari dua buah gelombang sinus (*Hawlet Packard Application Note 243-1*)

Dengan melihat sinyal dalam domain waktu tersebut sulit diturunkan masing-masing komponennya. Domain waktu memberikan gambaran yang alamiah dari fenomena getaran, yang sangat berguna untuk menganalisa sinyal *impuls* yang dihasilkan oleh bantalan atau roda gigi yang rusak, atau sinyal dari bagian mesin yang kendur. Domain waktu berguna untuk menunjukkan fase antara satu sinyal dengan lainnya.

Walaupun analisa sinyal dalam domain waktu untuk berbagai sinyal getaran dalam praktek sulit untuk dilakukan namun terdapat beberapa gejala getaran yang bermanfaat diamati dalam domain waktu. Yaitu analisa sinyal impuls yang berasal dari cacat pada gigi ataupun bantalan. Dan analisa sinyal getaran yang berasal dari bagian struktur yang longgar, misalnya tutup bantalan.

2.2.2. Domain Frekuensi

Dalam praktek tidak ada sinyal getaran yang keberadaanya langsung dalam domain frekuensi. Sinyal getaran selalu terjadi dalam domain waktu tetapi untuk keperluan analisa sinyal getaran yang dalam domain waktu ini dapat dikonversikan kedalam domain frekuensi. Ilustrasi tentang konsep data dalam domain waktu dan dalam domain frekuensi diperlihatkan dalam gambar 2.4.



Gambar 2.4. Sinyal dalam domain waktu dan fekuensi (*Hawlet Packard*

Application Note 243-1)

Gambar 2.4.a menunjukkan gambar isometri dari sinyal. Tiga sumbunya adalah: pertama adalah sumbu amplitudo, kedua sumbu waktu dan ketiga adalah sumbu frekuensi. Dengan adanya sumbu frekuensi, komponen getaran dapat digambarkan secara terpisah. Ketika pandangan mata dibuat searah dengan sumbu

frekuensi, maka akan terlihat kurva sinyal dalam domain waktu (gambar 2.4.b). Bila mata diarahkan sesuai dengan sumbu waktu maka akan terlihat amplitudo komponen getarannya (gambar 2.4.c) sebagai garis vertikal, pada frekuensi masing-masing. Pernyataan sinyal dalam domain frekuensi disebut spektrum sinyal. Domain frekuensi berpedoman pada prinsip bahwa semua sinyal (bukan sinyal ideal) dapat dibangkitkan dengan penjumlahan gelombang sinus. Prinsip ini dirumuskan oleh J.B. Fourier satu abad yang lalu. Sebaliknya sembarang sinyal dapat diuraikan atas komponen-komponennya yang berupa gelombang sinus, penting untuk dikemukakan bahwa spektrum frekuensi sepenuhnya mewakili sinyal getaran. Tidak ada informasi yang hilang karena konversi dari domain waktu ke domain frekuensi, bila beda fase antar komponen juga disertakan.

2.3. Filter Untuk Sinyal Getaran

Digital filter digunakan untuk 2 tujuan umum. Yaitu pemisahan sinyal-sinyal yang telah menyatu (*have been combined*). Dan perbaikan/pemugaran sinyal yang telah terdistorsi / menyimpang dengan berbagai cara (**Smith, Steven W., 1999**). Pemisahan sinyal digunakan apabila sinyal mengalami gangguan dan telah tercampur dengan interference, noise, atau sinyal lain.

Dalam pengolahan sinyal digital, filter input dan output sinyal dilakukan pada domain waktu (*time domain*), hal ini karena pada umumnya sinyal terjadi dalam interval waktu tertentu.

Ada tiga jenis filter yang digunakan dalam pemrosesan sinyal digital, yaitu *Low pass filter*, *High pass filter* dan *Band pass filter*.

Low pass akan memproses sinyal-sinyal yang berada di bawah nilai batas filter, sedang nilai di atas batas akan dihilangkan. *High pass* akan memproses

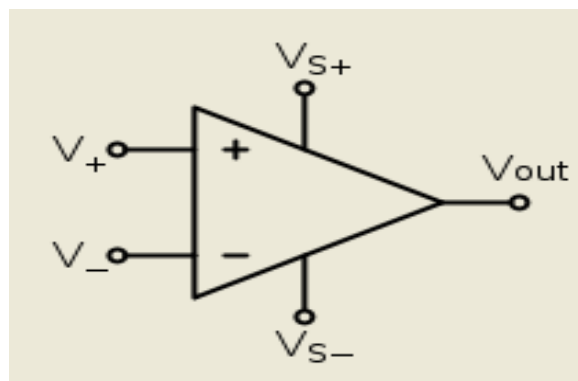
sinyal-sinyal yang berada diatas nilai batas filter, sedang nilai di bawah batas akan dihilangkan. *Band pass* adalah gabungan dari kedua filter diatas, yaitu hanya memproses sinyal-sinyal yang berada pada daerah kisaran antara nilai batas bawah dan batas atas, di luar nilai itu akan dihilangkan. Dalam prakteknya, filter ini dapat dimanfaatkan untuk mencari frekuensi tertentu yang kita inginkan.

Selain itu, filter juga digunakan untuk menghilangkan noise yang berasal dari peralatan elektronik, yang menimbulkan frekuensi rendah. Salah satunya adalah filter *Moving-Average* yang menggunakan fungsi konvolusi untuk menghilangkan noise pada amplitudo tertentu.

2.4. Operasional Amplifier (Op Amp)

Operasional amplifier adalah suatu rangkaian terintegrasi yang berfungsi untuk memperkuat sinyal yang merupakan selisih dari kedua masukannya, dalam suatu rangkaian operasional amplifier terdapat beberapa tingkat dan konfigurasi penguat diferensial (**Richard Blocher. 2003**).

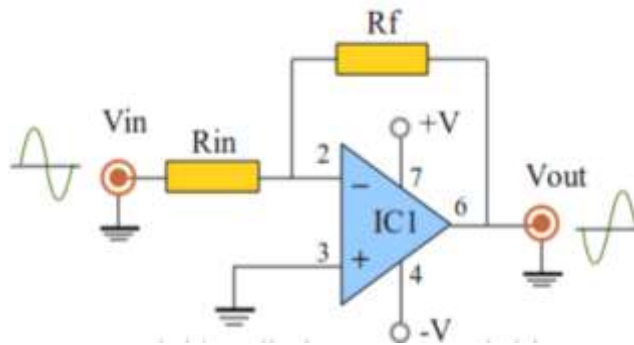
Pada gambar 2.5. operasional amplifier mempunyai lima terminal dasar: dua untuk mensuplai daya (V_{cc}), dua untuk isyarat masukan (*Input*) dan satu untuk keluaran (*Output*).



Gambar 2.5. Penguat operasional amplifier

2.5. Operasional Amplifier Pembalik (*Inverting Amplifier*)

Operasional amplifier pembalik (*Inverting*) adalah salah satu dari jenis operasional amplifier yang paling sering digunakan. Operasional amplifier pembalik (*Inverting*) merupakan sebuah penguat pembalik yang menggunakan umpan balik negatif untuk membalik dan menguatkan sinyal, pada Gambar 2.6. resistor R_f melewatkan sebagian tegangan keluaran (V_{out}) kembali ke tegangan masukan (V_{in}) (Blocher, Richard., 2003).



Gambar 2.6. Rangkaian operasional amplifier pembalik (*Inverting*)

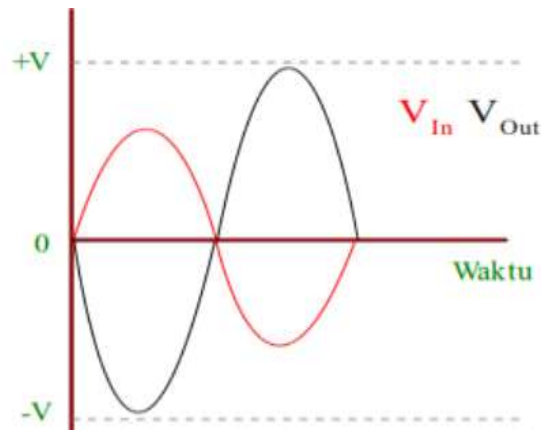
Operasional amplifier pembalik (*Inverting*) merupakan sebuah penguat yang tegangan keluaran (V_{out}) dan penguatannya ditentukan oleh R_f dan R_i , penguat ini dapat menguatkan sinyal *AC* atau *DC*.

$$V_o = -E_i \cdot \frac{R_f}{R_i} \dots \dots \dots (2-1)$$

Dengan memasukkan definisi bahwa gain untai tertutup dari penguat tersebut sebagai *ACL*, kita tulis kembali persamaan (2-1) sebagai

$$A_{cl} = \frac{V_o}{E_i} = -\frac{R_f}{R_i} \dots \dots \dots (2-2)$$

Tanda minus pada persamaan (2-2) memperlihatkan bahwa tegangan keluaran (V_o) dari penguat jenis ini beda fase 180° . Untuk grafik E_i terhadap V_o dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7. Sinyal tegangan input (V_{in}) dan tegangan output (V_{out})

2.6. Sensor Getaran Piezoelektrik

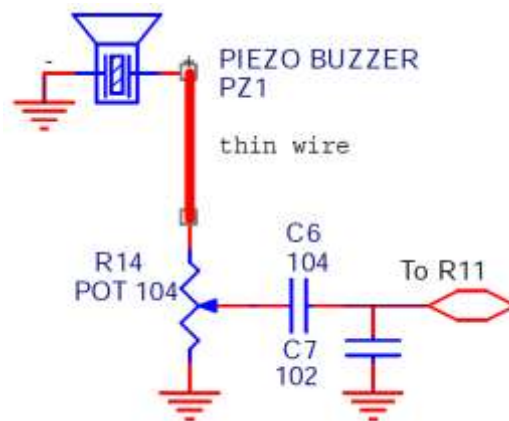


Gambar 2.8. Piezoelektrik (www.meas-spec.com)

Sensor getar (*Vibrations Sensor*) piezoelektrik pada gambar 2.8. diatas merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi sinyal perambatan getaran dalam arah gelombang horisontal maupun vertikal dan mengkonversi sinyal getaran yang terdeteksi menjadi besaran listrik analog.

Untuk dapat bekerja dengan benar dalam mendeteksi getaran gempa bumi, piezoelektrik, lihat pada gambar 2.9. PZ1 memerlukan tegangan panjar yang dibentuk menggunakan potensiometer R14. Dengan pengaturan ini, sinyal AC yang

terdeteksi PZ1 akan disalurkan ke R11 di bagian signal amplifier melalui kapasitor C6, sedangkan pemasangan kapasitor C7 digunakan untuk mengurangi intensitas sinyal getaran yang mungkin mengganggu kualitas pendeteksian (**Andang Novianto, Muhammad., 2012**).



Gambar 2.9. Skematik Bagian *Vibrations Sensor*

2.7. Kopling

Kopling yang digunakan untuk menghubungkan dua poros yaitu poros motor dan poros generator adalah kopling fleksibel, bentuk dari kopling bisa dilihat dari gambar 2.10. dibawah ini.



Gambar 2.10. Kopling fleksibel

2.8. Perkembangan *Reliability Maintenance*

Dalam kamus Besar Bahasa Indonesia mendefinisikan pemeliharaan sebagai penjagaan harta kekayaan, terutama alat produksi agar tahan lama dan tetap dalam kondisi yang baik. Jadi tujuan pemeliharaan menjaga mesin dan peralatan terhadap kerusakan dan kegagalan mesin dalam berproduksi. Secara umum kata pemeliharaan tidak akan terlepas dengan pekerjaan memperbaiki, membongkar, atau memeriksa mesin secara saksama dan menyeluruh (*Maintenance, Repair, and Overhaul - MRO*). Sistem pemeliharaan sendiri mencakup pengertian memperbaiki perangkat mekanik dan atau kelistrikan yang menjadi rusak (Ngadiyono, Yatin., 2010).

Seiring dengan perkembangan pengetahuan telah memberikan dampak terhadap perkembangan reliability maintenance, sebagai berikut :

A. *Reactive Maintenance*

merupakan kegiatan maintenance tidak terencana, tindakan *maintenance* dilakukan apabila telah terjadi kerusakan yang fatal.

B. *Preventive Maintenance*

merupakan kegiatan *maintenance* pencegahan untuk menghindari kerusakan yang fatal, sudah dilakukan perencanaan maintenance berdasarkan *Time Base Maintenance* (TBM).

C. *Predictive Maintenance*

merupakan kegiatan maintenance pencegahan untuk menghindari kerusakan yang fatal serta mempertahankan umur peralatan yang optimal, perencanaan *maintenance* berdasarkan hasil *monitoring* kondisi peralatan, diagnosa dan analisis kerusakan.

Biaya penerapan *predictive maintenance* jauh lebih kecil dibandingkan biaya *reactive maintenance* maupun *preventive maintenance*.

Agar penerapan *predictive maintenance* berhasil, diperlukan tenaga ahli yang memiliki kemampuan dan keterampilan yang mencukupi. Walaupun saat ini telah tersedia *software predictive maintenance* dengan kemampuan sistem pakar (*expert system*), peran operator dengan kemampuan analisis tidaklah dapat digantikan. Mengingat teknologi akan terus berubah, maka agar dapat menjadi operator yang handal dalam *predictive maintenance*, harus memiliki :

- ilmu dasar yang cukup
- menguasai teknologi *predictive maintenance*
- memiliki *soft skill* yang baik.

D. Proactive Maintenance

merupakan kegiatan *maintenance* yang langsung memberikan tindakan-tindakan *corrective* atas kelainan atau penyimpangan kinerja peralatan dengan tidak mengganggu operasi atau *production loss* karena *breakdowntime* oleh kegiatan *proactive maintenance*. Untuk mendukung keberhasilan *proactive maintenance* biasanya didukung dengan ketersediaan peralatan substitusi yang telah memenuhi standar operasi, kemampuan skill operator yang memadai dan teknologi peralatan yang digunakan dalam kegiatan *proactive maintenance*.

2.9. Pendekatan Fourier untuk Gelombang Periodik

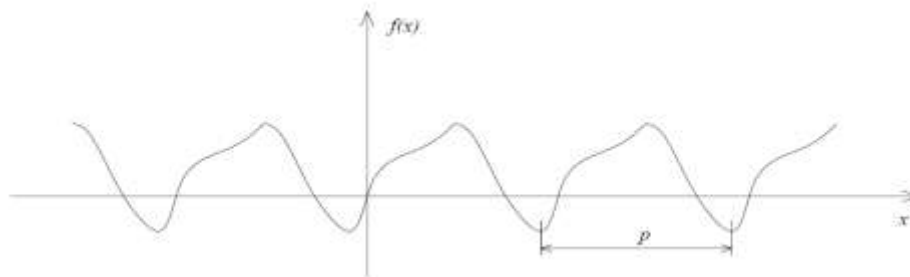
Fenomena periodik sangat sering dijumpai dalam fisika dan penerapan rekayasa, dan suatu masalah praktis yang penting adalah merepresentasikan fenomena periodik yang muncul dengan menggunakan fungsi periodik sederhana seperti sinus dan kosinus (Aji, Kunto., 2007).

Deret Fourier adalah deret yang bersuku sinus dan kosinus dan muncul ketika kita ingin merepresentasikan fungsi periodik umum.

Pada Gambar 2.11. fungsi $f(x)$ dikatakan periodik jika fungsi itu didefinisikan untuk semua x nyata dan jika ada bilangan positif p sedemikian rupa sehingga dapat di tulis pada persamaan (2-3),

$$f(x + p) = f(x) \dots \dots \dots (2-3)$$

Bila p ini dinamakan periode fungsi $f(x)$. Grafik fungsi demikian diperoleh melalui pengulangan periodik grafiknya untuk sembarang selang yang panjangnya p .



Gambar 2.11. Grafik suatu fungsi periodik (Aji, Kunto., 2007)

2.9.1. Tranformasi Fourier

Fourier memperlihatkan bahwa suatu fungsi periodik dapat dinyatakan oleh deret sinusoidal takhingga yang frekuensi-frekuensinya berkaitan secara harmonik. Untuk fungsi dengan periode T , suatu deret Fourier kontinu dapat dituliskan pada persamaan (2-4) sebagai berikut:

$$f(t) = a_0 + a_1 \cos(\omega_0 t) + b_1 \sin(\omega_0 t) + a_2 \cos(2\omega_0 t) + b_2 \sin(2\omega_0 t) + \dots (2-4)$$

Atau secara lebih singkat di tulis dalam persamaan (2-5) sebagai berikut,

$$f(x) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} [a_k \cos(k\omega_0 t) + b_k \sin(k\omega_0 t)] \dots \dots \dots (2-5)$$

(diambil Dari Capra, 1988.)

dengan $2\omega_0 = 2\pi / T$ disebut frekuensi utama (*fundamental frequency*) dan kelipatan-kelipatan konstantanya $2\omega_0, 3\omega_0,$ dan seterusnya disebut sebagai frekuensi harmonik.

Integral Fourier merupakan alat utama yang tersedia untuk keperluan ini. Integral ini dapat diturunkan dari bentuk eksponen dari deret Fourier seperti pada persamaan (2-6) dan (2-7) berikut:

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k e^{ik\omega_0 t} \dots\dots\dots (2-6)$$

Dengan,

$$c_k = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) e^{-jk\omega_0 t} dt \dots\dots\dots (2-7)$$

Untuk

$$\omega_0 = 2\pi/T \quad \text{dan } k=0,1,2,\dots$$

Transisi dari fungsi periodik ke takperiodik dapat diefektifkan dengan membiarkan periode mendekati takhingga. Dengan perkataan lain, begitu menjadi takhingga, fungsi-nya tidak pernah berulang sehingga menjadi tidak periodik. Jika ini dibiarkan terjadi, maka dapat diperagakan bahwa deret fourier mengecil seperti pada persamaan (2-8) menjadi,

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(i\omega_0) e^{i\omega_0 t} d\omega_0 \dots\dots\dots (2-8)$$

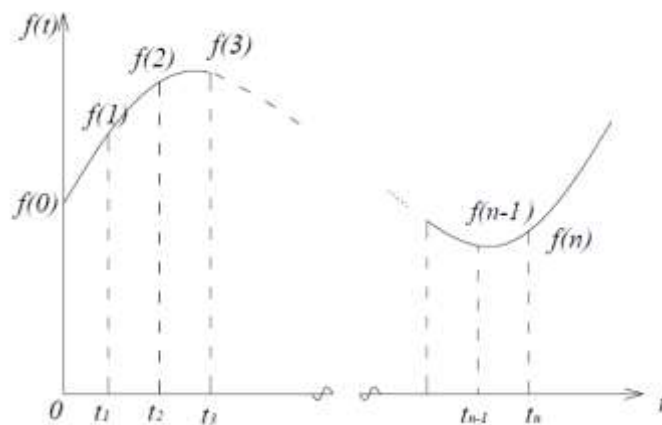
Fungsi tersebut di kenal dengan integral fourier. Sedangkan persamaan (2-9)

$$f(i\omega_0) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega_0 t} dt \dots\dots\dots (2-9)$$

dikenal dengan transformasi fourier dari $f(t)$. Dan pasangan kedua persamaan tersebut mengijinkan kita mentransfomasi bolak-balik antara domain waktu dan domain frekuensi untuk suatu sinyal tanpa periodik. Deret fourier dapat diterapkan pada bentuk gelombang periodik sedang transformasi fourier dapat diterapkan pada bentuk gelombang acak.

2.9.2. Tranformasi Fourier Diskrit

Dalam rekayasa, fungsi seringkali dinyatakan dalam himpunan berhingga nilai diskrit. Data juga seringkali dikumpulkan atau dikonversikan ke bentuk yang demikian. Seperti dilukiskan pada gambar 2.12. berikut, selang dari 0 s/d T dapat dibagi menjadi N selang bagian berjarak sama dengan lebar $\Delta t = T/N$, notasi n di pakai untuk menunjukkan waktu-waktu diskrit saat sampel-sampel di ambil. Jadi f_n menunjukkan fungsi kontinyu $f(t)$ di ambil pada t_n .



Gambar 2.12. Titik-titik sampel dari deret fourier diskrit (Aji, Kunto., 2007)

Terlihat bahwa titik-titik data dirinci pada $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$. Sehingga transformasi diskrit dapat dituliskan seperti persamaan (1-10)

$$F_k = \sum_{n=0}^{N-1} f_n e^{-ik\omega_0 n} \dots\dots\dots (2-10)$$

Untuk $k = 0$ sampai $N-1$

Dan transformasi Fourier invers seperti pada persamaan (2-11) berikut:

$$f_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} F_k e^{ik\omega_0 n} \dots\dots\dots (2-11)$$

Untuk $N = 0$ sampai $N-1$ dengan $\omega_0 = 2\pi / N$

Dua persamaan tersebut masing-masing menyatakan analog diskrit dari dua persamaan sebelumnya. Dengan demikian kedua persamaan tersebut dapat digunakan untuk menghitung transformasi fourier untuk data diskrit.

Dari sini kita bisa menggunakan transformasi fourier diskrit untuk menghitung data diskrit. *Discrete Fourier Transform* (DFT) sangat penting sekali dalam bidang analisa spektrum (frekuensi) karena mampu mengubah sinyal diskrit dalam domain waktu menjadi frekuensi diskrit dalam representasi domain frekuensi. DFT memiliki sifat, diantaranya yaitu periodisitas dan kesimetrisan. **Periodisitas**, karena DFT, $X(r^{j\Omega})$, adalah periodik. Satu periode berkisar $f = 0$ sampai f_s , dimana f_s adalah frekuensi sampling selebihnya DFT hanya di definisikan pada daerah antara 0 sampai f_s .

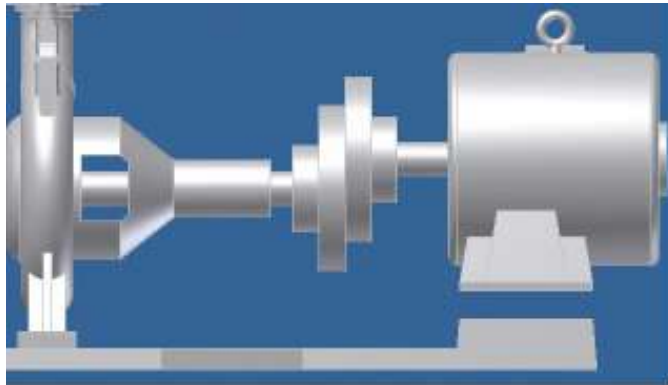
2.10. Misalignment

Misalignment poros terjadi ketika garis sumbu poros dari dua buah mesin putar yang berpasangan tidak dalam posisi segaris antara satu dengan yang lainnya (Sir Anderson, Nasrullah, Rivanol Chadry., 2010). Misalignment dapat terjadi dalam tiga kondisi yaitu:

2.11. Misalignment Pararel

Misalignment paralel adalah jika garis sumbu antara dua buah poros mengalami pergeseran (tidak sejajar). Gambar 2.13. di bawah ini menunjukkan

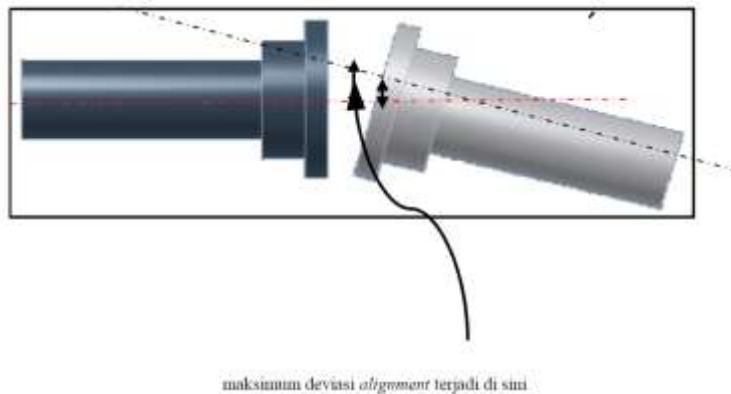
kopling dengan keadaan *misalignment* paralel (*offset*).



Gambar 2.13. Misalignment Paralel (Sir Anderson, Nasrullah, Rivanol Chadry., 2010)

2.10.2 Angular (sudut).

Misalignment angular adalah jika ke dua garis sumbu poros membentuk sudut seperti terlihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Misalignment Angular (Sir Anderson, Nasrullah, Rivanol Chadry., 2010)

2.10.3. Kombinasi Paralel dan Angular.

Misalignment poros adalah deviasi posisi relatif poros dari sumbu colinear rotasi diukur pada titik-titik dari transmisi daya. *Colinear* itu berarti dalam garis

yang sama atau sumbu yang sama. Jika dua buah poros itu *colinear* maka poros tersebut dalam keadaan alignment sempurna.

Saat ini belum ada standart toleransi baku yang di publikasikan lembaga standart seperti ISO atau ANSI. Dari semua tabel terlihat bahwa RPM semakin tinggi dan diameter kopling semakin besar maka toleransi harus semakin kecil, sesungguhnya harga yang harus di capai adalah nol atau zero.

Tabel 2.1. Toleransi *Alignment* (*vibralign.com, 2014*)

RPM	ANGULAR		OFFSET	
	Excellen (mm/inch)	Acceptable (mm/inch)	Excellen (mm)	Acceptable (mm)
3600	0.3/1"	0.5/1"	1.0	2.0
1800	0.5/1"	0.7/1"	2.0	4.0
1200	0.7/1"	1.0/1"	3.0	6.0
900	1.0/1"	1.5/1"	4.0	8.0

Proses pengukuran vibrasi yang akan dilakukan mengacu pada table 2.1. toleransi *alignment*, sesuai dengan data motor yang akan di uji dengan kecepatan 1400 rpm maka ada pada *range* 1800 rpm pada tabel.

2.11. Mikrokontroler ARM ATM32F4 *Discovery*

Gambar 2.15. di bawah ini merupakan ARM singkatan dari (*Advanced RISC Machine*), sebuah prosesor 32-bit dengan tipe RISC.



Gambar 2.15. ARM STM32F4 *Discovery board* (www.st.com, 2015)

2.11.1. Board Features

STM32F4 *Discovery* merupakan mikrokontroler 32 bit yang menggunakan arsitektur ARM STM32F4 *Discovery* memiliki spesifikasi pada tabel 2.2. sebagai berikut:

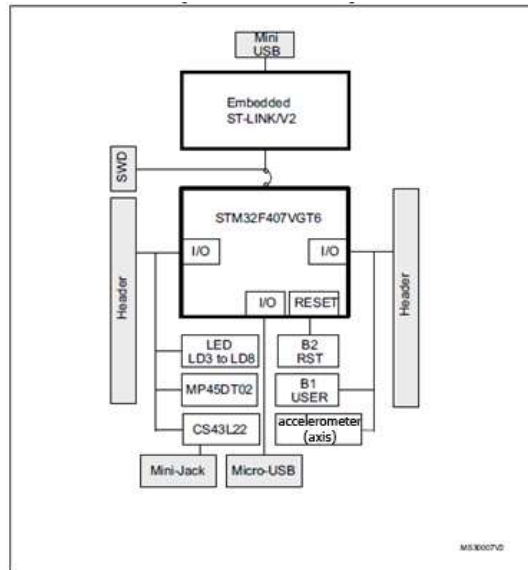
Tabel 2.2. Fitur ARM STM32F4 *Discovery*

FITUR	SPESIFIKASI
Ukuran	97mm x 67mm
Kecepatan	168MHz (maksimal)
Flash	1024 Kb
RAM internal	192 Kb
Timer lainnya	2xWDG, RTC, 24-bit down counter
12 bit ADC	16
12 ADC	2
I/O	82
SPI	3
SAI	-
PS	2
PC	3
USART+UART	4+2
USB OTG	2
CAN 2.0B	2

SDIO	1
Ethernet MAC10/100	Ya
Tegangan kerja	1.8 – 3.6 V
Arus terendah	2.5 uA
Arus kerja	238 uA
Fitur lainnya	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Boosted execution</i> dari pengendalian algoritma • Mudah di gunakan • Efisiensi kode lebih baik • <i>Elimination of scaling and saturation</i> • Dukungan mudah untuk meta-language tool • <i>On-board ST-LINK/V2</i> dapat digunakan sendiri • <i>ST-LINK/V2</i> (dengan konektor SWD untuk pemrograman dan <i>debugging</i>) • <i>Board power supply</i>: bisa menggunakan USB atau dari 5V volt eksternal • <i>External application power supply: 3V and 5V</i> • LIS302DL or LIS3DSH, ST MEMS <i>motion sensor, 3- axis digital output accelerometer</i> • MP45DT02, ST MEMS <i>audio sensor, omnidirectional digital microphone</i> • CS43L22, <i>audio DAC with integrated class D speaker driver</i> • 8 LED: <ul style="list-style-type: none"> - LD1 (merah/hijau) untuk USB - LD2 (merah) untuk 3.3 V <i>power on</i> - 4 <i>user led</i> yaitu LD3 (<i>orange</i>) LD4 (hijau) LD5 (merah) LD6 (biru) - 2 USB OTG LEDs LD7(hijau) VBus dan LD8 (merah) arus lebih • <i>2 pushbuttons (user and reset)</i> • USB OTG dengan <i>micro-AB connector</i>

2.11.2. Hardware Block Diagram

Pada gambar 2.16. dibawah ini merupakan blok diagram dari mikrokontroler ARM STM32F4 Discovery.



Gambar 2.16. Blok Diagram STM32F4 Discovery (www.st.com, 2015)

2.12. Nilai Ketepatan Prediksi

Ketepatan peramalan adalah suatu hal yang penting untuk peramalan, yaitu bagaimana mengukur kesesuaian antara data yang sudah ada dengan data peramalan. Menurut pakaja (2012), ada beberapa perhitungan yang biasa digunakan untuk menghitung kesalahan peramalan total. Tiga dari perhitungan yang paling terkenal adalah deviasi mutlak rerata (*Mean Absolute Deviation-MAD*), kesalahan kuadrat rerata (*Mean Square Error-MSE*), dan kesalahan persen mutlak rerata (*Mean Absolute Percentage Error-MAPE*).

2.12.1. Mean Absolute Deviation (MAD)

Menurut Pakaja (2012), metode untuk mengevaluasi metode peramalan menggunakan jumlah dari kesalahan-kesalahan yang absolut. *Mean Absolute*

Deviation (MAD) mengukur ketepatan ramalan dengan merata-rata kesalahan dugaan (nilai absolut masing-masing kesalahan). MAD berguna ketika mengukur kesalahan ramalan dalam unit yang sama sebagai deret asli. MAD merupakan ukuran pertama kesalahan peramalan keseluruhan untuk sebuah model. Rumus untuk menghitung MAD adalah sebagai berikut.

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - F_t|}{n} \dots\dots\dots (2-12)$$

Dimana:

- X_t = data aktual pada periode t
- F_t = nilai peramalan pada periode t
- n = jumlah data

2.12.2. Mean Square Error (MSE)

Menurut Pakaja (2012), Mean Squared Error (MSE) adalah metode lain untuk mengevaluasi metode peramalan. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. Metode itu menghasilkan kesalahan-kesalahan sedang yang kemungkinan lebih baik untuk kesalahan kecil, tetapi kadang menghasilkan perbedaan yang besar. MSE merupakan cara kedua untuk mengukur kesalahan peramalan keseluruhan. MSE merupakan rata-rata selisih kuadrat antara nilai yang diramalkan dan yang diamati. Kekurangan penggunaan MSE adalah bahwa MSE cenderung menonjolkan deviasi yang besar karena adanya pengkuadratan. Rumus untuk menghitung MSE adalah sebagai berikut.

$$MSE = \sum_{t=1}^n \frac{(X_t - F_t)^2}{n} \dots\dots\dots (2-13)$$

2.12.3. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Menurut Pakaja (2012), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu. Kemudian, merata-rata kesalahan persentase absolut tersebut. MAPE merupakan pengukuran kesalahan yang menghitung ukuran presentase penyimpangan antara data aktual dengan data peramalan. Nilai MAPE dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \dots\dots\dots (2-13)$$

Dimana :

Xt = Data actual pada periode t

Ft = Nilai peramalan pada periode t

N = Jumlah data

Kemampuan peramalan sangat baik jika memiliki nilai MAPE kurang dari 10% dan mempunyai kemampuan peramalan yang baik jika nilai MAPE kurang dari 20%.