

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang menggunakan metode *support vector machine* dalam mengetahui cacat pada bantalan yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Berikut ini adalah tinjauan hasil penelitian yang telah dilakukan.

Sukendi dkk, (2015) melakukan analisa menggunakan metode Machine Learning dengan metode *Support Vector Machine* untuk mendeteksi cacat dini pada bearing. Hasil dari analisa ini, jika ingin mendapatkan keakuratan yang semakin tinggi kita harus memiliki data *training* yang banyak dan lengkap untuk berbagai kondisi bearing baik maupun bearing yang kondisi rusak sehingga mendapatkan data prediksi yang semakin mendekati kebenaran.

Metode *support vector machine* (SVM) juga digunakan untuk mengdiagnosis kerusakan pada bantalan gelinding. Dalam pengujian ini menggunakan metode *support vector machine* dengan menggunakan metode *one-against-all* dan *one-against-one* hasilnya *one-against all* memiliki tingkat keakuratan diatas 99% (Amandi, 2015).

Fathurrohman (2015) melakukan pengujian dengan metode *support vector machine* (SVM) untuk menganalisa kerusakan bantalan bola. Dalam pengujian ini menggunakan metode *one-against-one* dengan *kernel* RBF adalah yang terbaik karena pada saat *training* memiliki akurasi 98,93 % dan pada saat *testing* akurasinya 97,5 %.

Metode *support vector machine* digunakan untuk mengidentifikasi keausan pada bantalan tirus (*tapered bearing*) menggunakan *support vector machine*. Data diambil dari hasil pengukuran vibrasi antara bantalan yang normal dengan bantalan yang aus. Hasil yang didapat dengan metode *support vector machine* dengan menggunakan metode *K-fold* =10 menghasilkan keakurasian tertinggi yaitu 83% (Suwarmin dkk, 2017).

Dari penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa metode *support vector machine* dapat mendeteksi cacat pada bantalan dengan keakuratan yang sangat tinggi. Tingkat keakuratan *support vector machine* ditentukan berdasarkan pemilihan parameter statistik, kernel function, dan algoritma yang tepat. Dalam menentukan penggunaan parameter statistik domain waktu yang efektif maka diperlukan beberapa tinjauan penelitian sebelumnya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Parameter Statistik Domain Waktu

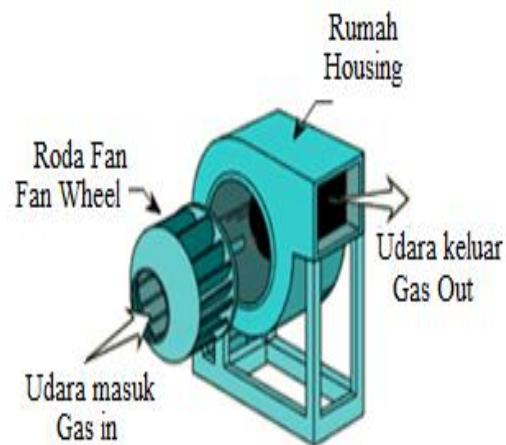
Tahun	Author (s)	Objek	Metode	Parameter Statistik
2010	Sakhtivel, dkk	Pompa Sentrifugal	SVM	<i>Mean, Median, Standard Deviation, Standard Error, Variance, Skewness, Kurtosis, SUM, Range, Minimum, Maximum</i>
2015	Luo, dkk	Pompa Sentrifugal	Analisis Statistik	<i>RMS, Crest Factor, Peak, PDF</i>
2016	Rapur & Tiwari	Pompa Sentrifugal	SVM	<i>Mean, SD, Entrophy</i>
2019	Fathurrohman, dkk	Bantalan Bola	SVM	<i>RMS, Standard Deviation, Variance, Crest-Factor, Shape-Factor, Kurtosis, Skewness, Entropy</i>

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Fan (kipas)

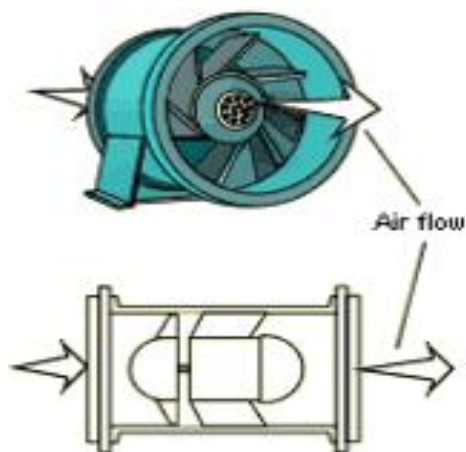
Fan adalah komponen mesin yang berfungsi berfungsi untuk mengeluarkan udara di dalam ruangan ke keluar ruangan dan menjaga sirkulasi udara didalam ruangan. Berdasarkan prinsip kerja *fan* diklasifikasikan dalam 2 macam yaitu:

1. *Fan* sentrifugal adalah kipas yang menggunakan gaya sentrifugal untuk mengalirkan fluida yang dihisap dari luar lalu dikeluarkan melalui sudu sudu kipas yang berputar. Seperti pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 *fan* sentrifugal
(Negara, 2018)

2. *Fan* aksial adalah kipas yang gerakannya searah dengan poros kipas. Seperti pada Gambar 2.2

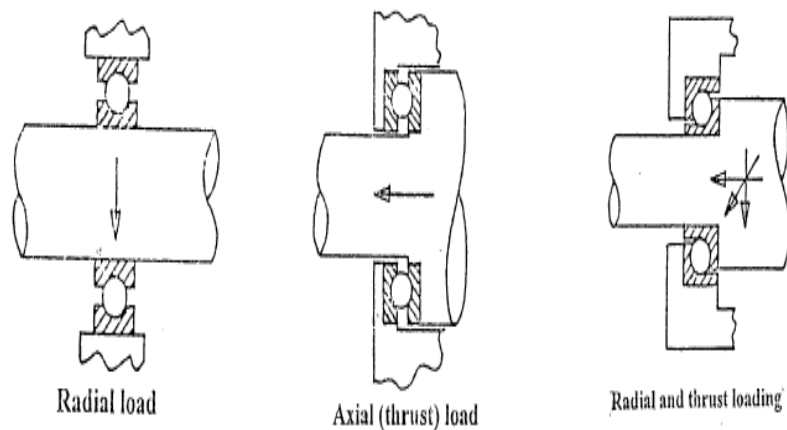


Gambar 2. 2 kipas *fan* aksial
(Negara, 2018)

2.2.2 Bantalan

Bantalan adalah komponen mesin yang berfungsi untuk menahan beban poros. Berdasarkan arah bebannya terhadap poros bearing dibagi dalam tiga jenis yaitu:

1. Bantalan radial : bantalan yang digunakan untuk menahan beban pada arah radial.
2. Bantalan aksial : bantalan yang digunakan untuk menahan beban pada arah aksial.
3. Bantalan kombinasi : bantalan yang digunakan untuk menahan beban pada arah aksial maupun arah radial. Seperti pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Arah Beban terhadap poros
(Negara, 2018)

Untuk berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros bearing di bagi menjadi 2 yaitu :

1. Bantalan luncur adalah bantalan yang cara kerjanya dengan menggunakan cara *sliding*. Pada bantalan jenis ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaranya yaitu lapisan pelumas. Bantalan ini mempunyai kelebihan mampu menahan poros yang mempunyai beban yang berat dan mampu beroperasi kecepatan tinggi. Dengan konstruksi yang sederhana maka bantalan ini mudah untuk dibongkar pasang. Akibat adanya gesekan pada bantalan dengan poros maka

akan memerlukan momen awal yang besar untuk memutar poros. Contoh gambar bantalan luncur pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Bantalan Luncur
(Negara, 2018)

2. Bantalan gelinding adalah bantalan yang menggunakan elemen gelinding seperti bola, *taper*, rol yang dipasang di antara cincin luar dan dalam. Karena gerakan gelinding tersebut maka gesekan yang dihasilkan cuma sedikit. Pada Gambar 2.5, (a) menunjukkan bantalan bola *single row* dan (b) adalah *double row*.



a

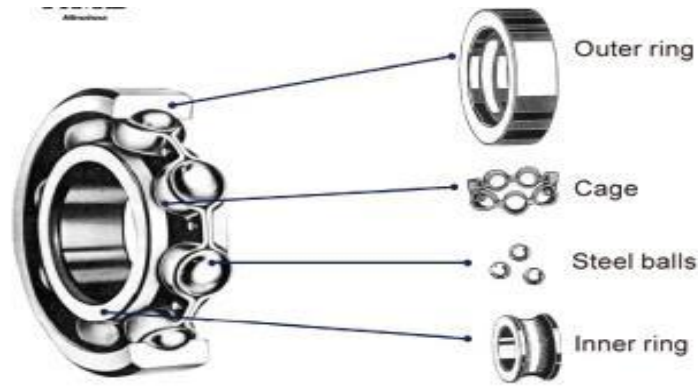


b

Gambar 2.5 Bantalan Bola, (a) *single row*, (b) *double row*
(Erinofiardi, 2011)

Pada penelitian ini bearing yang digunakan adalah bantalan bola jenis *single row*. *Single row* adalah bantalan yang mempunyai satu baris bola. Bagian-bagian komponen dari bearing gelinding ada *inner race* adalah lintasan dalam bantalan,

outer race adalah lintasan luar bantalan, *steel balls* adalah penahan gaya tekanan dan gesek bantalan dan *cage* adalah tempat bola bantalan. Seperti pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 komponen bearing gelinding
(Erinofiardi, 2011)

2.2.3 *Single row*

Single row adalah bantalan yang mempunyai satu baris bola seperti pada Gambar 2.7 .



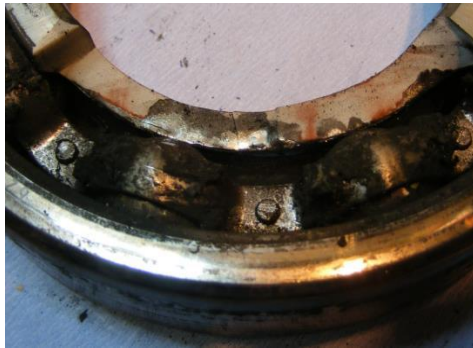
Gambar 2.7 *Single Row Self Aligning* (Erinofiardi, 2011)

2.2.4 **Kerusakan Pada *Bearing***

Jenis-jenis kerusakan yang sering terjadi pada bearing adalah :

1. Keausan dini adalah jenis kerusakan yang disebabkan oleh lingkungan sekitar dan salah dalam penyimpanan seperti masuknya benda asing, debu, kotoran sebesar 16%.

2. Goresan dan Keausan adalah jenis kerusakan yang disebabkan oleh teknik pelumasan yang kurang pas sebesar 36% dan kelebihan beban sebesar 34%.
3. Pembengkokan *Bearing* adalah jenis kerusakan yang disebabkan oleh teknik pemasangan yang kurang benar sebesar 16%.



(a)



(b)



((c)

(d)

Gambar 2.8 (a) Cacat lokal bantalan bola pada lintasan dalam, (b) Cacat lokal bantalan bola pada sangkar, (c) Cacat lokal bantalan bola pada lintasan luar, (d) Cacat lokal bantalan bola pada bagian bola
(Erinofiardi, 2011)

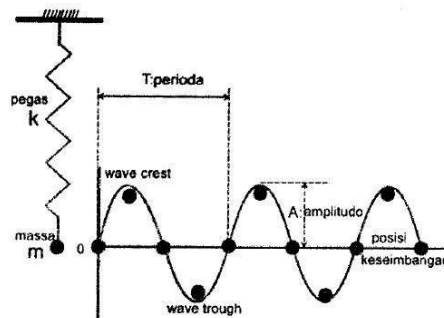
2.2.5 Getaran

Getaran adalah gerak bolak balik yang dihasilkan dari rentang periode tertentu. Dalam merancang suatu mesin harus selalu dipertimbangkan getaran yang terjadi, kita juga harus melihat berdasarkan sifat osilasinya. Gambar 2.4 terjadi

gerakan osilasi pada suatu pegas massa. Ada dua parameter yang menjadi perbandingan nilai getaran, diantaranya (Hamid, 2012) :

1. Amplitudo

Tinggi rendahnya nilai getaran pada mesin ditentukan dari nilai amplitude, kerusakan pada suatu mesin ditandai dengan adanya getaran yang cukup tinggi. Semakin tinggi nilai amplitudo yang dihasilkan maka akan semakin besar tingkat kerusakan yang terjadi oleh suatu mesin. Seperti pada Gambar 2.8



Gambar 2.9 Gerak osilasi suatu sistem pegas massa (Hamid, 2012)

2. Frekuensi

Frekuensi adalah hasil plot dalam sejumlah periode yang dihasilkan dalam satu putaran waktu, nilai *vibrasi* pada suatu mesin biasanya mempunyai plot frekuensi. Pada analisa yang berbasis domain frekuensi, kerusakan yang terjadi biasanya dilihat dari karakteristik frekuensi.

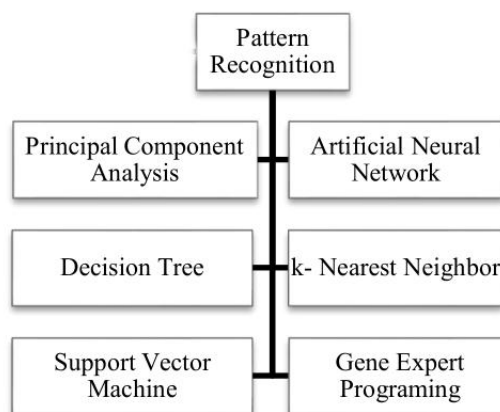
2.2.6 *Machine learning*

Machine learning adalah proses pembelajaran dengan metode komputasi untuk mendapatkan data tanpa mengandalkan persamaan yang telah ditentukan sebagai model. *Machine learning* digunakan untuk memprediksi kapan mesin terjadi kerusakan dan membantu kita dalam mengambil keputusan.

Machine learning dibagi menjadi 2 yaitu :

1. *Unsupervised learning* adalah metode dalam *machine learning* yang digunakan pada data yang tidak mempunyai informasi dan tidak dapat diterapkan secara langsung (tidak terarah). Contohnya adalah *K-Means, K-Medoids Fuzzy C-Means, Hierarchical, Gaussian Mixture, Neural Networks, Hidden Mark*
2. *Supervised learning* adalah metode dalam *machine learning* yang dapat menerapkan informasi yang telah ada pada data dengan memberikan label tertentu (terarah). metode ini bisa memberikan hasil *output* yang dilakukan dengan membandingkan hasil dari masa lalu. Contoh dari metode ini seperti *Discriminant Analysis, Naive Bayes, Nearest Neighbor* dan *Support Vector Machines*

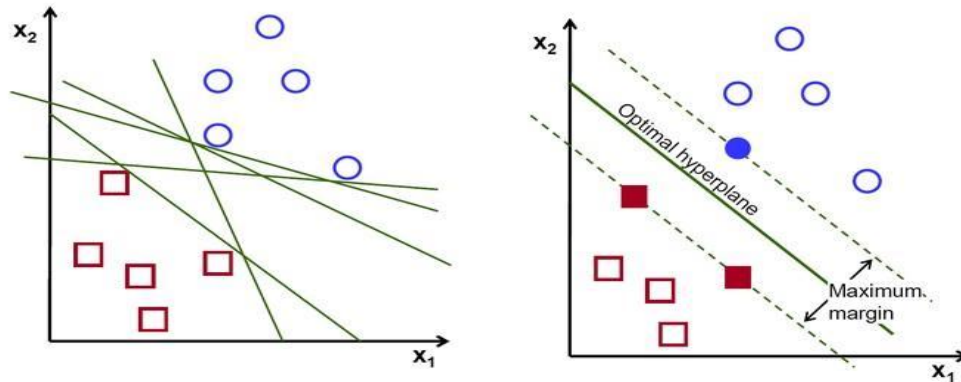
Menurut Theodoritis, (2003) pengenalan pola adalah suatu metode yang bekerja untuk mengklasifikasikan data kedalam sejumlah kelompok. Dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, penggunaan metode berbasis *pattern recognition* semakin banyak diterapkan pada beberapa bidang. Bidang penerapan metode ini diantaranya seperti pada bidang medikal, elektronik industri. Jenis – jenis metode pengenalan pola seperti Gambar 2.10



Gambar 2.10 jenis – jenis metode pengenalan pola

2.2.7 *Support Vector Machine (SVM)*

Support vector machine adalah metode yang digunakan untuk mengklarifikasi biner. Pada dasarnya *Support vector machine* adalah suatu cara untuk mencari *hyperplane* terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua buah kelas pada *input data* (Nugroho dkk, 2003).



Gambar 2.11 Penentuan *hyperplane* terbaik yang memisahkan kedua kelas (Gunn, 1998)

Pada Gambar 2.11 (a) menunjukkan *pattern* dalam kelas a ditandai dengan simbol kotak merah dan dalam kelas b *pattern* ditandai dengan simbol lingkaran biru, kemudian dicarilah *hyperlane* terbaik yang terletak di ditengah antara kedua kelas, dan *pattern* berada di dekat *hyperplane* disebut *Support Vector*. Dari gambar (a) dan (b) diatas dapat diasumsikan telah terpisah secara sempurna oleh *hyperplane*.

2.2.8 Parameter Statistik Domain Waktu

1. *Root Mean Square* (RMS)

Seperti yang telah disebutkan pada bagian sebelumnya, RMS merupakan salah satu parameter statistik domain waktu yang dapat digunakan dalam analisa kerusakan berbasis sinyal vibrasi. Untuk mengetahui nilai RMS, dapat menggunakan persamaan (2.1)

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N x_j^2}{N}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

N = Ukuran sampel

(a)

x_j = Kolom data

2. Standart Deviasi

Menurut Al – Hasymi (2009) nilai parameter SD dapat menunjukkan penyebaran data terhadap nilai rata – rata nya. Dapat dikatakan bahwa semakin besar nilai parameter SD, maka susunan datanya akan semakin mendekati nilai rata – ratanya begitu pula sebaliknya. Untuk mengetahui nilai SD, dapat menggunakan persamaan (2.2)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

- x_i = Nilai x ke-i
- \bar{x} = Rata-rata
- N = Ukuran sampel

3. Variance

Parameter *variance* merupakan nilai kuadrat dari nilai standar deviasi nya. Nilai *variance* menunjukkan banyaknya variasi kelompok data. Untuk mengetahui nilai *variance*, dapat menggunakan persamaan (2.4)

$$Variance = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

- \bar{x} = Rata-rata dari sinyal
- x_i = Elemen x ke-i
- N = Ukuran sampel

4. Kurtosis

Kurtosis menyerupai *variance* yang mana nilai yang didapat merupakan pangkat empat dari *variance* dari pada pangkat dua pada *variance* sehingga akan membuat semua nilai menjadi positif (Ahmed dkk, 2011). Untuk mengetahui nilai *kurtosis*, dapat menggunakan persamaan (2.5)

$$Kurtosis = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{(N-1)\sigma^4} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- x_i = Elemen x ke-i
- N = Ukuran sampel
- σ = Standar deviasi
- \bar{x} = Rata-rata x

5. *Standard Error (SE)*

Standard Error (SE) adalah ukuran dari jumlah kesalahan (*error*) dalam prediksi nilai y untuk setiap nilai x , dimana x dan y adalah mean sampel dan n adalah ukuran sampel (Sakhtivel dkk., 2010). Untuk mengetahui nilai *Standard Error (SE)*, dapat menggunakan persamaan (2.6)

$$SE = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- σ = Standar deviasi
- N = Ukuran sampel

6. *Minimum Value*

Menurut Sakhtivel dkk. (2010) parameter *minimum value* dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada mesin. Nilai parameter ini menunjukkan titik minimum dari nilai *vibrasi* yang dihasilkan. Apabila kinerja pompa menurun yang disebabkan oleh kerusakan komponen seperti *bearing*, *seal*, atau *impeller*, maka nilai *vibrasi* yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini tentunya akan berdampak terhadap kenaikan nilai minimum yang dihasilkan.

7. *Crest Factor*

Crest factor (Cf) adalah parameter yang menunjukkan ukuran ketajaman dan jumlah *peak* yang ada di dalam sinyal. Jika *Crest factor* yang dihasilkan semakin besar , maka semakin banyak terdapat impuls yang berulang di dalam sinyal yang

dihasilkan (Luo dkk., 2015). Untuk mengetahui nilai *Crest Factor*, dapat menggunakan persamaan (2.7)

$$CF = \frac{X_{max}}{RMS} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

X_{max} = Nilai maksimum
 RMS = *Root mean square*

8. *Peak Value*

Peak Value adalah parameter yang digunakan untuk menunjukkan indeks intensitas energi pada sinyal vibrasi, parameter ini terhadap laju aliran bersifat konstan. Untuk mengetahui nilai *Peak Value*, dapat menggunakan persamaan (2.8)

$$Peak = \max|x(N)| \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

x = Vector dalam ruang input
 N = Ukuran sampel

9. *Entropy*

Entropy digunakan untuk klasifikasi kerusakan menandakan adanya indikasi kerusakan. Menurut Rapur dkk, (2016) kerusakan yang terdapat pada mesin dapat diklasifikasi dengan baik, terutama dengan penggunaan parameter *entropy* yang dapat mengklasifikasikan dengan jelas terhadap kondisi baik dan rusak. Untuk mengetahui nilai *Entropy*, dapat menggunakan persamaan (2.9)

$$Entropi (S) = \sum_{j=1}^k -P_j \log_2 P_j \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

S = Himpunan (dataset) kasus
 k = Banyaknya partisi S
 P_j = Probabilitas yang di dapat dari sum (Ya) dibagi total kasus.

10. *Mean*

Mean digunakan pada parameter ini digunakan untuk nilai rata – rata dari besaran nilai terhadap objek. Parameter ini seperti parameter SD dan *entropy*, karena

parameter ini dapat memberikan hasil klasifikasi yang baik terhadap perbedaan kondisi pada suatu mesin (Rapur dkk, 2016). Untuk mengetahui nilai *Entropy*, dapat menggunakan persamaan (2.10)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

- \bar{x} = Rata - rata
- $\sum_{i=1}^n x_i$ = Jumlah seluruh nilai data
- n = Jumlah seluruh frekuensi

11. Skewness

Skewness adalah nilai yang menunjukkan tingkat kesimetrisan disekitar daerah rata-ratanya dan menggambarkan suatu bentuk kurva yang distribusikan berdasarkan miring atau tidaknya kurva tersebut. Untuk mengetahui nilai *skewness*, dapat menggunakan persamaan (2.11)

$$Skewness (S) = \frac{1}{N\sigma^3} \sum_{j=1}^N (x - \bar{x})^3 \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

- S = Himpunan (dataset) kasus
- σ = Standar Deviasi
- \bar{x} = Rata - rata
- x = Vector dalam ruang input
- N = Ukuran Sampel

12. Maximum Value

Maximum Value digunakan untuk menggambarkan titik tertinggi dari data yang dihasilkan dari suatu kelas.

13. Sum

Sum digunakan untuk menunjukkan nilai penjumlahan dari suatu data yang ada di kelompok data.

14. Median

Median digunakan untuk menunjukkan nilai tengah dari suatu kelompok data. Jika nilai *median* jumlah datanya Ganjil, maka menggunakan persamaan (2.12) (a), dan jika jumlah data genap maka menggunakan persamaan (2.12) (b).

$$a. Me = x_{\frac{1}{2}(n+1)} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$b. Me = \frac{X_{\frac{n}{2}} + X_{(\frac{n}{2}+1)}}{2} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

- Me* = *Median*
- X* = Datum ke-
- n* = Jumlah seluruh frekuensi

15. *Signal-to-Noise and Distortion Ratio (SINAD)*

Signal-to-Noise dan Distortion Ratio (SINAD) digunakan untuk mengetahui ukuran kualitas sinyal dari kelompok data. Untuk mengetahui nilai *Entropy*, dapat menggunakan persamaan 2.13

$$SINAD = 10 \log_{10} \left(\frac{SND}{ND} \right) \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

- SND = Sinyal gabungan + Noise + Tingkat daya distorsi
- ND = Tingkat daya suara + Distorsi gabungan

16. *Signal to Noise Ratio (SNR)*

SNR digunakan untuk membandingkan kekuatan Sinyal (*signal strength*) terhadap kekuatan *Derau (noise level)*. Hasil dari *SNR* digunakan untuk menggambarkan kualitas dari suatu data. Semakin tinggi nilai yang dihasilkan maka semakin tinggi kualitas data tersebut. Untuk mengetahui nilai *Entropy*, dapat menggunakan persamaan (2.14)

$$SNR = \left(\frac{A_{signal}}{A_{noise}} \right)^2 \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

- A = *Amplitudo* dari *Root Mean Square (RMS)*

17. *Range*

Rentang (*range*) atau jangkauan adalah pengurangan data yang memiliki nilai maksimum dengan data nilai minimum. Untuk mengetahui nilai *Entropy*, dapat menggunakan persamaan 2.15

$$Range = X_{max} - X_{min} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

X_{max} = Data tertinggi

X_{min} = Data terendah

2.2.9 Kernel Function

Kernel function adalah metode yang digunakan untuk membuat pemetaan ke dalam ruang yang mempunyai fitur berdimensi tinggi. *Kernel function* bekerja dengan mengoperasikan data pada ruang input seperti pada fitur yang berdimensi tinggi. Hal ini menyebabkan *output* data yang dihasilkan tidak perlu lagi dilakukan evaluasi ke dalam fitur yang berdimensi tinggi dan dapat mengatasi masalah keterbatasan dimensi. *Output* yang didapatkan pada fitur berdimensi tinggi mempunyai nilai *ekivalen* dengan data pada ruang *input*. Dengan menggunakan pendekatan *kernel function*, seperti ditunjukkan pada persamaan 2.16.

$$K = (x, x')\{\phi(x), \phi(x')\} \dots\dots\dots 2.16$$

Jika nilai K adalah fungsi definitif positif yang simetris dapat dijabarkan seperti pada persamaan 2.17

$$K(x, x') = \sum_m^{\infty} \alpha_m \phi_m(x) \phi_m(x'); \alpha_m \geq 0 \dots\dots\dots 2.17$$

Macam-macam Kernel function yang biasanya digunakan yaitu :

1. Polynomial Function

Polynomial function adalah pemetaan data yang biasanya dilakukan terhadap kelompok data *non linear*. *Polynomial function* dapat dijelaskan pada persamaan 2.18.

$$K(x, x') = (x, x')^d \dots\dots\dots 2.18$$

Keterangan :

x, x' = Vektor dalam ruang input
 d = Derajat / Pangkat

2. Gaussian Radial Basis Function (RBF)

Gaussian Radial Basis Function adalah salah satu *kernel function* yang paling banyak diterapkan dalam mengklasifikasi kelompok data non linear. Penerapan fungsi *Gaussian* pada *kernel function* ini seperti yang dijelaskan pada persamaan 2.19

$$K(x, x') = \exp\left(-\frac{\|x-x'\|^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots 2.19$$

Keterangan :

$\|x - x'\|^2$ = Jarak euclidean kuadrat antara fitur dua vektor.
 σ = Standar Deviasi.
 exp = Eksponensial

3. Linear Function

Linear function adalah dua gagasan yang berbeda tapi saling berkaitan. Persamaan seperti pada persamaan 2.20.

$$K(x, x') = x_i^T x \dots\dots\dots 2.20$$

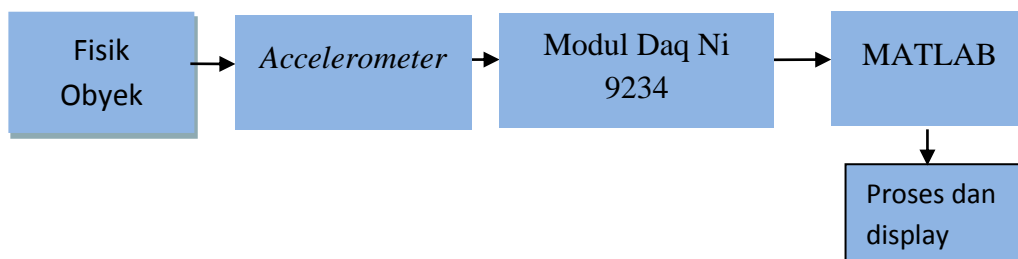
Keterangan :

x^T = Transposisi matriks vector x
 x' = Vektor dalam ruang input

2.2.10 Akuisisi Data

Akuisisi data adalah serangkaian sistem yang bertujuan untuk mengambil data, mengumpulkannya, dan mempersiapkannya sampai dengan proses pengolahan data. Menurut Scheffer dan Ghirdar (2004) terdapat empat tahapan utama yang dilakukan, diantaranya :

1. Merekam sinyal *vibrasi* yang berasal dari sumber terjadinya.
2. Mengubah sinyal *vibrasi* yang bersifat mekanis ke sinyal elektrik.
3. Mentransformasikan sinyal elektrik ke tiap bagian komponennya.
4. Menganalisa informasi yang dihasilkan berdasarkan sinyal vibrasi yang direkam.



Gambar 2.12 Sistem Akuisisi data

Pada Gambar 2.12 proses perubahan sinyal analog menjadi sinyal digital melalui beberapa proses diantaranya :

1. Sensor :adalah mengubah dari fisik ke sinyal elektrik.
2. Konversi sinyal analog ke digital : mengubah sinyal dari sensor ke bentuk sinyal digital.
3. MATLAB : software yang digunakan untuk mengolah data dari Konversi sinyal analog ke digital.
4. Proses dan display : setelah di olah oleh MATLAB maka akan menghasilkan data yang diinginkan oleh peneliti

2.2.11 Sensor Accelerometer

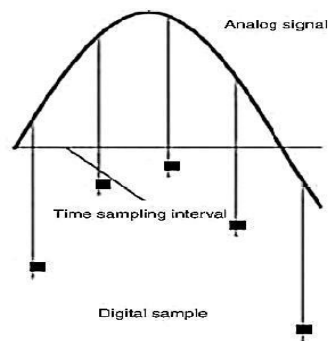
Accelerometer adalah sensor yang dapat digunakan untuk mengukur getaran dan percepatan suatu objek yang berada di bumi. Biasanya *accelerometer* dibuat menggunakan bahan *piezoelektrik*, yaitu *kristal quartz* dan keramik. Bahan tersebut dapat mentransformasikan sinyal dengan cara memindahkan *elektron* dan mendorong atom yang berada di dalamnya sehingga membentuk tegangan listrik yang ekuivalen dengan energi mekanis. *Accelerometer* menghasilkan *output* yang dapat didiferensialkan menjadi *displacement* dan *output velocity*. Seperti pada Gambar 2.13



Gambar 2.13 Sensor *accelerometer*
(Syafutra, 2017)

2.2.12 *Sampling*

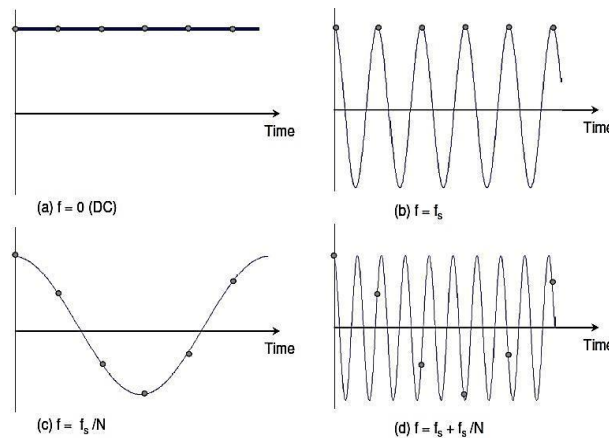
Sampling adalah proses dimana terjadi perekaman secara otomatis yang menghasilkan kurva dari titik – titik yang direkam. Awalnya gelombang sinyal berbentuk analog kemudian diubah dengan menggunakan titik – titik data dalam bentuk digital. Dalam proses pembentukan sinyal digital, hasil dari pembentukan sinyal harus serupa dengan gelombang sinyal aslinya. Untuk menghasilkan sampel sinyal yang akurat maka setidaknya sampel data yang diambil pada tingkat frekuensi harus dilakukan dua kali pada frekuensi tertinggi. Cara ini disebut dengan Nyquist Sampling. Proses *sampling* ditunjukkan pada Gambar 2.19.



Gambar 2.14 Proses *sampling* sinyal analog ke digital
(Scheffer dan Ghirdar, 2004)

2.2.13 Aliasing

Aliasing adalah proses pembentukan gelombang frekuensi rendah karena adanya *undersampling*. Fenomena aliasing harus dihindari dalam melakukan perekaman data secara *kontinyu*. Metode yang digunakan untuk menghindari *aliasing* yaitu dengan *filter anti-aliasing*. Metode ini bekerja dengan menghilangkan plot frekuensi tinggi yang mungkin ada pada laju *sampling* dan untuk mengatasi masalah pada perubahan amplitudo yang berada didekat frekuensi *cut-off*, maka rentang frekuensi hanya boleh digunakan kurang dari 80% frekuensi *Nyquist*. Agar metode *filter anti-aliasing* bekerja dengan baik maka dilakukan sebelum proses perubahan analog ke digital dimulai. Fenomena *aliasing* pada gambar 2.15.



Gambar 2. 15 Fenomena *aliasing*
(Alsalaet, 2012)