

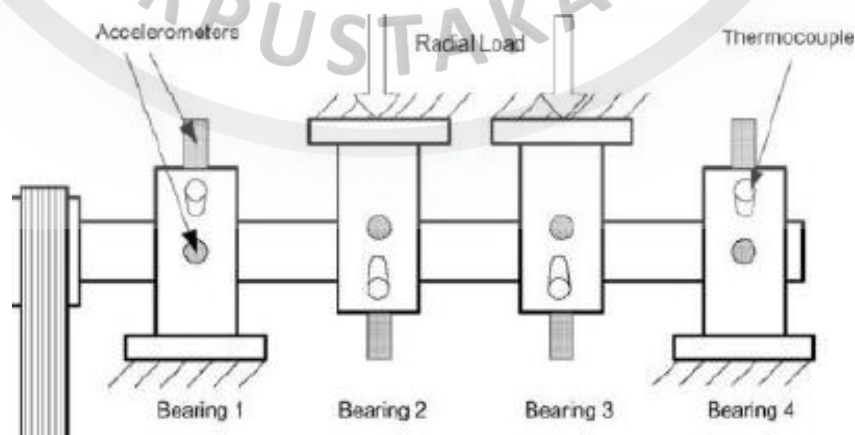
## BAB 3

### BAHAN DAN METODE

#### 3.1 Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan merupakan data sekunder. Data tersebut dihasilkan oleh NSF I/UCR Center untuk *Intelligent Maintenance Systems* dengan dukungan dari Rexnord Corp di Milwaukee. Data dapat diunduh pada halaman Nasa bearing dataset (<http://data-acoustics.com/measurements/bearing-faults/bearing-4/>).

Terdapat tiga set data, dimana masing-masing set data terdiri dari 4 bearing. Pengukuran sinyal getaran untuk bearing dilakukan selama masa pakai bearing sampai kegagalan. Sistem percobaan yaitu dipasang empat bearing pada satu poros, seperti pada gambar 3.1. Bearing yang dipasang merupakan bearing double row Rexnord ZA-2115. Kecepatan rotasi dijaga konstan pada 2000 rpm (rotasi per menit) serta dengan beban radial 6000 lbs yang diterapkan pada poros dan bantalan oleh mekanisme pegas. Akselerometer PCB 353B33 dengan ICP sensitivitas tinggi dipasang pada rumah bantalan (satu akselerometer untuk masing-masing bantalan). Semua kegagalan terjadi setelah melampaui waktu umur yang dirancang dari bantalan yang lebih dari 100 juta putaran.



**Gambar 3.1** Ilustrasi Percobaan Uji Bearing  
(Sumber: Nasa bearing dataset)

Setiap set data terdiri dari file individual yang snapshot sinyal getaran 1 detik direkam pada interval tertentu. Setiap file terdiri dari 20.480 poin dengan laju sampling ditetapkan pada 20 kHz. Data yang akan digunakan pada tugas akhir ini yaitu hanya data set 2 saja.

### 3.1.1 Data Set 2

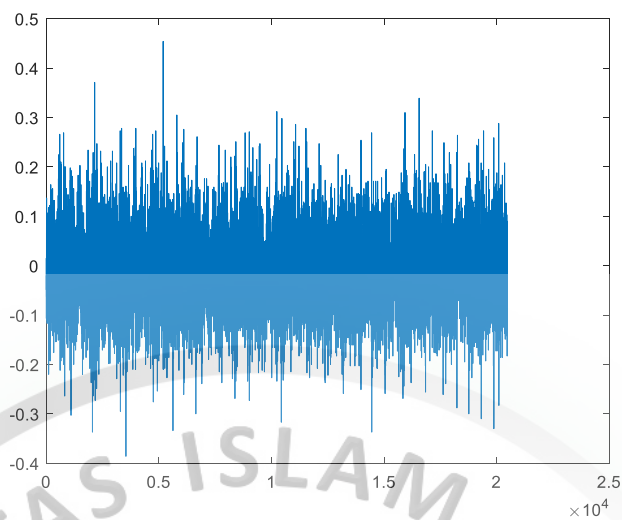
Data set 2, direkam pada 12 Februari 2004 pukul 10:32:39 hingga 19 Februari 2004 pukul 06:22:39. Dengan interval perekaman file setiap 10 menit. Dan terdiri dari 984 file. Data disajikan pada tabel sebagai berikut.

**Tabel 3.1** Data Sinyal Vibrasi *Bearing* Data Set 2

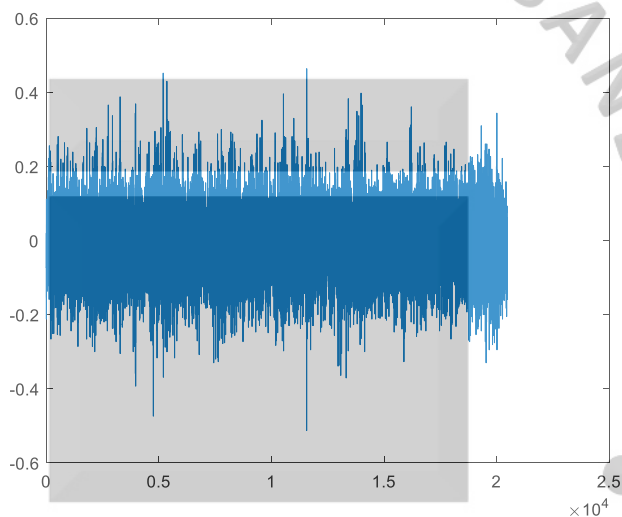
<b>t=2004.02.12.10.32.39</b>				
<b>Vibrasi <i>Bearing</i></b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	-0,049	-0,071	-0,132	-0,010
2	-0,042	-0,073	-0,007	-0,105
3	0,015	0,000	0,007	0,000
4	-0,051	0,020	-0,002	0,100
5	-0,107	0,010	0,127	0,054
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
20480	0,020	0,076	-0,042	-0,029
<b>t=2004.02.12.10.42.39</b>				
1	-0,088	-0,127	0,154	0,022
2	0,022	-0,178	-0,073	-0,022
3	-0,015	-0,066	-0,259	-0,056
4	-0,083	0,122	-0,005	-0,073
5	-0,056	-0,029	0,073	0,007
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
20480	0,010	0,0029	-0,112	-0,042
<b>t=2004.02.19.06.22.39</b>				
1	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
2	-0,002	-0,002	-0,000	-0,002
3	-0,002	-0,002	-0,002	-0,000
4	-0,002	-0,002	-0,002	0,000
5	0,000	-0,002	-0,002	-0,002
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
20480	-0,002	0,000	0,000	-0,002

Sumber: Nasa *bearing* dataset

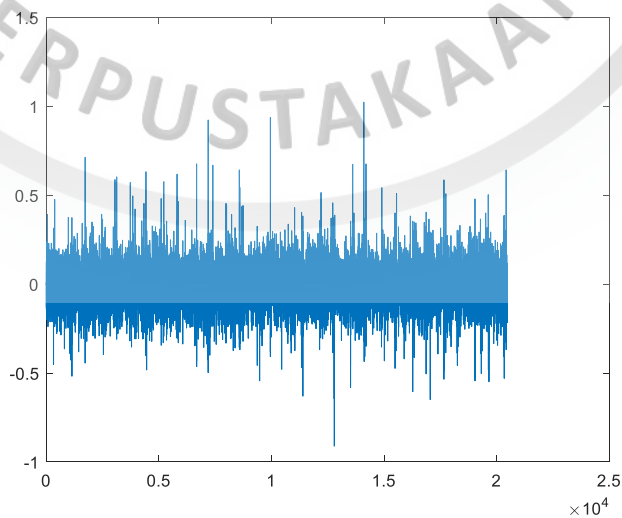
Dalam bentuk grafik, data sinyal getaran adalah sebagai berikut:



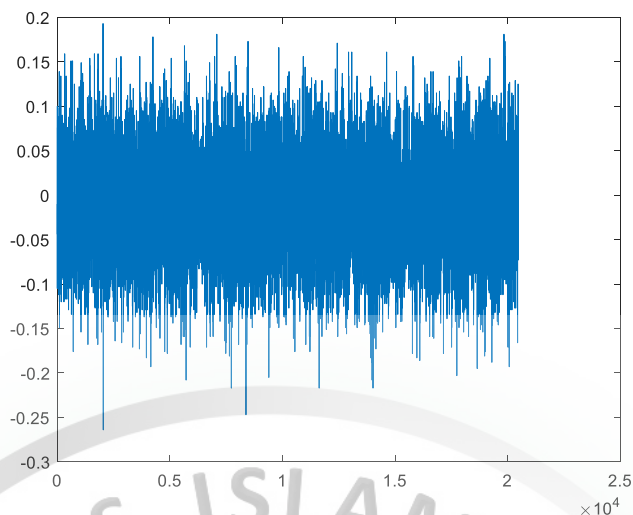
**Gambar 3.2** Sinyal Getaran *Bearing* 1 Data Set 2 (saat t=2004.02.12.10.32.39)



**Gambar 3.3** Sinyal Getaran *Bearing* 2 Data Set 2 (saat t=2004.02.12.10.32.39)



**Gambar 3.4** Sinyal Getaran *Bearing* 3 Data Set 2 (saat t=2004.02.12.10.32.39)



**Gambar 3.5** Sinyal Getaran *Bearing* 4 Data Set 2 (saat t=2004.02.12.10.32.39)

### 3.2 Metode Penelitian

Langkah-langkah proses ekstraksi fitur adalah sebagai berikut:

1. Hitung nilai RMS pada data asli sinyal vibrasi untuk setiap satuan waktunya pada semua *bearing* dengan menggunakan rumus (2.1).
2. Hitung nilai skewness pada data asli sinyal vibrasi untuk setiap satuan waktunya pada semua *bearing* dengan menggunakan rumus (2.2).
3. Hitung nilai kurtosis pada data asli sinyal vibrasi untuk setiap satuan waktunya pada semua *bearing* dengan menggunakan rumus (2.3).

Langkah-langkah untuk proses pemilihan fitur atau menghitung nilai *monotonicity* adalah sebagai berikut:

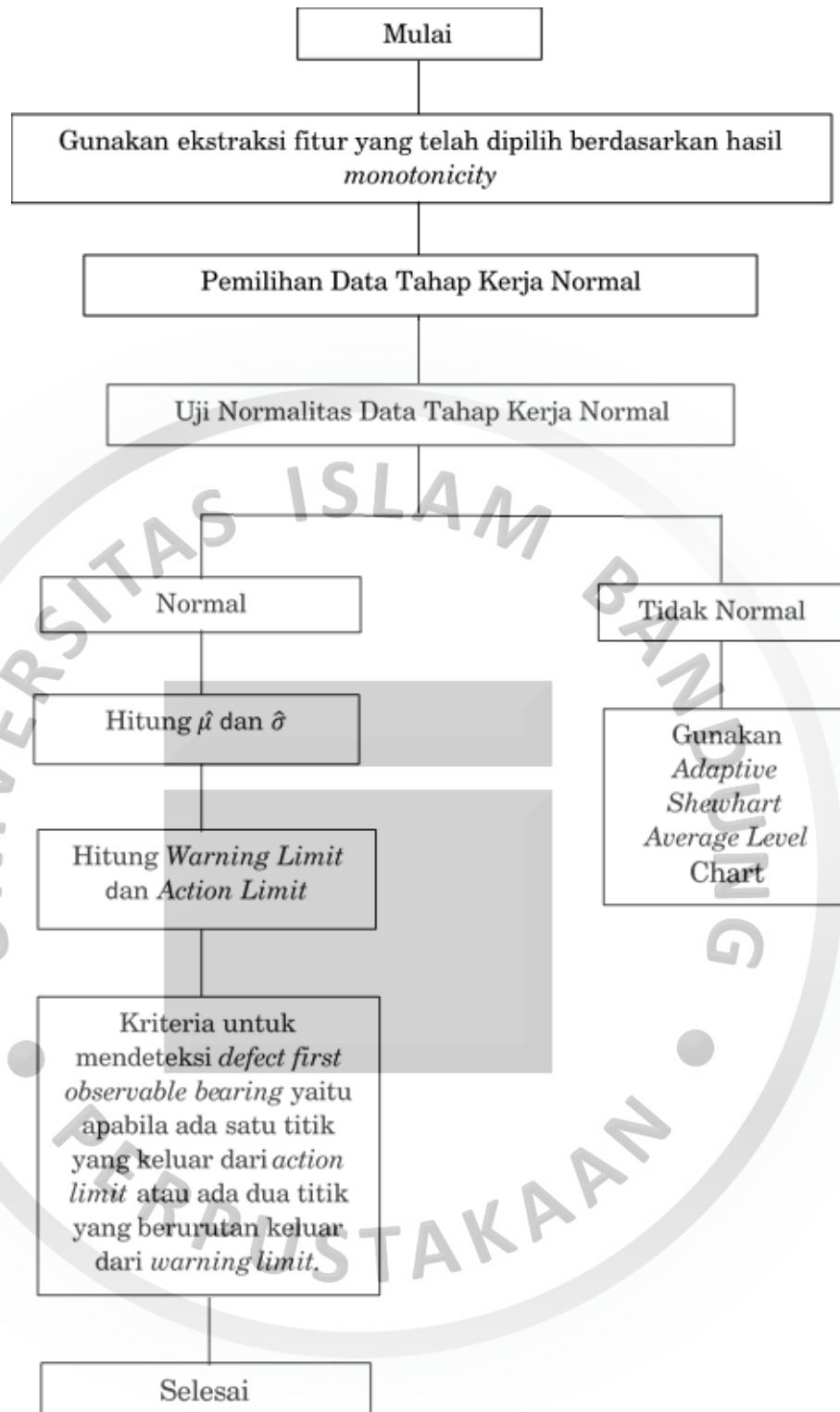
1. Hitung  $diff(x_i^j)$  untuk semua *bearing* pada setiap fitur dengan menggunakan persamaan (2.5).
2. Jumlahkan nilai positif dan jumlahkan nilai negatif dari hasil poin ke (1). Kemudian kurangi jumlah nilai positif oleh jumlah nilai negatif yang dimutlakan, kemudian bagi dengan  $n - 1$ .
3. Jumlahkan hasil poin ke (2), kemudian dirata-ratakan.

4. Hasil poin (3) yang memiliki nilai mendekati 1 adalah ekstraksi fitur yang paling sesuai untuk data tersebut.

Langkah-langkah untuk identifikasi *defect first observable* dengan menggunakan *Shewhart average level chart* adalah sebagai berikut:

1. Gunakan ekstraksi fitur yang telah dipilih berdasarkan hasil *monotonicity*.
2. Tentukan data hasil ekstraksi fitur yang berkerja pada tahap normal saja untuk setiap *bearing*nya, atau gunakan batas ambang untuk menentukan data yang bekerja pada tahap normal. Pada skripsi ini akan menggunakan batas ambang dengan menggunakan kriteria Wang & Zhang (2008) yaitu batas ambang dengan nilai 5.
3. Lakukan uji normalitas pada data yang bekerja pada tahap normal dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.
4. Hitung nilai rata-rata dari data yang berada pada tahap kerja normal dan berdistribusi normal untuk setiap *bearing* dengan menggunakan persamaan (2.7)
5. Hitung nilai simpangan baku dari data yang berada pada tahap kerja normal dan berdistribusi normal untuk setiap *bearing* dengan menggunakan persamaan (2.9).
6. Hitung *warning limit* dengan menggunakan persamaan (2.11) untuk setiap *bearing*.
7. Hitung *action limit* dengan menggunakan persamaan (2.12) untuk setiap *bearing*.
8. Nilai *warning limit* dan *action limit* yang diperoleh merupakan batas yang bisa diimplmentasikan untuk mendeteksi *defect first observable* pada *bearing*, dengan kriteria apabila ada satu titik yang keluar dari *action limit* atau ada dua titik yang berurutan keluar dari *warning limit*.

*Flow chart* untuk analisis diatas adalah sebagai berikut pada gambar 3.6.



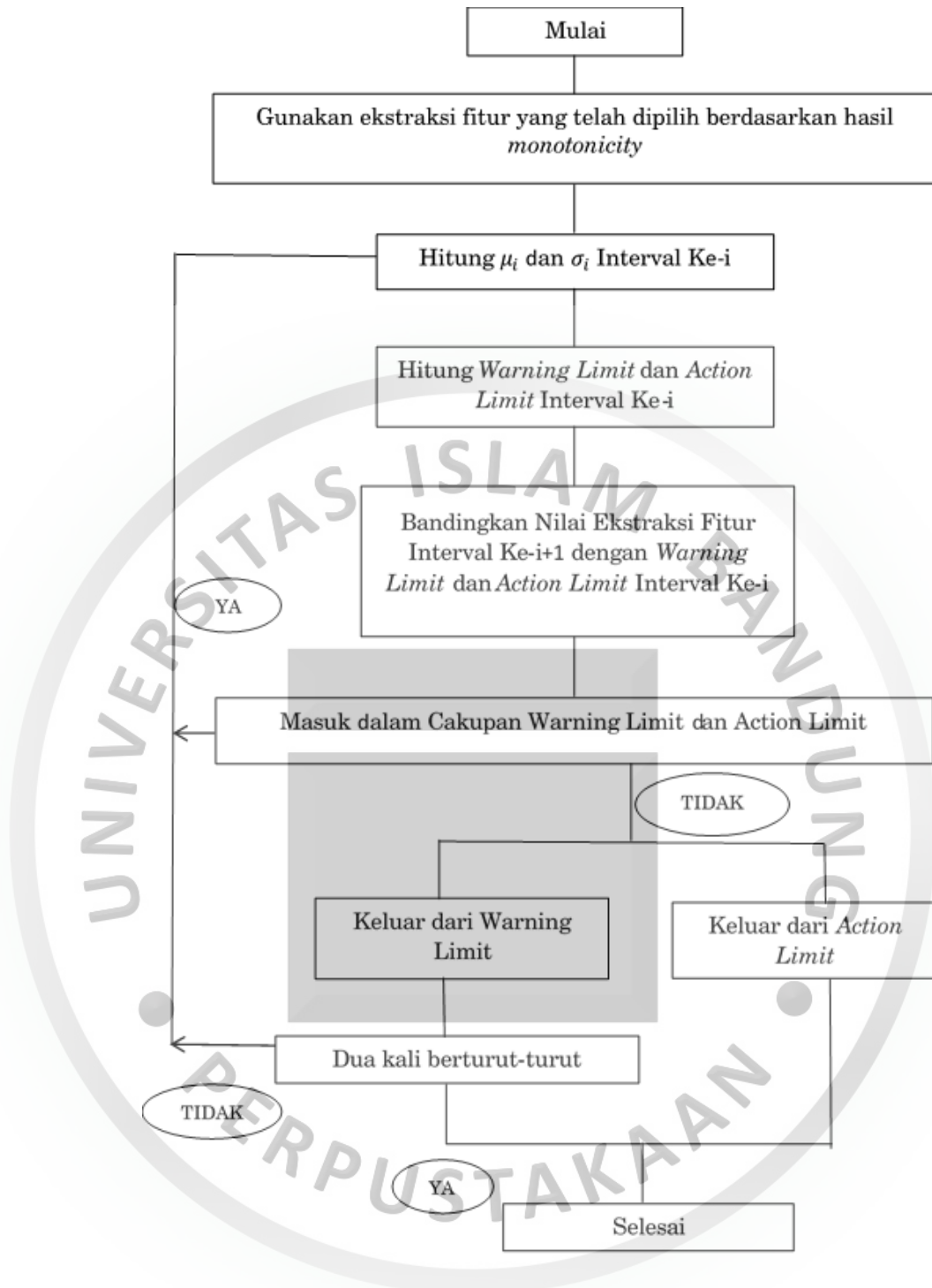
**Gambar 3.6** Flow Chart *Shewhart Average Level Chart*

Langkah-langkah untuk identifikasi *defect first observable* dengan menggunakan *adaptive Shewhart average level chart* adalah sebagai berikut:

1. Gunakan ekstraksi fitur yang telah dipilih berdasarkan hasil *monotonicity*.

2. Untuk data hasil ekstraksi fitur tadi, pada saat waktu interval ke- $i$ , hitung  $\mu_i$  dengan menggunakan persamaan (2.13) dan hitung  $\sigma_i$  dengan menggunakan persamaan (2.14).
3. Hitung *warning limit* dan *action limit* interval ke- $i$  dengan menggunakan persamaan (2.15) dan (2.16).
4. Bandingkan nilai hasil ekstraksi fitur interval ke- $i+1$  dengan *warning limit* dan *action limit* interval ke- $i$ .
5. Jika masuk ke dalam batas *warning limit* dan *action limit*, maka nilai hasil ekstraksi fitur interval ke- $i+1$  akan digunakan untuk menghitung batas  $\mu_i$  dan  $\sigma_i$  yang dikumulatikan dari nilai hasil ekstraksi fitur interval ke- $i$ .
6. Lakukan pengulangan dari langkah (2) sampai dengan langkah (5), sampai dengan pada kriteria apabila ada satu titik yang keluar dari *action limit* atau ada dua titik yang berurutan keluar dari *warning limit*.

*Flow chart* untuk analisis diatas adalah sebagai berikut pada gambar 3.7.



**Gambar 3.7** Flow Chart *Adaptive Shewhart Average Level Chart*