

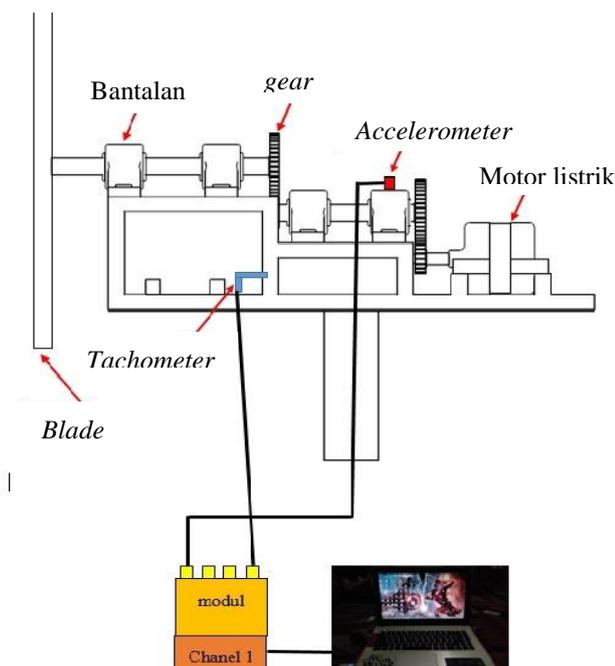
BAB III

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan sinyal getaran untuk mendeteksi cacat bantalan pada turbin angin. Bantalan kondisi normal dan bantalan kondisi rusak (cacat) akan diuji untuk dilihat respon getarannya menggunakan sensor getaran (*accelerometer*). Respon getaran dari sensor *accelerometer* akan direkam oleh data akuisisi yang terpasang pada *chasis* modul data akuisisi yang kemudian akan disimpan dan ditampilkan di laptop pada software matlab. Sinyal getaran dari bantalan normal dan bantalan cacat proses menggunakan *software* matlab dengan metode analisis *Principal Component Analysis* berdasarkan domain waktu. Hasil klasifikasi *PCA* berdasarkan domain waktu akan dianalisis.

3.1 Skema Alat Uji Kerusakan Bantalan (*Bearing*)

Skema alat uji cacat bantalan adalah gambaran dari alat tes rig bantalan dan instalasi pengujian yang akan digunakan. Skema ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Skema alat uji bantalan



Gambar 3. 2 Alat Uji

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat dan Bahan Pembuatan alat

Alat yang terdapat pada gambar 3.2 yang digunakan untuk perancangan turbin angin ini, diantaranya :

- a. Las listrik
- b. Bor tangan
- c. Kunci ring pas
- d. Palu
- e. Gerinda
- f. Mesin bubut
- g. Mistar



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

Gambar 3. 3 Alat pembuatan alat

Bahan seperti pada gambar 3.3 yang digunakan untuk pembuatan turbin angin ini, diantaranya :

- a. Plat besi
- b. Pipa besi



(a)



(b)

Gambar 3. 4 Bahan pembuatan turbin angin (a) plat besi, (b) pipa besi

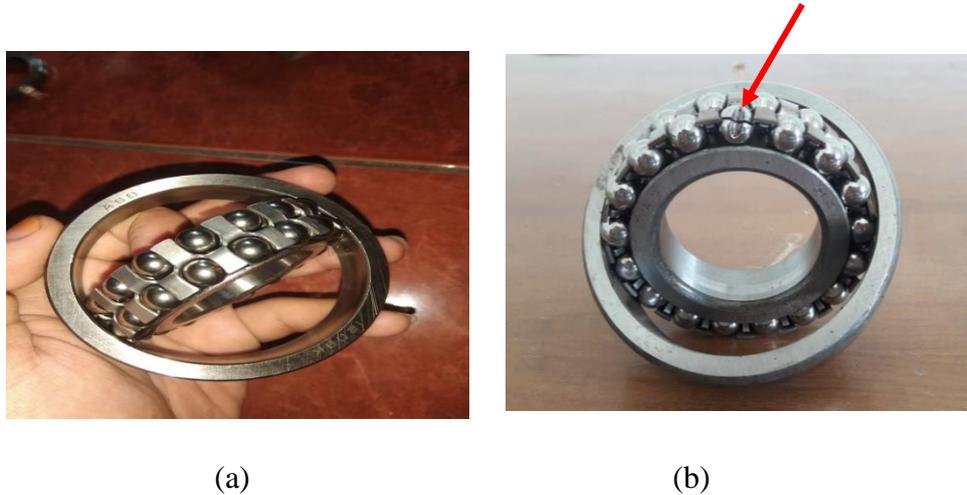
3.2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan penelitian yang dibutuhkan dalam pengambilan data deteksi cacat bantalan pada turbin angin *horizontal axis*. Adapun rincian alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

- a. Bantalan

Pada penelitian ini menggunakan bantalan dengan terdapat dua variasi kondisi bantalan yang berbeda – beda seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.4. Kondisi pertama yaitu bantalan dengan kondisi normal seperti pada gambar 3.4 (a), kondisi kedua yaitu cacat pada bagian elemen bola seperti gambar 3.4 (b).

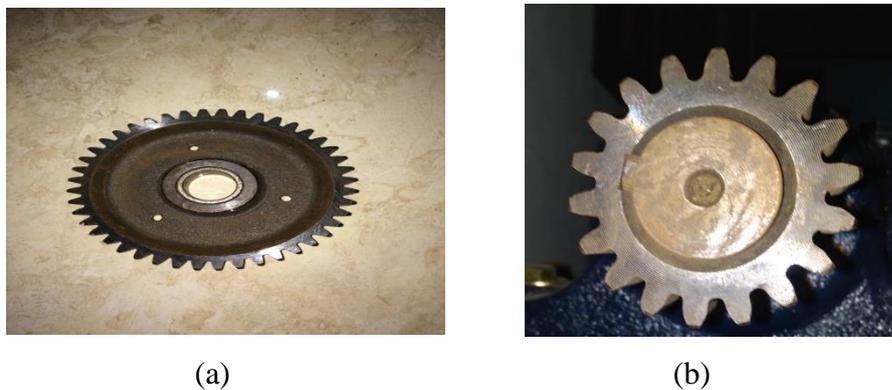
- Jenis : Bantalan Bola
- Seri : 1208K
- Merk : TAM
- Kondisi : Normal dan cacat pada elemen bola
- Proses perusakan bantalan : Bagian elemen bola bantalan di rusak menggunakan EDM (*electrical discharge machine*)
- Ukuran cacat elemen bola bantalan : Rusak dengan kedalaman sebesar 2 mm dan lebar rusak 0.7 mm.



Gambar 3. 5 (a) Bantalan kondisi normal dan (b) Bantalan bola cacat pada elemen bola

b. Roda gigi (*gear*)

Penelitian ini menggunakan dua pasang roda gigi, yang terdiri dari roda gigi lurus dan roda gigi pinion. Kedua jenis roda gigi tersebut dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 6 (a) Roda gigi lurus, (b) Roda gigi pinion

c. *Tachometer*

Tachometer yang digunakan pada penelitian ini digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi pada poros turbin angin dan menghasilkan keluaran dalam

satuan rpm seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6. Selain itu, tachometer memiliki tujuan untuk memudahkan pengecekan apabila muncul suatu kerusakan.



Gambar 3.6 Tachometer

d. Laptop

Laptop yang digunakan untuk penelitian ini terdapat *software* akuisisi data yang merupakan komponen sistem akuisisi data yang mempunyai peran untuk mengolah data yang telah diambil untuk diproses dijadikan sistem monitoring. Software yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat seperti pada gambar 3.7. Software pertama yang digunakan adalah matlab R2016a yang digunakan untuk pengambilan data getaran seperti pada gambar 3.7 (a), dan software kedua adalah NI cDAQ-9174 yang digunakan sebagai pembaca dari modul data akuisisi seperti yang ada pada gambar 3.7 (b).



Gambar 3.7 Laptop



(a)



(b)

Gambar 3. 7 Tampilan (a) *Software* Matlab R2017a, (b) *Software* NI cDAQ-9174

e. Peralatan data akuisisi

Penelitian menggunakan peralatan data akuisisi yang memiliki beberapa komponen dan fungsi tersendiri seperti yang ada pada gambar 3.8 berikut.



Gambar 3. 8 Peralatan data akuisisi

Accelerometer adalah alat yang berfungsi untuk mengubah gelombang mekanik menjadi sinyal elektronik. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Accelerometer

Kabel *connector* berfungsi untuk menghubungkan *accelerometer* ke modul data akuisisi. Terdapat dua kabel yang digunakan yaitu tipe AO-0531 seperti yang ditunjukkan gambar 3.10 berikut ini.



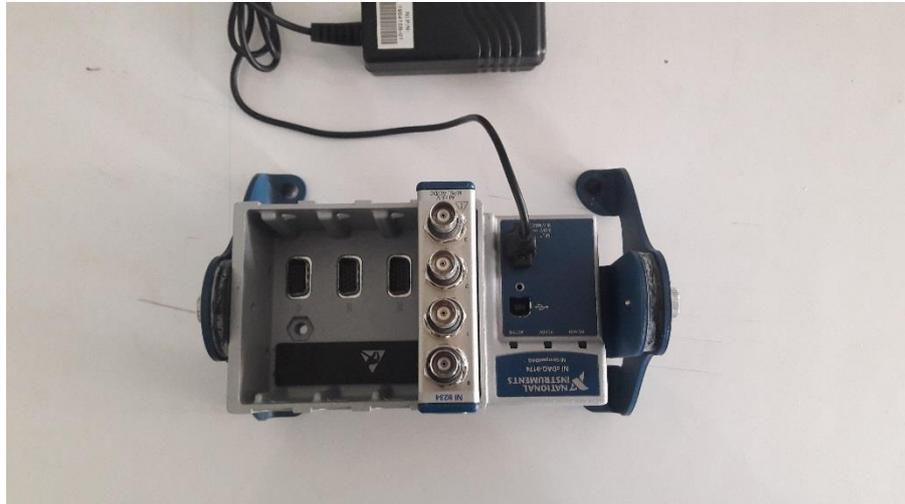
Gambar 3. 10 Kabel konektor

Modul DAQ seperti dapat dilihat pada gambar 3.11 memiliki kegunaan sebagai akuisisi data sinyal getaran yang diambil oleh *accelerometer* yang dihubungkan langsung dengan DAQ yang kemudian dibaca oleh laptop.



Gambar 3. 11 Modul DAQ

Chassis modul DAQ berguna sebagai tempat peletakkan modul data akuisisi yang disambungkan secara langsung. *Casing* memiliki empat slot data modul yang dapat digunakan. *Casing* yang digunakan yaitu casing dari National Instrumen yang sesuai dengan modul data akuisisi seperti pada gambar 3.12.



Gambar 3. 12 Chassis *modul DAQ*

Kabel USB digunakan untuk mentransfer sinyal getaran dari modul DAQ ke laptop seperti pada gambar 3.13 berikut ini.



Gambar 3. 13 Kabel USB

Kabel power merupakan suatu perangkat yang berguna untuk menyalurkan arus listrik ke casing DAQ, seperti ada pada gambar 3.14 berikut ini.



Gambar 3. 14 Kabel power

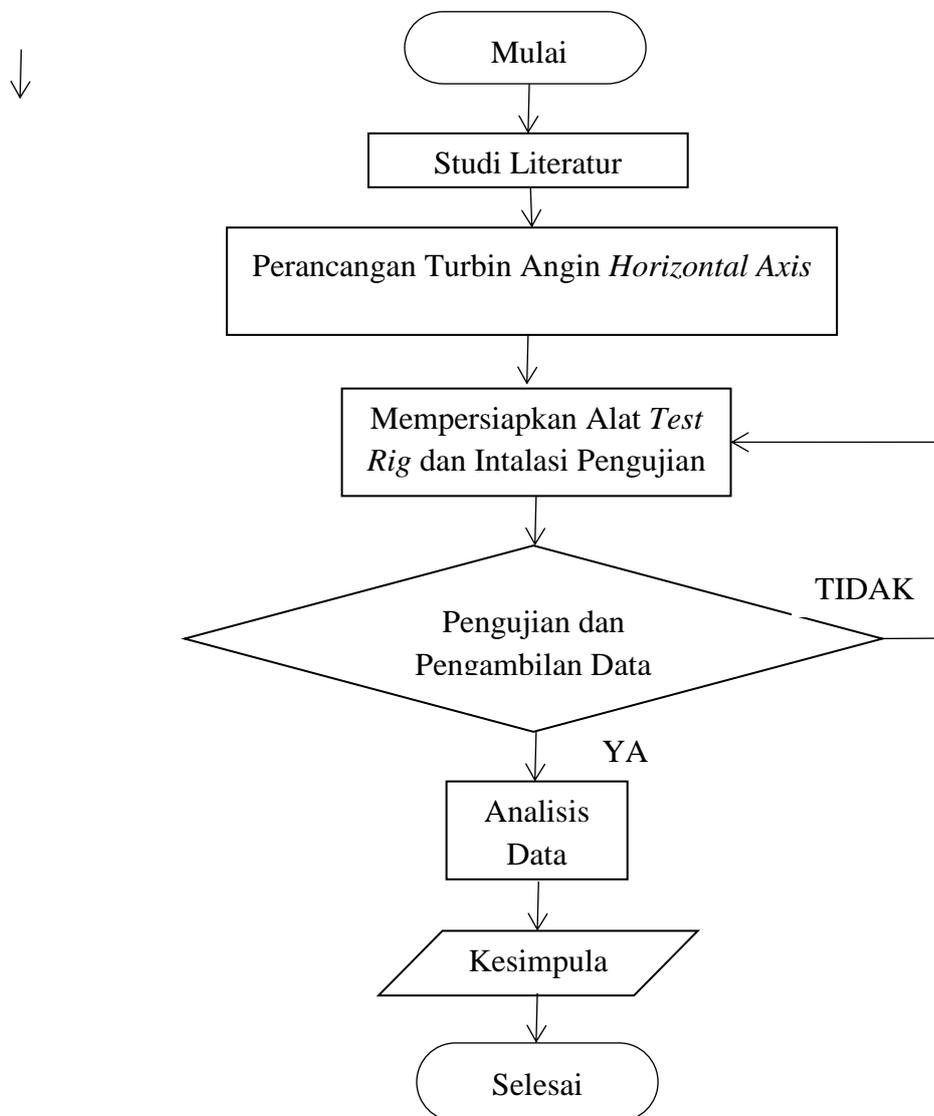
3.3 Tempat dan Waktu Pemasangan

Pemasangan alat dan bahan penelitian pada turbin angin HAWT dilakukan di Lab Geothermal Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Waktu pelaksanaan dimulai pada tanggal 1 April – 21 April 2018.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan sinyal getaran untuk mendeteksi cacat bantalan pada turbin angin. Bantalan normal dan bantalan kondisi rusak akan diuji untuk dilihat respon getarannya dari kecepatan poros turbin dengan adanya energi angin yang diterima turbin menggunakan sensor getaran (*accelerometer*).

Secara umum penelitian yang dilakukan memiliki rangkaian kegiatan yang dapat dilihat pada diagram alir (gambar 3.15) berikut :



Gambar 3. 15 Diagram alir penelitian secara umum

Penjelasan dari diagram alir penelitian secara umum pada gambar 3.15 adalah sebagai berikut :

Pertama dilakukan studi literatur untuk mendapatkan teori-teori yang dibutuhkan dan untuk memperkuat argumen dalam penelitian ini. Setelah teori-teori di dapatkan, langsung di terapkan di lapangan dengan cara mempersiapkan alat uji cacat bantalan bola. Mempersiapkan data akuisisi untuk pengambilan data. Apabila peralatan uji sudah siap dan sudah terpasang pada test rig maka dilakukan pemasangan bola normal. Tahap selanjutnya yaitu memasang sensor *accelerometer* di dekat rumah bantalan pada turbin angin. Sensor *accelerometer* tersebut disambungkan pada chanel 1, dan 2. Untuk *chanel* 3 dipasangkan *tachometer* yang dapat mengukur kecepatan putar poros motor.

Tahap selanjutnya yaitu menyalakan motor listrik sebagai pengganti tenaga angin untuk menggerakkan turbin. Setelah itu proses pengambilan data dan pengaturan script MATLAB dilakukan untuk mendukung jalannya penelitian.. Pengambilan data tersebut dilakukan dengan sampling rate 25600 Hz. Apabila proses pengambilan data tersebut telah selesai dan didapatkan hasil yang kurang memenuhi maka dilakukan pengulangan pengambilan data. Proses tersebut juga berlaku untuk bantalan bola dengan kondisi cacat pada elemen bola.

Bantalan bola dengan kedua kondisi tersebut telah dilakukan pengambilan data, kemudian hasilnya akan ditampilkan dalam bentuk time domain. Pada time domain tersebut kemudian dilakukan *pre-processing* sinyal dengan menggunakan metode analisis *Principal Component Analysis* untuk bantalan kondisi cacat dan kondisi bantalan normal. Hasil dari proses *PCA* yang akan dijadikan sebagai proses analisis dan pembahasan. Tahap selanjutnya yaitu menyimpulkan apa yang telah didapat dalam penelitian ini

3.5 Prosedur Penelitian

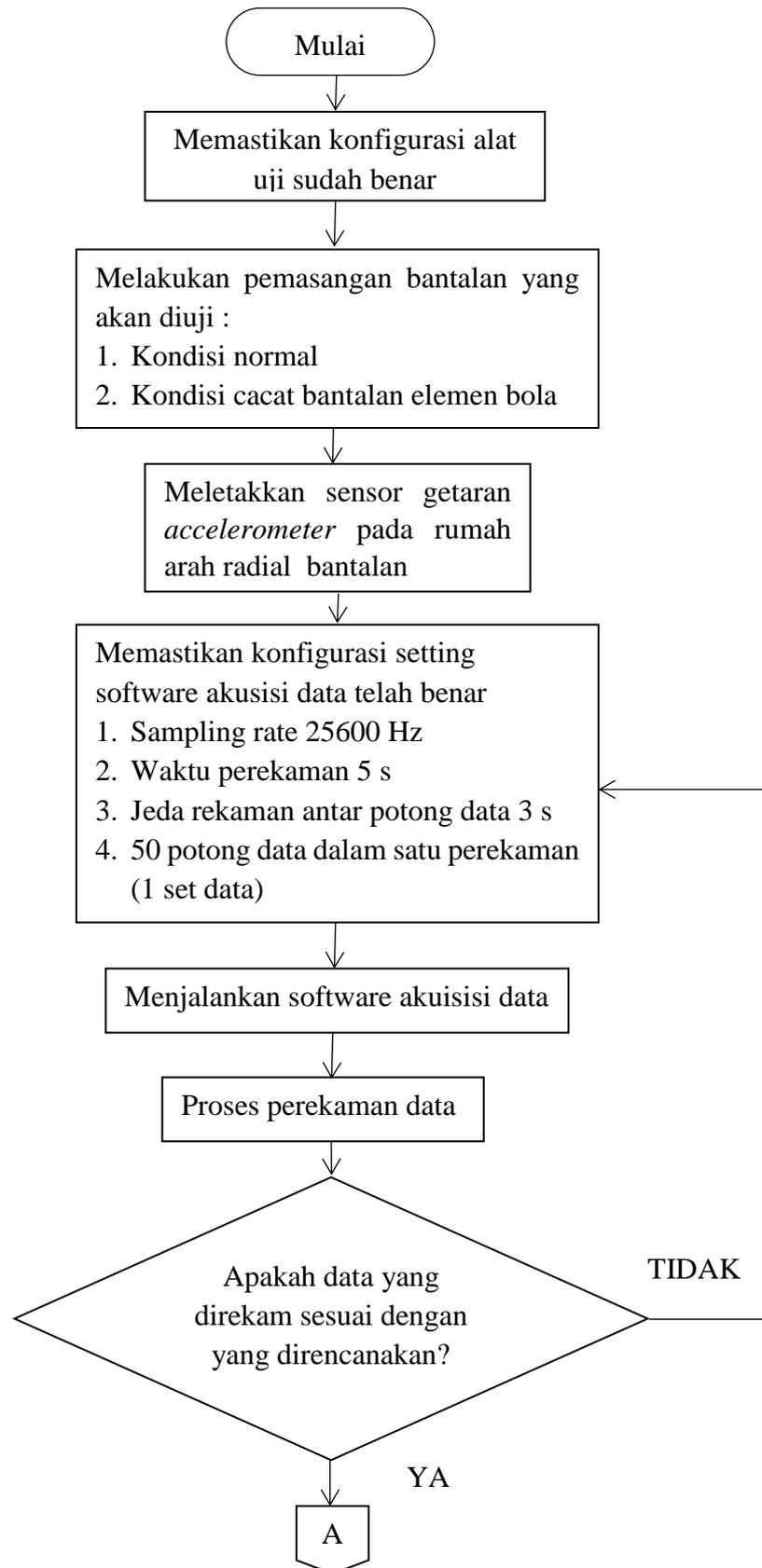
Pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa tahapan dan persiapan yang perlu dilakukan yaitu pengecekan pada peralatan dan perlengkapan alat uji. Hal tersebut dapat membantu kelancaran dalam proses pelaksanaan penelitian dan

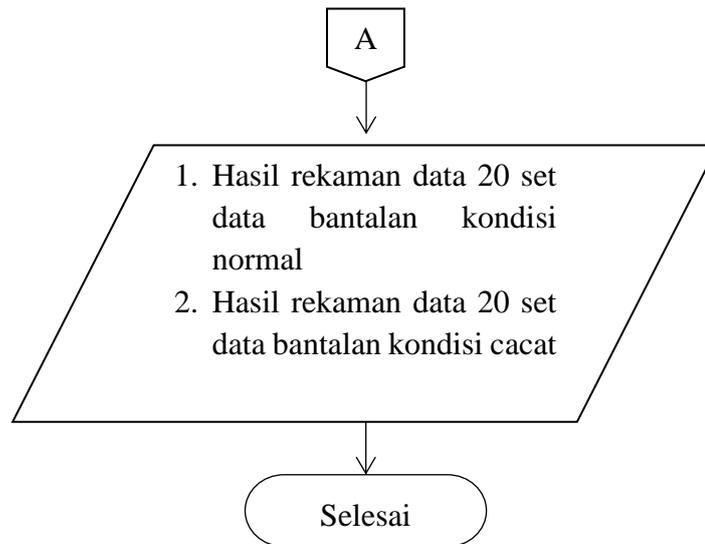
menghindarkan dari hal-hal yang tidak diinginkan seperti terjadinya kecelakaan kerja saat proses pengambilan data atau kurangnya peralatan uji yang akan digunakan. Persiapan dan tahapan pengujian yang perlu dilakukan sebelum penelitian adalah sebagai berikut:

1. Melakukan persiapan perlengkapan alat uji seperti turbin angin dan *test rig*.
2. Melakukan persiapan perlengkapan seperti *inverter*, kunci *ring pas*, dan *tachometer*.
3. Melakukan persiapan dua sampel bantalan bola yang akan diuji secara bergantian pada turbin angin.
4. Melakukan persiapan perlengkapan alat uji seperti peralatan DAQ, laptop sudah menyala, software matlab R2017a sudah *load* dan *script* sudah benar, dan software NI Cdaq-9174 sudah *load*.
5. Memasang bantalan bola yang akan diuji pada turbin angin.
6. Memasang *tachometer*.
7. Memasang perlengkapan data akuisisi.
8. Memeriksa dan mengecek kontruksi pada alat uji agar tidak terdapat kesalahan sebelum proses pengambilan data.
9. Memeriksa keamanan (*safety*) agar saat proses pengambilan data tidak ada yang mengalami kecelakaan kerja.

3.6 Alur pengambilan data

Alur pengambilan data pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir seperti pada gambar 3.16 berikut ini :





Gambar 3. 16 Diagram alir proses pengambilan data

Proses pengambilan data dilakukan setelah peralatan uji disiapkan. Pengambilan data sinyal getaran dilakukan dengan pengujian pertama menggunakan bantalan bola dengan kondisi normal (tanpa cacat), pengujian kedua menggunakan bantalan bola dengan kondisi cacat di elemen bola. Pengambilan data getaran pada kedua bantalan bola tersebut dilakukan menggunakan motor listrik sebagai pengganti angin. Kedua tahapan proses pengambilan data getaran bantalan bola menggunakan parameter yang serupa, yaitu :

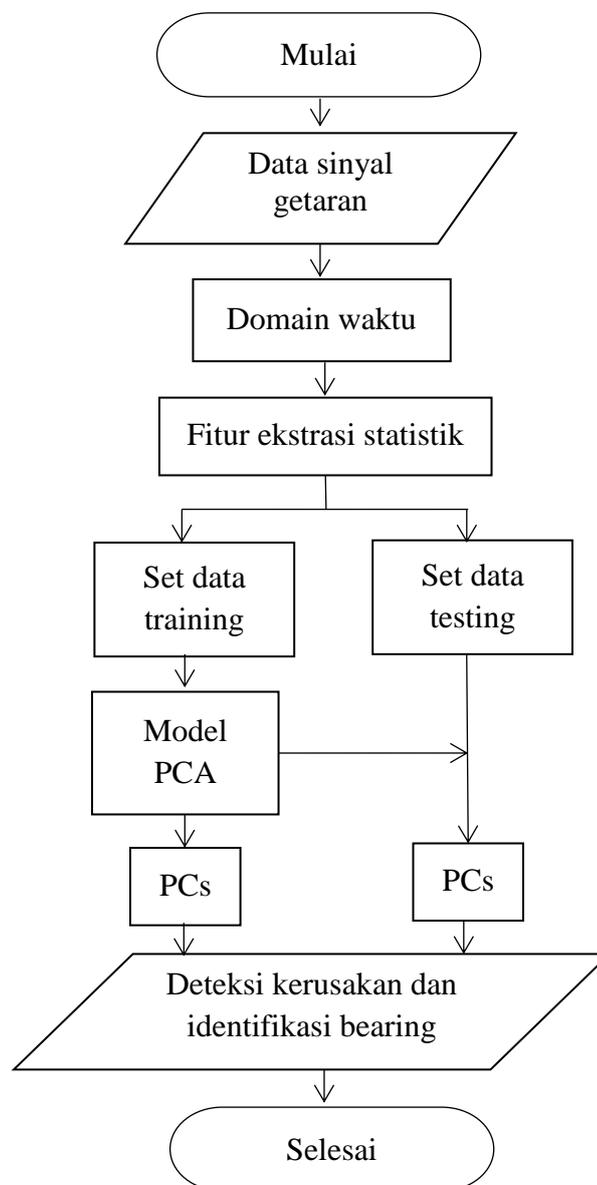
1. Mempersiapkan turbin angin yang sudah siap di uji.
2. Merekam data sinyal getaran bantalan dan data kecepatan tachometer pada data akuisisi di chanel 1, 2, dan 3.
3. Merekam data sinyal getaran dilakukan menggunakan software matlab R2017a dengan proses perekaman data sebagai berikut :
 - a. Jumlah file 50 untuk per kecepatan
 - b. Waktu perekaman 5 detik untuk setiap file.
 - c. Jeda waktu perekaman yaitu 3 detik untuk setiap file.
 - d. Sampling rate 25600 Hz
4. Menyimpan file hasil rekaman sinyal getaran bantalan dari data akuisisi dalam bentuk file dengan ekstensi .mat.

3.7 Tempat dan Waktu Pengujian

Pengujian deteksi kerusakan roda gigi pada turbin angin HAWT dilakukan di laboratorium geothermal, teknik mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta..

3.8 Tahap Analisis data

Tahap analisis data pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir (gambar 3.17) berikut ini :



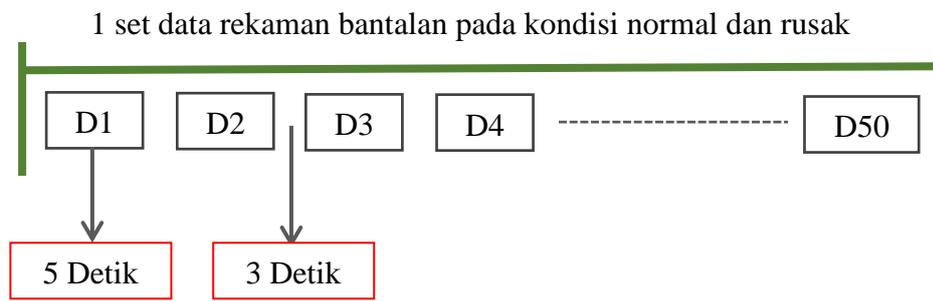
Gambar 3. 17 Diagram alir Tahap Analisis Data

Langkah –langkah yang dilakukan pada saat melakukan analisis data adalah sebagai berikut :

1. Memproses data sinyal getaran bantalan dengan variasi kondisi yang telah terekam pada data akuisisi sebanyak 20 set data per kondisi bantalan dengan ekstensi matlab (.mat) menggunakan script matlab yang sudah diteliti dengan benar.
2. Menampilkan plot grafik pada domain waktu untuk setiap kondisi bantalan (normal dan cacat pada elemen bola).
3. Mengekstraksi data domain waktu dengan menggunakan parameter statistik, yaitu : *Standard Deviation*, *Root Mean Square (RMS)*, *kurtosis*, *skewness*, *Peak Value*, *Variance*, *Crest Factor* untuk analisa PCA
4. Membagi data yang sudah terekstrasi ke dalam set data training dan set data testing agar proses deteksi kerusakan data dapat mengklasifikasi baik domain waktu
5. Melakukan pemodelan data yang sudah dibagi ke data training dan testing menggunakan model PCA
6. Set data yang sudah diproses dengan PCA akan menghasilkan *principal component* yang baru.
7. Mengklasifikasi *principal component* baru, sehingga akan secara otomatis terbagi kedalam dua kategori yaitu kategori bantalan normal dan bantalan rusak.

3.9 Struktur Data

Dalam penelitian ini, data yang diperoleh sebanyak 50 potong data setiap satu kali perekaman (1 set data). Setiap satu potong data direkam dengan durasi waktu 5 detik antara satu potong data dengan potongan data yang lain. Dalam penelitian ini ada 2 kondisi perekaman yaitu kondisi bantalan normal dan kondisi bantalan cacat pada elemen bola. Data inilah yang akan digunakan untuk mengidentifikasi cacat pada bantalan bola, untuk lebih jelasnya skema struktur data dapat dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3. 18 Pengambilan data