

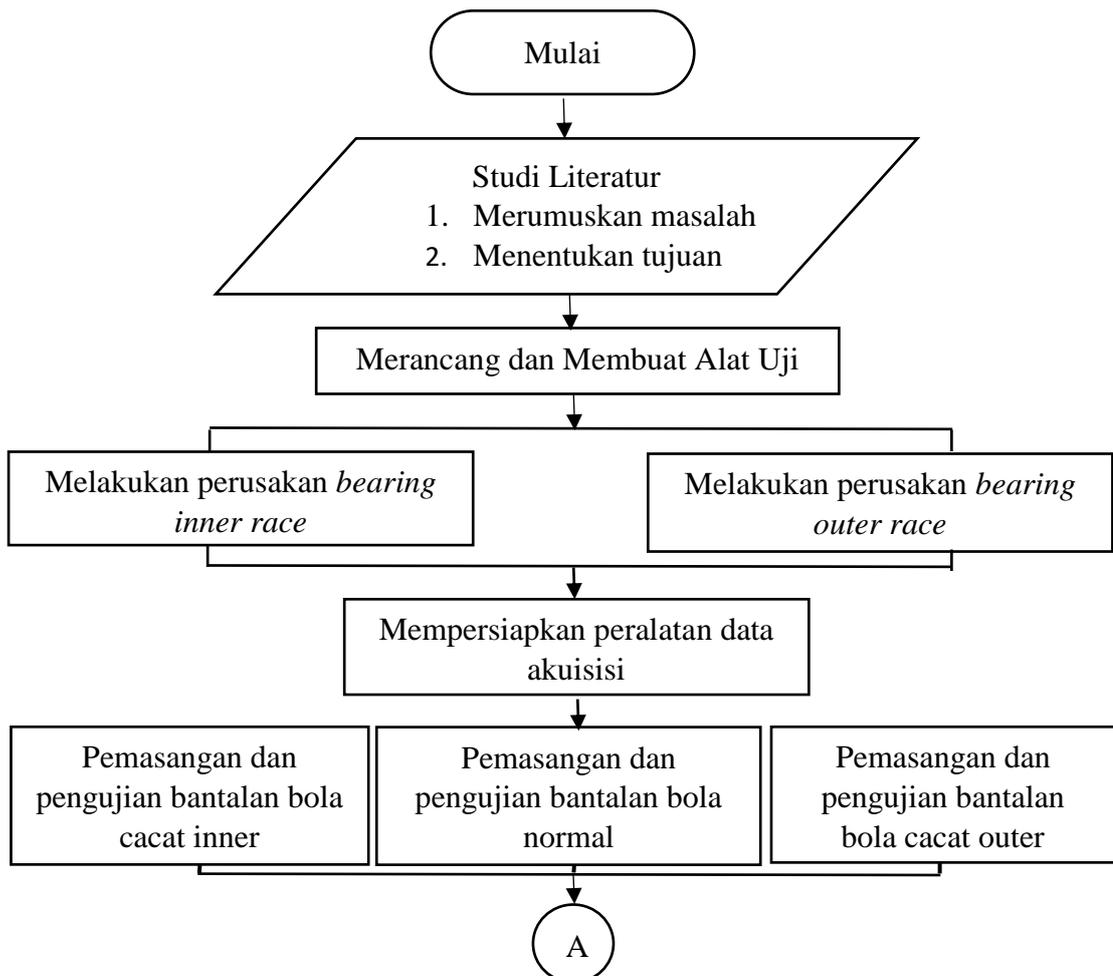
## BAB III

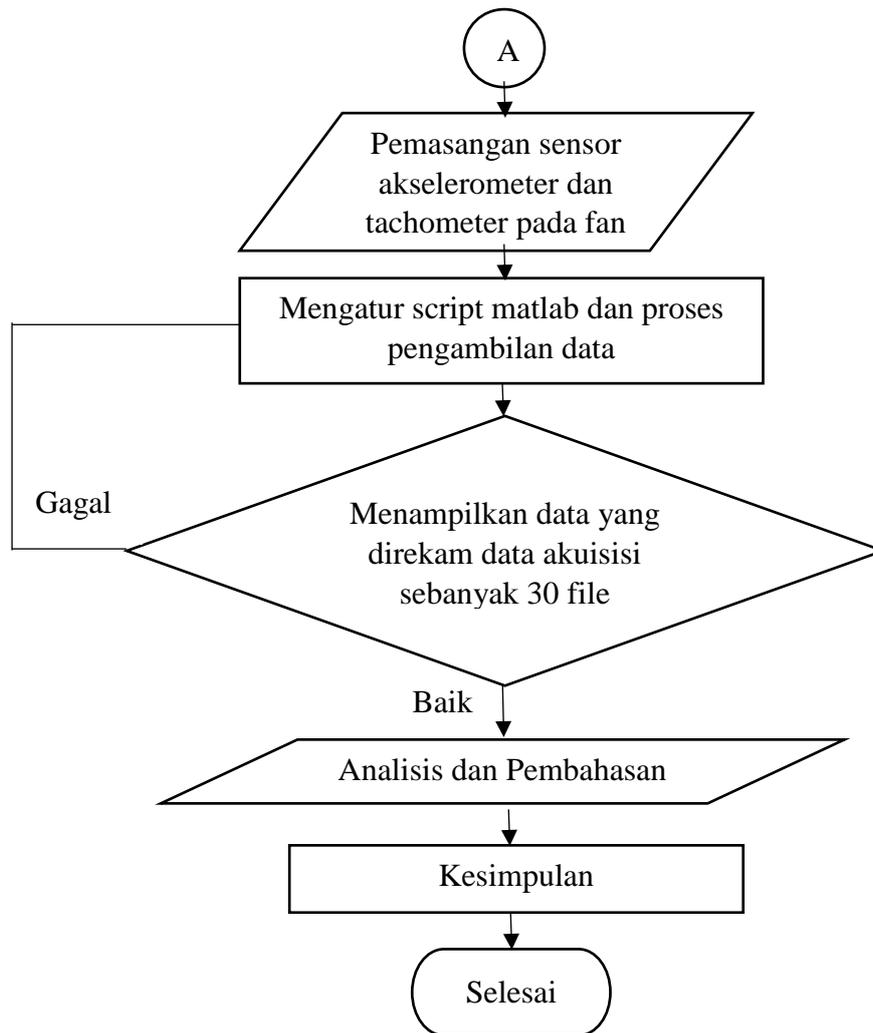
### METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan untuk mendeteksi cacat pada bantalan bola dengan menggunakan sinyal getaran. Penelitian ini dilakukan pada sebuah alat uji prototipe fan industri dengan tiga jenis kondisi bantalan, kondisi pertama bantalan normal (tanpa cacat), kondisi kedua cacat pada bantalan bagian lintasan dalam, kondisi ketiga cacat pada bantalan bagian lintasan luar.

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian merupakan gambaran dari proses atau rangkaian dari kegiatan penelitian.





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

Penjelasan dari diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada gambar 3.1 sebagai berikut :

Pertama dilakukan studi literatur untuk mendapatkan teori-teori yang dibutuhkan dan untuk memperkuat argument dalam penelitian ini, kemudian merumuskan masalah dan tujuan penelitian apa yang akan di lakukan dalam penelitian ini. Selanjutnya melakukan perancangan dan pembuatan alat uji setelah alat uji selesai dibuat kemudian dilakukan pencacatan pada bantalan bagian lintasan dalam dan lintasan luar, persiapkan juga peralatan data akuisisi untuk pengambilan data. Apabila peraltan dan alat uji sudah siap dan sudah terpasang pada *test rig* maka dilakukan pemasangan bantalan bola normal. Selanjutnya tahap pemasangan sensor

akselerometer dibagian *pillow block* pada fan industri. Sensor akselerometer tersebut disambungkan pada modul DAQ pada chanel ke-1 dan untuk chanel ke-3 dipasang tachometer sensor yang dapat mengukur kecepatan putaran poros.

Tahapan selanjutnya yaitu proses pengaturan *script* matlab dan proses pengambilan data untuk mendukung berjalannya penelitian ini. Proses perekaman data tersebut per filenya diambil 10 detik dengan jeda 2 detik dengan pengambilan data sampai 30 file itu dilakukan sebanyak 10 kali pengambilan setiap satu bantalan normal maupun bantalan cacat *inner* dan *outer*. Pengambilan data tersebut dilakukan dengan sampling rate 17066. Apabila proses pengambilan data tersebut telah selesai dan hasil yang didapatkan kurang memenuhi atau ada *error* maka proses pengambilan data diulangi keambli. Proses tersebut berlaku untuk semua kondisi cacat bantalan *inner* dan *outer*.

Setelah proses tersebut telah selesai pengambilan data pada tiga kondisi bantalan yang berbeda, kemudian hasilnya akan ditampilkan pada *time domain*. Pada *time domain* tersebut kemudian dilakukan *pre-processing* sinyal dengan metode *envelope* pada bantalan normal cacat bagian *inner* dan *outer*. Hasil yang diperoleh selanjutnya ditampilkan dalam bentuk spektrum. Bantalan kondisi normal dengan bantalan kondisi cacat akan mengalami perbedaan pada hasil spektrum. Perbandingan ini yang akan menjadikan proses analisa dan pembahasan. Tahapan terakhir yaitu menyimpulkan apa yang telah didapat pada penelitian ini.

## **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

Pengujian dilakukan pada prototipe fan industri dengan pengambilan data getaran pada bantalan bola yang diuji secara bergantian pada prototype fan industry. Adapun rincian alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

### **3.2.1 Fan (Kipas)**

Fan yang digunakan adalah jenis fan aksial yang memiliki tiga buah blade (bilah) seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2 yang berfungsi untuk mengasilkan aliran fluida yang berupa udara.



**Gambar 3.2** Prototipe Fan Industri

### 3.2.2 Motor Listrik

Motor listrik berfungsi sebagai penggerak utama pada fan aksial yang dihubungkan dengan *belt-pulley* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3.

Spesifikasi motor listrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Spesifikasi Motor Listrik

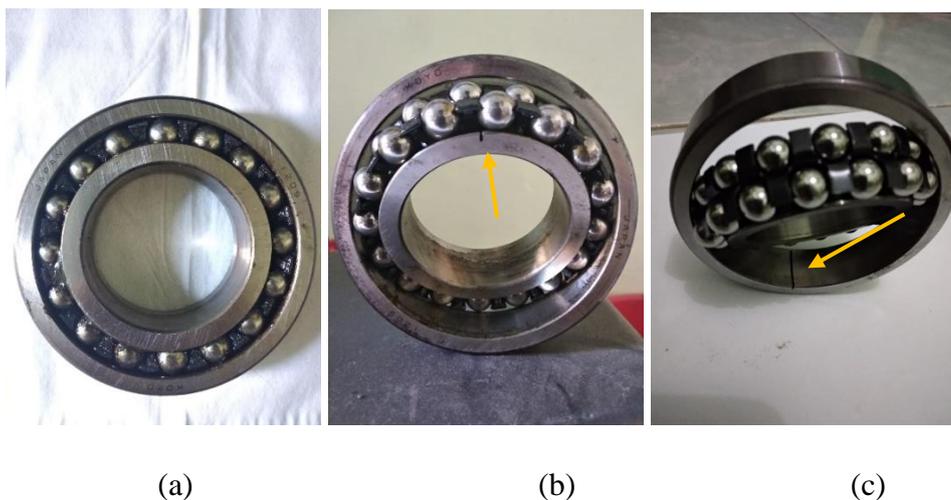
Merk	: Electron	No	: 13060503
Tipe	: JY2B-2	Phase	: 1
Daya	: 750 Watt	Poles	: 2
Arus	: 6,49 A	Kecepatan	: 2850
Volt	: 220 V	Frequensi	: 50 Hz



**Gambar 3.3** Motor Listrik

### 3.2.3 Bantalan Bola

Penelitian ini menggunakan tiga buah bantalan bola dengan kondisi yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4. Kondisi pertama yaitu bantalan normal (tanpa cacat) seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4 (a), kondisi kedua yaitu bantalan bola cacat (rusak) pada bagian lintasan dalam (inner race) seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4 (b), dan kondisi ketiga yaitu bantalan bola cacat pada bagian lintasan luar (outer race) seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4 (c).



**Gambar 3.4** (a) Bantalan bola normal (tanpa cacat), (b) Bantalan bola cacat pada lintasan dalam (inner race), (c) Bantalan bola cacat pada lintasan luar (outer race)

Cacat pada bantalan bola ini dilakukan dengan cara merusak pada bagian lintasan dalam dan lintasan luar menggunakan Electrical Discharge Machining (EDM) dengan kedalaman 2 mm dan lebar 0,7 mm untuk bagian lintasan luar dan lintasan dalam. Pemberian cacat dengan cara merusak menggunakan bantuan mesin EDM ini mungkin tidak seperti yang terjadi di industry, karena cacat bantalan bola yang terjadi di industry membutuhkan penggunaan dan waktu pengoprasian yang cukup lama sehingga untuk mendapatkan bentuk cacat seperti aslinya akan lebih sulit. Oleh karena itu pada penelitian ini akan disimulasikan pemberian cacat bantalan bola yang dilakukan dengan menggunakan bantuan mesin EDM, dimana ukuran cacat yang diberikan disesuaikan dengan geometri bantalan yang digunakan.

#### 3.2.4 Kunci Ring Pas

Kunci ring pas seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5 digunakan untuk membuka dan mengunci baut pada saat pemasangan dan penggantian bantalan normal maupun bantalan cacat (rusak) pada fan aksial.



**Gambar 3.5** Kunci Ring Pas

### 3.2.5 Tachometer

Tachometer pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui kecepatan putaran poros fan aksial dalam keluaran satuan rpm seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6. tachometer yang digunakan ini merupakan jenis digital dengan sensor proximity switch sebagai sensor untuk mengetahui kecepatan poros fan yang dihasilkan.



**Gambar 3.6** Tachometer

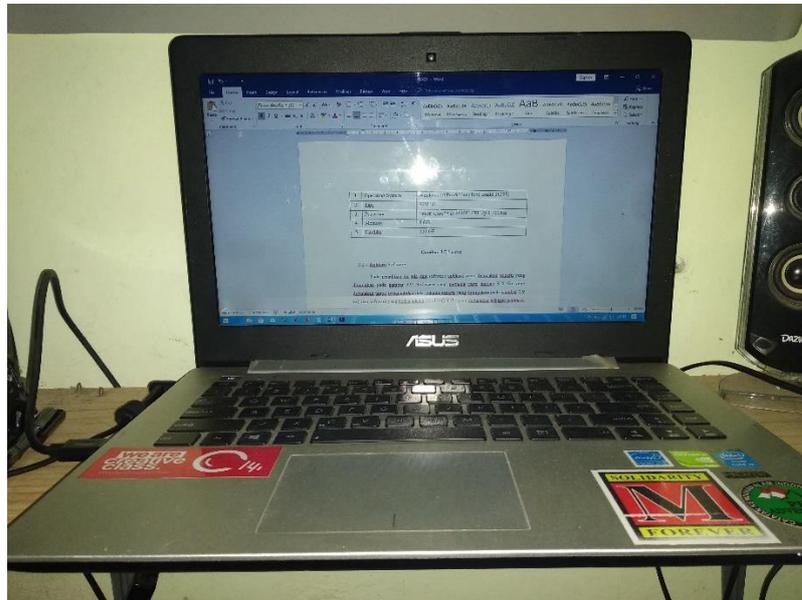
### 3.2.6 Laptop

Laptop pada penelitian ini berguna sebagai penyimpanan data sinyal dari Data Aquisisi (DAQ) dengan menggunakan port USB pada pengukuran getaran pada fan aksial. Laptop yang digunakan pada penelitian bermerek ASUS dengan spesifikasi sebagai berikut :

**Tabel 3.2** Spesifikasi Laptop

1.	Merek	ASUS
2.	Tipe	S451LB
3.	Processor	Intel® Core™ i3-4010U CPU @ 1.70GHz

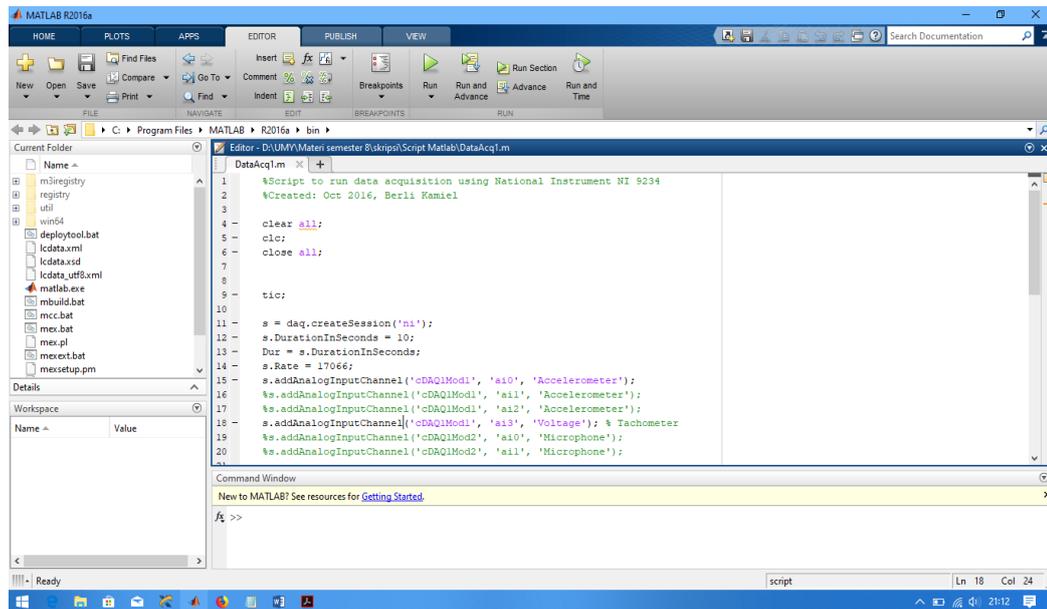
4.	Memory	8 GB
5.	Hardiks	500 GB



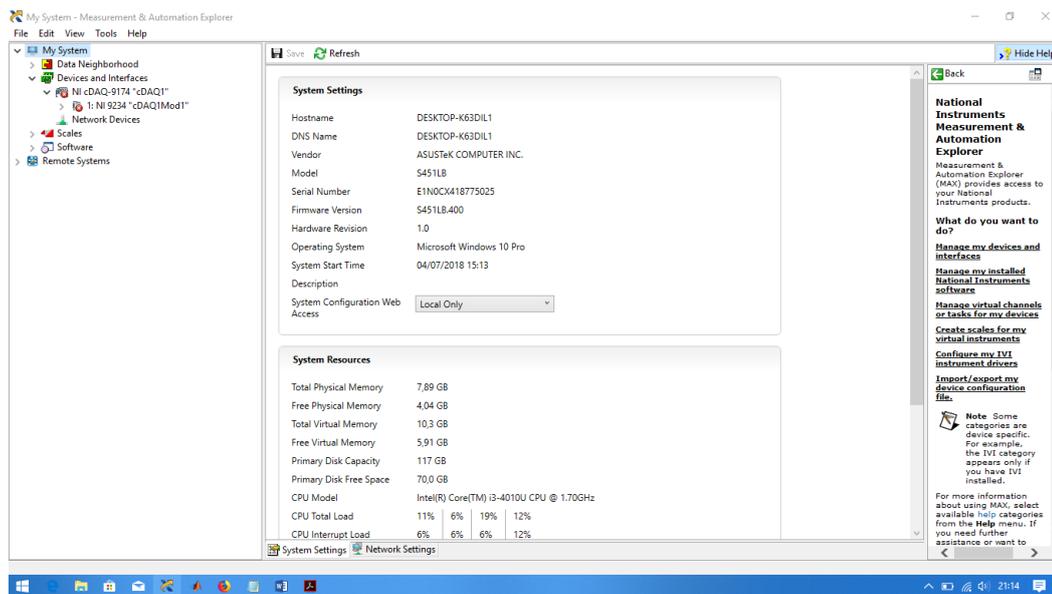
**Gambar 3.7** Laptop

### 3.2.7 Aplikasi Software

Pada penelitian ini ada dua software aplikasi yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.9. Software yang pertama yaitu matlab R2016a yang digunakan untuk pengambilan data getaran seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.9 (a), dan software yang kedua adalah NI cDAQ-9174 yang digunakan sebagai pembaca dari modul data akuisisi seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.8 (b).



(a)

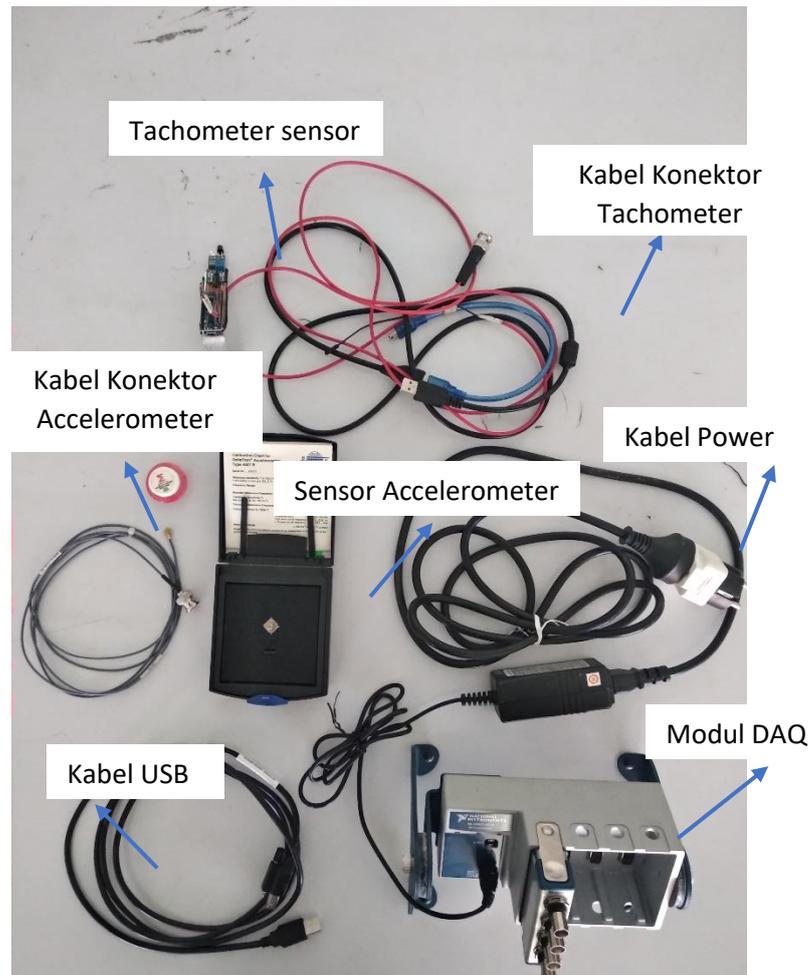


(b)

**Gambar 3.8** Tampilan (a) Software Matlab R2016a, (b) Software NI cDAQ-9174

### 3.2.8 Peralatan Data Akuisisi

Penelitian ini menggunakan peralatan data akuisisi yang memiliki beberapa komponen dan fungsi tersendiri seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.9 berikut ini.



**Gambar 3.9** Peralatan Data Akuisisi

### 1. Akselerometer

Akselerometer merupakan alat yang berfungsi untuk mengubah gelombang mekanik menjadi sinyal elektronik. Penelitian ini menggunakan dua buah sensor piezoelectric accelerometer dengan tipe 4507 B dari Bruel dan Kjaer seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.10. Spesifikasi akselerometer yang digunakan adalah sebagai berikut:

#### 3.3 Tabel Spesifikasi Akselerometer

1.	No Seri	30171 dan 30172
2.	Tipe	4507 B satu konektor
3.	Frekuensi Range	0,3 – 6000 Hz
4.	Sensitifitas	(9,953 mV/ms <sup>2</sup> ) (97,60 Mv/g)

5.	Mounted Resonansi Frekuensi	18 kHz
6.	Operasi Temperature Range	(-54 - +121°C) (-65 - +250 °F)
7.	Maksimum Shock	5 Kg
8.	Measuring Range	71 g peak
9.	Berat	4,8 g
10.	Mounting	Menempel dengan wax
11.	Tipe Kabel	AO – 0531



**Gambar 3.10** Akselerometer

## 2. Kabel Konektor Akselerometer

Kabel konektor akselerometer berfungsi sebagai penghubung akselerometer ke modul data akuisisi pada setiap chanelnya. Terdapat dua kabel yang digunakan yaitu tipe AO-0531 seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.11 berikut ini.



**Gambar 3.11** Kabel Konektor Akselerometer

### 3. Modul DAQ (Data Akuisisi)

Modul DAQ ini berfungsi untuk mengakuisisi sinyal getaran yang diambil oleh akselerometer yang dihubungkan langsung dengan DAQ yang kemudian diterjemahkan ke laptop. Modul data akuisisi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan modul dari National Instrumen tipe NI 9234 yang telah dilengkapi dengan pengkondisian sinyal dan filter anti-aliasing, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.12 berikut ini.





**Gambar 3.12** Modul DAQ

#### 4. Casing Modul DAQ

Casing modul DAQ berguna sebagai tempat peletakan modul data akuisisi yang disambungkan secara langsung. Casing tersebut memiliki empat slot data modul yang dapat digunakan. Casing yang digunakan tersebut merupakan casing dari National Instrumen yang sesuai dengan modul data akuisisi seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.13 berikut ini.



**Gambar 3.13** Casing Modul DAQ

#### 5. Kabel USB

Kabel USB berguna untuk mentransfer sinyal getaran dari modul DAQ ke laptop seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.14 berikut ini.



**Gambar 3.14** Kabel USB

#### 6. Kabel Power

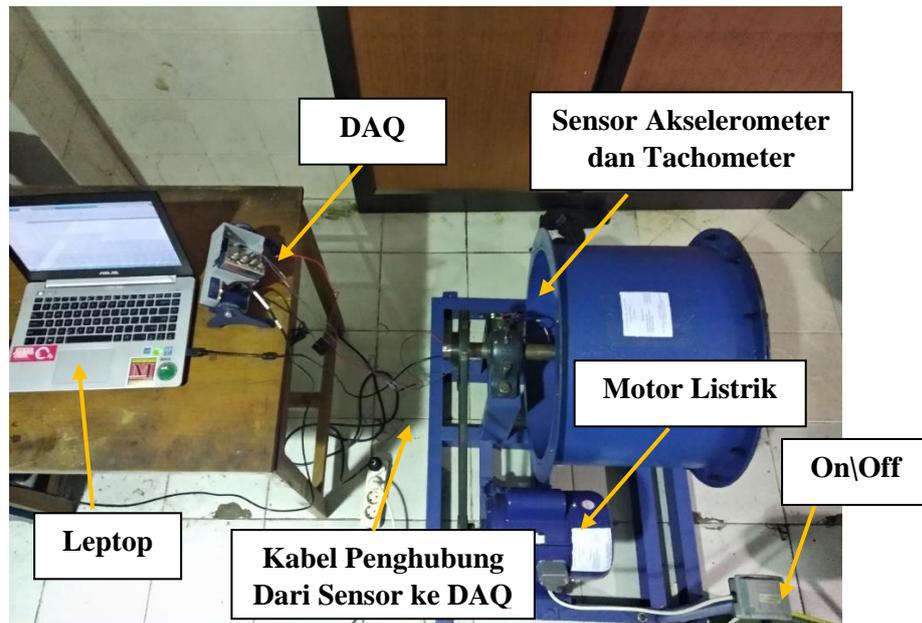
Kabel Power merupakan sebuah perangkat yang berguna untuk menyalurkan arus listrik ke casing DAQ, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.15 berikut ini.



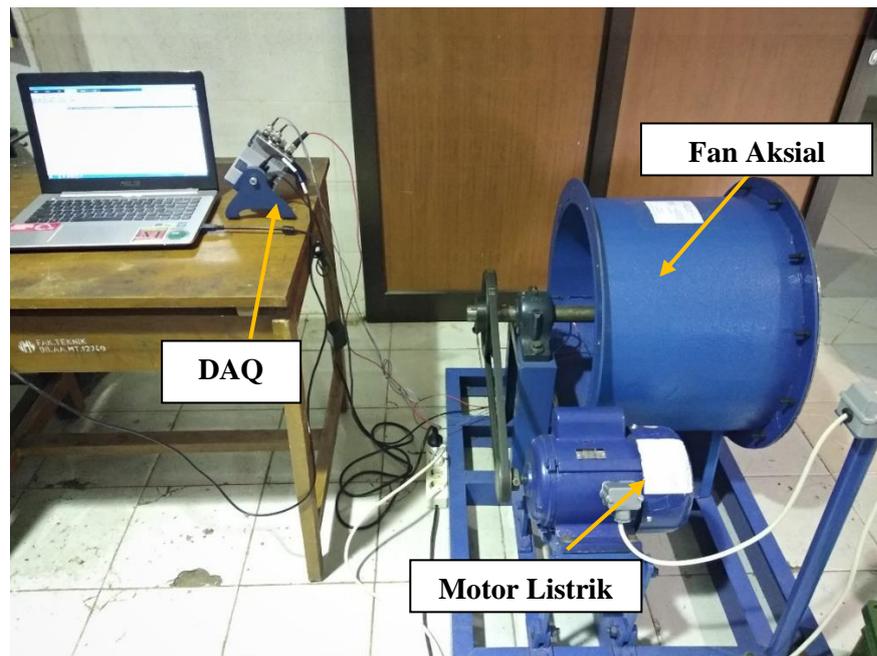
**Gambar 3.15** Kabel Power

### 3.2.9 Skema Alat Uji Penelitian

Alat uji pada penelitian ini menggunakan fan aksial yang digerakan oleh motor listrik. Daya motor listrik disalurkan ke fan melalui mekanisme belt-pulley seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.16 dan 3.17 berikut ini.



**Gambar 3.16** Instalasi Eksperimen Pengujian Bantalan Bola Pada Fan Aksial



**Gambar 3.17** Instalasi Motor Listrik dengan Fan Aksial dan DAQ

Penelitian ini menggunakan pulley yang dipasang pada motor listrik dan fan. Belt dan pulley berguna sebagai mekanisme penggerak antara putaran yang dihasilkan oleh motor listrik yang kemudian akan disalurkan ke fan aksial. Pulley

tersebut memiliki ukuran diameter 3 inch yang terpasang pada motor listrik dan 8 inch yang terpasang pada fan aksial sehingga kecepatan putaran poros fan akan dua kali lebih cepat dari kecepatan putaran poros motor listrik seperti ditunjukkan pada gambar 3.18 berikut ini.



**Gambar 3.18** Belt-Pulley antara Motor Listrik dan Fan Aksial

Pemasangan akselerometer dilakukan pada bantalan bola fan aksial yang dilakukan pada posisi arah horizontal dan vertikal. Akselerometer 1 terpasang pada arah horizontal yang terhubung dengan channel 1 pada modul DAQ melalui kabel konektor akselerometer, sedangkan akselerometer 2 terpasang pada arah vertikal yang terhubung dengan channel 2 pada modul DAQ melalui kabel konektor akselerometer seperti gambar 3.17. Data sinyal getaran yang digunakan untuk proses analisis cacat pada bantalan bola, dalam penelitian ini hanya dilakukan pada posisi peletakan akselerometer dengan arah vertikal yang terhubung dengan channel 2.

### **3.2.10 Prosedur Penelitian**

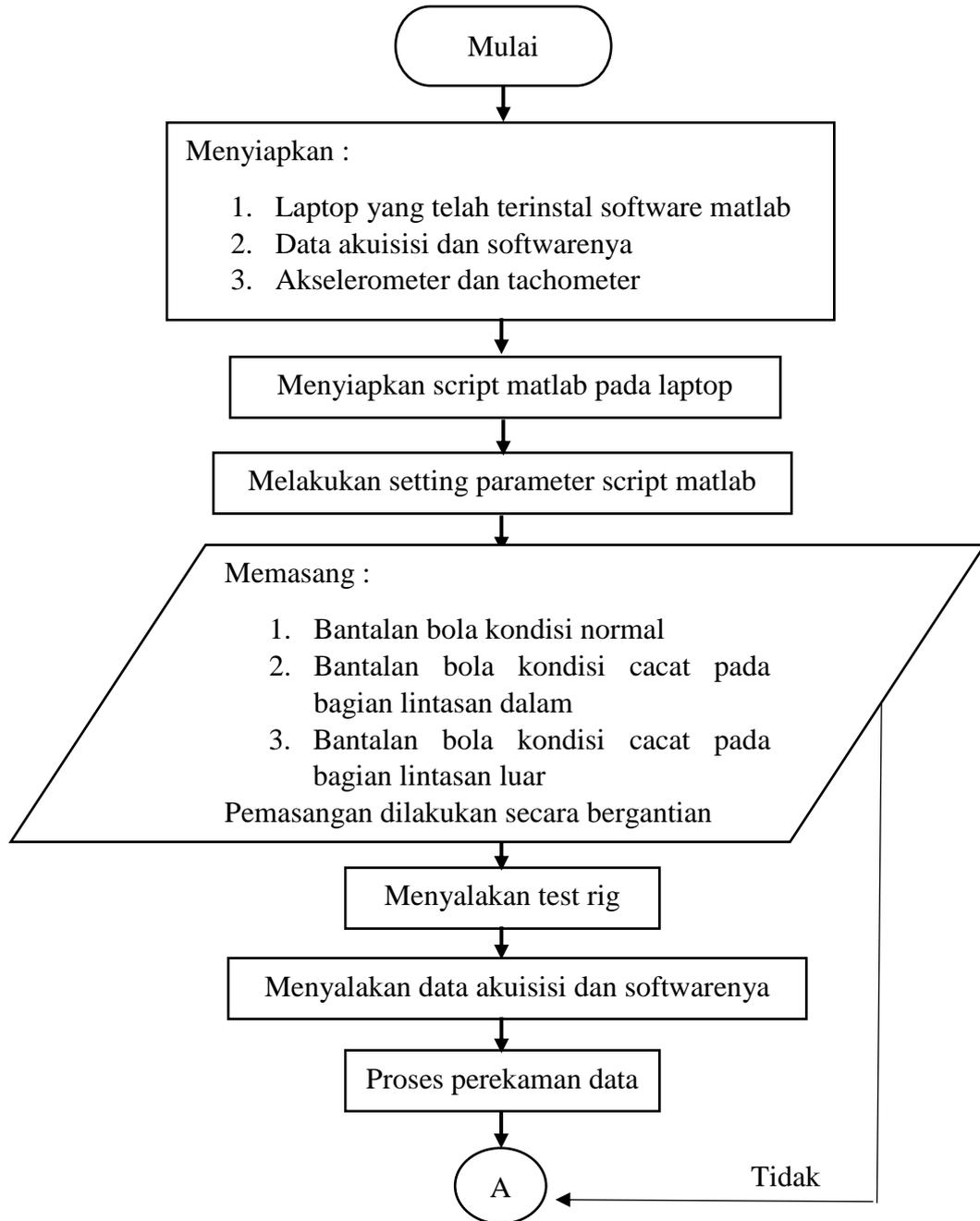
Pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa tahapan dan persiapan yang perlu dilakukan yaitu pengecekan pada peralatan dan perlengkapan alat uji. Hal tersebut dapat membantu kelancaran dalam proses pelaksanaan penelitian dan

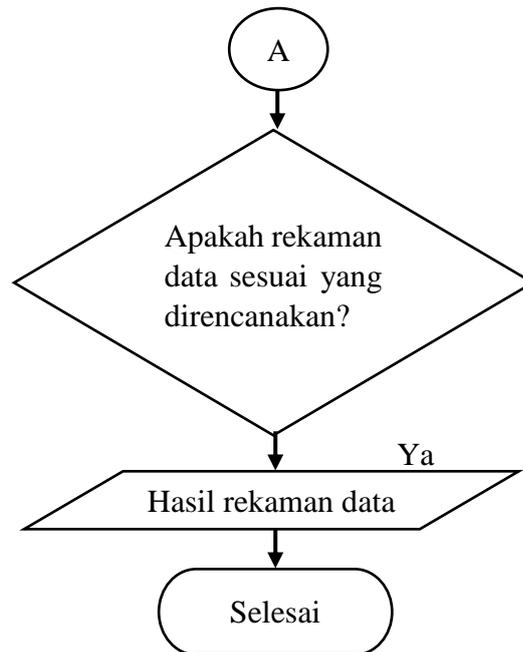
menghindari dari hal-hal yang tidak diinginkan seperti terjadinya kecelakaan kerja saat proses pengambilan data atau kurangnya peralatan uji yang akan digunakan. Persiapan dan tahapan pengujian yang perlu dilakukan sebelum penelitian adalah sebagai berikut:

1. Melakukan persiapan perlengkapan alat uji seperti motor listrik, *test rig*, dan fan aksial.
2. Melakukan persiapan perlengkapan seperti kunci ring pas, dan *tachometer*.
3. Melakukan persiapan tiga sample bantalan bola yang akan diuji secara bergantian pada *fan* aksial.
4. Melakukan persiapan perlengkapan alat uji seperti peralatan DAQ, laptop sudah menyala, software matlab R2016a sudah load dan script sudah benar, dan software NI Cdaq-9174 sudah load.
5. Memastikan pengaturan parameter akuisisi data sudah dilakukan dengan benar.
6. Memastikan bantalan bola yang akan diuji pada fan aksial dengan benar.
7. Pemasangan motor listrik dan *fan* ke *test rig* bersamaan dengan pemasangan *pulley* dan *belt* pada motor listrik dan *fan* aksial.
8. Pemasangan *tachometer* telah terpasang pada fan aksial dengan benar.
9. Memastikan data akuisisi telah siap digunakan.
10. Melakukan pemeriksaan dan pengecekan konstruksi pada alat uji agar tidak terdapat kesalahan sebelum proses pengambilan data.
11. Memastikan keamanan (*safety*) agar saat proses pengambilan data tidak ada yang mengalami kecelakaan kerja.

### 3.3 Proses Pengambilan Data

Proses pengambilan data pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir (gambar 3.19) berikut ini :





**Gambar 3.19** Diagram alir proses pengambilan data

Proses pengambilan data ini dapat dilakukan dengan menyiapkan peralatan yang mendukung proses tersebut. Peralatan ini berupa laptop yang telah terinstal software matlab, data akuisisi beserta softwarenya, akselerometer dan tachometer. Setelah peralatan tersebut telah siap, tahap selanjutnya adalah menyiapkan script matlab. Setelah itu tahap yang dilakukan yaitu melakukan setting parameter pada script matlab. Tahap selanjutnya dilakukan pemasangan bantalan bola. Jumlah bantalan bola yang digunakan untuk proses pengambilan data berjumlah tiga buah bantalan bola yang dipasang secara bergantian. Ketiga bantalan bola tersebut memiliki kondisi cacat yang berbeda. Kondisi yang pertama yaitu kondisi normal (tanpa cacat), kondisi kedua yaitu cacat bantalan bola pada lintasan dalam (inner race), dan kondisi ketiga yaitu cacat bantalan bola pada lintasan luar (outer race).

Bantalan bola yang pertama dipasang yaitu bantalan bola dengan kondisi normal (tanpa cacat). Apabila bantalan tersebut telah terpasang dengan benar, tahap selanjutnya adalah menyalakan test rig. Setelah test rig menyala kemudian data akuisisi dan softwarenya dinyalakan. Data akuisisi ini diperlukan untuk menyiapkan data sementara. Apabila tahapan yang dilakukan sebelumnya sudah

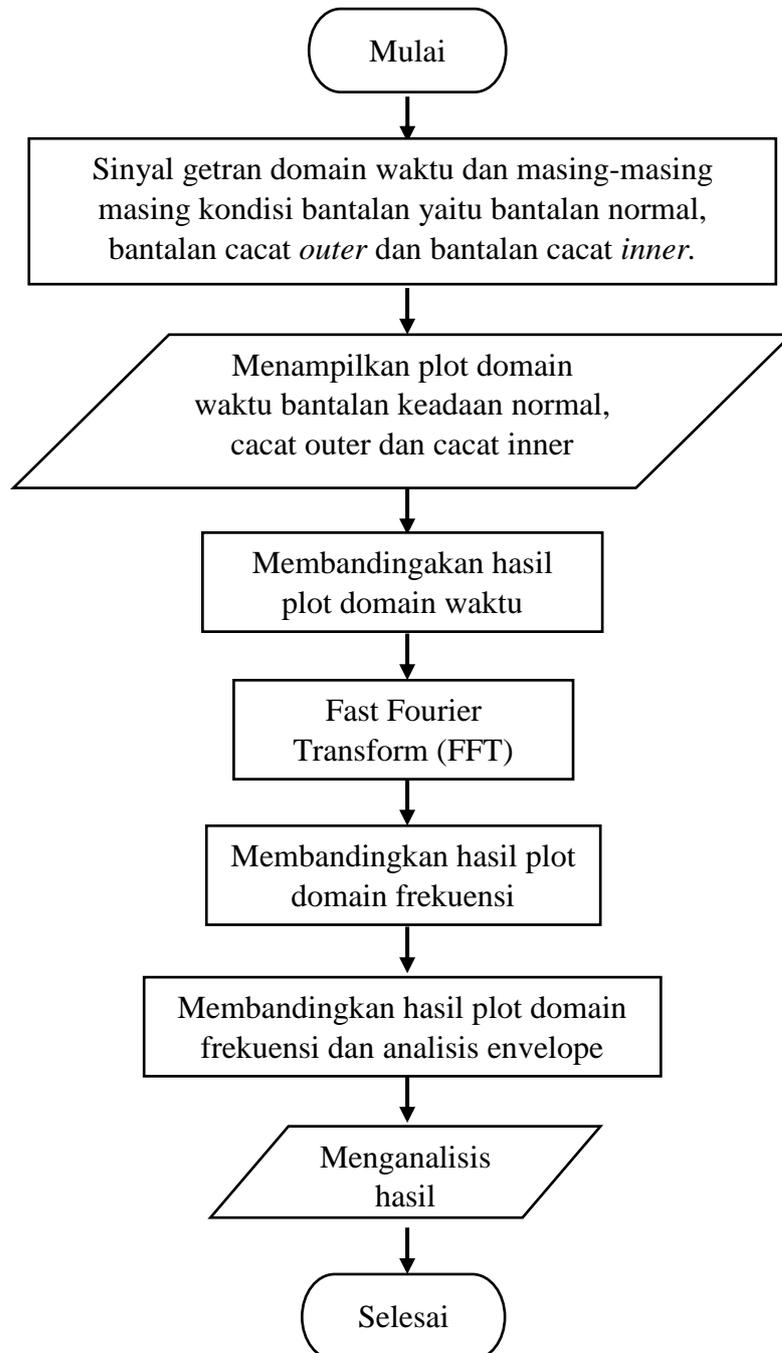
siap maka proses perekaman data siap untuk dimulai dengan jumlah data yang diambil sebanyak 30 file. Setelah perekaman data selesai, maka perlu dicek apakah data sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Apabila data tidak sesuai dengan yang direncanakan maka proses perekaman data harus diulangi kembali sampai data itu sesuai rencana.

Sinyal getaran dari masing-masing kondisi bantalan yang berbeda direkam sesuai dengan parameter rekam yang telah ditentukan. Proses ini dilakukan berulang kali untuk memastikan bahwa data yang direkam telah sesuai rencana. Tahapan proses pengambilan data getaran untuk setiap kondisi bantalan bola menggunakan parameter yang serupa yaitu :

1. Menghidupkan alat prototipe *fan* industri.
2. Merekam data sinyal getaran menggunakan akselerometer dan mengukur kecepatan poros menggunakan *tachometer* pada data akuisisi di chanel 1, dan 2.
3. Perekaman data sinyal getaran menggunakan software matlab R2016a dengan proses perekaman data sebagai berikut:
  - a. Jumlah file 30 untuk per kecepatan.
  - b. Waktu perekaman selama 10 detik untuk setiap filenya.
  - c. Jeda waktu perekaman yaitu 2 detik untuk setiap filenya.
  - d. Sampling rate 17066 Hz.
4. Menyiapkan file hasil dari rekaman sinyal getaran bantalan bola dari data akuisisi dalam bentuk file dengan format *.mat*.

### 3.4 Tahapan Analisis Data

Tahapan analisis data pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir (gambar 3.20) berikut ini :



**Gambar 3.20** Diagram Alir Tahap Analisis Data