

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan analisis envelope untuk mendeteksi kerusakan lintasan dalam bantalan bola dengan kondisi yang berbeda yaitu bantalan normal, bantalan cacat sedang dan bantalan cacat parah. Dari ketiga kondisi bantalan yang berbeda akan diuji menggunakan variasi kecepatan yaitu 1500 rpm dan 2000 rpm. Getaran akan di deteksi menggunakan Sensor *accelerometer* (sensor getaran). Sensor *accelerometer* ditempelkan menggunakan magnet pada bagian mesin yang terdekat dengan bantalan dengan arah sumbu vertikal. Respon getaran dari sensor *accelerometer* akan direkam oleh data akuisisi yang terpasang pada *chassis* modul data akuisisi yang kemudian akan disimpan dan ditampilkan di laptop pada *software* matlab. Sinyal getaran dari masing-masing bantalan normal, bantalan cacat sedang, dan bantalan cacat parah dianalisis menggunakan software matlab dengan analisis *envelope*.

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

Langkah pertama yang dilakukan adalah mencari studi literatur untuk mendapatkan teori-teori yang dibutuhkan dan untuk memperkuat argumen dalam penelitian ini. Langkah selanjutnya adalah menyusun rumusan masalah dan menentukan tujuan dari penelitian. Apabila teori-teori, rumusan masalah, dan tujuan penelitian sudah benar, maka langkah yang dilakukan adalah mempersiapkan alat uji cacat bantalan pada poros engkol mesin vespa yang akan dijadikan untuk alat pengujian.

Tahap selanjutnya adalah merancang eksperimen, yaitu mempersiapkan 3 bantalan bola yang terletak pada poros engkol yang memiliki kondisi berbeda. Kondisi pertama adalah bantalan normal, kondisi kedua bantalan cacat sedang, dan kondisi yang ketiga bantalan cacat parah. Dari ketiga kondisi bantalan bola tersebut akan dilakukan pengujian pada poros engkol mesin vespa sehingga dapat

memberikan sinyal getaran yang akan digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada bantalan. Setelah data diperoleh maka langkah selanjutnya adalah mengolah data yang didapat dan mengembangkan metode deteksi.

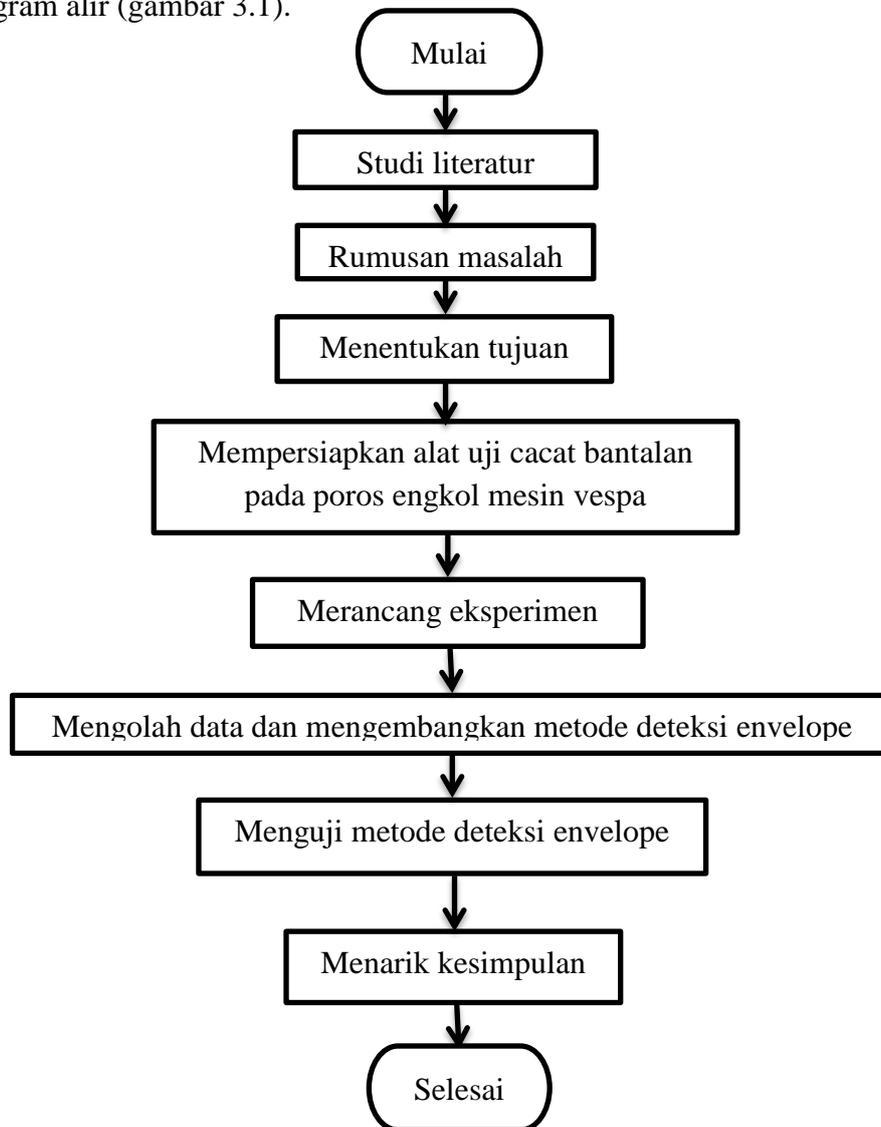
Penelitian ini ada dua pendekatan yang dilakukan untuk pengembangan deteksi tersebut. Pendekatan yang pertama adalah melakukan plot domain spektrum. Akan tetapi pada domain spektrum biasanya masih banyak noise, sehingga identifikasi yang dilakukan untuk mendeteksi kondisi bantalan akan menjadi lebih sulit. Pendekatan yang kedua adalah menggunakan analisis envelope. Analisis envelope ini memiliki kelebihan yaitu hasil yang relatif lebih halus karena sudah difilter menggunakan *high pass filter*.

Pendekatan lain yang digunakan untuk mengembangkan metode deteksi cacat pada bantalan adalah melakukan *Fast Fourier Transform* (FFT). Pendekatan FFT digunakan untuk mengubah dari domain waktu ke domain spektrum, dan dari domain waktu ke domain envelope.

Langkah berikutnya yaitu mengidentifikasi apakah pada plot domain frekuensi (spektrum) terdapat amplitudo tinggi pada frekuensi cacat bantalan bola. Data yang didapat pada domain frekuensi terutama amplitudo cacat bantalan bola yang masih kecil akan berpotensi tertutup oleh noise. Apabila tidak menggunakan metode envelope maka data akan berpotensi tertutup oleh noise dan sulit untuk diidentifikasi, selanjutnya yaitu menarik kesimpulan penelitian beserta hasil dari penelitian.

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini memiliki rangkaian kegiatan yang dapat dilihat pada diagram alir (gambar 3.1).



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.2 Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah *bantalan single row merk Danmotor*. Bantalan tersebut memiliki diameter dalam 25 mm dan diameter luar sebesar 62 mm dengan jumlah bola yaitu 8 bola. Bantalan yang digunakan dengan kondisi yang berbeda yaitu bantalan normal seperti pada gambar 3.2 (a), bantalan cacat sedang memiliki kedalaman 1mm dan lebar 0,25 mm pada gambar

3.2 (b), kemudian bantalan cacat parah memiliki kedalaman 1mm dan lebar 0,50mm pada gambar 3.2 (c). Cacat pada bantalan sengaja dilakukan menggunakan mesin WIRE CUT untuk mendapatkan cacat buatan, dikarenakan cacat bantalan yang terjadi pada keadaan bekerja membutuhkan waktu yang relatif lebih lama.



Gambar 3.2 (a) bantalan normal



Gambar 3.2 (b) bantalan cacat 0,25 mm



Gambar 3.2 (c) bantalan cacat 0,50 mm

Tabel 3.1 Geometri bantalan

Ø Luar	62 mm
Ø Dalam	25 mm
Ø Bola	10 mm
Ø Pitch	48 mm
$\alpha$ (Sudut Kontak)	0
N (Jumlah Bola)	8

### 3.3 Alat Penelitian

#### 1. Mesin Vespa

Mesin vespa digunakan sebagai alat uji untuk pengambilan data. Seperti pada gambar 3.3



Gambar 3.3 mesin vespa

#### 2. Tool Set Mekanik

Tool set mekanik digunakan untuk membongkar dan memasang crankcase dalam proses pergantian 3 kondisi bantalan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Tool set mekannik

#### 3. Tachometer

Tachometer digunakan untuk mengetahui kecepatan putar pada mesin vespa dalam satuan rpm seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Tachometer

#### 4. Accelerometer

Accelerometer merupakan transduser yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur getaran. Penelitian ini menggunakan *Accelerometer* merek Bruel & Kjaer Tipe 4507 B dengan range frekuensi sebesar 0,3 Hz – 6 kHz seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Accelerometer

#### 5. Modul Data Akuisisi

Modul data akuisisi yang digunakan adalah tipe NI 9234 yang dipasangkan dengan *chassis* Ni cDAQ-9174. Modul data akuisisi berfungsi untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yang dihasilkan oleh *accelerometer*. Modul data akuisisi dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Modul Data Akuisisi

#### 6. Chassis Modul Data Akuisisi

*Chassis* modul data akuisisi menggunakan merek dari National Instrument dengan tipe NiDAQ-9174. Tersedia 4 slot pada *chassis* NiDAQ-9174 yang dapat digunakan untuk modul data akuisisi seperti pada Gambar 3.8. Dimana terdapat beberapa slot yang dapat digunakan untuk berbagai macam data akuisisi seperti modul data akuisisi getaran dengan *accelerometer*. Modul data akuisisi dipasang disalah satu slot yang terdapat pada *chassis* sehingga modul data akuisisi dapat bekerja dan kemudian dihubungkan langsung ke laptop.



Gambar 3.8 Chassis Modul Data Akuisisi

#### 7. Kabel konektor accselerometer

Kabel konektor accselerometer berfungsi sebagai penghubung dari accselerometer ke modul data akuisisi pada setiap chanelnya. Kabel yang digunakan yaitu tipe AO-0531 seperti pada gambar 3.9



Gambar 3.9 kabel konektor accselerometer

#### 8. Kabel USB

Kabel USB berfungsi untuk mentransfer sinyal getaran dari modul DAQ ke laptop seperti pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Kabel USB

#### 9. Laptop

Laptop yang digunakan adalah merk TOSHIBA tipe Satellite M645-S4045. Laptop berfungsi sebagai penyimpan data yang didapat dari modul data akuisisi. Dimana laptop sudah terinstal software MATLAB 2015 dan NI CDAQ-9174 yang dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Laptop TOSHIBA

### 3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdapat beberapa tahapan dan persiapan yang perlu dilakukan yaitu pengecekan pada peralatan dan perlengkapan alat uji. Hal tersebut dapat membantu dalam 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:

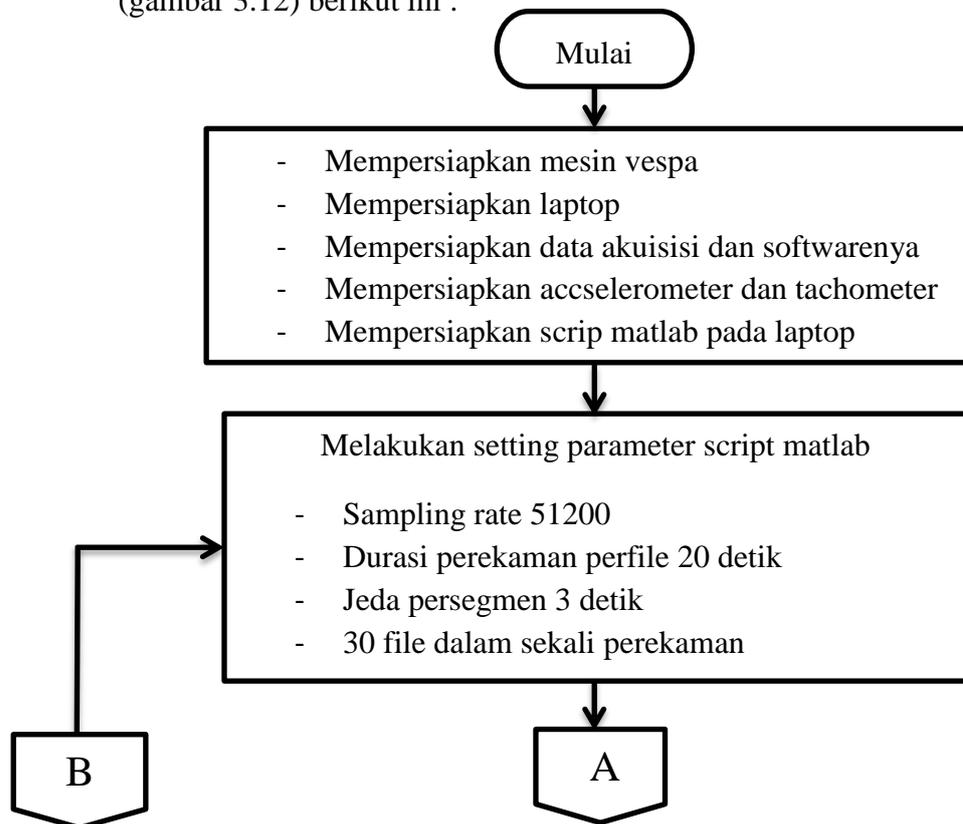
#### 3.4.1 Persiapan Alat Uji

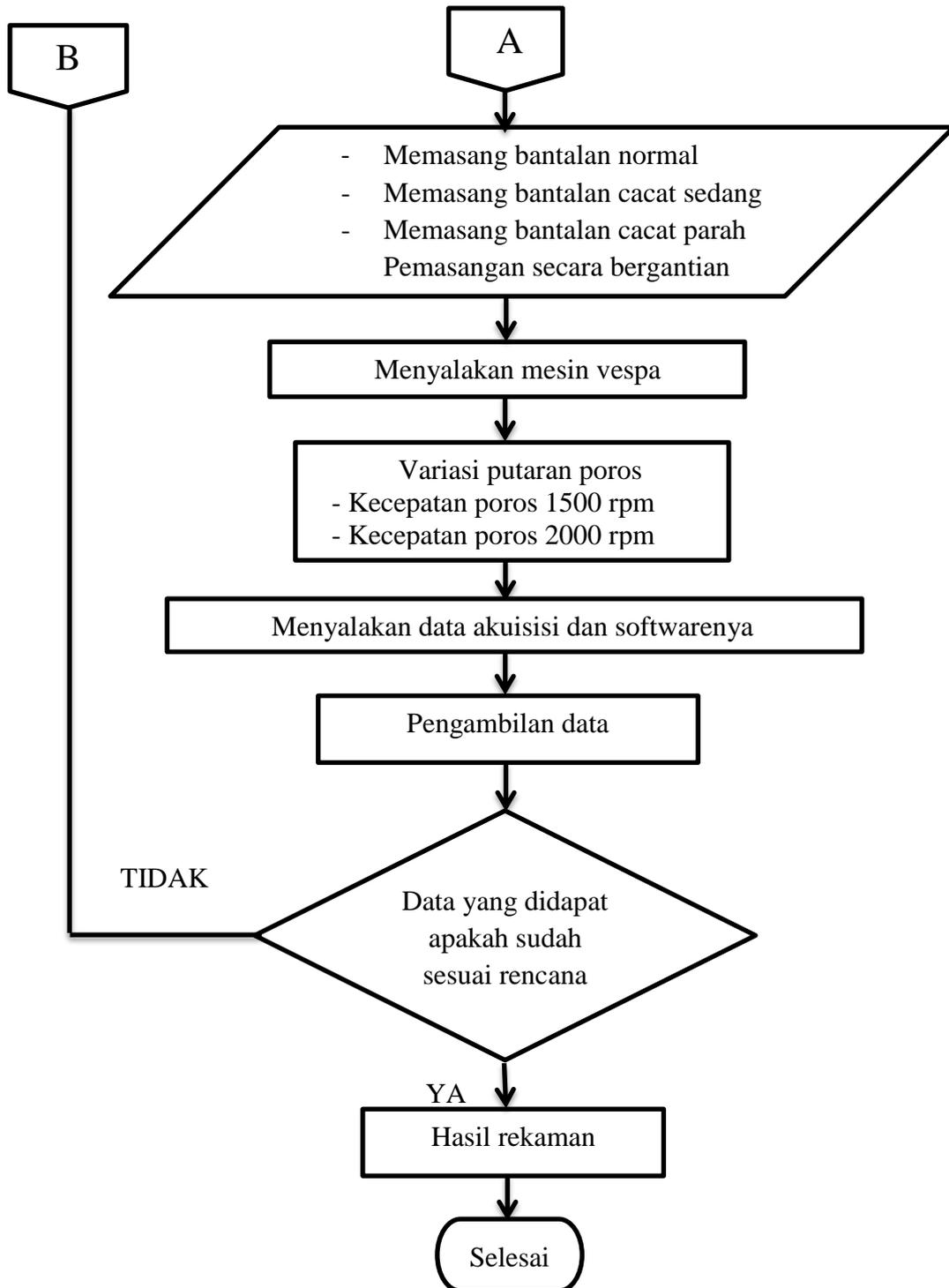
1. Melakukan persiapan perlengkapan alat uji cacat bantalan pada poros engkol mesin vespa.
2. Melakukan persiapan perlengkapan seperti tool set mekanik, dan tachometer.
3. Melakukan persiapan tiga sampel bantalan bola yang akan diuji secara bergantian pada poros engkol mesin vespa.
4. Melakukan persiapan perlengkapan alat uji seperti peralatan DAQ, menyalakan laptop, 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 telah dipasang pada poros engkol dengan benar.

7. Memastikan tachometer telah terpasang pada mesin vespa dengan benar.
8. Memastikan data akuisisi telah siap untuk digunakan.
9. Melakukan pemeriksaan dan pengecekan kontribusi pada alat uji agar tidak terdapat kesalahan sebelum proses pengambilan data.
10. Memastikan bahwa aturan-aturan safety sudah diikuti sehingga potensi kecelakaan kerja dapat dihindari.

### 3.5 Diagram Alir Pengambilan Data

Diagram alir pengambilan data dalam penelitian ini dapat dilihat pada (gambar 3.12) berikut ini :

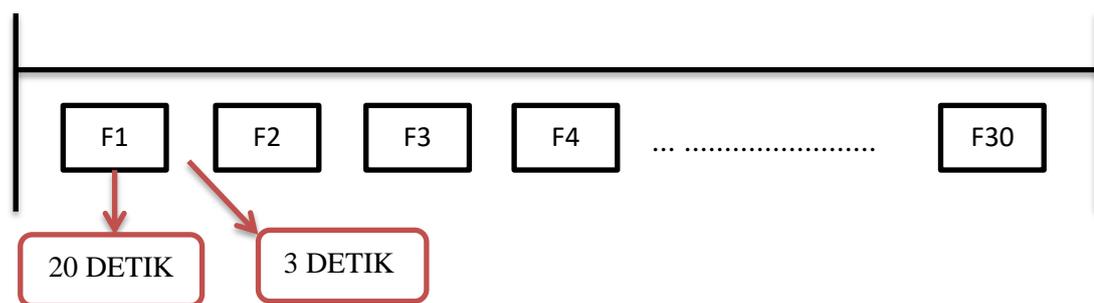




Gambar 3.12 Diagram alir penelitian

Mempersiapkan peralatan yang menunjang dalam penelitian, peralatan ini berupa laptop yang telah terinstal software matlab, data akuisisi beserta softwarena, accselerometer dan tachometer. Setelah peralatan tersebut sudah siap, tahap selanjutnya menyiapkan script matlab yaitu setiap pengambilan data adalah 30 file dan perekamaan data dilakukan selama 20 detik dengan jeda setiap file selama 3 detik antara satu potong data dengan potongan data yang lain seperti pada gambar 3.13. Ada 2 variasi putaran poros untuk masing masing kondisi bantalan sehingga total data yang direkam yaitu sebanyak 60 file ( $30 \text{ file} \times 2$  variasi putaran pada bantalan normal, bantalan cacat sedang, dan bantalan cacat lintasan dalam). Data inilah yang kemudian digunakan untuk mengidentifikasi cacat yang terjadi pada bantalan.

Ilustrasi 1 set data (bantalan normal, cacat sedang, dan cacat parah)



Gambar 3.13 ilustrasi stuktur data

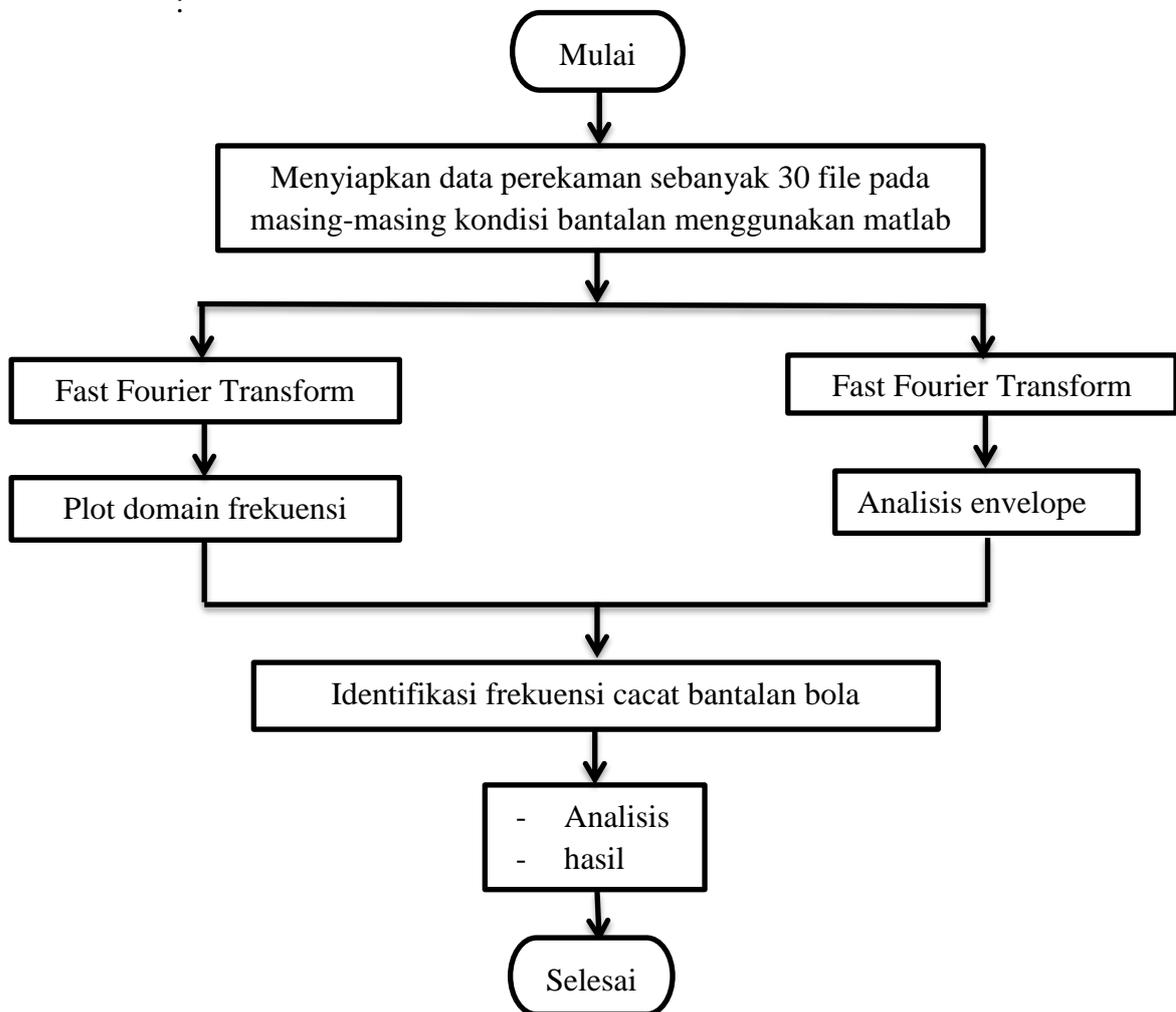
Tahap selanjutnya dilakukan pemasangan bantalan bola pada poros engkol mesin vespa. Bantalan bola yang dilakukan proses pengambilan data ini berjumlah tiga buah dengan masing-masing kondisi yang dipasang secara bergantian. Bantalan bola dengan kondisi normal yang pertama kali dipasang dan memastikan terpasang dengan benar. Tahap selanjutnya yang dilakukan yaitu menyalakan mesin vespa dan mengatur variasi kecepatan poros yang pertama 1500 RPM dan 2000 RPM, kemudian menyalakan data akuisisi dan softwarena. Data akuisisi ini diperlukan untuk mengambil data dari sensor accelerometer. Apabila tahap yang dilakukan sebelumnya sudah siap maka proses perekam 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 telah direncanakan maka perekaman data harus diulang lagi hingga data sesuai rencana.

### 3.6 Tahap Analisis Data

Tahap analisis data pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir (gambar 3.14) berikut ini

:



Gambar 3.14 Diagram alir tahap analisis data

Tahap-tahap yang dilakukan pada saat menganalisis data yaitu sebagai berikut :

1. Mempersiapkan data sinyal getaran bantalan bola dengan kondisi yang berbeda dan sudah terekam pada data akuisisi sebanyak 30 file dengan ekstensi matlab.
2. Pendekatan pertama dilakukan plot domain frekuensi dan harus dilakukan FFT terlebih dahulu untuk mengubah domain waktu ke domain frekuensi. Domain frekuensi sering memberikan hasil yang tidak secara jelas menunjukkan amplitudo tinggi pada frekuensi cacat bantalan. Hal ini dapat terjadi pada cacat bantalan yang dini, dimana energi impaknya masih rendah sehingga amplitudonya juga rendah. Rendahnya amplitudo sering kali menyebabkan proses identifikasi cacat bantalan menjadi lebih sulit karena tertutup oleh amplitudo tinggi yang bukan berasal dari cacat bantalan. Oleh karena itu pendekatan kedua menggunakan analisis envelope yang dapat menghilangkan amplitudo tinggi yang bukan berasal dari cacat bantalan. Sehingga dengan difilter menggunakan *high pass filter* membuat domain frekuensinya hanya akan di isi oleh amplitudo yang berasal dari cacat bantalan, sehingga identifikasi menjadi lebih jelas dan mudah.
3. Untuk masing-masing kondisi bantalan (normal, cacat sedang, dan cacat parah) dianalisis menggunakan domain frekuensi dan envelope.
4. Identifikasi cacat bantalan dilakukan untuk masing-masing domain frekuensi dan domain envelope. Kemudian hasil dari analisis kedua metode tersebut dibandingkan untuk menunjukkan bahwa metode envelope lebih unggul dibandingkan metode frekuensi terutama berlaku pada cacat bantalan yang masih dini.
5. Melakukan analisis hasil yang diperoleh dari masing-masing kondisi cacat bantalan .