

BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam mengoptimalkan kerja sistem pendingin jenis *Mechanical Draft Crossflow Cooling Tower* digunakan data dari menara pendingin yang dioperasikan oleh PT. Indonesia Power PLTP Kamojang di Kabupaten Bandung, Jawa Barat, yang bergerak di industri Pembangkit Tenaga Listrik. Penelitian ini dilakukan pada bulan maret – april 2013 di PT. Indonesia Power PLTP Kamojang, Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

Cooling tower yang ditinjau dalam penelitian ini adalah buatan Mitsubishi Heavy Industries LTD untuk unit II dan III. Unit II dan III memiliki jumlah fan masing – masing sebanyak 5 set jenis *axial flow* dan setiap *fan* memiliki jumlah *blade* sebanyak 8 buah dengan besar kecepatan putarnya sebesar 95,3 – 127 rpm atau setara dengan 1,59 – 2,12 Hz. Untuk mesin *gearbox* yang terpasang pada Unit II dan III masing – masing sebanyak 5 set dan tipe *gearbox* yang digunakan pada Unit II dan III adalah tipe *spiral bevel gear*. Rasio reduksinya sebesar 1 : 7,53.

Dalam memelihara sistem *gearbox cooling tower* dilakukan analisis frekuensi dengan metode studi dokumentasi dengan membaca spek data pada komponen *gearbox cooling tower* dan mencari rumus – rumus yang sesuai dengan komponen – komponen *gearbox cooling tower*. Dari rumus dan data *gearbox* tersebut maka dihasilkan nilai frekuensi getaran lalu dianalisis untuk memperoleh indikator kerusakan - kerusakan yang terdapat pada sistem kerja *gearbox cooling tower*. Frekuensi yang dihasilkan terdiri dari frekuensi *garmesh*, *shaft*, *bearing*, *gear*, dan *fan*. Hasil perhitungan nilai frekuensi ini digunakan untuk memilih sensor vibrasi yang paling tepat dalam rangka mengoptimalkan teknik pemeliharaan prediktif. Pemeliharaannya dilakukan dengan mendeteksi spektrum getaran menurut frekuensi *garmesh*, *shaft*, *bearing*, *gear*, dan *fan*.

Dalam rangka mengoptimalkan pemeliharaan prediktif terhadap sistem *gearbox cooling tower* unit II dan III di UBP Kamojang maka dilakukan analisis terhadap hasil perhitungan frekuensi terhadap sistem kerja *gearbox cooling tower*. Analisis hasil perhitungan frekuensi pada masing – masing komponen *gearbox cooling tower* dapat digunakan untuk mengetahui kerusakan - kerusakan dalam *gearbox cooling tower* sehingga dapat mengoptimalkan kegiatan pemeliharaan prediktif. Berikut ini adalah langkah – langkah dalam mengoptimalkan pemeliharaan prediktif yang dilakukan terhadap sistem kerja *gearbox cooling tower* :

1. Dokumentasi

Dokumentasi ini meliputi pengumpulan data – data teknik *gearbox* dan sejarah perawatan *gearbox*. Dokumentasi dikumpulkan dari spesifikasi *gearbox cooling tower* sehingga dari spesifikasi ini diperoleh prinsip kerja *gearbox cooling tower* dan data – data teknis dari *gearbox* di *cooling tower* tersebut. Selain itu, dari hasil pengumpulan data spesifikasi *gearbox* ini diperoleh perilaku mekanik *gearbox* yang meliputi kecepatan putar *gearbox*.

Untuk mengetahui besar frekuensi yang dibangkitkan oleh masing – masing komponen *gearbox cooling tower* maka dilakukan perhitungan nilai frekuensi yang dibangkitkan oleh setiap komponen *gearbox* tersebut. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan pada kumpulan data – data hasil observasi di UBP Kamojang dan dikalkulasikan berdasarkan pada hasil perolehan rumus – rumus yang sesuai dengan komponen – komponen *gearbox*. Data hasil observasi tersebut berupa data – data teknis yang termasuk ke dalam parameter – parameter komponen *gearbox* untuk menghitung frekuensi yang dibangkitkan oleh masing – masing komponen *gearbox* untuk menganalisis respon getaran yang terjadi.

Frekuensi yang dihitung meliputi frekuensi *gearmesh*, *shaft*, *bearing*, *gear*, dan *fan*. Berikut pembahasan mengenai perhitungan terhadap nilai frekuensi yang dibangkitkan oleh masing – masing komponen *gearbox cooling tower* :

1. Frekuensi *Gearmesh*

Frekuensi getaran ini akan selalu nampak pada spektrum getaran baik untuk roda gigi rusak maupun yang masih baik.

$$GMF (cpm) = n \times w \quad (1)$$

Keterangan :

n = jumlah *gear*

w = kecepatan *shaft* motor

2. Frekuensi *Shaft*

Frekuensi *input shaft* sama dengan besar frekuensi yang dikeluarkan oleh motor. Hal ini terjadi karena antara *input shaft* pada *gearbox* dan motor terpasang rigid (*fix coupling*). Sedangkan untuk frekuensi *output shaft* pada *gearbox* sama dengan besar frekuensi yang timbul pada *fan*. *Output shaft* dengan *fan* juga terpasang rigid.

3. Frekuensi *Fan*

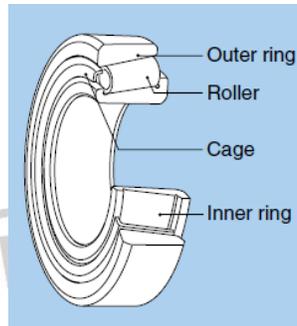
$$GMF Fan = \frac{w}{n_f} \quad (2)$$

Keterangan :

n_f = Jumlah gigi *fan*

w = Kecepatan *shaft* motor

4. Frekuensi *Bearing*



Gambar 3.1. Konstruksi *Tapered Bearing* (NTN Corporation, 2009)

Bearing dipasang pada shaft dan gear. Jika jumlah gear ditambah, maka koefisien bearing berkurang. Ada lima koefisien yang mempengaruhi kinerja bearing, diantaranya :

1. BPFI (*Ball pass frequency inner*)

$$BPFI = \left[\frac{N_b}{2} \left(1 + \frac{B_d}{P_d} \right) \cos \theta \right] w \quad (3)$$

2. BPFO (*Ball pass frequency Outer*)

$$BPFO = \left[\frac{N_b}{2} \left(1 - \frac{B_d}{P_d} \right) \cos \theta \right] w \quad (4)$$

3. BSF (*Ball spin frequency*)

$$BSF = \frac{P_d}{2B_d} \left\{ 1 - \left(\left[\frac{B_d}{P_d} \right] \cos \theta \right)^2 \right\} w \quad (5)$$

4. FTF (*Fundamental train frequency*)

$$FTF = \frac{1}{2} \left[1 - \left(\frac{B_d}{P_d} \right) \cos \theta \right] w \quad (6)$$

5. DF (*Defect Frequency*)

$$DF = \frac{P_d}{B_d} \left\{ 1 - \left(\left[\frac{B_d}{P_d} \right] \cos \theta \right)^2 \right\} w \quad (7)$$

Keterangan :

N_b = Number of balls or rollers

B_d = Ball or roller diameter (mm)

$P_d = \text{Bearing pitch diameter (mm)}$

$\theta = \text{Contact angle (}^\circ\text{)}$

$w = \text{kecepatan rotasi bearing}$

Inner bearing dihubungkan langsung dengan *shaft* dan berputar, dengan besar kelajuan sudutnya sama dengan kelajuan *shaft*. Sedangkan *outer bearing* dihubungkan langsung dengan masing – masing *gear*. Sistem selalu berputar pada arah yang sama.

5. Frekuensi Gear

$$\text{Shaft 1} = \text{Input speed } [w(x)] \quad (8)$$

$$\text{Mesh}(x) = v(x) \times t_i(x) \quad (9)$$

$$\text{Assembly pass}(x) = \frac{\text{Mesh}(x)}{Z(x)} \quad (10)$$

$$\text{Tooth Repeat}(x) = \frac{\text{Mesh}(x) \times Z(x)}{t_i(x) \times t_o(x)} \quad (11)$$

$$w(x+1) = \frac{\text{Mesh}(x)}{t_o(x)} \quad (12)$$

Keterangan :

$w(x) = \text{Kecepatan rotasi Shaft 1}$

$t_i(x) = \text{Tooth in}(x)$

$t_o(x) = \text{Tooth out}(x)$

$Z(x) = \text{Common prime factor}(x)$

Hasil perhitungan frekuensi digunakan untuk menganalisis sistem kerja *gearbox* terhadap kerusakan – kerusakan yang mungkin terjadi akibat dari frekuensi getaran yang dibangkitkan oleh masing – masing komponen *gearbox*.

Selain nilai frekuensi, data lain yang diperoleh dari hasil observasi yaitu sejarah perawatan mesin *gearbox* yang meliputi catatan kerusakan *gearbox cooling tower* Unit II yang pernah terjadi di PLTP Kamojang seperti yang terdapat dalam tabel 1.1. Pada unit III belum pernah terjadi kerusakan selama unit bekerja.

Rancangan *gearbox* dan karakteristik operasi *gearbox* menentukan jenis kerusakan yang mungkin terjadi dan respon getaran terhadap kerusakan tersebut. Namun, untuk memahami rancangan dan karakteristik operasi *gearbox* yang digunakan dapat diperoleh dari sumber informasi yang terbaik, yaitu pabrik pembuat mesin *gearbox* yang terpasang di unit II dan III PLTP Kamojang yang memuat tentang semua spesifikasi dari *gearbox* yang bersangkutan.

Salah satu kegiatan yang dilakukan dalam rangka mengoptimalkan teknik pemeliharaan prediktif adalah dengan memilih sensor vibrasi yang tepat untuk memantau sistem kerja *gearbox cooling tower*. Secara resmi sensor dipilih berdasarkan pada kriteria – kriteria yang dimiliki oleh objek penelitian (ISO 10816 – 3). Kriteria tersebut diantaranya:

1. Sensor harus memiliki rentang frekuensi yang mencakup seluruh frekuensi yang ditimbulkan oleh komponen – komponen *gearbox*.
2. Sensor harus dapat bekerja sesuai dengan keadaan lingkungan dimana sensor tersebut dipasang seperti temperatur lingkungan, kadar bahan kimia yang terdapat di sekitar sensor, dan mencakup perilaku mekanik pada *gearbox* seperti kecepatan putar *gearbox*. Sehingga sebelum sensor ditentukan, harus diketahui terlebih dahulu keadaan dari tempat sensor tersebut akan dipasang.

Karena sensor akan dipasang di badan *gearbox* yang terdapat di dalam *cooling tower* maka sensor harus dapat berkerja pada keadaan lembab, berair, dan tahan terhadap hydrogen sulfida.

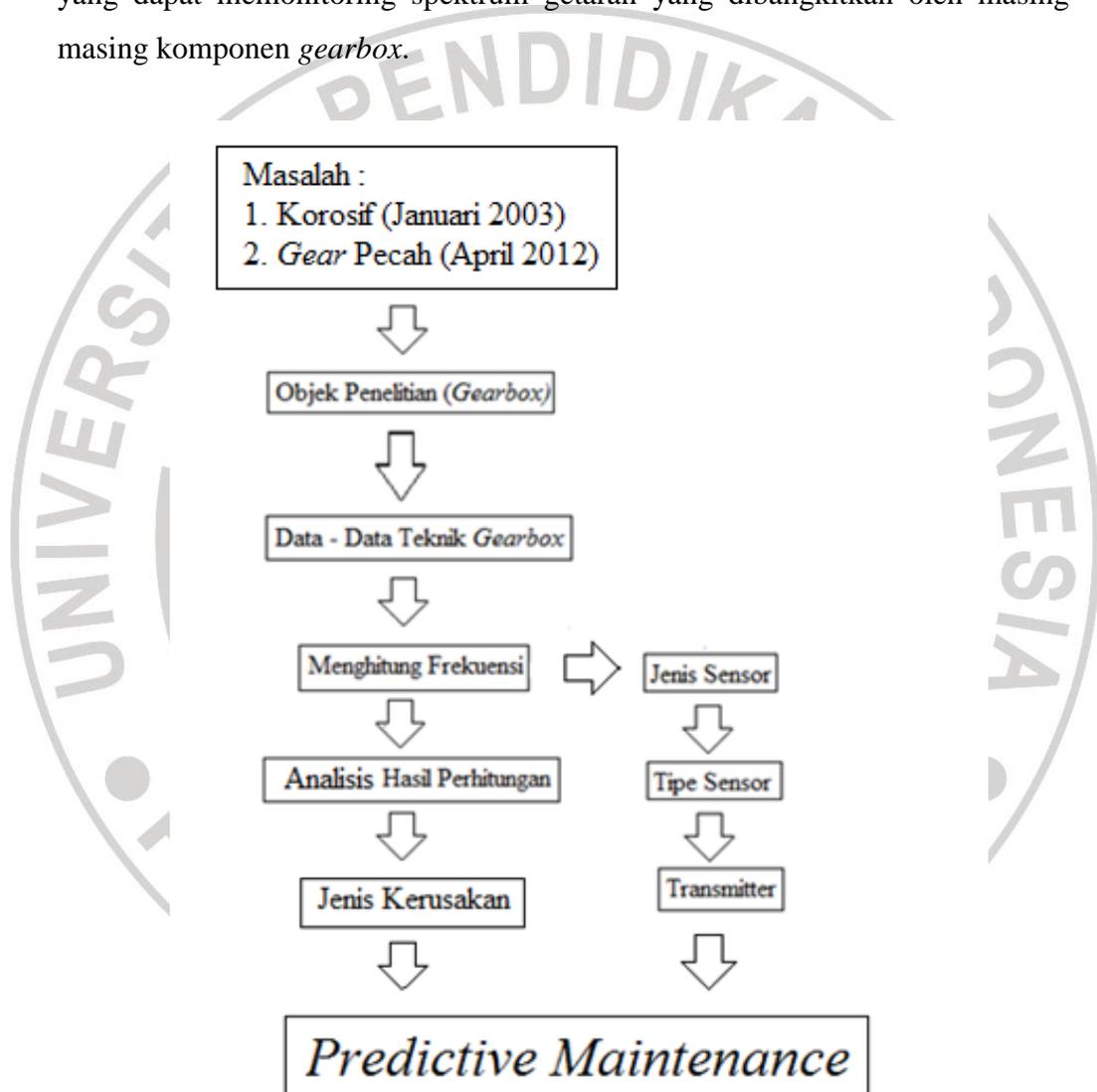
Apabila kedua kriteria tersebut telah dipenuhi, maka sensor vibrasi untuk memantau kerja *gearbox cooling tower* dapat ditentukan. Dari kedua kriteria tersebut, maka dapat diperoleh jenis sensor, tipe sensor, material sensor, hingga ke alat instrumentasi pembantu sensor ketika sensor bekerja seperti tipe konektor yang harus digunakan dan jenis kabel yang dipilih dalam membantu sistem kerja sensor pada saat memantau *gearbox cooling tower*.

2. Kriteria “*Severity*”

Sebelum terjadi kerusakan pada seluruh komponen *gearbox*, maka harus ditentukan jadwal pemeliharaan. Penentuan ini berdasarkan pada level getaran dan karakteristik dari getaran tersebut dengan mengacu pada standar getaran yang baku dan pengukuran getaran yang telah rutin dilakukan berdasarkan hasil monitoring. Namun sebelum dilakukan pemantauan, maka harus direkomendasikan terlebih dahulu alat instrumentasi untuk membantu monitoring *gearbox* sebagai penyempurna kerja sensor. Alat instrumentasi ini digunakan sebagai transmitter yang menghubungkan sensor dengan operator. Transmitter akan membuat operator mengetahui spektrum getaran yang terjadi apabila terjadi kerusakan pada salah satu komponen *gearbox* dan dapat menganalisis kerusakan tersebut berdasarkan pada rekaman getaran pada saat terjadi kelainan. Transmitter yang dipilih harus sesuai dengan kriteria sensor, sehingga antara transmitter dan sensor dapat saling bekerja sama untuk memantau sistem kerja *gearbox cooling tower*.

Kriteria *severity* ini dilakukan dalam rangka mengoptimalkan kegiatan pemeliharaan prediktif terhadap komponen – komponen *gearbox cooling tower*.

Pemeliharaan prediktif dilakukan dengan dibantu oleh dua alat instrumentasi tambahan yaitu sensor dan sistem monitoring. Sensor yang dimaksud untuk memantau sistem kerja *gearbox* di *cooling tower* adalah sensor vibrasi. Sedangkan sistem monitoringnya yaitu transmitter penyempurna kerja sensor yang dapat memonitoring spektrum getaran yang dibangkitkan oleh masing – masing komponen *gearbox*.



Gambar 3.2. Alur Penelitian

