

# DIAGNOSA EKSENTRISITAS CELAH UDARA PADA MOTOR INDUKSI MELALUI ANALISIS AXIAL FLUKS

**Achmad Hadi Fithrooh, Iradiratu Diah P.K, Belly Yan Dewantara**

Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Dan Ilmu Kelautan,

Universitas Hangtuah Surabaya, Indonesia

Jl. Arif Rahman Hakim, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota SBY, Jawa Timur 60111

e-mail : [achmad.hadifithrooh@gmail.com](mailto:achmad.hadifithrooh@gmail.com)

## ABSTRACT

*Penelitian ini membahas analisa fluks untuk mendeteksi kerusakan pada motor induksi pada eksentrisitas celah udara. Pemilihan sensor fluks sebagai deteksi eksentrisitas celah udara dikarenakan memiliki keakurasian yang tinggi. Pengambilan data menggunakan sensor fluks dilakukan dengan cara axial, yang dimaksud adalah mensejajarkan atau menghorisontalkan sensor fluks terhadap stator. Dari data tersebut kemudian diolah menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT) dan mendapatkan data berupa tegangan terhadap frekuensi. Hasil penelitian dapat mendeteksi eksentrisitas ketika motor tanpa beban. Terlihat dari lonjakan amplitudo meningkat pada frekuensi prediksi (23hz-26hz) sebesar 2,48% pada eksentrisitas 0,1mm dan 12,58% pada eksentrisitas 0,2mm. Dengan adanya sistem deteksi kerusakan motor, khususnya eksentrisitas pada celah udara dapat mengantisipasi kerusakan fatal pada motor induksi*

**Keywords :** Motor Induksi, Sensor fluks, Eksentrisitas celah udara, Fast Fourier Transform (FFT), Axial fluks.

## 1. PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan peralatan penting yang paling dominan digunakan di dunia industri, Maka dari itu kondisi motor induksi harus di berikan perawatan dan di monitoring kualitas dari motor induksi tersebut. (Bukit, 2017). Kerusakan yang sering terjadi pada motor induksi adalah 40% disebabkan bearing,

38% kerusakan stator, 10% kerusakan rotor dan 12% kerusakan lain-lainnya (Jiang, Li and Habetler, 2017). Dari beberapa tipe kerusakan pada motor induksi dapat menyebabkan terjadinya eksentrisitas pada celah udara motor seperti kerusakan *bearing* yang diakibatkan pemasangan *bearing* , keovalan pada inti stator dan ketidak sejajaran pada poros rotor (Hyun *et al.*,

2011). Deteksi kerusakan *bearing* dengan menggunakan analisa arus mendapatkan presentase keberhasilan 28% sampai 36% (Iradiratu, 2019). Pada penelitian sebelumnya mendeteksi kerusakan motor yang di sebabkan eksentrisitas menggunakan analisa arus, metode analisa arus stator untuk mendeteksi gangguan pada motor dilakukan dengan mengamati karakteristik frekuensi pada arus stator (Alham *et al.*, 2018). Deteksi kerusakan motor dapat juga dikembangkan dengan menggunakan analisa fluks, pemilihan fluks sebagai pengambilan data dikarenakan memiliki data yang akurat (Clark and Stevens, 2016). Kombinasi pengambilan data kerusakan motor dapat dilakukan menggunakan *software Labview* sebagai alat bantu akuisisi data dan menggunakan *DIAdem* untuk pengolahan dengan metode *fast fourier transform* (FFT) (Wang, Zhang and Liang, 2013)

Pada penelitian dikembangkan deteksi kerusakan motor induksi disebabkan eksentrisitas celah udara menggunakan analisa fluks. Data yang di dapat dari analisa fluks diolah menggunakan metode *fast fourier transform* (FFT) . Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai data awal

dalam melakukan deteksi kerusakan pada motor induksi dalam proses perawatan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Motor Induksi

Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban akan memperbesar torsi motor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun. Kecepatan dari medan putar disebut kecepatan sinkron. Untuk motor induksi dengan  $p$  kutub, kecepatan sinkron dalam rpm adalah:

$$ns = \frac{120.f}{p} \quad (1)$$

Dimana  $f_s$  adalah frekuensi stator dalam hz,  $n$  adalah kecepatan sinkron. Karena rotor berputar pada kecepatan asinkron yang biasanya lebih lambat dari kecepatan sinkron.

$$nr = ns - \frac{120.f}{p} \quad (2)$$

Perbedaan kecepatan disebut dengan kecepatan slip. Kecepatan slip dapat ditulis sebagai  $s$  yaitu slip per unit

$$slip = \frac{ns-nr}{ns} \quad (3)$$

## B. Eksentrisitas Celah Udara

Eksentrisitas celah udara merupakan kondisi lebar celah udara pada motor induksi tidak memiliki lebar yang sama. Terdapat dua tipe eksentrisitas celah udara pada motor yaitu statis dan dinamis. Eksentrisitas statis dapat disebabkan oleh keovalan dari inti stator atau posisi yang tidak benar dari rotor dan stator saat komisioning. Dalam kasus eksentrisitas statis komponen side band muncul pada persamaan

$$f_e = f_s \pm k \cdot f_r \quad (4)$$

Dimana,

$$f_r = f_s - \left( \frac{(1-s)}{p} \right) \quad (5)$$

## C. Sensor Fluks

Sensor ini mempunyai inti yang terbuat dari bahan khusus vitrovac 6025, dan dua buah *probe*, yakni *probe* untuk kumparan primer (pengeksitasi atau *excitation coil*) dan *probe* untuk kumparan sekunder (penangkap atau *pick-up coil*). Sensor ini memiliki sensitivitas yang meningkat dengan meningkatnya jumlah lilitan kumparan sekunder dan/atau meningkatnya suhu operasi (Djamal *et al.*, 2007). Sensor fluks yang dipakai pada penelitian ini menggunakan ELF Gaussmeter. Alat ini dapat di tunjukan pada Gambar 1.

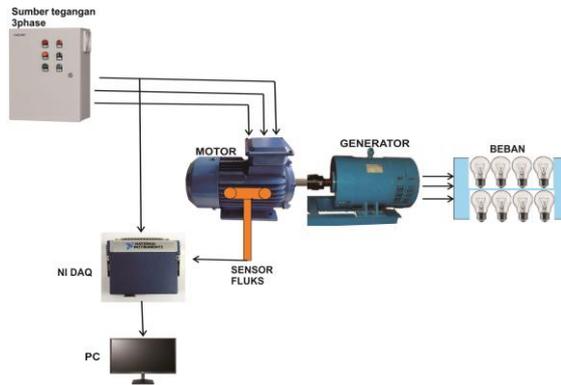


Gambar 1. Sensor fluks

## 3. METODE PENELITIAN

### A. Sistem konfigurasi

Pada eksperimen ini sumber tegangan 380 volt AC difungsikan sebagai sumber listrik arus bolak-balik untuk mengoperasikan motor induksi 3 fasa dengan kapasistas sebesar 2 HP atau setara dengan 1,5 KW. Beberapa alat penunjang pada pengukuran sinyal tegangan yaitu, komputer dengan perangkat lunak *LabView*, *DiAdem* dan *NI DAQ-9775* sebagai akuisisi data tegangan. Perangkat lunak *LabView* terintegrasi dengan akuisisi data tegangan untuk mempermudah dalam pemilihan frekuensi sampling. Hasil dari pengukuran akan diolah dengan metode pengolah *Fast Fourier Transform* setelah mendapatkan hasil FFT diolah lagi dengan menggunakan *software* *Matlab* supaya mendapatkan *Domain* Amplitudo terhadap frekuensi. Konfigurasi sistem pada penelitian ini seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Konfigurasi Sistem

Motor induksi 3 fasa yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis rotor sangkar merk ADK dengan kapasitas 2 HP atau setara dengan 1,5 kW. Konfigurasi belitan yang digunakan adalah star (Y) sehingga motor induksi 3 fasa memiliki rating tegangan sebesar 380 V dan rating arus sebesar 3,68 A. Motor induksi 3 fasa yang digunakan memiliki jumlah kutub sebanyak 4 buah sehingga memiliki kecepatan sinkron sebesar 1500 rpm.

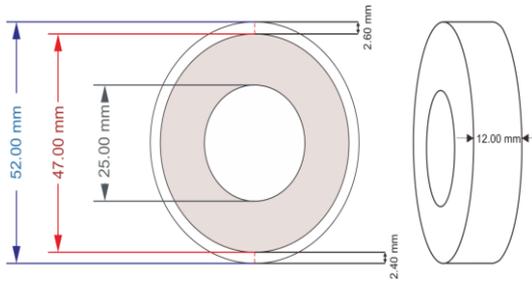
**Tabel 1.** Spesifikasi Motor

MERK	ADK		
HP	2	Type	Y3-90L-4
kW	1.5	AMB	40°C
Volt	220/380	Pole	4
Amp	6.36/3.68	Ins	F
Hz	50	F.L.EFF	78.5
Rpm	1500	P.F Cos $\varphi$	0.78
IP	55	Weight	23

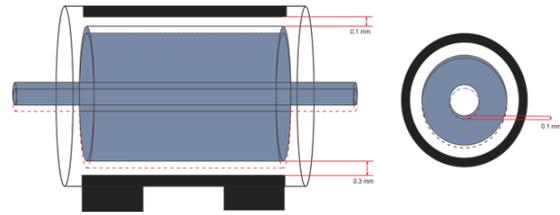
## B. Rekontruksi eksentrisitas

*Bearing* normal memiliki *inner* 25 mm dan *outer* 52 mm dan lebar *bearing* sebesar 12 mm. Untuk menjadikan rotor tidak selaras dengan celah udara maka diganti dengan *bearing* ukuran kecil sebesar *outer* 47 mm dan *inner* 25 mm. Selanjutnya agar *bearing* yang lebih presisi dipasang pada rumah *bearing* yang semula dan juga untuk membuat menjadi tidak selaras maka dibuat *ring* untuk *bearing* dengan diameter luar 52 mm dan diameter dalam 47 mm dengan ketebalan sisi bawah 2.6 mm dan sisi bawah 2.4 mm.

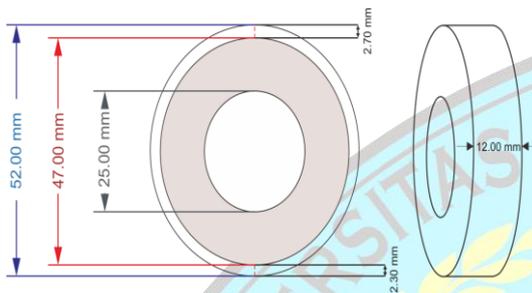
Untuk variasi kerusakan yang kedua dibuat *ring* berukuran diameter luar 52 mm dan diameter dalam 47 mm dengan ketebalan sisi bawah 2.7 mm dan sisi bawah 2.3 mm yang nantinya *ring* ini digunakan juga untuk melapisi *bearing* pengganti yang lebih kecil sehingga ukurannya sama dengan ukuran *bearing* yang semula. Untuk membuat poros *rotor* tidak simetris atau eksentrisitas maka ketebalan *ring bearing* dibuat beda. Rekontruksi *ring* dengan ukuran 2.7 mm pada sisi bawah dan 2.3 mm pada sisi atas.



**Gambar 3.** Desain rekontruksi eksentrisitas 0.1mm



**Gambar 6.** Desain rekontruksi eksentrisitas 0.1mm



**Gambar 4.** Desain rekontruksi eksentrisitas 0.2mm



**Gambar 5.** Ring rekontruksi 0.1mm dan 0.2mm

**4. HASIL DAN ANALISA**

Dalam penelitian ini, deteksi frekuensi eksentrisitas dilakukan dengan satu variasi frekuensi . Frekuensi yang digunakan pada peneilitian ini adalah 0.1hz. Pemilihan frekuensi resolusi 0.1hz bertujuan memperpanjang waktu pada pengambilan 10sec dimana banyak data yang dipakai 50Ks dan frekuensi sampelnya sebesar 5ks/s. Pengambilan data pada frekuensi resolusi 0.1hz sebanyak 5 kali. Tujuan dari pengambilan data sebanyak 5 kali dapat memilih hasil terbaik pada setiap data. Untuk mendapatkan hasil maksimal pada proses analisa maka analisa deteksi eksentrisitas juga dilakukan dengan memberikan variasi pembebanan yaitu beban 0% dan 100%.

Pada penelitian ini akan menggunakan eksentrisitas celah udara statis tipe *cylyndrical whirling motion*. Pada eksentrisitas jenis ini motor mengalami eksentrisitas celah udara namun rotor dan stator tetap selaras. Oleh karena itu maka pemasangan *ring bearing* yang berbeda ketebalan akan dipasang selaras.

**A. Perhitungan Persentase Pembebanan**

Pembebanan yang digunakan merupakan pembebanan mekanik berupa generator yang dikopel dengan motor induksi dan untuk membuat beban

bervariasi maka generator diberi pembebanan elektrik berupa lampu. Untuk membuat variasi pembebanan berupa presentase 0-100% maka langkah awal yang dilakukan adalah mengukur arus dan  $\cos \phi$  pada stator untuk menentukan daya pada kondisi presentase tertentu.

Pengambilan data awal menggunakan motor tanpa terkopel generator, selanjutnya motor di kopel dengan generator dan generator yang dihubungkan dengan beban lampu yang bervariasi sampai dimana arus yang diukur mencapai beban penuh. Arus pada *nameplate* saat beban penuh 3,68 A. Arus beban penuh menjadi acuan pada pembebanan pada motor induksi.

Alat penunjang untuk pengukuran menggunakan *power quality*. Daya lampu yang dipakai menggunakan 100 watt.

**Tabel 2.** Pembebanan Pada Motor

Daya (watt)	Konfigurasi Pembebanan	Arus (A)	Persentase Pembebanan (%)
150	Motor	2,3	0%
770	Motor + Generator + 2 Lampu	2,72	25%
1170	Motor + Generator + 5 Lampu	3,05	50%
1520	Motor + Generator + 8 Lampu	3,36 7	75%
1700	Motor + Generator + 10 Lampu	3,68	100%

## B. Prediksi Letak Frekuensi Eksentrisitas Celah Udara

Letak spektrum kerusakan motor dalam kasus deteksi eksentrisitas celah udara perlu diperhatikan berdasarkan persamaan (5) dapat menentukan frekuensi rotor ( $f_r$ ) supaya dapat menghitung letak gangguan eksentrisitas celah udara pada spektrum frekuensi tertentu. Untuk menentukan letak spektrum pada penelitian ini menggunakan persamaan (4), dimana letak spektrum frekuensi muncul pada

frekuensi rendah atau di sekitar frekuensi fundamental.

**Tabel 3.** Prediksi Letak Spektrum Frekuensi Eksentrisitas

Letak spektrum frekuensi eksentrisitas normal				
	$f_s$	$f_r$	$f_s$	$f_s$
<b>Beban</b>	$f_s$	$f_r$		
0%	50	24,8175	25,1825	74,8175
25%	50	24,1175	25,8825	74,1175
50%	50	24,0825	25,9175	74,0825
75%	50	23,8325	26,1675	73,8325
100%	50	23,6325	26,3675	73,6325
Letak spektrum frekuensi eksentrisitas 0,1				
0%	50	24,75	25,25	74,75
25%	50	24,35	25,65	74,35
50%	50	24,1675	25,8325	74,1675
75%	50	23,7675	26,2325	73,7675
100%	50	23,7175	26,2825	73,7175
Letak spektrum frekuensi eksentrisitas 0,2				
0%	50	24,5825	25,4175	74,5825
25%	50	24,2675	25,7325	74,2675
50%	50	24,05	25,95	74,05
75%	50	23,6	26,4	73,6
100%	50	23,5	26,5	73,5

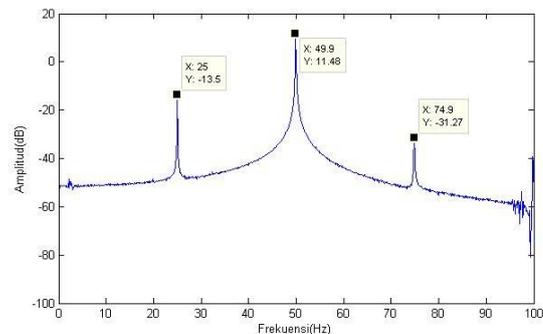
Dengan menggunakan perhitungan frekuensi sumber 50hz dan nilai slip, maka didapat frekuensi rotor berkisar 23-25 hz, selanjutnya letak frekuensi gangguan dapat ditentukan menggunakan persamaan (4).

Hasil analisa menunjukkan untuk letak frekuensi eksentrisitas pada  $f_s-f_r$

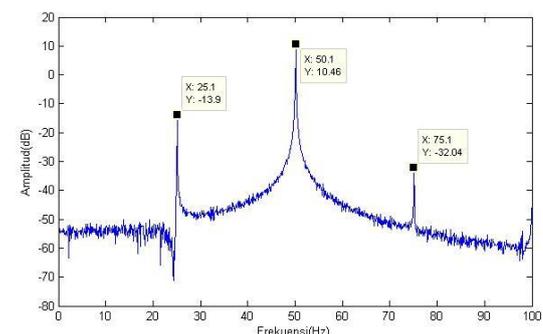
berkisar antara 25,18 Hz – 26,5 hz, sedangkan letak frekuensi eksentrisitas pada  $f_s+f_r$  berkisar antara 73,5 Hz – 74,81 Hz.

Maka dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan analisa perhitungan, karakteristik letak spektrum frekuensi eksentrisitas berada disekitar frekuensi 25 hz dan 75 hz.

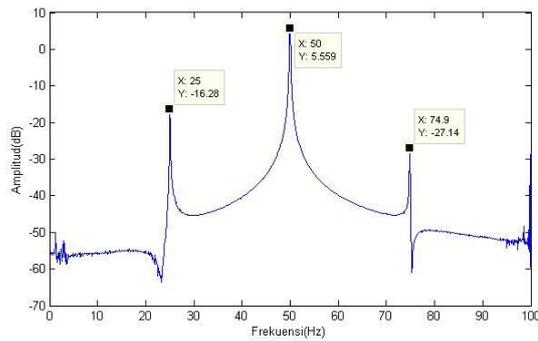
**C. Analisa spektrum frekuensi eksentrisitas pada beban 0%**



**Gambar 7.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 0% kondisi normal



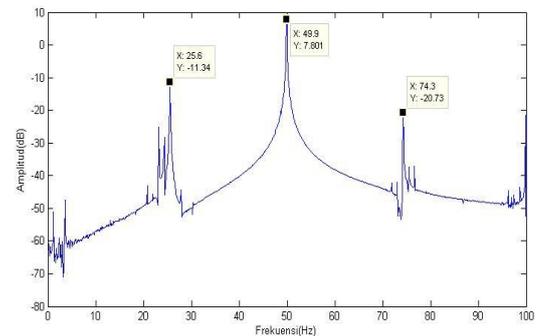
**Gambar 8.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 0% kondisi eksentrisitas 0,1 mm



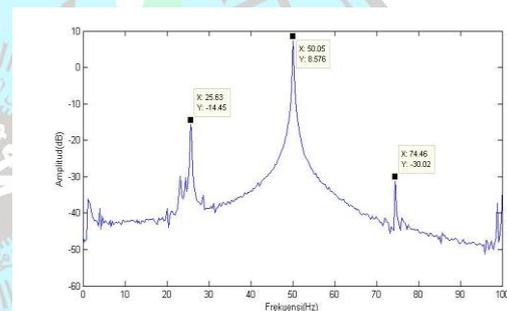
**Gambar 9.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 0% kondisi eksentrisitas 0,2 mm

Pada Gambar 7, 8 dan 9. Hasil menunjukkan terdapat perbedaan pola spektrum frekuensi pada motor kondisi normal dan kondisi eksentrisitas. Pada pengambilan data menggunakan sensor fluks terlihat sangat akurat, kondisi motor normal dapat terdeteksi kecacatan pabrik pada motor induksi, dimana terlihat lonjakan pada frekuensi diantar (23hz-26hz) dan diantara (73hz-75hz) dapat dilihat pada Gambar 7, namun pada kasus eksentrisitas lonjakan amplitudo meningkat pada frekuensi (23hz-26hz) sebesar 2,48% pada rekontruksi 0,1mm dan 12,58% pada rekontruksi 0,2mm. pada frekuensi (73hz-75hz) juga didapati lonjakan amplitudo sebesar 0,58% pada rekontruksi 0,1mm dan 23,5% pada rekontruksi 0,2mm. Presentase perhitungan didapat dari perbandingan perhitungan data normal dengan data eksentrisitas.

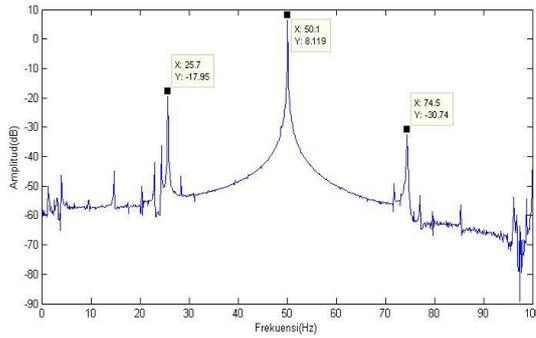
#### D. Analisa spektrum frekuensi eksentrisitas pada beban 25%



**Gambar 10.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 25% kondisi normal



**Gambar 11.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 25% kondisi eksentrisitas 0,1 mm

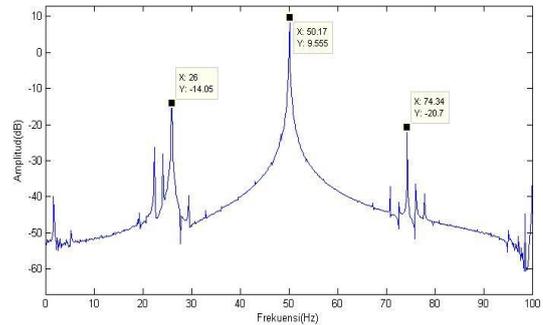


**Gambar 12.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 25% kondisi eksentrisitas 0,2 mm

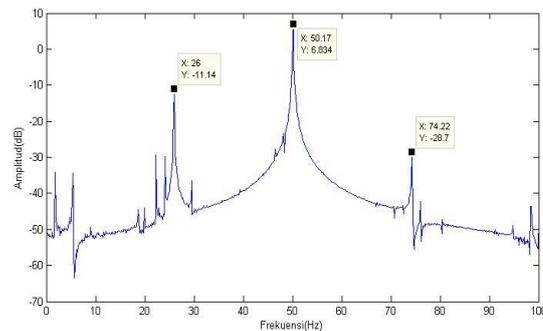
Pada Gambar 10, 11 dan 12. Hasil pola spektrum frekuensi berbeda dengan analisa pada beban 0%. Pada beban 25 % tidak dapat mendeteksi eksentrisitas, dinyatakan dengan hasil perhitungan pada motor kondisi normal dan kondisi eksentrisitas 0,1 mm dan eksentrisitas 0,2mm.

Pada rekontruksi pada frekuensi (23hz-26hz) tidak di dapati lonjakan, - 11,3% pada rekontruksi 0,1mm dan - 35,1% pada rekontruksi 0,2mm. pada frekuensi (73hz-75hz) juga tidak didapati lonjakan amplitudo sebesar -12,37% pada rekontruksi 0,1mm dan -13,7% pada rekontruksi 0,2mm. Presentase perhitungan didapat dari perbandingan perhitungan data normal dengan data eksentrisitas.

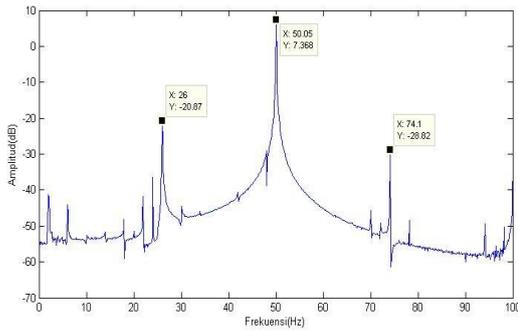
**E. Analisa spektrum frekuensi eksentrisitas pada beban 50%**



**Gambar 13.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 50%, kondisi normal



**Gambar 14.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 50% kondisi eksentrisitas 0,1 mm

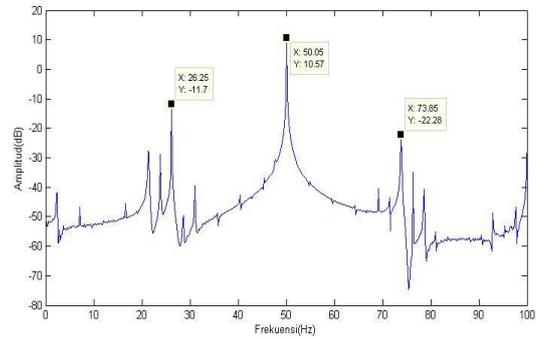


**Gambar 15.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 50% kondisi eksentrisitas 0,2 mm

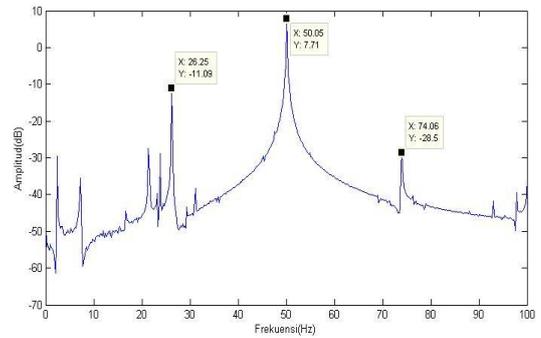
Pada Gambar 13,14 dan 15. Beban 50% hanya terdapat perbedaan pola spektrum frekuensi saat eksentrisitas 0,1mm pada letak frekuensi (23hz-26hz).

Hasil perhitungan menunjukkan Pada rekontruksi pada frekuensi (23hz-26hz), 23,8% pada rekontruksi 0,1mm dan -17,4% pada rekontruksi 0,2mm. pada frekuensi (73hz-75hz) tidak didapati lonjakan amplitudo sebesar -19,63% pada rekontruksi 0,1 mm dan -19,6% pada rekontruksi 0,2mm. Presentase perhitungan didapat dari perbandingan perhitungan data normal dengan data eksentrisitas.

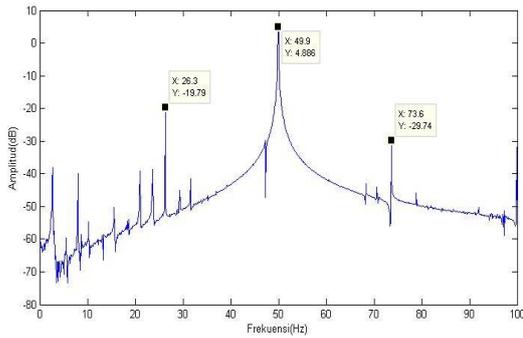
**F. Analisa spektrum frekuensi eksentrisitas pada beban 75%**



**Gambar 16.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 100% kondisi normal



**Gambar 17.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 100% kondisi eksentrisitas 0,1 mm

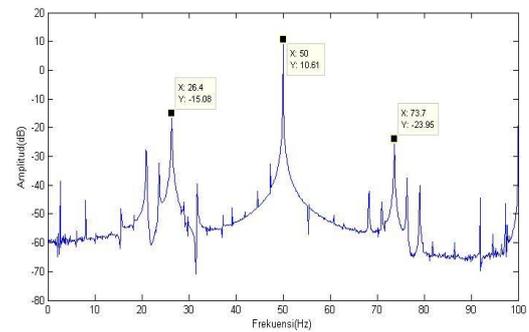


**Gambar 18.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 100% kondisi eksentrisitas 0,2 mm

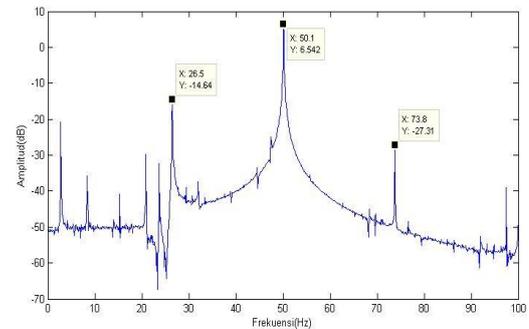
Pada Gambar 16, 17 dan 18. Seperti pada beban 50%, beban 75% hanya mendapati perbedaan pola spektrum frekuensi saat eksentrisitas 0,1mm pada letak frekuensi (23hz-26hz).

Hasil perhitungan menunjukan pada frekuensi (23hz-26hz), 15,5% pada rekontruksi 0,1mm dan -10,8% pada rekontruksi 0,2mm. pada frekuensi (73hz-75hz) tidak didapati lonjakan amplitudo sebesar -10,22% pada rekontruksi 0,1 mm dan -5,4% pada rekontruksi 0,2mm. Presentase perhitungan didapat dari perbandingan perhitungan data normal dengan data eksentrisitas.

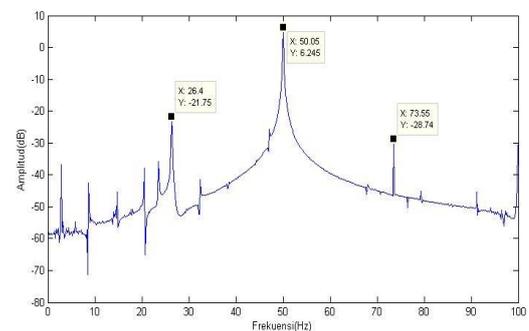
**G. Analisa spektrum frekuensi eksentrisitas pada beban 100%**



**Gambar 19.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 100% kondisi normal



**Gambar 20.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 100% kondisi eksentrisitas 0,1 mm



**Gambar 21.** Spektrum frekuensi pada motor dengan frekuensi resolusi 0,1 hz pada pembebanan 100 kondisi eksentrisitas 0,2 mm

Pada Gambar 19, 20 dan 21. Kesamaan pola spektrum yang terjadi pada kondisi beban 50% dan 75% terjadi juga pada kondisi 100%. Lonjakan spektrum frekuensi hanya terjadi saat eksentrisitas 0,1mm pada frekuensi (23hz-26hz).

Hasil menunjukkan pada frekuensi (23hz-26hz), 17,54% pada rekontruksi 0,1mm dan -8,9% pada rekontruksi 0,2mm. pada frekuensi (73hz-75hz) tidak didapati lonjakan amplitudo sebesar -2% pada rekontruksi 0,1mm dan -1,2% pada rekontruksi 0,2mm. Presentase perhitungan didapat dari perbandingan perhitungan data normal dengan data eksentrisitas.

## 5. KESIMPULAN

Hasil dari percobaan deteksi kerusakan eksentrisitas celah udara dapat disimpulkan bahwa hasil tersebut berhasil dapat mendeteksi tetapi pada percobaan dengan pembebanan 25%-100%, tidak dapat mendeteksi eksentrisitas. Hal ini ditentukan dengan adanya lonjakan amplitudo yang muncul difrekuensi eksentrisitas ( $fs \pm fr$ ). tetapi pada percobaan dengan pembebanan 25%-100%, hasil perhitungan menunjukkan angka minus.. Hasil tersebut merupakan hasil *error* atau tidak dapat mendeteksi kerusakan. Faktor penyebab *error* data

pada percobaan, disebabkan pengkopelan motor dengan generator, perlu diketahui pada analisa kondisi berbeban, rekontruksi eksentrisitas motor mempunyai rotor yang tidak selaras yang terkopel dengan rotor generator yang selaras, sehingga berpengaruh pada penelitian ini. Maka dapat disimpulkan bahwa percobaan eksentrisitas celah udara dapat mendapatkan hasil yang optimal ketika tidak berbeban.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alham, N. R. *et al.* (2018) 'Analysis of load and unbalance voltage on air gap eccentricity in detection of three phase induction motor', 2018 *International Conference on Information and Communications Technology, ICOIACT 2018*, 2018–Janua, pp. 566–571. doi: 10.1109/ICOIACT.2018.8350705.
- Bukit, F. R. A. (2017) 'Analisa Harmonisa pada Karakteristik Motor Induksi 3 Fasa', *Issn*, 01(02), pp. 65–75.
- Clark, S. W. and Stevens, D. (2016) 'Induction Motor Rotor Bar Damage Evaluation with Magnetic Field Analysis', *IEEE Transactions on Industry Applications*. IEEE, 52(2),

- pp. 1469–1476. doi: [10.1109/TIA.2015.2508424](#).
- Djamal, M. *et al.* (2007) ‘Sensor Magnetik Fluxgate Karakteristik Dan Aplikasinya’, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, pp. 207–214.
- Hyun, D. *et al.* (2011) ‘Automated monitoring of airgap eccentricity for inverter-fed induction motors under standstill conditions’, *IEEE Transactions on Industry Applications*, 47(3), pp. 1257–1266. doi: [10.1109/TIA.2011.2126010](#).
- Iradiratu (2019) ‘Deteksi Kerusakan Inner Race Bearing Menggunakan Motor Current Signature Analysis Berbasis Fast Fourier Transform’, *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*
- Triac*, 6(1), pp. 6–9.
- Jiang, C., Li, S. and Habetler, T. G. (2017) ‘A review of condition monitoring of induction motors based on stray flux’, *2017 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2017*, 2017–Janua, pp. 5424–5430. doi: [10.1109/ECCE.2017.8096907](#).
- Wang, Z., Zhang, J. and Liang, Y. (2013) ‘Motor noise and vibration test research’, *Telkomnika*, 11(1), pp. 87–94. doi: [10.12928/telkomnika.v11i1.886](#).