

ANALISIS PENGARUH KETIDAK SEIMBANGAN TEGANGAN TERHADAP KINERJA MOTOR 3 FASA

Yakob Liklikwatil¹, Prajaka²

Teknik Elektro ,Sekolah Tinggi Teknologi Mandala Bandung

ABSTRAK

Ketidakseimbangan tegangan merupakan variable yang sangat mempengaruhi unjuk kerja motor induksi tiga fasa. Analisis ini membahas mesin flock feeder yang sering mengalami overload, tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui pengaruh ketidakseimbangan tegangan terhadap kinerja motor listrik, untuk menghindari kerusakan motor listrik dari efek naiknya arus, naiknya temperatur, turunya torsi dan daya dari pengaruh ketidakseimbangan tegangan. Analisis menggunakan metode komponen simetris, untuk mengetahui parameter-parameter operasi motor induksi diantaranya, arus, rugi-rugi daya, efisiensi, torsi dari motor induksi tersebut. Penelitian ini dilakukan di PT.Sibatek Batujajar Bandung, dengan. Dari hasil perhitungan dapat ditarik kesimpulan bahwa ketidakseimbangan tegangan akan berakibat pada ketidak seimbangan arus. Pada fasa "b" hight voltage tegangan adalah 225V, arus cukup tinggi yaitu sebesar 16.2 amper melebihi fasa "a" dan fasa "c", dan tegangan fasa "c" adalah 232V. Ketika under voltage arus pada kumparan fasa "a" dengan tegangan 205 adalah 15A jauh lebih besar dari arus pada fasa "b" dan "c" ini di sebabkan arus urutan positif dan negative dan urutan nol cenderung mengalir pada kumparan fasa "a". Rugi-rugi kumparan stator dan rotor cukup tinggi mengakibatkan daya output berkurang. Dari hasil analisis Torsi juga mengalami penurunan. Dalam analisis ini perlu ada penelitian lanjut pada bagian-bagian mekanik, yang sangat berkaitan erat dengan parameter dan variable - variable system kelistrikanya seperti torsi elektromagnetik.

Kata kunci : Ketidakseimbangan, Tegangan, Kinerja, Motor

ABSTRACT

Voltage unbalance is a variable that greatly influences the performance of three phase induction motors. This analysis discusses flock feeder machines that often overload, the purpose of this analysis is to determine the effect of voltage unbalances on the performance of electric motors, to avoid damage to electric motors from the effects of rising currents temperature, the decrease in torque and power from the effect of voltage unbalances. The analysis uses the symmetrical component method, to find out the induction motor operation parameters including, current, power losses, efficiency, torque of the induction motor. This study was conducted at PT. Sibatek Batujajar Bandung, with voltage unbalances will result in current unbalances. In phase "b" the voltage voltage is 225V, the current is high enough that is equal to 16.2 amperes over the phase "a" and phase "c", and phase voltage "c" is 232V. When under voltage the current in the phase coil "a" with voltage 205 is 15A far greater than the current in the "b" and "c" phases because the positive and negative sequence currents and the zero sequence tend to flow in the "a" phase coil. The losses of the stator coil and rotor are quite high resulting in reduced output power. From the results of the Torque analysis also decreased. In this analysis there needs to be further research on mechanical parts, which are closely related to the parameters and variables - the variable electrical system such as electromagnetic torque.

Keywords: *unbalance, Voltage, Performance, Motor*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan peralatan listrik sudah menjadi kebutuhan mendasar bagi terselenggaranya suatu proses produksi disuatu perusahaan, terutama di PT Sibatek yang bergerak dibidang pemintalan, mesin-mesin penggerak utamanya menggunakan motor listrik. Keadaan yang nampak pada parameter listrik di PT Sibatek adalah perbedaan fasa yang satu dengan yang lainnya. Menurut teori pembangkitan tegangan, sumber yang memenuhi persyaratan adalah, besar tegangan dimasing masing fasa R, S, T nya harus rata seimbang 380 Volt 3 fasa, frekwensinya pun harus sesuai dengan ketentuan yang dibutuhkan beban, untuk frekwensi yang diperlukan di PT Sibatek adalah 50 hz.

Sumber tegangan yang seimbang dan stabil memiliki rugi rugi daya yang kecil dan akan memberikan pengaruh pada kualitas kinerja motor listrik yang di suplaynya, bahkan dapat mengurangi kerusakan motor listrik dari akibat buruknya suplay tegangan. Dilihat dari keadaan parameter listrik yang ada di PT Sibatek sangat menarik untuk diteliti karna adanya penyimpangan tegangan yang naik turun, ketidakseimbangan tegangan antar fasanya tidak stabil sampai mencapai 356 Volt sehingga mempengaruhi kinerja dari motor

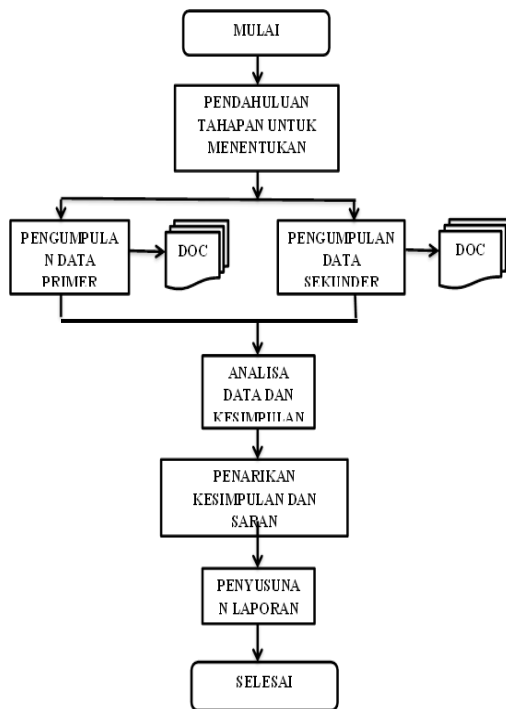
penggerak produksi khususnya pada motor listrik beater *flock feeder* dimesin blowing, terutama pada kemampuan didalam menggerakkan beban. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana ketidak seimbangan tegangan itu dapat mempengaruhi kinerja motor listrik, suplay yang tidak seimbang itu dapat mempengaruhi daya gerak motor, sehingga menyebabkan, motor tidak mampu melakukan fungsinya sebagai penggerak mesin produksi.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif, melakukan pencatatan data dari name plate motor berupa, frekwensi, daya motor listrik, tegangan tanpa sudut, arus motor, rpm motor, tahanan motor selanjutnya data yang tidak tersedia, diambil dari dasar teori yang telah tersedia seperti resistansi, induktansi. Data-data tersebut menjadi acuan dalam perhitungan analisis. Prosedur pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Langkah awal penelitian ini adalah melakukan observasi lapangan untuk mencari data yang dibutuhkan dalam mengkaji bahan skripsi.
- b. Dari data- data tersebut dapat mengadakan perhitungan perhitungan secara manual mengenai ketidak seimbangan yang terjadi, sehingga

mendapatkan gambaran, factor factor yang mempengaruhi kinerja motor.



Gb.3.1. Diagram. Alir (Flow chart) penelitian

Adapun langkah langkah yang penulis lakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Studi pustak
Studi pustaka dilakukan untuk mempelajari ketidak seimbangan tegangan dan pengaruh nya terhadap kinerja motor listrik 3 fasa. Yang diperoleh dari beberapa literature, baik buku buku yang berhubungan dengan ketidak seimbangan tegangan, jurnal-jurnal yang di peroleh dari internet serta

tugas akhir yang berkaitan dengan penelitian ini.

- Opservasi lapngan
Dalam hal ini penulis melakukan penelitian di PT.sibatek Batujajar sebagai obyek tempat terjadinya ketidak seimbangan tegangan dan melakukan penelitian untuk memperoleh data motor, tegangan serta data data lain yang dapat dijadikan bahan perhitungan manual

• Bimbingan

Melakukan bimbingan dengan dosen pembimbing secara berkala untuk mendiskusikan dan mendapatkan pengetahuan serta masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Yang akan di analisis adalah terjadinya trip pada motor 5.5 pk.(3kw) merek TECO yang di akibatkan oleh ketidak seimbangan tegangan adapun data data yang di peroleh adalah sebagai berikut :

Tabel. 4.1a. resistansi dan induktansi motor induksi 5Hp

R_s (ohm)	X_s (ohm)	X_m (ohm)	R_r (ohm)	X_r (ohm)
3.5	0.9	32	1.72	0.43

Tabel.4.1b. Kondisi Tegangan Tidak balance/*High voltage*

Tegangan (V)					
V _A	V _B	V _C	V _{AB}	V _{BC}	V _{CA}
219	225	232	380	391	402

Tabel.4.1c. Kondisi Tegangan Tidak balance/ *under voltage*

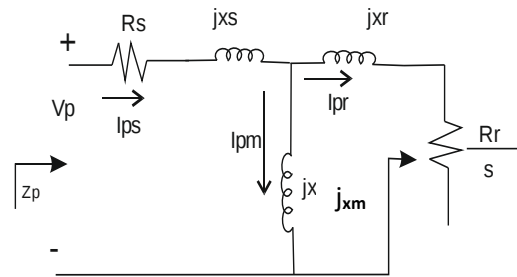
Tegangan (V)					
V _A	V _B	V _C	V _{AB}	V _{BC}	V _{CA}
205	209	220	356	362	382

Tabel.4.1d. Tegangan dan persentase ketidak seimbangan tegangan

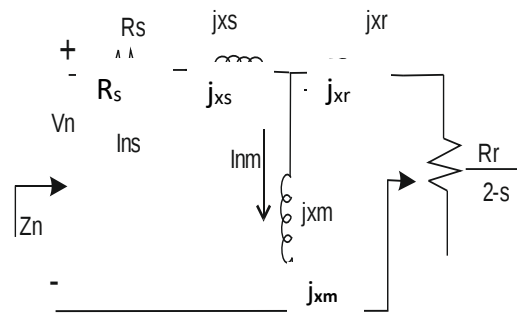
	kondisi	Tegangan f-n			Tegangan f-f			%
		V _A	V _B	V _C	V _A B	V _A C	V _C A	
High voltage	Volta	219	225	232	380	391	402	3.11
Under voltage	Volta	205	206	220	356	362	382	4.26

4.2. Analisis Hitung manual ketidakseimbangan *hight voltage*

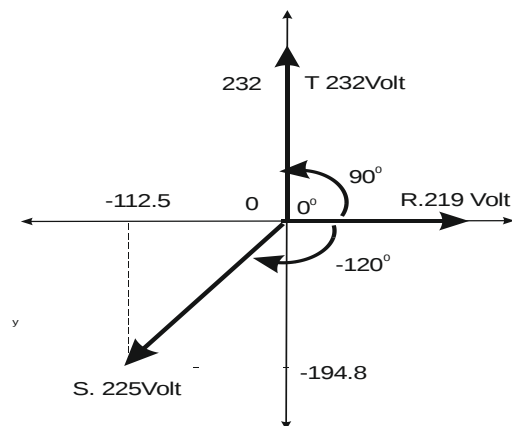
jr



Gb.4.2a. Rangkaian ekuivalen urutan positif motor induksi



Gb.4.2b. Rangkaian ekuivalen urutan Negatif motor induksi



Gb.4.2c. fasor Tegangan *High voltage* tidak seim

Untuk menganalisa ketidak seimbangan arus kita hitung dulu

Tegangan aliran positif dengan persamaan : $V_p = \frac{V_A + a.V_B + a^2 V_C}{3}$

Hasil perhitungan : $218.4 \angle -10.19^\circ \text{ Volt}$

Tegangan aliran negatif dengan persamaan : $V_n = \frac{V_A + a^2.V_B + a V_C}{3}$

hasil perhitungan : $41.25 \angle -39.57^\circ \text{ Volt}$

Reaktansi urutan positif dengan persamaan : $Z_p = R_s + jX_s + \frac{jX_m (\frac{R_r}{s} + jX_r)}{\frac{R_r}{s} + j(X_m + X_r)}$

Hasil perhitungan : $28.6 \angle 48.9^\circ$

Reaktansi urutan negatif dengan persamaan : $Z_n = R_s + jX_s + \frac{jX_m (\frac{R_r}{2-s} + jX_r)}{\frac{R_r}{2-s} + j(X_m + X_r)}$

Hasil perhitungan : $4.3 \angle 16.8^\circ$

Arus urutan positif stator dengan persamaan : $I_{ps} = \frac{V_p}{Z_p}$

hasil perhitungan : $7.6 \angle -109^\circ \text{ Amper}$

Arus urutan positif rotor dengan persamaan : $I_{pr} = I_{ps} \times \frac{(jX_m)}{\frac{R_s}{s} + j(X_m + X_r)}$

hasil perhitungan : $I_{pr} = 4.26 \angle -56^\circ$

Arus urutan negatif stator dengan persamaan : $I_{ns} = \frac{V_n}{Z_n}$

Hasil perhitungan : $9.5 \angle -22.7^\circ$

Arus urutan negatif rotor : $I_{nr} = I_{ns} \times \frac{(jX_m)}{\frac{R_s}{2-s} + j(X_m + X_r)}$

Hasil perhitungan : $9.5 \angle -21.1^\circ \text{ Amper}$

Selanjutnya kita baru bias hitung Arus fasa yaitu (I_A, I_B, I_C)

Dengan persamaan :

$I_A = I_{ps} + I_{ns}$ dan diperoleh hasil hitung : $12.40 \angle -59.6^\circ \text{ Amper}$

$I_B = a^2 I_{ps} + a I_{ns}$ dan diperoleh hasil hitung : $16.2 \angle -68.0^\circ \text{ Amper}$

$I_C = a I_{ps} + a^2 I_{ns}$ dan diperoleh hasil hitung : $4.30 \angle 88.6^\circ \text{ Amper}$

4.16a. Perhitungan Analisis Rugi-Rugi Daya Stator *Hight Voltage* Dengan mengasumsikan rugi rugi mekanik dan rugi inti diabaikan.

$$P_{SCL} = 3(I_{ps} + I_{ns})^2 \cdot R_s$$

Diperoleh hasil hitung sebesar : $410.5 \angle -81^\circ \text{ Watt}$

4.16b. Perhitungan Analisis Rugi-Rugi Daya Rotor *Hight Voltage* Dengan mengasumsikan rugi rugi mekanik dan rugi inti diabaikan.

$$P_{RCL} = 3(I_{pr} + I_{nr})^2 \cdot R_r$$

Diperoleh hasil hitung sebesar : $491 \angle -53.9^\circ \text{ Watt}$

$$P_{Rugi Total} = P_{SCL} + P_{RCL} = 410.5 \angle -81^\circ + 491 \angle -53.0^\circ = 876.5 \angle -66.2^\circ \text{ Watt}$$

4.16e. Daya Aliran positif Tiap Pasa (P_p) *Hight Voltage*. Dengan variable rugi daya inti (*core losses*) dan rugi mekanik diabaikan.

$$P_p = 3 \cdot I^2 p_r \left(\frac{1-s}{s} \right) R_r$$

Diperoleh hasil perhitungan :
2551∠67.9° Watt

4.16f. Daya Aliran Negatif Tiap Pasa (P_n) *Hight Voltage* Dengan variable rugi daya inti (*core losses*) dan rugi mekanik diabaikan.

$$P_n = 3 \cdot I^2 n_r \left(\frac{s-1}{2-s} \right) R_r$$

Diperoleh hasil perhitungan :
-213.6 ∠ - 45.3° Watt

$$\begin{aligned} P_{out} &= P_p + P_n \\ &= 2551 \angle 67.9^\circ \\ &\quad + -213.6 \angle - 45.3^\circ \end{aligned}$$

= 2641∠72.1° Watt

4.17a. Efisiensi *Hight Voltage*. Dengan mengasumsikan rugi mekanik dan rugi inti diabaikan.

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{out} + P_{loss}} = \frac{2641}{2641 + 876.5} = 75 \%$$

4.18a. Torsi urutan Positif dan Negatif dan Torsi total yang dibangkitkan pada kondisi *Hight Voltage*

$$\begin{aligned} T_p &= \frac{P_p}{\omega_s (1-s)} \\ &= \frac{2551 \angle 67.9^\circ}{\frac{2 \cdot 3.14 \cdot 1500}{60} \times (1-0.04)} = 16.92 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{P_n}{\omega_s (1-s)} \\ &= \frac{-178 \angle 77.3^\circ}{\frac{2 \cdot 3.14 \cdot 1500}{60} \times (1-0.04)} \\ &= -1.10 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= T_p + T_n = 16.92 + (-1.10) \\ &= 15.82 \text{ Nm} \end{aligned}$$

4.19. Analisis Daya Total Tidak Seimbang

Daya diatas adalah daya seimbang , untuk mengetahui total daya yang sebenarnya dari total daya tegangan tidak seimbang harus dihitung daya masing masing fasanya. Disini dicoba hitung dari daya masing masing phasa dengan asumsi $\cos \phi = 0.85$, tegangan sesuai dengan tegangan yang ada didalam analisis untuk daya Hight

Voltage yaitu masing masing fasa: 219 Volt, 225 Volt dan 232 Volt . Amper 12.40 A, 16.2 A, Dan 4.30 A

$$\begin{aligned} P_R &= V \cdot I \cdot \cos 0,85 \\ &= 219 \cdot 12,40 \cdot 0,85 \\ &= 2308.26 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_S &= V \cdot I \cdot \cos 0,85 \\ &= 225 \cdot 16,2 \cdot 0,85 \\ &= 3098,25 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_T &= V \cdot I \cdot \cos 0,85 \\ &= 232 \cdot 4.30 \cdot 0,85 \\ &= 847,96 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{3\phi} &= P_A + P_B + P_C \\ &= 2308,26 + 3098,25 \\ &\quad + 847,96 \\ &= 6254,22 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dilihat daya output (P_p) di atas Rugi daya yang hilang dapat di hitung dengan persamaan rumus dibawah : $I^2 p_r . R_r$

Kerugian di sisi daya ketidak samaan tegangan *Hight Voltage* adalah :

$$: I^2 p_r . R_r = 4.56^2 . 1.72 = 35.37 \text{ Watt}$$

Untuk analisis hitung kondisi under voltage dilakukan dengan cara yang sama dengan menghitung pada kondisi hight voltage dan didapat kan hasil akhir seperti pada table berikut ini :

4.21e. Tabel Hasil analisis hitung kondisi *hight votage*

Fasa	Volt	Amper	Amper name	P_{rugi} Total/watt	P_{OUT} /watt	$F_{\text{ff}} \%$	T_{tot} /Nm
A	219	12.4	8.11	876.5	2641	75	16.92
B	225	16.2					
C	232	4.30					

4.21f. Hasil analisis hitung *under votage*

Fasa	Volt	Amper	Amper name	P_{rugi} Total/watt	P_{OUT} /watt	$F_{\text{ff}} \%$	T_{tot} /Nm
A	205	15	8.11	963.3	2234.3	69	6.6
B	209	8.9					
C	220	7.3					

A	205	15	8.11	963.3	2234.3	69	6.6
B	209	8.9					
C	220	7.3					

4 KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. KESIMPULAN

Hasil perhitungan menyatakan bahwa pada keadaan *hight voltage* tegangan pada fasa “b” adalah 225 V, tegangan V_{bc} adalah 391 V, dan V_{ca} adalah 402 V, dan arus pada kumparan fasa “b” cukup tinggi yaitu sebesar $I_b = 16,20 \text{ A}$ melebihi besar arus pada fasa a dan fasa c, dan tegangan fasa “c” adalah 232V;

Jadi ketidakseimbangan tegangan tiga fasa mengakibatkan ketidakseimbangan arus. Tingginya arus di kumparan fasa “b” dalam keadaan *hight voltage* itu disebabkan oleh perbedaan sudut fasa arus setiap fasanya sesuai dengan diagram fasor arus dan ketidakseimbangan tegangan yang menimbulkan arus urutan positif dan urutan nol yang cenderung mengalir ke kumparan fasa “b” karena tingginya tegangan V_{bc} dan V_{ca} ; Dan ketika tegangan sumber dalam keadaan rendah (*under voltage*), maka arus pada kumparan fasa “a” dengan tegangan sebesar 205V adalah

15A jauh lebih besar dari arus pada fasa “b” dan fasa “c” ini disebabkan arus urutan positif dan negatif dan urutan nol cenderung mengalir pada kumparan fasa “a”

Rugi-rugi daya tembaga kumparan stator dan rotor terlihat cukup tinggi mencapai 963.3 watt dengan rugi-rugi ini kumparan mengalami pemanasan yang sangat tinggi; demikian juga daya keluaran berkurang. Dengan menurunnya daya keluaran dibawah kapasitas daya nominal motor tersebut tentunya menyebabkan kemampuan untuk memikul beban mekanik poros juga akan berkurang.

Dan apabila dilihat dari torsi baik dari torsi tegangan tidak seimbang saat *high voltage* maupun *under voltage* sama - sama mengalami penurunan, dengan turunnya torsi tentunya akan mengurangi kemampuan untuk menggerakkan beban poros motor.

Keadaan seperti inilah yang memberi dampak negatif terhadap kumparan stator, terutama pada fasa dengan arus yang sangat besar. Kumparan mengalami pemanasan yang sangat tinggi melebihi batas panas maksimum yang diizinkan; dan apabila motor di biarkan terus beroperasi dalam kondisiseperti itu maka akan menimbulkan kerusakan yang fatal bahkan bisa mengakibatkan terbakarnya kumparan motor tersebut atau motor mengalami kegagalan operasi, Seperti dalam kasus yang terjadi di Mesin Flock Feeder

Dari semua itu yang paling membahayakan adalah pada saat ketidak seimbangan tegangan *under voltage* karena pada saat keadaan ini motor menarik arus listrik yang lebih besar, motor akan mengalami suatu keadaan *over-load* dan sulit untuk berputar, dan motor gagal beroperasi.

4.2. SARAN

Secara teknis, Dalam mengoperasikan motor listrik dimanapun penggunaannya apabila motor mengalami gangguan dengan indikator trip atau *overload*, yang perlu dilakukan adalah mengukur temperatur dari motor tersebut karna gangguan motor listrik dapat dideteksi dengan mengetahui temperatur (temperatur yang meningkat) dari kondisi awalnya, dalam penanganannya bisa dilakukan dengan cara mengadakan pengecekan diantaranya melakukan pengecekan temperature motor, untuk mengetahui meningkat atau tidaknya temperatur pada motor listrik tersebut, pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan thermo-meter.

Melakukan pemeriksaan pada sistem pembebanan mekanik untuk memastikan apakah pada bagian ini mengalami gangguan atau tidak, terutama berat atau ringan beban. Pengecekan bisa dilakukan dengan cara memutar secara manual untuk mengetahui berat-ringannya beban. Bering motor mengalami kerusakan atau tidak dicek dengan cara melepas kopel motor terhadap beban mekanik

dan memutar rotor motor secara manual (mengalami hambatan atau tidak suara kasar atau halus) untuk mengetahui kondisi bearing motor terhadap kerusakan bearingnya.

Perlu melakukan pemeriksaan posisi motor terhadap beban mekaniknya apakah ada perubahan posisi, miring dan lain sebagainya. Dan yang tidak kalah penting tentunya tegangan input dari motor itu karena suplai tegangan merupakan salah satu sumber masalah yang dapat menyebabkan gagalnya fungsi dari kerja motor itu sendiri. Apabila memang tegangan sumber ternyata benar benar mengalami tidak seimbang disarankan supaya terlebih dahulu melakukan perbaikan pada sumber tegangannya sampai benar benar seimbang baru permasalahan motor yang mengalami gangguan tegangan tidak seimbang dapat berfungsi kembali. Demikian saran dari hasil analisis permasalahan yang terjadi diperusahaan dimana kami melakukan analisis .

Perlu untuk melakukan penelitian lanjut pada bagian-bagian mekanik yang telah diutarakan dalam saran pertama diatas yaitu komponen-komponen yang sangat berkaitan erat dengan parameter dan variable-variable sistem kelistrikannya, seperti torsi elektromekanik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.E Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr. Stephen D, Umans. 2003 *Electric Machinery*.
- [2] Alexander Kusko, Sc.D., P.E. Marc T. Thompson, Ph.D. 2007 *Power Quality in Electrical Systems*.
- [3] Efendi 2008. *Pengujian Alat Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Ketidak Seimbangan Tegangan Sumber*. Padang : Politeknik Negri Padang.
- [4] Hari Prasetyo. 2013. *Analisis Pengaruh Unbalance Under Voltage Dan Unbalance Over Voltage Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa*. jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/Techno/article/view/47/47
- [5] I Nyoman Bagja, I Made Parsa. 2018. *Motor-Motor Listrik*. CV Rasi Terbit.
- [6] J.C. Das. 2012. *Power Sistem Analisis*
- [7] Juergen Schlabbach and Karl-Heinz Rofalski. 2008. *System Engineering*
- [8] Imam Ramang, Agus R. Utomo. 2014. *Simulasi Pengaruh tegangan Suplai Tak Seimbang Terhadap Kinerja Motor Induksi 3 Pasa Berdasarkan Definisi Nema, IEEE Dan IEC*
- [9] Sudaryatno Sudirham. 2014. *Motor Asinkron*.

[http://www.scribd.com/document/80771040/Motor Asinkron](http://www.scribd.com/document/80771040/Motor-Asinkron)

- [10] Kusuma, Rafli Yanuar ardian
2011 *Analisis dan Mitigasi
Pengaruh Suplai Sistem
Tegangan Tiga fasa Tidak
Seimbang Terhadap Torsi
Motor Induksi Tiga fasa Pada
Saat Steady State*
Purbalingga Universitas
Jendral Sudirman.
- [11] Md. Abdus Salam, Quazi M.
Rahman. 2016. *Power Sistem
Grounding* Media Singapore.
- [12] Mohamed E. El-Hawary.
2008 *To Electrical Power
Systems*.
- [13] Turan Gonen. 2013. *Modern
Power System Analysis*.