Sistem Proteksi Motor 6 KV 800 KW Menggunakan Boiler Feed Water Pump Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Siswo Wardoyo[1], Marlrohan[2], Ri Munarto[3]

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman KM. 03, Kota Cilegon, Banten, Indonesia

[1]siswo@untirta.ac.id
[2]3332180029@untirta.ac.id
[3]rim_munarto@yahoo.com

***Abstrak*— *Boiler Feed Water Pump* (BFWP) merupakan salah satu komponen penting pada sistem pembangkit listrik di PLTU sebagai suplier air ke boiler. Untuk menggerakkan BFWP ini digunakan motor 6 KV berdaya 800 KW. Karena peran motor ini sangat penting pada proses pembangkitan listrik, maka motor tersebut harus diberikan proteksi agar dapat terhindar dari kerusakan saat terjadi gangguan. Pada motor 6 KV 800 KW yang digunakan untuk menggerakkan BFWP unit 2 PLTU Air Anyir Bangka ini digunakan relai sistem proteksi vamp V52 untuk memproteksi motor dari gangguan *overcurrent.* Berdasarkan pengujian *overcurrent* yang dilakukan dengan I uji 2.45A relai bekerja pada waktu 599.97s, I uji 4.9A relai bekerja pada waktu 159.51s, I uji 9.8 A relai bekerja pada waktu 31.20 s, I uji 14.7A relai bekerja pada waktu 13.63s, dan Iuji 19.6 A relai bekerja pada waktu 7.58s. Hasil pengujian yang telah dilakukan tersebut, menunjukkan bahwa sistem proteksi pada motor 6KV berdaya 800 KW masih dalam keadaan normal. Hal ini ditunjukkan oleh waktu kerja relai hasil pengujian untuk setiap *delay value* masih berada di bawah waktu kerja relai yang disetting.**

***Kata kunci*— Boiler Feed Water Pump, Motor Induksi, Sistem Proteksi**

I. PENDAHULUAN

Pembangkit energi listrik merupakan faktor penting dalam pemenuhan akan energi listrik yang semakin bertambah. Terdapat beberapa jenis pembangkit listrik yang berkembang saat ini, salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Salah satu PLTU yang mampu memasok tenaga listrik yang cukup besar adalah PLTU Air Anyir yang terdapat di Desa Air Anyir, Merawang Kabupaten Bangka Provinsi Kep. Bangka Belitung. PLTU ini memiliki 2 unit pembangkit yang menghasilkan daya sebesar 30 MW di tiap pembangkit. PLTU ini berperan sebagai *backbone* pembangkit untuk memenuhi kebutuhan energi listrik bagi masyarakat di Pulau Bangka.

Boiler Feed Water Pump (BFWP) merupakan salah satu komponen penting pada sistem pembangkitan listrik di PLTU Air Anyir Bangka. BFWP berfungsi sebagai pengontrol dan penyuplai air pada jumlah tertentu yang berasal dari tangki air *Feed Water Tank* menuju boiler dengan tekanan tertentu. Untuk menggerakkan BFWP ini digunakan motor 6 KV berdaya 800 KW. Peran motor ini sangat penting pada proses pembangkitan listrik, maka pada motor tersebut harus diberikan proteksi agar dapat terhindar dari kerusakan saat terjadi gangguan dalam operasionalnya.

Pada penelitian ini khusus akan membahas mengenai sistem proteksi *over current relay* pada motor 6 KV 800 KW sebagai penggerak *Boiler Feed Water Pump* di PLTU Air Anyir, Merawang, Kabupaten Bangka, Provinsi Bangka Belitung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa pustaka yang dapat kita kaji pada penelitian ini diantaranya adalah

A. Boiler Feed Water Pump

Boiler Feed Water Pump merupakan salah satu aplikasi penggunaan pompa sentrifugal berukuran besar pada industri pembangkit listrik tenaga uap. Pompa ini berfungsi sebagai pengontrol dan penyuplai air pada jumlah tertentu yang berasal dari tangki air (*Feed Water Tank*) menuju *boiler* dengan spesifikasi tekanan tertentu. Satu unit BFWP di PLTU terdiri dari dua pompa yaitu satu *booster pump* dan satu *main pump*, keduanya menggunakan penggerak tunggal. Penggerak yang digunakan bisa berupa motor listrik atau juga turbin uap berukuran kecil yang sumbunya di-*couple* dengan atau tanpa sistem transmisi tergantung desainnya [1].

B. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi merupakan suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi mekanik dengan menggunakan gandengan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Motor induksi 3 fasa dioperasikan pada sistem tenaga 3 fasa dan banyak digunakan dalam dunia industri [2]. Motor induksi 3 fasa mempunyai beberapa kelebihan diantaranya adalah handal, tidak ada kontak antara rotor dan stator kecuali *bearing*, tenaga yang besar, daya listrik yang rendah, dan hampir tidak ada perawatan. Namun motor induksi 3 fasa juga mempunyai kelemahan yaitu tidak mampu mempertahankan kecepatannya dengan konstan jika

terjadi perubahan beban. Motor induksi 3 fasa terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor [3].

C. Sistem Proteksi

Sistem proteksi bertujuan untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada alat yang terganggu. Proteksi yang dilakukan dengan cara memutuskan atau memisahkan daerah yang terganggu secepat mungkin sehingga sistem lainnya dapat beroperasi secara normal [4].

Adapun persyaratan untuk suatu sistem proteksi adalah sebagai berikut:

1) Kepekaan (*Sensitivity*)
2) Keandalan (*Reliability*)
3) Selektivitas (*Selectivity*)
4) Kecepatan (*Speed*)
5) Ekonomis

Suatu rele proteksi yang digunakan hendaknya memiliki nilai seekonomis mungkin dengan tidak mengesampingkan fungsi dan keandalannya [5].

D. Gangguan-gangguan yang terjadi pada motor induksi 3 fasa

Berikut merupakan beberapa gangguan yang terdapat khusus pada motor induksi 3 fasa:

1) Gangguan beban lebih
   Motor listrik, dalam pembuatannya telah direncanakan sedemikian rupa untuk bekerja pada batas-batas sesuai dengan rating yang telah ditentukan. Dengan bekerjanya motor pada beban lebih, berarti motor harus memberikan daya pada beban melebihi daya kemampuannya sendiri. Keadaan ini sama dengan semakin besarnya motor menarik arus dari sumber daya listrik melebihi rating arusnya. Rating arus ini sebanding dengan penampang konduktor yang digunakan pada kumparannya. Jadi, apabila kapasitas arus yang telah ditentukan pada konduktor dilampaui, maka akan mengakibatkan kerusakan pada kumparan motor.
2) Gangguan terputusnya salah satu fasa
   Gangguan ini biasanya disebabkan oleh keadaan cuaca buruk seperti hujan, badai, salju, angin kencang, dan sebagainya. Keadaan cuaca tersebut dapat menimbulkan terputusnya salah satu fasa sehingga menyebabkan arus pada fasa lainnya akan naik menjadi √3 kali. Kenaikan arus dapat merusak isolasi kumparan, karena suatu isolasi mempunyai batas arus tertentu. Hal ini dapat memungkinkan isolasi menjadi kontak satu sama lain sehingga menyebabkan hubung singkat pada kumparan
3) Gangguan hubung singkat
   Gangguan ini dapat terjadi karena kerusakan isolasi pada kumparan seperti yang telah diuraikan diatas. Gangguan hubungan singkat akan menimbulkan arus yang besar pada konduktor kumparan yang dapat merusak kumparan tersebut. Oleh karena itu, umumnya pada motor-motor listrik, gangguan ini harus dicegah sedemikian rupa sehingga tidak membahayakan atau menimbulkan kerusakan pada motor [6].

E. *Protection over current relay* (OCR)

Relai arus lebih atau *over current relay* (OCR) merupakan peralatan proteksi yang berfungsi untuk melindungi sistem dari gangguan arus lebih [7]. Jika arus gangguan yang mengalir melebihi arus settingnya, maka relai ini akan memberikan perintah trip kepada pemutus tenaga (PMT) sesuai dengan karakteristik waktu yang telah di set sesuai kebutuhan motor.

Berdasarkan karakteristik waktu, *over current relay* dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu sebagai berikut :

1) Relai arus lebih sesaat (Instantaneous Relays)
   Relai sesaat beroperasi tanpa *delay* waktu yang disengaja (intentional). Relai ini memberikan perintah kepada PMT untuk memutuskan jaringan yang mengalami gangguan jika besarnya arus gangguan melebihi arus setting nya dengan jangka waktu kerja tanpa penundaan.
2) Relai arus lebih *definite time*
   OCR tipe ini bekerja dengan waktu tunda tidak bergantung dengan nilai arus gangguan. Relai akan bekerja jika arus yang mengalir pada relai melebihi besarnya arus *setting* yang telah ditentukan. Selain itu tergantung juga lamanya selang waktu relai bekerja untuk memberikan perintah kepada PMT sesuai dengan waktu *setting* yang telah ditentukan. Pada relai ini, waktu *setting* tetap konstan, tidak dipengaruhi oleh besarnya arus gangguan
3) Relai arus lebih *inverse time*
   OCR inverse merupakan relai yang waktu tundanya bergantung pada besarnya arus gangguan. Semakin besar arus gangguan maka waktu kerja relai akan semakin singkat atau cepat. Berdasarkan IEC 60255-3, Relai arus lebih *inverse* dapat diklasifikasikan menjadi empat tipe karakteristik yaitu *standar inverse, very inverse, extreamly inverse,* dan *longtime inverse* [8]. Waktu tunda relai ini ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$t = \frac{k\,A}{\left(\frac{Ifault}{Ipick-up}\right)^{B} - 1} \qquad (1)$$

Dimana :

T = waktu tunda operasi (s)
k = pengali yang diatur oleh user
Ifault = arus gangguan
Ipick-up = arus *setting* relai
A,B = konstanta

Nilai konstanta A dan B ditentukan berdasarkan operasi waktu *inverse* IEC yang dapat dilihat pada tabel berikut:

TABEL 1
KONSTANTA UNTUK PERSAMAAN IEC *INVERSEE DELAY* [9]

Tipe Delay	**Parameter**	
	A	**B**
Normal *Inverse*e (NI)	0.14	0.02
Extremely *Inverse*e (EI)	80	2
Very *Inverse*e (VI)	13.5	1
Long Time *Inverse*e (LTI)	120	1

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dilakukan, dapat diuraikan dalam beberapa tahapan, diantarayanya adalah:

A. *Setting* Relai Sistem Proteksi

Relai sistem proteksi Vamp V52 disetting sesuai dengan kebutuhan motor. Cara penyettingannya sudah menggunakan sistem digital. Berikut adalah tahapan penyettingan relai Vamp V52:

1) Pick Up 1.09 x Im = 1.09 x 90 A = 98 A
2) k: 6 s
3) Delay Curve: IEC
4) Delay Type: IE
5) Inversee delay (1x): 600 s
6) Inversee delay (2x): 160 s
7) Inversee delay (4x): 32 s
8) Inversee delay (6x): 14 s
9) Inversee delay (7x): 8 s

Waktu *inversee delay*, didapat dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (1) yaitu sebagai berikut:

1) Inversee delay (1x)
$$t = \frac{k\,A}{\left(\frac{Ifault}{Ipick-up}\right)^{B} - 1} = \frac{6\,x\,80}{\left(\frac{2.45}{2}\right)^{2} - 1} = 600\ s$$
2) Inversee delay 2x
$$t = \frac{k\,A}{\left(\frac{Ifault}{Ipick-up}\right)^{B} - 1} = \frac{6\,x\,80}{\left(\frac{4.9}{2.45}\right)^{2} - 1} = 160\ s$$
3) Inversee delay 4x
$$t = \frac{k\,A}{\left(\frac{Ifault}{Ipick-up}\right)^{B} - 1} = \frac{6\,x\,80}{\left(\frac{9.8}{2.45}\right)^{2} - 1} = 32\ s$$
4) Inversee delay 6x
$$t = \frac{k\,A}{\left(\frac{Ifault}{Ipick-up}\right)^{B} - 1} = \frac{6\,x\,80}{\left(\frac{14.7}{2}\right)^{2} - 1} = 14\ s$$
5) Inversee delay 8x
$$t = \frac{k\,A}{\left(\frac{Ifault}{Ipick-up}\right)^{B} - 1} = \frac{6\,x\,80}{\left(\frac{19.6}{2}\right)^{2} - 1} = 8\ s$$

B. Pengujian Relai VAMP V52

Pengujian terhadap relai VAMP V52 ini dilakukan dengan menggunakan alat pengujian DRTS 66 dengan nilai Iuji sebagai berikut:

1) Delay Value 1x
$$Iuji = 1.09\ x\ Imot\ x\ Rasio\ CT = 1.09\ x\ 90\ x\ \frac{200}{5} = 2.45\ A$$
2) Delay Value 2x
$$Iuji = 2\ x\ 2.45\ A = 4.9\ A$$
3) Delay Value 4x
$$Iuji = 4\ x\ 2.45\ A = 9.8\ A$$
4) Delay Value 6x
$$Iuji = 6\ x\ 2.45\ A = 14.7\ A$$
5) Delay Value 8x
$$Iuji = 8\ x\ 2.45\ A = 19.6\ A$$

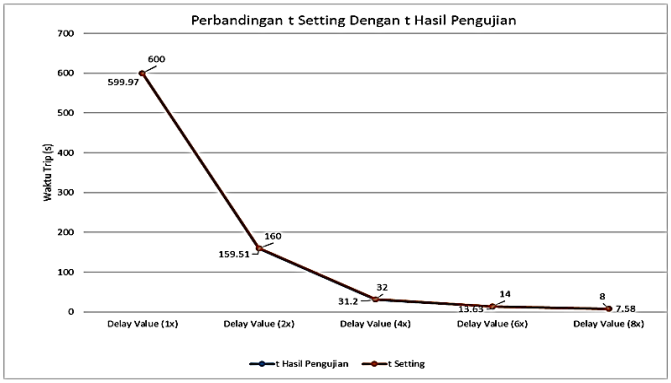
Pengujian dilakukan untuk mengetahui seberapa lama waktu yang digunakan untuk memproteksi gangguan *over current* pada motor 6KV 800KW BFWP Unit 2 PLTU Air Anyir Bangka. Kemudian dari hasil yang didapatkan disimpulkan apakah relai masih dapat bekerja dengan baik atau tidak. Adapun jenis pengujian ini adalah pengujian arus lebih (*over current*). Berikut adalah data hasil pengujian Relai Vamp V52:

TABEL 2
DATA HASIL PENGUJIAN RELAI

Terminal Side	Delay Value	Input Value	Action Element	Time Trip
IA,IB,IC	1X	2,45 A	TRIP	599,97 s
IA,IB,IC	2X	4,9 A	TRIP	159,51 s
IA,IB,IC	4X	9,8 A	TRIP	31,20 s
IA,IB,IC	6X	14,7 A	TRIP	13,63 s
IA,IB,IC	8X	19,6 A	TRIP	7,58 s

Berdasarkan hasil pengujian arus lebih yang dilakukan, untuk *delay value 1x*, menghasilkan waktu kerja relai untuk memerintahkan breaker atau pemutus selama 599,97 s. Untuk *delay value 2x*, menghasilkan waktu kerja relai breaker atau pemutus selama 159,51 s. Untuk *delay value 4x*, menghasilkan waktu kerja relai untuk memerintahkan breaker atau pemutus selama 31,20 s. Untuk *delay value 6x*, menghasilkan waktu kerja relai untuk memerintahkan *breaker* atau pemutus selama 13,63 s. Untuk *delay value 8x*, menghasilkan waktu kerja relai untuk memerintahkan *breaker* atau pemutus selama 7,58 s.

Relai ini dapat dikatakan masih dalam kondisi baik dimana relai bekerja sesuai dengan *data setting* dan bekerja sesuai dengan karakteristik *extreme inversee*. Perbandingan t setting dengan t hasil pengujian terlihat seperti gambar 1.



Gambar 1 Grafik perbandingan t *setting* dengan t hasil pengujian

Semakin besar arus gangguan maka waktu yang dibutuhkan relai untuk memerintahkan *breaker* atau pemutus semakin cepat sehingga relai dapat menjalankan kerja sebagaimana mestinya yaitu melindungi atau memproteksi motor 6 KV 800 KW *Boiler Feed Water Pump* dari gangguan arus lebih atau *over current*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya adalah 1) penggunaan proteksi pada motor induksi 3 fasa sangatlah

penting karena dapat menghindari terjadinya kerusakan sehingga dapat mengurangi perbaikan dari motor induksi 3 fasa, 2) sistem proteksi yang digunakan pada motor 6 KV 800 KW BFWP Unit 2 PLTU Air Anyir Bangka adalah relai VAMP V52 yang digunakan untuk memproteksi motor dari gangguan arus lebih atau overcurrent, 3) berdasarkan pengujian overcurrent yang dilakukan dengan Iuji 2.45A relai bekerja pada waktu 599.97 s, Iuji 4.9 A relai bekerja pada waktu 159.51 s, Iuji 9.8 A relai bekerja pada waktu 31.20 s, Iuji 14.7 A relai bekerja pada waktu 13.63 s, dan Iuji 19.6 A relai bekerja pada waktu 7.58 s

Untuk menjaga keberlangsungan sistem proteksi, diharapkan lebih memperhatikan keadaan sistem proteksi yang telah ada dengan melakukan perawatan yang terjadwal agar kinerja dari alat proteksi tersebut dapat dipertahankan dan sesuai dengan yang diharapkan. Sebaiknya fungsi dari relai VAMP V52 ini dimanfaatkan semaksimal mungkin, karena relai ini tidak hanya dapat memproteksi motor dari gangguan *over current* saja. Masih banyak fungsi yang bisa diaktifkan pada relai VAMP V52 seperti proteksi *thermal overload*, proteksi *undercurrent* dan proteksi *unbalance current*

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada manajemen Unit 2 PLTU Air Anyir Bangka, Provinsi Bangka Belitung atas diperkenankannya tim kami melakukan pengambilan data, pengamatan, dan penelitian disana.

REFERENSI

[1] A. A. Saputra, Sistem Proteksi Pada Motor 6KV 1500KW BFWP (Boiler Feed Water Pump) Unit 2 PT.PLN (PORSERO) Unit Pembangkitan Bukit Asam, Bengkulu: Fakultas Teknik Universitas Bengkulu, 2019.

[2] S. Darma, "SISTEM PROTEKSI PADA MOTOR INDUKSI 3 PHASE 200 KW SEBAGAI PENGGERAK POMPA HYDRAN (ELECTRIC FIRE PUMP)," *E-Jurnal Elektro,* vol. I, pp. 61-69, 2017.

[3] B. Theraja, A Textbook Electrical Technology, New Delhi: S.Chand, 1994.

[4] S. Aiyub, Y. and A. Kasyfi, "Penggunaan Relai Arus Lebih Tipe Sel-351A Sebagai Proteksi Pada Motor Induksi 3 Phasa," *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe,* vol. 2, no. 1, pp. 287-298, 2018.

[5] Tiyono, "Perancangan Setting Relai Proteksi Arus Lebih Pada Motor Listrik Industri," *TRANSMISI,* vol. I, no. 15, pp. 40-46, 2013.

[6] B. Pandjaitan, Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik, Yogyakarta: Andi Offset, 2012.

[7] Y. Triyono, O. Penangsang and S. Anam, "Analisis Studi Relai Pengaman (Over Current Relai Dan Ground Fault Relai) pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang," *Jurnal Teknik POMITS,* vol. II, no. 2, pp. 159-164, 2013.

[8] International Standard, "Measuring relais and protection equipment - Part 151: Functional requirements for over/under current protection," *International Standard,* vol. I, p. 63, 2009.

[9] IEEE Std, "IEEE Standard for Inverse-Time Characteristics Equations for Overcurrent Relais," *IEEE Std C37.112-2018 (Revision of IEEE Std C37.112-1996),* pp. 1-25, 2019.