

SISTEM PROTEKSI OVER CURRENT RELAY MOTOR FORCED DRAFT FAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

Aulia Vici Yunitasari¹, Subuh Pramono^{2,*}

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl.Ir Sutami No.36 A, Jebres, Surakarta, 57126

*Email: subuhpramono@staff.uns.ac.id

Diterima: 05 Maret 2020

Direvisi: 23 April 2020

Disetujui: 07 Juli 2020

ABSTRAK

PLTU menggunakan motor listrik sebagai peralatan pengubah energi listrik menjadi mekanis, proses ini menggunakan motor 3 fasa. Didalam PLTU terdapat FDFan yang berfungsi menyuplai atau memaksa udara diluar masuk ke ruang bakar boiler. Setiap motor memiliki sistem proteksi dengan karakteristik masing masing. Dalam kasus ini, khusus motor FDFan di PLTU memiliki beberapa sistem proteksi, antara lain Over Current Relay sebagai proteksi dari arus yang berlebihan yang mengakibatkan arus hubung singkat, kemudian Overload Relay sebagai proteksi beban yang berlebih. Pada paper ini menganalisa perhitungan matematis dan membandingkan dengan data pengamatan dilapangan untuk mengetahui arus starting motor dan arus pick up pada relay ketika dalam kondisi normal maupun dalam keadaan trip. Motor FDFan PLTU dengan daya 1722 kW menghasilkan arus starting motor 118 A pada nilai pengujian dan nilai pada perhitungan matematis sebesar 108.86 A. Sedangkan pada relay overcurrent dengan nilai pick up sebesar 4 A dan nilai pada perhitungan matematis sebesar 4.08 A yang mana bisa dikatakan masih tergolong normal dan dalam kondisi yang baik. Relay proteksi overcurrent sangat diperlukan pada motor FDFan untuk mencegah arus yang berlebih, perlu adanya penyetelan arus sesuai dengan nameplate agar motor bekerja secara maksimal.

Kata kunci: Motor, Over Current Relay, sistem proteksi

ABSTRACT

Inside the power plant uses an electric motor as equipment to convert electrical energy into mechanical, which uses a 3 phase motor. The Steam Power Plant has FDFan which functions as a device that supplies or forces outside air into the boiler combustion chamber. If the power plant operates, there will certainly be many disruptions which will occur due to several factors. Each motor has its own protection system. Especially on the FDFan 3A motor at the PLTU has several protection systems, including Over Current Relay as protection from overcurrent resulting in short circuit current, then Overload Relay as overload protection. In this report, mathematically analyzing calculations and comparing to determine the starting motor current and pick up current in the relay when under normal conditions or in trip conditions. At the power plant unit 3 FDFan motor with a power of 1722 kW produces a starting motor current of 118 A at the test value and the value of the mathematical calculation of 108.86 A. While the overcurrent relay with a pick up value of 4 A and the value of the mathematical calculation of 4.08 A which can be said to be still relatively normal and in good condition. Overcurrent protection relay is needed on the FDFan motor to prevent overcurrent, it is necessary to adjust the current according to the nameplate so that the motor is working optimally.

Keywords: Motor, Over Current Relay, Protection system

PENDAHULUAN

Di Indonesia pemakaian listrik cukup besar sehingga dibutuhkan banyak sumber pembangkit untuk memenuhi kebutuhan listrik. Terdapat banyak macam pembangkit listrik yang ada di Indonesia seperti : PLTU, PLTA, PLTG, PLTGU dan banyak lagi macam-macam pembangkit listrik lainnya. Sedangkan yang paling banyak menghasilkan listrik di Indonesia yaitu PLTU (Istianto, 2017).

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi potensial dari uap kering untuk memutar turbin dan generator sehingga dapat membangkitkan energi listrik. Uap kering dihasilkan dari perubahan fasa air yang memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Motor adalah salah satu komponeen utama dalam PLTU yang mana berfungsi sebagai pengubah energi menjadi mekanis. Salah satu motor listrik yang paling banyak digunakan sebagai penggerak adalah motor 3 fasa atau motor induksi 3 fasa.

Motor 3 fasa sendiri merupakan motor penggerak utama dalam sebuah sistme yang mana harus ada proteksi didalam motor 3 fasa tersebut (Maulana, 2015). Karena akan meminimalisir terjadi gangguan yang akan menyebabkan kerusakan pada motor tersebut. Gangguan yang mungkin terjadi saat motor beroperasi salah satunya disebabkan oleh arus berlebih atau kipas pada mesin *Forced Draft Fan (FDFan)* yang terhalang karena terdapat beberapa kotoran yang mengakibatkan beban berlebih.

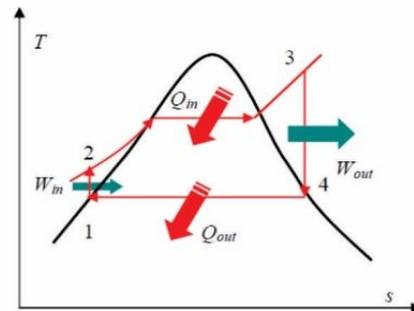
Dari gangguan tersebut maka diperlukan pemilihan peralatan proteksi yang tepat. Proteksi digunakan untuk mencegah arus berlebih dengan menggunakan *Over Current Relay*, terjadinya beban berlebih bisa menggunakan *Thermal Overload Relay* dan mencegah arus bocor ketanah dengan menggunakan *Earth Leakage Relay* (Valyakala, 2013).

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) bekerja berdasarkan prinsip Siklus Rankine. Siklus Rankine ialah siklus termodinamika yang mengubah kalor menjadi kerja. Siklus Rankine menggunakan kerja dua fase fluida, yaitu cair (*liquid*) dan uap (*vapor*). PLTU memanfaatkan air yang dipanaskan menjadi

uap panas untuk digunakan sebagai penggerak turbin gas.

Siklus Rankine merupakan penurunan dari Siklus Carnot. Secara garis besar terdapat beberapa proses reversible yang terjadi pada Siklus Rankine berdasarkan gambar 1 dibawah, yaitu:



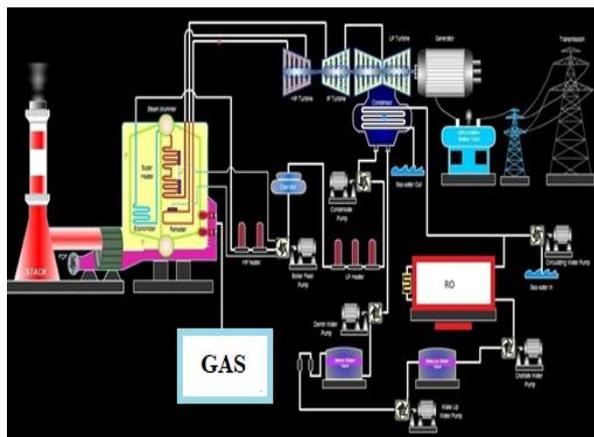
Gambar 1. Siklus Rankine (Dzulqarnain, 2015)

Proses 1-2 : Fluida kerja (berupa air) memasuki pompa, kemudian dipompa untuk meningkatkan tekanan fluida kerja. Proses ini tidak terjadi perubahan entropi jika terjadi secara ideal.

Proses 2-3 : Fluida yang telah dipompa kemudian mengalir memasuki boiler. Di dalam boiler, fluida tersebut dipanaskan dengan proses pembakaran dari luar. Pembakaran menggunakan bahan bakar gas. Pada proses ini, fluida berubah fase dari fase cair menjadi *saturated vapor* hingga akhirnya menjadi *superheated vapor*. Proses ini terjadi secara isobaris.

Proses 3-4 : *Superheated vapor* yang keluar dari boiler kemudian mengalir menuju turbin uap. Terjadi proses ekspansi secara isentropik yang akibat pergerakan turbin. Hal ini mengakibatkan penurunan tekanan pada fluida karena energi pada uap telah dikonversi menjadi energi gerak turbin.

Proses 4-1 : Setelah keluar dari turbin, fluida bertekanan rendah kemudian mengalir menuju kondensor. Di dalam kondensor fluida tersebut mengalami proses kondensasi hingga menjadi fase cair. Proses ini terjadi secara isobaris. Kemudian fluida cair ini kemudian mengalir menuju pompa.



Gambar 2. Siklus PLTU (Indonesia Power, 2020)

PLTU menggunakan *close loop system* (Indonesia Power, 2020), yaitu air yang telah menjadi uap akan dikondensasikan untuk digunakan kembali sebagai bahan baku uap. Hal ini bertujuan untuk mengurangi biaya operasi karena air yang dipakai merupakan air yang sama. Namun, dalam prosesnya tetap memerlukan air penambah (*make-up water*) dengan jumlah yang sesuai dengan *water losses* yang terjadi (Indonesia Power, 2020).

METODE PENELITIAN

Force Draft Fan (FDFan)

Kipas tekan paksa (*Force Draft Fan*) adalah suatu alat yang digunakan untuk menyuplai atau memaksa udara diluar masuk ke dalam ruang bakar boiler. FDFan digerakkan oleh motor listrik dan Fan ini terletak pada bagian ujung saluran air intake boiler. Fan ini bekerja pada tekanan tinggi dan berfungsi menghasilkan udara sekunder (*secondary air*) yang akan dialirkan ke dalam boiler untuk mencampur udara dan bahan bakar dan kemudian digunakan sebagai udara pembakaran pada furnace boiler. Udara yang diproduksi oleh *Force Draft Fan* diambil dari udara luar.

Komponen *Forced Draft Fan*

Komponen-komponen *force draft fan* yaitu sebagai berikut (Arief, 2018):

- 1) Fan : menghisap udara dari luar masuk ke dalam ruang pembakaran



Gambar 3. Kipas atau Fan pada FDFan PLTU

- 2) Motor : mengubah energi listrik menjadi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk memutar impeller.



Gambar 4. Rotor dan Stator pada FDFan PLTU

- 3) Damper : mengarahkan udara masuk ke dalam furnace boiler
- 4) Bearing : elemen mesin seperti bantalan yang menumpu poros yang mempunyai beban, sehingga putaran atau gerakan blak baliknya dapat berlangsung secara halus, dan aman.



Gambar 5. Bearing pada FDFan PLTU

Cara Kerja Force Draft Fan

Cara kerja *Force Draft Fan* menghisap udara dari lingkungan, yang disaring di filter udara, lalu melalui duckting. Keluar dari *Force Draft Fan* udara masuk ke steam coil air heater lalu ke *secondary air heater* untuk dipanaskan. Fungsi dipanaskan adalah menjaga udara masuk ke *secondary air heater* bersuhu lebih dari titik embun Sulfur tidak mengembun dan menempel dielemen air heater yang dapat menyebabkan elemen air heater mengalami korosi (Valyakala,2013).

Udara yang keluar dari *force draft fan* lalu dimasukkan ke burner windbox. Windbox berfungsi sebagai burner housing, dan mendistribusikan udara. Aliran udara melalui *force draft fan* diatur oleh variable inlet vanes yang terletak pada inlet *force draft fan* (Stevoelectric,1993).

Relay Arus Lebih (OCR)

Relay arus lebih adalah relay yang bekerja saat ada kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu, sehingga relay ini dapat dipakai sebagai pola pengaman arus lebih (Budi,2017), (Sung,2019).

Keuntungan dan fungsi Relay arus lebih:

- Sempel dan murah
- Mudah penyetelannya
- Menjadi relay pengaman utama dan cadangan

- Mengamankan gangguan hubung singkat antar fasa maupun hubung singkat satu fasa ke tanah dan dalam beberapa hal dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih
- Pengamanan utama pada jaringan distribusi dan sub transmisi radial



Gambar 6. Relay OCR FDFan PLTU

Prinsip Kerja Relay Arus Lebih

Pada dasarnya relay arus lebih adalah suatu alat yang mendeteksi besaran arus yang melalui suatu jaringan dengan bantuan trafo arus. Relay arus lebih bekerja dengan membaca input berupa besaran arus kemudian membandingkan dengan nilai setting/ambang batas, apabila nilai arus yang terbaca oleh relay melebihi nilai setting, maka relay akan mengirim perintah trip (lepas) kepada Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB) setelah tunda waktu yang diterapkan pada setting (Majid,2019), (Voloshin,2018).

Relay arus lebih – OCR digunakan untuk memproteksi instalasi listrik terhadap gangguan antar fasa, yang biasanya memiliki lebih dari 2 sensor arus. Sedangkan untuk memproteksi terhadap gangguan fasa tanah digunakan Relay Arus Gangguan tanah atau *Ground Fault Relay* (GFR). Prinsip kerja GFR sama dengan OCR, hanya yang membedakan pada fungsi dan elemen sensor arus. Dan GFR hanya memiliki hanya satu sensor arus (satu fasa) (Arum, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter dan Perhitungan OCR Relay CO-5

Relay over current merupakan salah satu relay proteksi penting dalam motor FDFan,

karena relay mencegah dari arus yang berlebih pada motor. Over current memiliki spesifikasi pada nameplate seperti gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Spesifikasi Overcurrent Relay pada motor FDFan

Berikut ini tabel spesifikasi pada OCR

Tabel 1. Spesifikasi *Overcurrent Relay* CO-5 pada Motor FDFan

Pabrik	FIR
Induction Element	2-6 A 50 ÷ 60 Hz
Indicator	0,2 – 2 Ac.c
Instantaneous	20-80 A
Inverse Time	4-8

Perhitungan Arus Setting Over current Relay pada Motor FDFan

Arus setting over current relay dapat dihitung menggunakan rumus secara matematis seperti dibawah ini (Lesita,2013), (Devipriya.2018).

Dimana :

$$I_n = \frac{P}{V \times \text{Power factor} \times \sqrt{3}} \tag{1}$$

P = daya pada motor FDFan

V = setting tegangan pada motor FDFan

Φ = power factor OCR pada FDFan

Jika :

$$P = 1722 \text{ kW} = 1722000 \text{ W}$$

$$V = 4\text{kV} = 4000 \text{ V}$$

$$\text{Power Factor OCR Co} - 5 = 62$$

Maka :

$$I_n = \frac{1722000}{4000 \times 62 \times 1.7}$$

$$I_n = \frac{1722000}{421600}$$

$$I_n = 4,08 \text{ A}$$

Jadi didapatkan arus setting pada OCR relay tersebut adalah 4.08 A, hasil ini sesuai dengan data pick up di data hasil pada pengujian OCR pada motor FDFan yaitu 4 A.

Parameter dan Perhitungan Motor FDFan

Data FDFan yang diambil adalah FDFan tipe 3A. Didalam PLTU memiliki 2 FDFan, Yaitu FDFan 3A dan FDFan 3B. DI PLTU sendiri FDFan memiliki kapasitas 50% yang berarti hanya memiliki 2 buah FDFan sebagai penyalur udara dari luar(Goodall,1956), (Kang,2004).



Gambar 8. Spesifikasi Motor FDFan

Tabel 2. Spesifikasi Pada Motor FDFan

Spesifikasi FDFan	
Type	MRA 2635B
Output	1722 KW
Hz	50
Volt	4000
Amp	280
Rpm	1480

Perhitungan Arus starting pada motor FDFan

Arus setting motor FDFan menurut rumus matematis

$$I_s = 280 \text{ A (arus setting motor)}$$

$$I = 230 \text{ A}$$

$$\text{Tap Setting OCR} = 4$$

Dengan menggunakan rumus matematis seperti dibawah (Supersedes, 1997):

$$I_{nr} = \frac{I_s}{(I_r/4)} \tag{2}$$

$$I_{nr} = \frac{280}{(230/4)}$$

$$I_{nr} = 4.86 \text{ A}$$

Jadi didapatkan arus nominal pada motor ini adalah 4.86 A. Setelah kita mendapatkan nilai arus nominalnya, maka kita dapat menentukan arus starting motor dengan rumus seperti di bawah (Supersedes, 1997).

$$I_k = k \times I_{nr} \tag{3}$$

Dimana :

K = konstanta dari motor

I_{nr} = Arus nominal

I_k = Arus kerja

Jika :

$$K = 11.2$$

$$I_n = 4,86 \text{ A}$$

Maka :

$$I_k = 11.2 \times 4.86$$

$$= 54,432 \text{ A}$$

Jadi didapatkan arus kerja pada motor adalah 54.432 A. Setelah kita mendapatkan arus kerja pada motor, maka kita dapat menentukan arus starting motor yang mana (Supersedes, 1997):

$$\text{Arus starting motor} = 2 \times \text{ arus kerja} \tag{4}$$

Jika :

$$I_k = 54.432 \text{ A}$$

Maka :

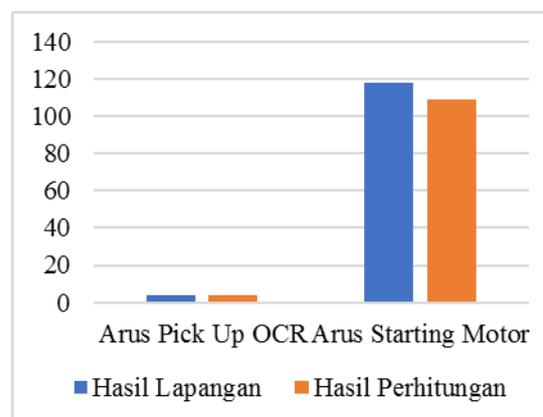
$$I_s = 2 \times I_k$$

$$= 2 \times 54.432 \text{ A} = 108,864 \text{ A}$$

Didapatkan arus setting pada OCR relay tersebut adalah 108,864 A, Hasil ini sedikit berbeda dengan data hasil arus starting motor saat uji di lapangan yaitu 118 A.

Tabel 3. Data pengujian dan perhitungan

	Hasil Data Pengujian lapangan	Hasil Data Perhitungan
Arus Pick up OCR	4 A	4,08 A
Arus Starting motor	118 A	108,864 A



Gambar 9. Grafik perbandingan data lapangan dan perhitungan

Dari data pengujian lapangan dan data perhitungan hanya terjadi prosentase selisih

yang kecil. Perbandingan arus pick up hanya terjadi prosentase selisih sebesar 2 % sedangkan pada arus starting terdapat selisih sebesar 7,7 %.

Berikut tabel 4 merupakan perbandingan besaran arus pick up penelitian ini dengan beberapa paper sebelumnya. Besaran arus pick up setiap motor akan berbeda sesuai dengan spesifikasinya ,namun rumusan untuk penentuan arus pick up hampir sama satu motor dengan motor lainnya.

Tabel 4. Perbandingan besaran arus pick up

Paper	Arus pick up
Aulia,2020 (paper saat ini)	4 A
(Yoyok,2013)	British Standard Pick Up = 1.05 s/d $1.3 I_{\text{set}}$
(Suwanda,2015)	$11 \times I_n$

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan sistem proteksi *over current relay* pada motor FDFan dapat ditarik kesimpulan :

1. Penggunaan proteksi pada motor FDFan sangatlah penting, karena dapat menghindari terjadinya kerusakan sehingga dapat mengurangi perbaikan dari motor FDFan.
2. Penyetelan arus starting pada motor FDFan harus berdasarkan arus setting motor sebesar 280 A (pada nameplate), karena apabila setting tidak sesuai dengan nameplate maka kerja motor tidak akan maksimal dan waktu pemutusan tidak seimbang.
3. Pada perhitungan, untuk menentukan arus *pick up over current* dapat dibuktikan dengan rumus, maka didapatkan arus pick up = 4,08 A , yang mana sudah sesuai dengan arus setting over current relay pada hasil data pengujian yaitu 4 A.
4. Hasil perhitungan arus setting pada OCR relay sebesar 108.864 A, Hasil ini sedikit

berbeda dengan data hasil arus starting motor saat uji di lapangan yaitu 118 A.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, S., Rahmadino, Y. 2019. *Analisa Kapasitas Force Draft Fan Dengan Bahan Bakar Batubara Kualitas Rendah*. Power Plant, 4(1):6-11
- Arum, S. 2018. *Analisis Sistem Proteksi*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Budi, Y.H., Habibul, I. 2017. *Analisa Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa 2500 KW Sebagai Penggerak Fan Pada Bag Filter*. SINERGI, 21(3): 173-178
- Devipriya, P., Sneha, T., Shanmugapriya, P. 2018. *Design of Numerical Relay for Over Flux and Over Current Protection in Transformers*. Proceeding : International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication. India. 28-29 Maret 2018.
- Dzulqarnain, F. 2015. *Prinsip Kerja Siklus Rankine*. insinyoer.com. diakses pada tanggal 1 Maret 2020.
- Goodall, J.S.H., Chapman, G.S. 1956. *An Electronic Over Current Relay for Electrical Machines*. Proceedings of the IEE - Part A: Power Engineering, 103(10) : 375-378
- Indonesia Power. 2020. *Siklus kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap*. www.indonesiapower.co.id/id/. diakses pada tanggal 3 Maret 2020.
- Istianto, B. R., Wibowo, P. 2017. *Analisa dan Optimasi Sistem PLTGU Biomassa Gas Metan dengan Daya 20 MW*. Jurnal Teknologi, 9(2): 65-76
- Kang, Y.C., Jin, E.S., Kang S.H., Crossley, P.A. 2004. *Compensated-current differential relay for protection of transformers*. IEE Proceedings - Generation, Transmission and Distribution, 151(3): 281 – 289
- Lesita, D., Dedet, C., Dimas, A. 2013. *Proteksi Motor Menggunakan Rele Thermal dengan Mempertimbangkan Metode Starting*. Jurnal Teknik Pomits, 1(1) : 1-6
- Maulana. 2015. *Proteksi Motor Induksi 3 Fasa*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Majid, E., Hamidreza, Z., Hossein, K. K. 2019. *Design and Implementation of an Over-Current Relay for the Power Electronic-based Converters Protection*. Proceeding: International Conference on Protection and Automation of Power System (IPAPS). Iran. 8-9 Januari 2019.
- Stevoelectric. 1993. *FREJA300 Relay Test System*. Sydney: Megger.com. Diakses 1 maret 2020.
- Valyakala, A. M., Dileepal, J., & Paul, B. 2013. *Root Cause Analysis for the Failure of a Forced Draft Fan*. International Journal of

- Engineering Research and Development, 6(5) : 84-90
- Sung, H. L., Seung, T.L. 2019. *Analysis on Coordination of Over-Current Relay Using Voltage Component in a Power Distribution System With a SFCL*. IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 29 (5).
- Supersedes, I.L. 1997. *Type CO-5 Step Time Overcurrent Relay*. Florida: library.e.abb.com. Diakses 1 maret 2020.
- Suwanda, Teguh F. 2015. *Overcurrent Relay Pada Motor GA-4101C-M Cooling Water Pump di PT. Chandra Asri Petrochemical, Tbk*. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Ageng Tirtayasa.
- Valyakala, A. M., Dileplal, J., & Paul, B. 2013. *Root Cause Analysis for the Failure of a Forced Draft Fan*. International Journal of Engineering Research and Development, 6(5): 84-90
- Voloshin, E.A., Voloshin, A. A., Usachev, S. S., Ententeev, A.R., Maksudov, B.T., Livshits, S.A. 2018. *Increase of Efficiency of Relay Protection Reliability in Modes with Deep Saturation of Current Transformers Using The Methodology Based on The Application of Artificial Neural Networks*. Proceeding: International Youth Scientific and Technical Conference Relay Protection and Automation. Russia. 27-28 September 2018.
- Yoyok, T., Ontoseno, P., Sjamsjul A. 2013. *Analisis Studi Rele Pengaman (Over Current Relay Dan Ground Fault Relay) pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang*. JURNAL TEKNIK POMITS, 2(2) : 159-164