

ANALISA LAJU KEGAGALAN RECLOSER UNTUK MENGURANGI KERUGIAN AKIBAT TIDAK TERSEDIA CADANGAN RECLOSER DI PT. CHEVRON PACIFIC INDONESIA – RIAU

Ahmad Khairul*, Nurhalim**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. HR. Subrantas KM 12.5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
E-mail : ahmadkhairul12@gmail.com

ABSTRACT

In PT. Chevron Pacific Indonesia (PT. CPI), recloser is an important equipment for electric power systems that supposedly able to work optimally in a variety conditions probably happens on the systems. One of the causes of the losses incurred in PT.CPI is because of the recloser failure. Recloser failure is indeed a normal thing to happen, but the problem is when there is a failure (permanent damage) to the recloser which means that they must do the replacement, there is no backup available. This study aims to determine how often the recloser failure occur. So that, by knowing these things and from calculations carried out, will be obtained spare of recloser that must be available in a certain period. And by knowing the spare of recloser, the loss due to unavailability of backup recloser can be minimized and even eliminated.

Keywords: recloser, recloser failure, spare recloser

PENDAHULUAN

Dalam kurun waktu yang cukup lama, penggunaan recloser tentunya sering mengalami masalah yang berupa gangguan, kerusakan sementara maupun kerusakan permanen. Begitu juga halnya yang terjadi dengan salah satu perusahaan migas yang ada di Riau, PT. Chevron Pacific Indonesia. Permasalahan-permasalahan yang terjadi tentunya akan mempengaruhi sistem – dalam hal ini sistem distribusi – yang bisa menyebabkan kerugian yang sangat besar bagi perusahaan. Hal ini karena jika ada suatu sistem/peralatan yang berhenti beroperasi, maka pasti akan sangat berpengaruh dengan sistem/peralatan yang lainnya. Tentunya untuk mengurangi atau bahkan mengatasi permasalahan tersebut, maka haruslah tersedia cadangan yang bisa melakukan *back up* terhadap sistem/peralatan yang bermasalah – dalam hal ini adalah peralatan yang mengalami kerusakan permanen.

Hal pokok yang akan dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana nantinya akan diperoleh jumlah cadangan recloser yang harus tersedia. Namun untuk mengetahui hal tersebut, haruslah diketahui terlebih dahulu berapa jumlah recloser yang beroperasi dan berapa pula jumlah recloser yang mengalami kegagalan (*failure*). Sehingga dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi PT. Chevron Pacific Indonesia (PT. CPI) dalam mengevaluasi kegagalan recloser yang sering terjadi dan kerugian akibat kegagalan recloser ini dapat diminimalisir.

BAHAN DAN METODE

Dalam proses penyusunan penelitian ini, penulis memperoleh data-data yang dibutuhkan melalui pengumpulan data dari penelitian yang telah dilakukan di PT. CPI. Namun selain itu, juga diperoleh data-data pendukung lainnya melalui sumber yang lainnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada pengelompokan data berikut ini.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dari survei langsung terhadap objek penelitian, hal ini dilakukan dengan pengumpulan data dari PT. CPI – Riau yang menyediakan data-data untuk analisa laju kegagalan recloser, dimana data-data ini dapat berupa jumlah recloser yang beroperasi pada periode tertentu, jumlah recloser yang mengalami kegagalan/*failure*, dan data-data lain yang berkaitan dengan penelitian ini.

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari literatur ataupun jurnal-jurnal pendukung dengan tujuan mencari teori-teori yang sesuai dengan penelitian sehingga penelitian tersebut memiliki landasan yang kuat. Selain itu juga dilakukan studi bimbingan melalui diskusi yang dilakukan dengan dosen pembimbing.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Saat terjadi *outage*/pemadaman pada *feeder* atau unit tertentu, maka hal tersebut pasti akan mempengaruhi ke sistem yang lainnya dan bahkan bisa menyebabkan kerugian. Salah satu kerugian yang disebabkan oleh *outage* tersebut adalah hilangnya kesempatan untuk memproduksi minyak mentah. Berdasarkan perhitungan dari tahun 2006 s/d tahun 2015 yang dilakukan oleh PT. CPI, maka didapatkan hasil seperti pada tabel berikut:

Tabel Jumlah total hilangnya kesempatan memproduksi Minyak Mentah di PT. CPI Tahun 2006 – 2015

No	Cause/Penyebab	Loss (Barrels)	# of Outage
1	<i>Lightning</i>	432.952	3753
2	<i>Unidentified</i>	148.633	2573
3	<i>Equipment Failure</i>	148.328	450
4	<i>Transformer Failure</i>	57.549	673
5	<i>Animal</i>	52.26	1199
6	<i>Planned Maintenance</i>	35.181	679
7	<i>Others</i>	31.896	185
	<i>Tree</i>	17.891	214
9	<i>Under investigation</i>	14.887	72

10	<i>Maintenance Job</i>	14.146	409
11	<i>Unidentified (Fuse)</i>	13.888	1234
12	<i>Human Failure</i>	12.554	26
13	<i>Relay Failure</i>	11.641	23
14	<i>Lightning Arrester</i>	10.666	97
15	<i>Jumper</i>	7.484	55
16	<i>Conductor</i>	7.202	38
17	<i>Substation Failure (LA)</i>	6.678	2
18	<i>Unidentified (L/A)</i>	5.715	111
19	<i>Pin Insulator</i>	5.27	145
20	<i>Voltage regulator failure</i>	5.213	3
21	<i>Improper Protection</i>	5.16	4
22	<i>Fire</i>	3.738	5
23	<i>Recloser</i>	3.607	21
24	<i>Low mega-ohm reading</i>	3.446	114
25	<i>Dead End Insulator</i>	3.263	106
26	<i>Broken Fuse Cut Out</i>	3.252	51
27	<i>Corrosion</i>	2.504	19
28	<i>Control Recloser</i>	2.16	26
29	<i>Accident</i>	2.154	17
30	<i>Improper Installation</i>	1.992	12
31	<i>Guy Wire</i>	1.249	9
32	<i>Hot Line Clamp</i>	932	6
33	<i>Substation Failure (Tx SS)</i>	890	1
34	<i>Circuit Breaker</i>	743	4
35	<i>Load Shedding</i>	522	6
36	<i>Static Wire</i>	368	2
37	<i>Theft</i>	351	17
38	<i>Substation Failure (Substation Bushing)</i>	266	1
39	<i>Normal Condition</i>	261	7

40	Construction Job	257	6
41	Substation Failure (CB)	257	2
42	Over voltage	225	1
43	Not Checked Yet	219	5
44	Broken Fuse Holder	177	4
45	Switchboard Problem	174	6
46	Main breaker	162	9
47	Suspension Insulator	149	2
48	Secondary Cable	146	3
49	Capasitor Bank	118	1
50	ESP Failure	110	8
51	Substation Failure (CT)	98	1
52	Post Insulator Pin	77	4
53	Transformer leakage	72	5
54	Follow Another Outage	0	2
55	Substation Failure (Bus Support)	0	1
56	Control Voltage Regulator Problem	0	1
57	Substation Failure	0	1
58	Emergency	0	1
Total Loss		1.079.133	12.432

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa jumlah total hilangnya kesempatan memproduksi minyak mentah PT. CPI selama lebih sembilan tahun akibat *outage*/pemadaman yang terjadi sebanyak 12.432 kali adalah sebesar 1.079.133 barel, atau jika dikonversikan ke dalam liter adalah sekitar 171.582.147 liter (cat: 1 barel = 159 liter). Data tersebut setidaknya memberikan sedikit gambaran tentang kerugian yang ditimbulkan jika suatu sistem atau peralatan berhenti beroperasi atau mengalami kegagalan.

Dalam perhitungan cadangan recloser, digunakan teknik-teknik evaluasi dengan distribusi

probabilitas, dengan maksud untuk meningkatkan keandalan sistem dengan menyediakan sebuah komponen / lebih sebagai cadangan. Beberapa hal yang harus diketahui dalam perhitungan:

- Jumlah recloser yang beroperasi / *number of in-service recloser (M)*
- Jumlah frekuensi kejadian kegagalan recloser pada rentang periode tertentu (f)
- waktu rata-rata yang diperlukan untuk melakukan perbaikan terhadap terjadinya kegagalan suatu sistem (mtrr)
- Jumlah tahun recloser beroperasi (T)

Tabel berikut adalah ringkasan kejadian akibat pemadaman / *outage* berdasarkan penyebab terjadinya kegagalan recloser.

Tabel 1. Recloser yang mengalami kegagalan

PGT-RCL-00172	C/O fuse link	C/O BROKEN FUSE LINK PT OF RECLOSER O/P 10-11-17
PGT-RCL-00271	Replace Fuse link PT Recloser	BROKEN FUSE LINK PT RECLOSER AT RECLOSER 23 BD 01 AT DELTA FIELD
PGT-RCL-00122	REPAIR HOT SPOT RECLOSER O/P	REPAIR HOT SPOT RECLOSER O/P 05-N3-02
PGT-RCL-00072	Normalized recloser	PT ADHI KARYA PILING SUPPORT
PGT-RCL-00056	PATROL BLM FDR#1	INSPECTION REQUIRED
PGT-RCL-00016	INSPECTION REQUIRED (BATANG GF	INSPECTION REQUIRED (BATANG GFPC T/R 1X)
PGT-RCL-00074	Change out Recloser	INSPECTION REQUIRED
PGT-RCL-00075	Change out Recloser	INSPECTION REQUIRED
PGT-RCL-00066	Patrol Seruni pole 25AD26	INSPECTION REQUIRED
PGT-RCL-00063	Patrol SO BLM 04	INSPECTION REQUIRED
PGT-RCL-00049	REPLACE BATTERY RECL CONTROL	VOLTAGE LOW; REPLACE BATTERY
PGT-RCL-00032	TROUBLESHOOT CTRL RECL	ELECTRONICS FAILURE, UN-COUNT OPERATION
PGT-RCL-00022	TROUBLESHOOT CTRL RECL	BURNED OUT; POWER SUPPLY AND THERMAL MODUL BURN OUT
PGT-RCL-00024	Change out recloser	SCHEDULE SERVICE, RECLOSER 38 BD 18
PGT-RCL-00022	SET & TEST CONTROL	BROKEN, CONTROL RECLOSER FORM 3A
PGT-RCL-00246	INSPECTION REQUIRED	INSPECTION REQUIRED
PGT-RCL-00031	INSPECTION REQUIRED	INSPECTION REQUIRED
PGT-RCL-00082	C/O Recloser	BROKEN
PGT-RCL-00066	PATROL SERUNI RECL 25 AD 26	INSPECTION REQUIRED
PGT-RCL-00227	Patrol after Outage Load Drop	BROKEN, LOAD DROP
PGT-RCL-00195	Change Out and Repair	BURNED OUT, CHANGE OUT AND REPAIR RCL 4D-51A
PGT-RCL-00241	Patrol After Outage	CONDITION MONITORING TRIGGERED
PGT-RCL-00235	Service Recloser Ex. 7D-81	ELECTRICAL FAILURE, SERVICE RECLOSER EX. 7D-81
PGT-RCL-00158	REP CONTROL RECLOSER 07-V5-02	REPLACE CONTROL RECLOSER 07-V5-02
PGT-RCL-00222	menganti recloser control	OUT OF CALIBRATION
PGT-RCL-00214	UN PROPER	ELECTRICAL FAILURE
PGT-RCL-00069	Control Recloser problem.	RECLOSER DID NOT RESPOND FROM REMOTE COMMAND.
PGT-RCL-00284	Replace BO PT Recloser 5B-06	BREAKDOWN
PGT-RCL-00039	Troubleshoot RCL 34 BC 08	MONITOR PROBLEM
PGT-RCL-00251	Control Rec 30 CZ 01	FAILURE TO FUNCTION ON DEMAND
PGT-RCL-00270	Trouble shoot red 38 BD 39	FAILURE TO CONNECT, TROUBLE SHOOT RECL 38 BD 39
PGT-RCL-00197	function test recloser	CONDITION MONITORING TRIGGERED RECLOSER 4D-14A D/S 4D FDR#5
PGT-RCL-00200	RECLOSER CONTROL FAIL	CONDITION MONITORING TRIGGERED RECLOSER CONTROL 5C-07
PGT-RCL-00191	Recloser fail after outage	CONDITION MONITORING TRIGGERED OF RECLOSER 4B-101 FAIL AFTER OUTAGE
PGT-RCL-00209	PULL DOWN JUMPER	MINOR IN-SERVICE PROBLEMS
PGT-RCL-00157	BROKEN	REPAIR BROKEN RECLOSER 07-113-02
PGT-RCL-00079	Troubleshoot Recloser 36 AL 13	FAILURE TO FUNCTION AS INTENDED
PGT-RCL-00193	pt recloser fail	REPLACE PT RECLOSER AND CABLE O/P 4D-204
PGT-RCL-00193	Burn out recloser	RECLOSER FAIL TO OPERATE DUE TO BURN OUT B/HUSING GALL PHASE

Untuk data yang lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Dari sebanyak 322 unit recloser yang beroperasi mulai dari tahun 2007 hingga tahun 2015, telah tercatat sebanyak 247 kejadian kegagalan pernah

terjadi. Dari data tersebut, dapat dilakukan perhitungan laju kegagalan recloser (λ) sebagai berikut.

- Jumlah recloser yang beroperasi / *number of in-service recloser* (M):
 $M = 322 \text{ recloser}$
- Jumlah frekuensi kejadian kegagalan recloser pada rentang periode tertentu (f):
 $f = 247 \text{ kegagalan}$
- Periode observasi (t)
 $t = \text{tahun } 2007 \text{ s/d tahun } 2015 = 8 \text{ tahun}$
- Jumlah tahun seluruh recloser beroperasi (T)
 $T = t \times M = 8 \times 322 = 2576$ (1)
- waktu rata-rata yang diperlukan untuk melakukan perbaikan terhadap terjadinya kegagalan suatu sistem (lamanya waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kegagalan yang terjadi):
 $mtr = 3/12 = 0,25 \text{ tahun (dari PT.CPI)}$

Metode perhitungan yang digunakan untuk menghitung laju kegagalan recloser yaitu dengan menggunakan tabel distribusi *Chi-Squared* (PT. CPI). Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

$$\lambda = \frac{\chi_{2f, 1-\alpha}^2}{2T} \quad (3)$$

dengan asumsi :

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,95 \text{ (confidence limit = 95\% (Winders, 2002))} \\ 2T &= 2 \times 2576 = 5152 \\ 2f &= 2 \times 247 = 494 \\ \chi_{2f, 1-\alpha}^2 &= \chi_{494, 1-0,95}^2 \end{aligned}$$

Maka, dari tabel distribusi *Chi-Squared* didapatkan nilai

$$\chi_{494, 0,05}^2 = 546,8136, \text{ sehingga:}$$

$$\lambda = \frac{\chi_{494, 0,05}^2}{2T} = \frac{546,8136}{5152} = 0,10613618 \text{ kejadian kegagalan per tahun recloser beroperasi}$$

Setelah mengetahui nilai dari laju kegagalan recloser tersebut, maka langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah cadangan recloser sebagai berikut.

Jumlah recloser yang gagal selama periode mtr (μ):

$$\mu = M \times \lambda \times mtr \quad (4)$$

$$\mu = 322 \times 0,10613618 \times 0,25 = 8,54396$$

Jumlah rata-rata recloser dalam perbaikan adalah sama dengan jumlah recloser yang gagal selama periode mtr, berarti μ_r sama dengan μ , sehingga:

$$\mu_r = 8,54396 \text{ units under repair}$$

Probabilitas n recloser mengalami kegagalan dalam periode mtr ditentukan oleh distribusi Poisson:

$$P_r(n) = \frac{e^{-\mu_r} \mu_r^n}{n!} \quad (5)$$

Jika ada N buah cadangan recloser ditugaskan untuk populasi recloser yang beroperasi, maka probabilitas bahwa semua unit N berkurang habis (P_u) adalah sama dengan probabilitas bahwa $n \geq N$.

$$P_u = P_r(n \geq N) = 1 - P_r(n < N) \quad (6)$$

$$P_u = 1 - \sum_{n=0}^{N-1} \frac{e^{-\mu_r} \mu_r^n}{n!} \quad (7)$$

Rata-rata waktu gagal antar recloser pada populasi dimana semua cadangan telah berkurang habis ($MTBF_u$):

$$MTBF_u = \frac{1}{M \times \lambda \times P_u} > 9,4218578 \text{ years} \quad (8)$$

Penyelesaian P_u :

$$P_u < \frac{1}{M \times \lambda \times MTBF_u} = \frac{1}{322 \times 0,10613618 \times 9,4218578} \quad (9)$$

$$P_u < 0,00310559$$

Dengan Persamaan distribusi *Poisson* diatas kita hitung P_u sebagai fungsi dari N dengan $\mu_r = 8,54396$ dan dengan probabilitas bahwa $n \geq N$.

Hasilnya adalah :

Untuk N = 1;	$P_u = 0,999805283$	>	0,00310559
Untuk N = 2;	$P_u = 0,998141627$	>	0,00310559
Untuk N = 3;	$P_u = 0,991034519$	>	0,00310559
Untuk N = 10;	$P_u = 0,352742849$	>	0,00310559
Untuk N = 17;	$P_u = 0,006936362$	>	0,00310559
Untuk N = 18;	$P_u = 0,003164599$	>	0,00310559
Untuk N = 19;	$P_u = 0,001374277$	<	0,00310559
Untuk N = 20;	$P_u = 0,000569201$	<	0,00310559

dst.....

Dari perhitungan diatas diperoleh bahwa jumlah minimum cadangan recloser yang dibutuhkan untuk memenuhi kondisi $P_u < 0,00310559$, adalah 19 unit recloser. Hal ini berarti bahwa untuk memenuhi kebutuhan recloser agar selalu tersedia, maka dibutuhkan cadangan recloser minimal sebanyak 19 unit. Sehingga dengan dipenuhinya cadangan recloser tersebut, tentunya akan diperoleh keandalan yang lebih baik dan kerugian akibat tidak tersedianya cadangan recloser dapat diminimalisir dan bahkan dihilangkan.

KESIMPULAN

1. Untuk meningkatkan keandalan sistem khususnya terkait peralatan recloser, dapat menggunakan sistem cadangan (*spare recloser*) dengan tujuan agar waktu resiko sistem gagal beroperasi dapat dikurangi.
2. Jumlah cadangan recloser yang harus disediakan berdasarkan perhitungan yang dilakukan adalah minimal berjumlah 19 unit recloser.
3. Dengan diketahuinya jumlah cadangan recloser, maka kerugian yang terjadi akibat kegagalan recloser dapat diminimalisir atau bahkan dihilangkan sehingga keandalan sistem bisa menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Billinton, R., & Allan, R.N. 1994. *Reliability Evaluation of Power Systems (2nd ed.)*. New York : Plenum Press.
- Bono, K.H. 2005. *Analisa Penggunaan Recloser 3 phasa 20 KV untuk Pengaman Arus Lebih pada SUTM*

20 KV Sistem 3 Phasa 4 Kawat di PT. PLN (Persero) APJ Semarang. Makalah Seminar Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.

- Brown, R.E. 2008. *Electric Power Distribution Reliability (2nd ed.)*. New York: CRC Press.
- Dehghani, N., dan R. Dashti. 2011. *Optimization of Recloser Placement to Improve Reliability by Genetic Algorithm*. Department of Electrical and Computer Engineering, Islamic Azad University, Iran.
- Sello, A. 2015. *Kajian Penempatan Kapasitor Bank Menggunakan Metode Genetik Algoritma pada South Balam Feeder 1 PT. Chevron Pacific Indonesia*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Riau, Indonesia.
- Silaban, A. 2009. *Studi tentang Penggunaan Recloser pada Sistem Jaringan Distribusi 20 kV*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Indonesia.
- Sutikno. 2011. *Penggunaan Recloser*. Jurnal, D3 Teknik Elektro Politeknik Harapan Bersama.
- Warner, J.M. 2004. *Predicting Recloser Failure Rates from Field Condition Assessment*. Master Degree Thesis. Bachelor of Science, Wichita State University.
- Winders, J.J. 2002. *Power Transformers Principles and Applications*. Pennsylvania: PPL Electric Utilities Allentown.
- Zulhak, Makmurudin, Suzinara, M., Burhan, N., Nurwazir, Farisi, A., et al. 2006. *O&TC Modul-3 untuk PGT*. Riau: PT. Chevron Pacific Indonesia