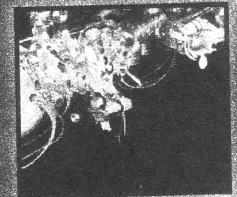
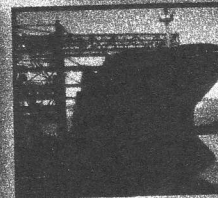
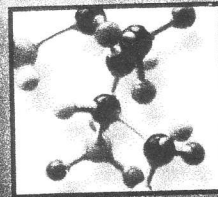
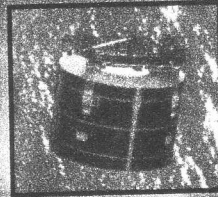


Pebruari 2009, Volume 7, Nomor 1, ISSN 1693-0851



JURNAL SAIN DAN TEKNOLOGI

Science and Technology Journal

Analisis dan Simulasi Eliminasi Harmonisa dengan *Shunt Active Power Filter (APF)* Berbasis *Neutral Point Clamped (NPC) PWM Inverter*
Aris Heri Andriawan

Optimasi Kompensasi Daya Reaktif dengan Metode *Fast Decoupled*
Irfan Rasyidi

Studi Perhitungan Nilai Keandalan Tegangan 150 KV dan 70 KV di Gardu Induk Sekarputih
Bambang Riyanto, Titiok Suheta

Perancangan dan Implementasi Bandul pada Alat Ukur Sudut Kemiringan Bidang dengan Menggunakan Mikrokontroler
Holy Lydia Wiharto

Kekuatan Tarik Sambungan Las *Mild Steel Grade A* dengan Pengelasan *Flux Cored Arc Welding* pada Kondisi *Outdoor* dan *Indoor*
Nur Yanu Nugroho

Modernisasi Perahu Nelayan Tradisional: Studi Kasus di Kelurahan Morokrembangan Kecamatan Krembangan Surabaya
Prijono Darma Adjie, Nur Yanu Nugroho

Perbandingan Kinerja *Aluminium Anode* dengan *Zinc Anode* pada Pelat Baja *Grade A* dalam Lingkungan Perairan Laut Surabaya
Tri Agung Kristiyono

Optimasi Pola Perawatan dan Perbaikan Terencana Motor Induk Kapal Tipe Hansin 6LU32G Berdasarkan Analisa Keandalan
Marthen E.H. Lamaloang

Perhitungan Penggantian Radiator Menjadi Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube* untuk *Fresh Water Cooler* Motor Diesel Generator Mitsubishi 6D15GA pada KMP. Rajawali Nusantara
Urip Prayogi

Studi Eksperimental Identifikasi Efek *Blockage* Terhadap Aliran Fluida Melintasi Silinder dengan Parameter Identifikasi Distribusi C_p pada Dinding *Test Section* dan Grafik Hubungan Antara U_{ym}/U_o Terhadap D/D (*Blockage Ratio*)
Helmizar

JURNAL SAIN DAN TEKNOLOGI
Science and Technology Journal

Analisis dan Simulasi Eliminasi Harmonisa dengan <i>Shunt Active Power Filter (APF)</i> Berbasis <i>Neutral Point Clamped (NPC) PWM Inverter</i> Aris Heri Andriawan	1-8
Optimasi Kompensasi Daya Reaktif dengan Metode <i>Fast Decoupled</i> Irfan Rasyidi	9-16
Studi Perhitungan Nilai Keandalan Tegangan 150 KV dan 70 KV di Gardu Induk Sekarputih Bambang Riyanto, Titiek Suheta	17-24
Perancangan dan Implementasi Bandul pada Alat Ukur Sudut Kemiringan Bidang dengan Menggunakan Mikrokontroler Holy Lydia Wiharto	25-38
Kekuatan Tarik Sambungan Las <i>Mild Steel Grade A</i> dengan Pengelasan <i>Flux Cored Arc Welding</i> pada Kondisi <i>Outdoor</i> dan <i>Indoor</i> Nur Yanu Nugroho	39-46
Modernisasi Perahu Nelayan Tradisional: Studi Kasus di Kelurahan Morokrengan Kecamatan Krengan Surabaya Prijono Darma Adjie, Nur Yanu Nugroho	47-58
Perbandingan Kinerja <i>Aluminium Anode</i> dengan <i>Zinc Anode</i> pada Pelat Baja <i>Grade A</i> dalam Lingkungan Perairan Laut Surabaya Tri Agung Kristiyono	59-68
Optimasi Pola Perawatan dan Perbaikan Terencana Motor Induk Kapal Tipe Hansin 6LU32G Berdasarkan Analisa Keandalan Marthen E.H. Lamaloang	69-78
Perhitungan Penggantian Radiator Menjadi Penukar Kalor Tipe <i>Shell and Tube</i> untuk <i>Fresh Water Cooler</i> Motor Diesel Generator Mitsubishi 6D15GA pada KMP. Rajawali Nusantara Urip Prayogi	79-90
Studi Eksperimental Identifikasi Efek <i>Blockage</i> Terhadap Aliran Fluida Melintasi Silinder dengan Parameter Identifikasi Distribusi C_p pada Dinding <i>Test Section</i> dan Grafik Hubungan Antara U_{ym}/U_0 Terhadap D/D (<i>Blockage Ratio</i>) Helmizar	91-100

Studi Perhitungan Nilai Keandalan Tegangan 150 KV dan 70 KV di Gardu Induk Sekarputih

Bambang Riyanto, Titiek Suheta

Dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

ABSTRAK

The reliability of the electrical switch gear station under the influence of the equipment installed inside, and the quality of the electric power distribution depend on the quality of the system reliability in reducing the member of failures or disruption. In improve the reliability of each line (150 KV and 70 KV), was used the variance analysis method (test F) in one direction. The result at switch gear Sekarputih indicated that the value of reliability at line 150 KV and 70 KV under influence of the rate failure of each instrument at that line.

Key words: line, level of reliability.

Korespondensi (Correspondence): Bambang Riyanto, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), Jalan Anif Rahman Hakim 100, Surabaya

PENDAHULUAN

Gardu induk adalah suatu instalasi dari kumpulan peralatan listrik yang disusun menurut pola tertentu, dan merupakan penghubung penting di dalam sistem tenaga listrik yang menyalurkan dan mengatur proses penyaluran serta pelayanan tenaga listrik dan pembangkitan ke konsumen.

Gardu Induk Sekarputih merupakan salah satu gardu induk dalam sistem interkoneksi tegangan 150 KV kelistrikan Jawa-Bali. Dalam proses penyaluran energi listrik, Gardu Induk Sekarputih yang bertegangan 150 KV memiliki 6 *line*, dan yang bertegangan 70 KV memiliki 10 *line* dengan 14 *feeder* yang bertegangan 20 KV.

Agar proses penyaluran energi listrik dapat mencapai hasil yang berkualitas, maka harus memiliki keandalan yang berkualitas pula pada peralatan yang terpasang.

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tingkat keandalan terhadap sistem line 150 KV dan 70 KV.

METODE PENELITIAN

Data Nilai Keandalan Peralatan

Data keandalan peralatan listrik dalam penelitian ini didapatkan dari *Power System Technologies Committee of the IEEE Industry Application Society* (1980) seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Nilai Keandalan Peralatan Listrik dari IEEE

Equipment	Equipment Subclass	Failure Rate (Failure per Unit-Year)	Actual Hour of Downtime per Failure
Transformers	601-15000 V-all size	0,0030	174,0
	300-750 kVA	0,0037	61,0
	751-2499 kVA	0,0025	217,0
	2500 kVA and up	0,0032	216,0
	Above 15000 V	0,0130	1076,0
Circuit Breaker	0-600V-all sizes	0,0027	147,0
	0-600 A	0,0023	3,2
	Above 600 A	0,0030	232,0
	Above 600 V	0,0036	109,0
Disconnecting Switch	Enclosed	0,0061	3,6
Open Wire (Unit = 1000 Circuit feet)	0-15000V	0,0189	42,5
	Above 15000V	0,0075	17,5

Langkah-Langkah Penelitian

Langkah 1. Menentukan laju kegagalan dan waktu perbaikan rata-rata dengan:
 (a) Sistem-sistem seri-paralel; (b) Parameter ekuivalen untuk dua komponen.

Laju Kegagalan (λ)

Sistem Seri

$$\lambda_s = \lambda_1 + \lambda_2$$

Sistem Paralel

$$\lambda_p = \frac{\lambda_1 \lambda_2 (r_1 + r_2)}{1 + \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2}$$

$$\approx \lambda_1 \lambda_2 (r_1 + r_2)$$

Waktu Perbaikan Rata-rata (r)

Sistem Seri

$$r_s = \frac{\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2 + \lambda_1 \lambda_2 r_1 r_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

$$\approx \frac{\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

Sistem Paralel

$$r_p \approx \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$$

Langkah 2. Menentukan nilai keandalan

Rumus umum keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

dimana: $R(t)$ = nilai keandalan; E = bilangan natural logaritma; λ = nilai laju kegagalan (kegagalan/tahun); t = lama waktu pengamatan.

Langkah 3. Menentukan tingkat keandalan

Analisa Variansi

Tabel 2 Analisa Variansi untuk Klasifikasi Searah

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rataan Kuadrat	F _{hitung}
Perlakuan	JKA	k-1	S_1^2	F
Galat	JKG	k(n-1)	S^2	
Jumlah	JKT	Nk-1		

$$S_1^2 = \frac{JKA}{k-1}$$

$$S^2 = \frac{JKG}{k(n-1)}$$

$$F = \frac{S_1^2}{S^2}$$

$$JKG = JKT - JKA$$

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{T_{..}^2}{nk}$$

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^k T_{i..}^2}{n} - \frac{T_{..}^2}{nk}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hakekatnya Gardu Induk merupakan kumpulan peralatan yang disusun menurut pola tertentu dan mempunyai fungsi tertentu yang dipengaruhi oleh fungsi masing-masing peralatan tersebut. Keandalan suatu Gardu Induk ditentukan oleh peralatan-peralatan listrik yang terdapat di dalamnya serta oleh susunan dari peralatan-peralatan tersebut.

Tulisan ini membahas mengenai perhitungan nilai keandalan dari Gardu Induk 500 KV Bandung Selatan berdasarkan konfigurasi hubungan rel daya yang digunakan dengan metode seri paralel akan diperoleh laju kegagalan, waktu perbaikan rata-rata, lama kegagalan rata-rata serta nilai keandalan suatu gardu induk. Metode tersebut sudah cukup memadai untuk menilai keandalan suatu sistem secara kuantitatif. Perhi-

tungan yang dilakukan dimaksudkan untuk memberi gambaran secara umum mengenai nilai keandalan suatu Gardu Induk sebagai data pertimbangan untuk perencanaan atau pengembangan suatu Gardu Induk (Rustiana, 2001).

Laju Kegagalan (*Failure Rate*) dan Waktu Perbaikan Rata-Rata

Laju Kegagalan adalah jumlah kegagalan dalam suatu selang waktu t dan apabila dinyatakan dalam distribusi eksponensial, maka:

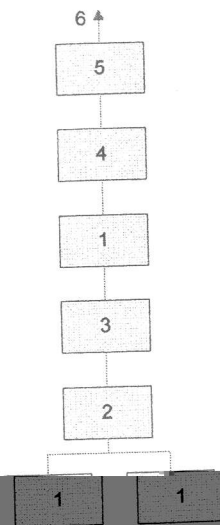
$$f(t) = \lambda^{-\lambda t}$$

Distribusi komulatif diberikan dengan:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

dimana $F(t)$ menunjukkan kemungkinan terjadinya kegagalan pada selang waktu antara $0-t$.

Line 150 KV Ngoro 1



Keterangan:

1. PMS (Pemisah/Disconnecting Switch)
2. PMT (Pemutus Tenaga/Circuit Breaker)
3. Current Trasformator (Trafo Arus/CT)
4. Potensial Transformator (Trafo Tegangan/PT)
5. Lightning Arrester (LA)
6. Konduktor (ACSR)

Gambar 1 Rangkaian Line 150KV Ngoro 1

$$\lambda_{pms} = \frac{\lambda_1 \lambda_1 (r_1 + r_1)}{1 + \lambda_1 r_1 + \lambda_1 r_1}$$

$$\lambda_{pms} = \frac{0,00003721 \text{kegagalan}^2 / \text{tahun}^2 \times 7,2 \text{jam} / \text{kegagalan}}{1 + 0,02196 \text{jam} / \text{tahun} + 0,02196 \text{jam} / \text{tahun}}$$

$$\lambda_{pms} = 0,000257 \text{kegagalan} / \text{tahun}$$

Waktu perbaikan rata-rata line 150 KV Ngoro 1

$$r_{pms}^* = \frac{r_1 r_1}{r_1 + r_1}$$

$$r_{pms} = \frac{3,6 \text{ jam / kegagalan} \times 3,6 \text{ jam / kegagalan}}{3,6 \text{ jam / kegagalan} + 3,6 \text{ jam / kegagalan}}$$

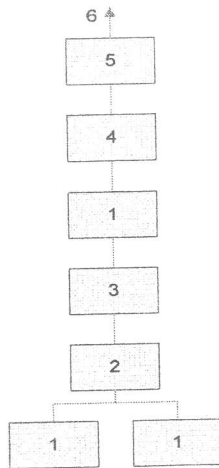
$$r_{pms} = \frac{12,96 \text{ jam}^2 / \text{kegagalan}^2}{7,2 \text{ jam / kegagalan}} = 1,8 \text{ jam / kegagalan}$$

$$\lambda_L = \lambda_{pms} + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_1 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6$$

$$r_L = \frac{(\lambda_{pms} r_{pms}) + (\lambda_2 r_2) + (\lambda_3 r_3) + (\lambda_1 r_1) + (\lambda_4 r_4) + (\lambda_5 r_5) + (\lambda_6 r_6)}{\lambda_L}$$

$$r_L = \frac{10,8643 \frac{\text{keg.jm}}{\text{th.keg}}}{0,5509 \frac{\text{keg}}{\text{th.}}} = \frac{10,8643 \frac{\text{jm}}{\text{th}}}{0,5509 \frac{\text{keg}}{\text{th.}}} = 19,7210 (\text{jam / keg})$$

Line 70 KV Ajinomoto 1



Gambar 2 Rangkaian line 150KV Ajinomoto 1

$$\lambda_{pms} = \frac{\lambda_1 \lambda_1 (r_1 + r_1)}{1 + \lambda_1 r_1 + \lambda_1 r_1}$$

$$\lambda_{pms} = \frac{0,00003721 \text{kegagalan}^2 / \text{tahun}^2 \times 7,2 \text{ jam / kegagalan}}{1 + 0,02196 \text{ jam / tahun} + 0,02196 \text{ jam / tahun}}$$

$$\lambda_{pms} = 0,000257 \text{kegagalan / tahun}$$

Waktu perbaikan rata-rata line 70 KV Ajinomoto 1

$$r_{pms} = \frac{r_1 r_1}{r_1 + r_1}$$

$$r_{pms} = \frac{3,6 \text{ jam / kegagalan} \times 3,6 \text{ jam / kegagalan}}{3,6 \text{ jam / kegagalan} + 3,6 \text{ jam / kegagalan}}$$

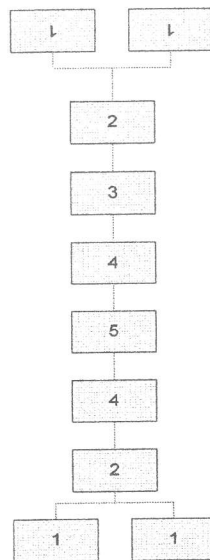
$$r_{pms} = \frac{12,96 \text{ jam}^2 / \text{kegagalan}^2}{7,2 \text{ jam} / \text{kegagalan}} = 1,8 \text{ jam} / \text{kegagalan}$$

$$\lambda_L = \lambda_{pms} + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6$$

$$r_L = \frac{(\lambda_{pms} r_{pms}) + (\lambda_2 r_2) + (\lambda_3 r_3) + (\lambda_4 r_4) + (\lambda_4 r_4) + (\lambda_5 r_5) + (\lambda_6 r_6)}{\lambda_L}$$

$$r_L = \frac{4,4103 \frac{\text{keg.jm}}{\text{th.keg}}}{0,1848 \frac{\text{keg}}{\text{th.}}} = \frac{4,4103 \frac{\text{jm}}{\text{th}}}{0,1848 \frac{\text{keg}}{\text{th.}}} = 23,8653 (\text{jam} / \text{keg})$$

Transformator Daya 150 KV / 70 KV I



Keterangan:

1. PMS (Pemisah/Disconnecting Switch)
2. PMT (Pemutus Tenaga/Circuit Breaker)
3. Current Trasformator (Trafo Arus/CT)
4. Lighting Arrester (LA)
5. Transformator Daya

Gambar 3 Rangkaian Transformator Daya I

$$\lambda_{pms} = \frac{\lambda_1 \lambda_1 (r_1 + r_1)}{1 + \lambda_1 r_1 + \lambda_1 r_1}$$

$$\lambda_{pms} = \frac{0,00003721 \text{kegagalan}^2 / \text{tahun}^2 \times 7,2 \text{ jam} / \text{kegagalan}}{1 + 0,02196 \text{ jam} / \text{tahun} + 0,02196 \text{ jam} / \text{tahun}}$$

$$\lambda_{pms} = 0,000257 \text{kegagalan} / \text{tahun}$$

$$\lambda_{TD} = 2(\lambda_{pms}) + 2(\lambda_2) + 2(\lambda_3) + 2(\lambda_4) + \lambda_5$$

$$\lambda_{TD} = 2(0,000257) + 2(0,0036) + 0,0030 + 2(0,0002) + 0,013$$

$$\lambda_{TD} = 0,024114 \text{kegagalan} / \text{tahun}$$

$$r_{pms} = \frac{r_1 r_1}{r_1 + r_1}$$

$$r_{pms} = \frac{3,6 \text{ jam / kegagalan} \times 3,6 \text{ jam / kegagalan}}{3,6 \text{ jam / kegagalan} + 3,6 \text{ jam / kegagalan}}$$

$$r_{pms} = \frac{12,96 \text{ jam}^2 / \text{kegagalan}^2}{7,2 \text{ jam / kegagalan}} = 1,8 \text{ jam / kegagalan}$$

$$r_{TD} = \frac{(\lambda_{pms} r_{pms}) + 2(\lambda_2 r_2) + 2(\lambda_3 r_3) + 2(\lambda_4 r_4) + (\lambda_5 r_5)}{\lambda_{TD}}$$

$$r_L = \frac{15,2977 \frac{\text{keg.jm}}{\text{th.keg}}}{0,024114 \frac{\text{keg}}{\text{th.}}} = \frac{15,2977 \frac{\text{jm}}{\text{th}}}{0,024114 \frac{\text{keg}}{\text{th.}}} = 643,3908 (\text{jam / keg})$$

Keandalan (Reliability)

Dalam suatu peralatan berhubungan dengan kemungkinan survival, keausan dan kerusakan dari peralatan tersebut karena pemakaian. Dengan demikian keandalan suatu peralatan adalah komponen dari $F(t)$ dan diberikan oleh persamaan

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

Nilai Keandalan

Line 150KV Ngoro 1 dalam 1 tahun

$$R(t)_L = e^{-\lambda t} = e^{-0,5509 \times 1} = 0,5764$$

Line 70KV Ajinomoto 1 dalam 1 tahun

$$R(t)_L = e^{-\lambda t} = e^{-0,1848 \times 1} = 0,8313$$

Transformator daya 150KV / 70KV II dalam 1 tahun

$$R(t)_L = e^{-\lambda t} = e^{-0,024114 \times 1} = 0,9762$$

Tingkat Keandalan

Tingkat keandalan line 150KV

Tabel 3 Analisa Varian untuk line 150KV

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	df	Rataan Kuadrat	F_{hitung}
Perlakuan	0,0035	5	0,0007	0,0476
Galat	0,0879	6	0,0147	
Jumlah	0,0914	11		

Hipotesis: Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka terima H_0 ; Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka terima H_0 .
 Dari hasil perhitungan uji F didapatkan nilai F_{hitung} 0,0476 < F_{tabel} 4,39 dengan df ($V_1 V_2$) = 5:6 dan tingkat signifikan 5%, berarti terima H_0 . Artinya bahwa nilai keandalan line 150KV dipengaruhi oleh laju kegagalan tiap- tiap peralatannya.

Tingkat keandalan 70KV

Tabel 4 Analisa Varian untuk Line 150KV

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	df	Rataan Kuadrat	F _{hitung}
Perlakuan	0,0035	5	0,0007	0,0476
Galat	0,0879	6	0,0147	
Jumlah	0,0914	11		

Hipotesis: Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka terima H_0 ; Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka terima H_0 .

Dari hasil perhitungan uji F didapatkan nilai F_{hitung} 0,0885 < F_{tabel} 3,02 dengan df (V_1V_2) = 9:10 dan tingkat signifikan 5%, berarti terima H_0 . Artinya bahwa nilai keandalan *line* 70KV dipengaruhi oleh laju kegagalan tiap-tiap peralatannya.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa: (1) Nilai keandalan untuk tegangan 70 kv masing masing line di estimasikan sebesar 0,5764; 0,5764; 0,5751; 0,5751; 0,7286 dan 0,5438. (2) Nilai keandalan untuk tegangan 150 kv masing masing line di estimasikan sebesar 0,8313; 0,4764; 0,4750; 0,290; 0,2984; 0,8929; 0,8955; 0,8686 dan 0,8686. (3) Nilai keandalan untuk Transformator Daya 150KV /70KV pada line I, II, III, IV, dan V masing-masing diestimasi sebesar 0,9762; 0,9672; 0,9733; 0,9733. (4) Besarnya nilai keandalan pada tegangan 150KV dan 70KV dipengaruhi oleh laju kegagalan tiap-tiap peralatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, H.S. & Oedy, B.P.S. 2005. *Analisa Keandalan Sistem Tata Udara Sentral pada Beberapa Bangunan Uji di Bandung*. Tesis tidak dipublikasikan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Billinton, R. 1970. *Power System Reliability Evaluation*. New York: Gordon and Breach.
- Nainggolan, S.W. 1997. *Studi Estimasi Laju Kegagalan Penyaluran Daya Akibat Flashover Pada Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi*. Bandung.
- Power System Technologies Committee of the IEEE Industry Application Society. 1980. IEEE Recommended Practice the Design of Reliable Industrial and Commercial Power System. *IEEE*, std 493.
- Rustiana, R. 2001. *Studi Perhitungan Nilai Keandalan Gardu Induk 500 KV Bandung Selatan*. Tugas Akhir tidak dipublikasikan. Bandung: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Trihendradi, C. 2006. *Langkah Mudah Menguasai Statistik Menggunakan SPSS 1*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.