

**PREDIKSI NILAI PARAMETER PEMELIHARAAN TAHUNAN
GENERATOR CIRCUIT BREAKER TYPE 20-SFWA-80
MENGUNAKAN METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING* DAN
*ARTIFICIAL NEURAL NETWORK***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk
memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Program Studi Teknik Elektro



Oleh:

Aji Setiyawan

E.5051.1906212

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2023

**PREDIKSI NILAI PARAMETER PEMELIHARAAN TAHUNAN
GENERATOR CIRCUIT BREAKER TYPE 20-SFWA-80
MENGUNAKAN METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING* DAN
*ARTIFICIAL NEURAL NETWORK***

Oleh
Aji Setiyawan

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Elektro
Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan

© Aji Setiyawan 2023
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2023

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, di-*photocopy*, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

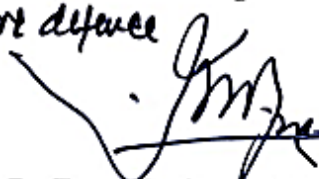
AJI SETIYAWAN

E.5051.1906212

**PREDIKSI NILAI PARAMETER PEMELIHARAAN TAHUNAN
GENERATOR CIRCUIT BREAKER TIPE 20-SFWA-80
MENGUNAKAN METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING* DAN
*ARTIFICIAL NEURAL NETWORK***

Disetujui dan disahkan oleh:


Pembimbing I

acc pre defence
11/07/2023


Dr. Tasma Sucita, S.T., M.T.

NIP. 19641007 199101 1 001

Pembimbing II

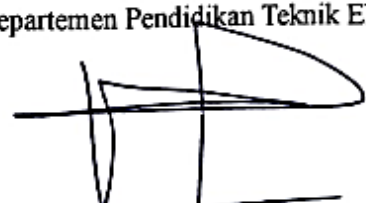
acc
11/07/2023


Wasimudin Surva Saputra, S.T., M.T.

NIP. 19700808 199702 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro



Dr. H. Yadi Mulyadi, M.T.

NIP. 19630727 199302 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN NASKAH

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Prediksi Nilai Parameter Pemeliharaan Tahunan *Generator Circuit Breaker Type 20-SFWA-80* menggunakan Metode *Exponential Smoothing* dan *Artificial Neural Network*” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



Aji Setiyawan

NIM. 1906212

ABSTRAK

Pemeliharaan tahunan di pembangkit merupakan hal yang perlu dilakukan untuk merawat, mencegah, dan memperbaiki peralatan dari kerusakan agar tetap andal. Namun, untuk melakukan pemeliharaan tahunan memerlukan waktu dan biaya yang cukup besar. Salah satu peralatan yang harus dijaga ialah *Generator Circuit Breaker* atau pemutus tenaga generator. Hasil pemeliharaan tahunan 2022 menunjukkan bahwa terdapat beberapa parameter pemeliharaan yang berada di atas nilai standar serta memiliki tren yang cenderung memburuk. Tujuan dari penelitian ini ialah membandingkan metode untuk memprediksi nilai parameter pemeliharaan tahunan *Generator Circuit Breaker Type 20-SFWA-80*. Metode yang digunakan ialah *exponential smoothing* (ES), *artificial neural network* (ANN), dan model regresi MATLAB. Penelitian dilakukan di PT PLN Indonesia Power Saguling POMU (PLTA Saguling) dengan menggunakan data pemeliharaan tahunan GCB sejak beberapa tahun ke belakang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ES-ANN memiliki akurasi yang lebih baik daripada model regresi MATLAB dengan nilai rata-rata *error* pada keseluruhan parameter sebesar 1,06% berbanding dengan 11,92%. Hasil *forecasting* menggunakan ANN hingga 2027 menunjukkan bahwa nilai tahanan kontak, uji *switch* tekanan udara, dan persentase kebocoran udara pada *air leakage test* diprediksi akan berada di atas nilai standar.

Kata Kunci: Prediksi, Pemeliharaan Tahunan, *Generator Circuit Breaker* (PMT), *Exponential Smoothing* (ES), *Artificial Neural Network* (ANN).

ABSTRACT

Annual inspection (maintenance) at power plants is necessary to maintain, prevent, and repair equipment from damage to keep it reliable. However, to perform annual inspection requires considerable time and cost. One of the equipment that must be maintained is the Generator Circuit Breaker. The 2022 annual inspection results show that there are several inspection parameters that are above the standard value and have a trend that tends to worsen. The purpose of this study is to compare methods for predicting the value of the annual inspection parameters of the Type 20-SFWA-80 Generator Circuit Breaker. The methods used are exponential smoothing (ES), artificial neural network (ANN), and MATLAB regression model. The research was conducted at PT PLN Indonesia Power Saguling POMU (PLTA Saguling) using GCB annual inspection data from several years back. The results show that the ES-ANN method has better accuracy than the MATLAB regression model with an average error value on all parameters of 1.06% compared to 11.92%. The forecasting results using ANN until 2027 show that the contact resistance value, air pressure switch test, and air leakage percentage on the air leakage test are predicted to be above the standard value.

Keywords: *Forecasting, Annual Inspection (Maintenance), Generator Circuit Breaker (GCB), Exponential Smoothing, Artificial Neural Network.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN NASKAH	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Sistematika Penulisan	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Pemutus Tenaga.....	8
2.1.1 Klasifikasi Pemutus Tenaga	8
2.1.2 Komponen Pemutus Tenaga.....	13
2.2 Pemeliharaan (<i>Maintenance</i>)	19
2.3 Klasifikasi Aset/Peralatan dalam Pemeliharaan.....	20
2.3.1 Kategori kritis.....	20
2.3.2 Kategori esensial	20
2.3.3 Kategori umum.....	20
2.4 Jenis-Jenis Sistem Pemeliharaan.....	21

2.5 Pemeliharaan Pemutus Tenaga.....	24
2.5.1 <i>In Service or Visual Inspection</i>	24
2.5.2 <i>In Service Measurement/On Line Monitoring</i>	25
2.5.3 <i>Shutdown Measurement/Shutdown Function Check or Treatment</i>	25
2.5.4 <i>Conditional</i> (setelah terjadi gangguan, bencana alam atau relokasi).....	27
2.5.5 <i>Overhaul</i>	27
2.6 Prediksi Nilai Parameter Pemeliharaan Tahunan Pemutus Tenaga.....	29
2.7 <i>Artificial Neural Network</i>	31
2.8 <i>Exponential Smoothing</i>	35
2.9 Analisis Regresi.....	37
2.9.1 Regresi Linear Sederhana	38
2.9.2 Regresi Linear Berganda.....	38
2.10 Galat (<i>Error</i>)	38
2.10.1 <i>Mean Absolute Error (MAE)</i>	39
2.10.2 <i>Mean Squared Error (MSE)</i>	39
2.10.3 <i>Root Mean Squared Error (RMSE)</i>	40
2.10.4 <i>Mean Average Percentage Error</i>	40
2.11 Penelitian yang Relevan.....	40
BAB III METODE PENELITIAN	42
3.1 Desain Penelitian.....	42
3.2 Objek dan Lokasi Penelitian	43
3.3 Instrumen Penelitian.....	45
3.4 Prosedur Penelitian.....	50
3.5 Teknik Pengolahan dan Analisis Data	52
3.5.1 Analisis Data menggunakan Metode <i>Exponential Smoothing</i>	54

3.5.2 Analisis Data menggunakan Metode <i>Artificial Neural Network</i>	56
3.5.3 Analisis Data menggunakan Analisis Regresi.....	60
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN	62
4.1 Temuan Penelitian	62
4.1.1 Prediksi menggunakan ES-ANN dan Regresi MATLAB	62
4.1.2 Perbandingan Prediksi Metode ES-ANN dengan Regresi MATLAB.....	82
4.1.3 Kondisi GCB Unit 4 dari Hasil <i>Forecasting</i>	83
4.2 Pembahasan Hasil Temuan Penelitian.....	86
4.2.1 Analisis Hasil <i>Forecasting</i> menggunakan Metode ES-ANN	86
4.2.2 Analisis Hasil <i>Forecasting</i> menggunakan Model Regresi MATLAB.....	94
4.2.3 Perbandingan Metode ES-ANN dengan Model Regresi MATLAB	100
4.2.4 Analisis Kondisi GCB berdasarkan Hasil <i>Forecasting</i>	103
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI	107
5.1 Simpulan	107
5.2 Implikasi.....	108
5.3 Rekomendasi	109
DAFTAR PUSTAKA	110
LAMPIRAN.....	116

DAFTAR PUSTAKA

- AbdullahAAbdullah, A., & Trisnawiyana, T. (2015). Model MATLAB/SIMULINK Motor Induksi dalam Mata Kuliah Mesin Listrik DIII.
- Affan, M. F. (2019). *Peramalan Kecepatan Angin menggunakan Metode Exponential Smoothing dan Artificial Neural Network (ANN) untuk Rencana Pengaplikasian pada PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) di Kota Bandung*. (S1 thesis, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Anderson D, M. G. (1992). Artificial Neural Networks Technology. *Kaman Sciences Corporation*, 258(6), 1–83.
- Arianto, Y. I., & Wahyono. (2017). Sistem Pengoperasian Dan Sistem Perawatan PT. PJB UP Brantas PLTA Sutami Malang. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 13(3), 74–77.
- Aribowo, D., Permata, E., Ekawati, R., Hamid, M. A., Fatkhurrohman, M., Dharmawan, I., & Bahtiar, K. (2018). *Analisis Hasil Uji PMT 150kV Pada Gardu Induk Cilegon Baru BAY KS 1*. 59–65.
- Ariyanto, E. (2019). *Analisis Hasil PengujianTahanan Isolasi dan Keserempakan Pemutus Tenaga 150 kV Bay Palur 1 dan Palur 2 Gardu Induk Gondangrejo*.
- Baharsyah, F., Syahrizal, S., & Gapy, M. (2018). Analisis Pengaruh Perubahan Suhu Lingkungan Terhadap Kapasitas Pembawa Arus pada Kabel Tegangan Menengah.
- Chen, S. X., Gooi, H. B., & Wang, M. Q. (2013). Solar radiation forecast based on fuzzy logic and neural networks. *Renewable Energy*, 60, 195–201. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.05.011>
- Dhillon, B. S. (2006). Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers. In *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*. <https://doi.org/10.1201/9781420006780>
- Diana, H., & Raharjo, C. D. (2015). Sistem Pendukung Keputusan Untuk Forecasting Penjualan Di Toko Sumber Saudara. *Prosiding SNATIF*, 275–280.

- Doorsamy, W., & Bokoro, P. (2018). A Neural Network Based Response Model for High Voltage Circuit-Breaker Testing. *Advances in Electrical and Electronic Engineering*, 16(3), 311-317.
- Firdaus, A. G., & Hidayat, R. (2021). Analisa Pengujian Kelayakan PMT 150 kV Bay Mandirancan I Berdasarkan Parameter Breaker Analyzer di Gardu Induk Sunyaragi. *Elektron : Jurnal Ilmiah*, 15(3), 17–24. <https://doi.org/10.30630/eji.0.0.217>
- Gardner, E. S. (1985). Exponential Smoothing: The State of the Art. 4(August 1984), 1–28.
- Harunanda, P., & Fauziah, D. (2021). Analisis Pengaruh Tekanan Gas SF6 terhadap Laju Busur Listrik pada PMT di Gardu Induk Cilegon PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Barat. *Sneto*, 16(1), 354–361.
- Heizer, J. R., Render, B. (2005). Operation Management, 7th edition Manajemen Operasi edisi 7, Buku 1. Penerbit Salemba Empat. Jakarta.
- Rob Hyndman, Anne B. Koehler, J. Keith Ord, R. D. S. (2008). Forecasting with Exponential Smoothing: The State Space Approach. *Progress in Retinal and Eye Research*, 561(3), S2–S3.
- Hodson, T.O., Over, T.M., & Foks, S.S. (2021). Mean Squared Error, Deconstructed. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 13.
- Iacob, A., Notingher, P., Stancu, C., & Setnescu, R. (2022). Lifetime Estimation of Vehicle Alternators. *2022 25th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*, 1-6.
- Kalánek, J., Šteffek, L., & Ostrý, M. (2014). Calculation and Experimental Evaluation of the Thermal Resistance of a Structure with Reflective Insulation. *Advanced Materials Research*, 899, 374 - 380.
- K. Moebley. (2014). *Maintenance Engineering Handbook (8 edition)*. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071826617>
- Mahasagara, S. P., Alamsyah, A., & Rikumahu, B. (2017, May). Indonesia infrastructure and consumer stock portfolio prediction using artificial neural

- network backpropagation. In *2017 5th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT7)* (pp. 1-4). IEEE.
- Makarim, A. A., Sukmadi, T., & Winardi, B. (2016). Analisis Ketidakseimbangan Tegangan Dan Kenaikan Suhu Pada Motor Induksi 3 Fasa Akibat Gangguan Single-Phasing. *Transmisi*, *18*(4), 145–151.
- Masrur, H., Nimol, M., Faisal, M., & Mostafa, S. M. G. (2016, October). Short term wind speed forecasting using Artificial Neural Network: A case study. In *2016 International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology (ICISSET)* (pp. 1-5). IEEE.
- Mekhilef, S., Saidur, R., & Safari, A. (2011). A review on solar energy use in industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(4), 1777–1790. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.12.018>
- Minghao, Z., Dongxiang, J., & Chao, L. (2009, April). Research on wind power forecasting method using phase space reconstruction and artificial neural network. In *2009 International Conference on Sustainable Power Generation and Supply* (pp. 1-5). IEEE.
- Mitsubishi Electric Corporation, "Saguling Hydroelectric Power Project Generating Equipment LOT-II & LOT III Field Test Records Preliminary Functional Test," 1986.
- Mitsubishi Electric Corporation, "Saguling Hydroelectric Power Project Generating Equipment LOT-II & LOT-III Operating and Maintenance Instruction," 1986.
- Muhammad, K. N. (2017). *Simulasi dan Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Surya dan Tenaga Diesel dengan MATLAB SIMULINK*. 1–2.
- Muhammad, M. M., Wan Yusof, K., Ul Mustafa, M. R., Zakaria, N. A., & Ab Ghani, A. (2018). Prediction models for flow resistance in flexible vegetated channels. *International Journal of River Basin Management*, *16*(4), 427–437. <https://doi.org/10.1080/15715124.2018.1437740>

- Mukhlisa, M.N., Yoga, I., Tristiana, N., Estetika, R., & Haryani, W. (2021). EVALUASI IMPLEMENTASI JAMINAN PERSALINAN (JAMPERSAL) DI INDONESIA: ANALISIS PENERIMA MANFAAT DAN REGRESI (A PERFORMANCE ANALYSIS ON MATERNAL HEALTH INSURANCE IN INDONESIA). *Jurnal Ekonomi Kesehatan Indonesia*.
- Nasution, A. (2019). Metode Weighted Moving Average dalam M-Forecasting. *JURTEKSI (Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi)*, *V(2)*, 119–124.
- Oka, K., Hirai, T., Murata, K., Hashimoto, E., & Ariga, Y. (2002). A calculation of transient overvoltage for rationalization of insulation design of 22 kV cable system. *IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition*, *2*, 1247-1252 vol.2.
- Pinanggih, D. H. (2020). *PREDIKSI KONSUMSI ENERGI MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK PADA SALAH SATU PUSAT PERBELANJAAN DI KOTA CIREBON* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Pratiwi, N.W., Fauziah, F., Andryana, S., & Gunaryati, A. (2018). Deteksi Wajah Menggunakan Hidden Markov Model (HMM) Berbasis Matlab. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*.
- PT PLN. (2014). Pemutus Tenaga. *Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga (PMT)*, 1–30.
- Putra, V.G., Wijayono, A., Mohamad, J.N., Irwan, I., & Rosyidan, C. (2020). Penerapan Fisika Komputasi dengan MATLAB/Simulink pada Pemodelan Infeksi Wabah COVID-19 di Indonesia melalui Modifikasi Persamaan Differensial Bernoulli. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*.
- Riswanto, R. (2015). Analisis Resistansi Coil Kawat Tembaga Terhadap Perubahan Suhu Sangat Rendah Sebagai Rancang Dasar Pengukuran Suhu Rendah. *Jurnal Pendidikan Fisika*, *3(1)*, 73–83. <https://doi.org/10.24127/jpf.v3i1.23>
- Rusdy, A.M., Purnawansyah, P., & Herman, H. (2022). Penerapan Metode Regresi Linear Pada Prediksi Penawaran dan Permintaan Obat Studi Kasus Aplikasi Point Of Sales. *Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam*.

- Sandoka Nzao, A.B. (2022). Analysis of the Influence of the Earthing Resistance of Pylons on the Performance of the HVAC Line Facing Electromagnetic Transitories Lightning. *Computer and Information Science*.
- S, F. O., & Juningtyastuti, I. (2015). Pemeliharaan Pemutus Tenaga (Pmt) Menggunakan Media Pemadam Gas Sf6 Di Gardu Induk Ungaran 150 Kv App Semarang Base Camp Semarang. *Teknik Elektro Undip*.
- Scheffer, C. (2004). *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*. Elsevier.
- Shprekher, D., Babokin, G.I., & Kolesnikov, E. (2019). Application of Neural Networks for Prediction of Insulation Condition in Networks with Isolated Neutral. *2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon)*, 1-6.
- Surindra, M.D. (2021). STUDI ANALISIS SISTEM FISIKA THERMAL DENGAN PEMODELAN STIRRED TANK HEATER MENGGUNAKAN SIMULINK MATLAB. *Eksergi*.
- Susanto, A., Kurnianto, R., & Rajagukguk, M. (2021). Analisa Kelayakan Pemutus Tenaga (Pmt) 150 Kv Berdasarkan Hasil Uji Tahanan Isolasi, Tahanan Kontak Dan Keserempakan Kontak Di Gardu Induk Singkawang. *Journal JTE UNTAN*.
- Sutawan, P. K. B., Kumara, I. N. S., & Ariastina, W. G. (2015). Simulasi Sistem Kontrol Operasi on Grid Serta Islanding Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 14(2), 57. <https://doi.org/10.24843/mite.2015.v14i02p11>
- Swanson, L. (2001). Linking maintenance strategies to performance. *International Journal of Production Economics*, 70(3), 237–244. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00067-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00067-0)
- Tambunan, R.M. (2021). PEMODELAN MATEMATIKA TERHADAP KESTABILAN POPULASI MODEL LOTKA-VOLTERRA DENGAN BANTUAN MATLAB.

- Tanti, K., Nur, S., & Dewi, A. (2010). ANALISIS REGRESI LINEAR BERGANDA DENGAN SATU VARIABEL BONEKA (DUMMY VARIABLE).
- Tiwari, S., Naresh, R., & Jha, R. (2013). Comparative study of backpropagation algorithms in neural network based identification of power system. *International Journal of Computer Science & Information Technology*, 5(4), 93.
- Venugopal, G., Gopalakrishnan, V., & Rajkumar, S.P. (2019). Identification of inter-turn insulation faults in induction motor. *Engineering Computations*.
- Wang, S. (2018). MYCAT Shard Key Selection Strategy Based on Exponential Smoothing. MYCAT Shard Key Selection Strategy Based on Exponential Smoothing, 4(1), 88–100.