



Tersedia secara online di <http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jatiunik/issue/view/76>

JATI UNIK

Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri Universitas Kediri



Keandalan Sistem Instrumentasi dengan Metode Markov Chain

Bambang Wahyudi^{*1}, Heribertus Budi Santoso², Sri Rahayuningsih³

wahyudib410@gmail.com^{*1}, heribertus@unik-kediri.ac.id³, nuning@unik-kediri.ac.id³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Kediri

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 19 – September – 2021

Revised : 21 – Maret – 2022

Accepted : 4 – Maret – 2022

Kata kunci :

Energy;

Facilities;

Markov chain;

Abstract

The reliability of electrical energy is achieved to minimize outages, periods of outages, the time of completion of outages and the total repair time during the outage. Electrical energy as the main energy and can prosper human life. However, there are factors that determine the ability of improvement in the case of production. The more prosperous the user, the higher the electrical energy used. Advanced industry will not be separated from the use of very large electrical energy to ensure the continuity of production. The purpose of the study is to find out the accuracy of markov chain activities from the reliability aspect and priority of repairing boiler facilities, turbines and generators that have low reliability. The research method used primary 2014 data on boiler, turbine and generator facilities. Analysis using the markov chain method. The study found that boiler facilities had the lowest reliability value of 0.00055, boiler facilities had the least damage value of 0.01111 and turbine facilities had the least severe damage of 0.94577. From the known facilities, initial improvements are preferred to increase the value of the instrumentation system in the Pacitan PLTU.

Abstrak

Keandalan energi listrik dicapai untuk meminimasi pemadaman, periode terjadi pemadaman, waktu kecepatan selesai pemadaman dan total waktu perbaikan selama pemadaman berlangsung. Energi listrik sebagai energi paling utama dan dapat mensejahterakan kehidupan manusia. Tetapi, ada faktor yang menentukan kemampuan peningkatan dalam kasus produksi. Semakin sejahtera pengguna, semakin tinggi pula energi listrik yang digunakan. Perindustrian yang maju tidak akan lepas dari penggunaan energi listrik yang sangat besar untuk menjamin kelangsungan produksi. Tujuan penelitian untuk mengetahui akurasi aktivitas markov chain dari aspek keandalan dan prioritas perbaikan fasilitas boiler, turbin dan generator yang memiliki keandalan rendah. Metode penelitian menggunakan data primer tahun 2014 mengenai fasilitas boiler, turbin dan generator. Analisa menggunakan metode markov chain. Penelitian ini mendapat hasil bahwa fasilitas boiler memiliki nilai keandalan paling rendah sebesar 0,00055, fasilitas boiler memiliki nilai kerusakan paling

Untuk melakukan sitasi pada penelitian ini dengan format :

H. Sarjono, R. Aryanto, and Novie, "The determination of optimal inventory using Markov Chain," *WIT Trans. Inf. Commun. Technol.*, vol. 49, no. 1, pp. 1147–1157, 2014, doi: 10.2495/ICIE131402.

kecil sebesar 0,01111 dan fasilitas turbin memiliki kerusakan berat paling kecil sebesar 0,94577. Dari fasilitas yang telah diketahui, perbaikan awal lebih diutamakan untuk meningkatkan nilai keandalan sistem instrumentasi pada PLTU Pacitan.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan ekonomi mencapai 6% per tahun, ditunjang dengan permintaan listrik mencapai 8% per tahun. Tetapi, produksi listrik hanya mampu meningkat 3% per tahun. Kasus ini menjadi adanya krisis kelistrikan dan dapat menghambat pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Pembangunan proyek percepatan pembangkit tenaga listrik berbahan bakar batu bara sangat di perlukan. Pembangunan pembangkit listrik tenaga batu bara di mulai tahun 2006. Kapasitas yang di usulkan sebesar 10.0000 mV sesuai peraturan pemerintah RI, No. 71 tahun 2006.

Energi listrik sebagai energi paling utama dan dapat mensejahterakan kehidupan manusia. Tetapi, ada faktor yang menentukan kemampuan peningkatan dalam kasus produksi. Semakin sejahtera pengguna, semakin tinggi pula energi listrik yang digunakan. Perindustrian yang maju tidak akan lepas dari penggunaan energi listrik yang sangat besar untuk menjamin kelangsungan produksi [1][2].

Berdirinya PLTU di setiap provinsi sebagai sisi internal dan eksternal untuk meningkatkan keandalan dari aspek Availability Factor, Down Time System dan Mean Time to Failure [3], [4]. Indeks keandalan sistem dalam energi kelistrikan guna memberikan system average interruption frequency index dan system average intteruption duration index [5], [6]. Kedua indeks keandalan tersebut sebagai monitoring laju kegagalan, waktu keluar energi dan ketidaktersediaan tahunan energi [7][8].

Setiap pembangkit energi listrik, pasti dominan mengalami kegagalan. Kegagalan ini dari aspek manusia, perawatan, penggunaan tidak terstruktur dan perlindungan yang kurang sesuai. Akibat yang timbul mencangkup pemadaman berkala dan biaya aset yang belum terbayar [9].

Adanya keandalan energi listrik dicapai untuk meminimasi pemadaman, periode terjadi pemadaman, waktu kecepatan selesai pemadaman dan total waktu perbaikan selama pemadaman berlangsung. Peluang capaian inilah untuk menjamin ketersediaan energi listrik di area yang telah disuplai untuk operasi [10][11].

Performa yang baik dan buruk dapat ditinjau dari fasilitas yang digunakan. Fasilitas utama adalah boiler, turbin dan generator [12]. Semakin lama kegiatan operasi yang dilakukan, semakin besar kemungkinan terjadinya penurunan performa. Namun, perbaikan

tidak dapat dilakukan secara bersamaan. Hal ini menyebabkan parameter perhitungan performa akan berbeda – beda. Salah satu solusi yang digunakan adalah aktivitas markov chain.

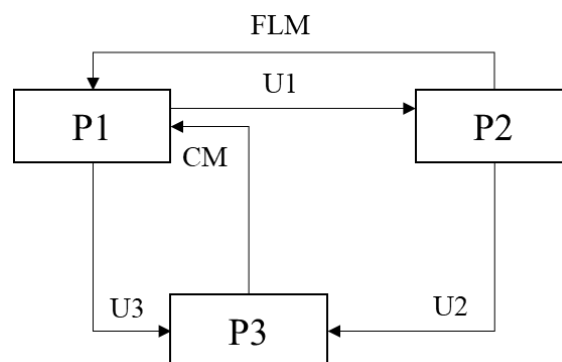
Markov chain sebagai solusi dalam mengetahui tingkat keandalan dari ketiga fasilitas tersebut [13][14]. Markov chain sebagai solusi eksperimen yang berhubungan dengan akibat dari kejadian yang timbul [15]. Markov chain mengacu pada aspek peluang kejadian secara stokastik [16]. Kasus yang terjadi sangat sesuai dengan fungsi aktivitas markov chain [17][18]. Oleh sebab itu, tujuan penelitian untuk mengetahui akurasi aktivitas markov chain dari aspek keandalan dan prioritas perbaikan fasilitas boiler, turbin dan generator yang memiliki keandalan rendah [19][20]. Lingkup penelitian menggunakan data tahun 2014, aplikasi ditujukan pada tingkat keandalan, perencanaan prioritas ditujukan pada performa. Manfaat yang dicapai sebagai pertimbangan penjadwalan unit PLTU untuk shutdown dalam rangka perbaikan (planned outage) agar tidak terkena denda karena trip unit.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian adalah eksperimen menggunakan metode Mean Time Between Maintenance integrasi Markov Chain [21], [22]. Obyek penelitian di PT. PLTU Pacitan, Jawa Timur, Populasi penelitian adalah fasilitas produksi listrik dengan sampel penelitian adalah boiler, turbin dan generator. Data primer menggunakan data kegagalan sistem pembangkit periode Januari 2020 – Desember 2020. Kategori Markov chain dengan asumsi:

- P1 adalah peluang boiler, turbin dan generator dalam kondisi normal.
- P2 adalah peluang boiler, turbin dan generator dalam kondisi kerusakan sedang.
- P3 adalah peluang boiler, turbin dan generator dalam kondisi kerusakan berat.

Pemodelan kerusakan sistem untuk ketiga fasilitas tersebut adalah:



Gambar 1. Pemodelan Sistem Kerusakan

Tabel 1. Matriks Probabilitas Pemodelan Sistem Kerusakan

	P1	P2	P3
P1	0	U1	U3
P2	FLM	0	U2
P3	CM	0	0

(Sumber: Olah data, 2021)

Keterangan:

U1 = Kerusakan bias FLM

U2 = Kerusakan tidak bias di FLM kemudian di CM

U3 = Kerusakan yang butuh di CM

Persamaan steady state dengan pemodelan :

$$P1 = (P2 \times FLM) + (P3 \times CM) \quad (1)$$

$$P2 = P1 \times U1 \quad (2)$$

$$P3 = (P1 \times U3) + (P2 \times U2) \quad (3)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah di lakukan. Klasifikasi sistem kerusakan dibuat matriks sebagai berikut:

Tabel 2. Klasifikasi sistem kerusakan (Satuan per Kejadian)

Obyek Tipe	Boiler	Turbin	Generator	Total
CM	1137	144	692	1973
FLM	84	29	70	183
U1	21	14	12	47
U2	32	11	18	61
U3	1121	107	394	1622

(Sumber: Olah data, 2021)

Berdasarkan masalah yang timbul, kajian dengan tipe CM dengan perbandingan kerusakan berat dan ringan sebagai berikut:

$$CM_{Boiler} = \frac{1137}{1973} \times 100 = 52,628\%$$

$$CM_{Turbin} = \frac{144}{1973} \times 100 = 7,298\%$$

$$CM_{Generator} = \frac{692}{1973} \times 100 = 35,073\%$$

Berdasarkan masalah yang timbul, kajian dengan tipe FLM dengan perbandingan kerusakan berat dan ringan sebagai berikut:

$$FLM_{Boiler} = \frac{84}{183} \times 100 = 45,902\%$$

$$FLM_{Turbin} = \frac{29}{183} \times 100 = 15,847\%$$

$$FLM_{Generator} = \frac{70}{183} \times 100 = 32,251\%$$

Jumlah kerusakan dengan prosentase pada tindakan CM dengan perbaikan ringan dapat ditingkatkan dengan meninjau kembali SOP dan Intruksi Kerja yang telah di update oleh Manajer Perusahaan.

Peluang terjadinya kerusakan pada fasilitas boiler, turbin dan generator dengan kode P1 sebagai berikut:

$$P_{1Boiler} = \frac{1}{1 + U_1 + U_3 + (U_1 \times U_2)} = \frac{1}{1 + 21 + 1121 + (21 \times 32)} = 0,00055$$

$$P_{1Turbin} = \frac{1}{1 + U_1 + U_3 + (U_1 \times U_2)} = \frac{1}{1 + 14 + 107 + (14 \times 11)} = 0,000366$$

$$P_{1Generator} = \frac{1}{1 + U_1 + U_3 + (U_1 \times U_2)} = \frac{1}{1 + 6 + 394 + (6 \times 18)} = 0,000199$$

Peluang terjadinya kerusakan pada fasilitas boiler, turbin dan generator dengan kode P2 sebagai berikut:

$$P_{2Boiler} = P_1 \times U_1 = \frac{U_1}{1 + U_3 + U_1 + (U_1 \times U_2)} = \frac{21}{1 + 1121 + 21 + (21 \times 32)} = 0,01111$$

$$P_{2Turbin} = P_1 \times U_1 = \frac{U_1}{1 + U_3 + U_1 + (U_1 \times U_2)} = \frac{14}{1 + 107 + 14 + (14 \times 11)} = 0,05077$$

$$P_{2Generator} = P_1 \times U_1 = \frac{U_1}{1 + U_3 + U_1 + (U_1 \times U_2)} = \frac{14}{1 + 394 + 6 + (6 \times 18)} = 0,001177$$

Peluang terjadinya kerusakan pada fasilitas boiler, turbin dan generator dengan kode P3 sebagai berikut:

$$P_{3Boiler} = 1 - (P_{1Boiler} + P_{2Boiler}) = 1 - (0,00055 + 0,01111) = 0,98845$$

$$P_{3Turbin} = 1 - (P_{1Turbin} + P_{2Turbin}) = 1 - (0,00366 + 0,05077) = 0,94577$$

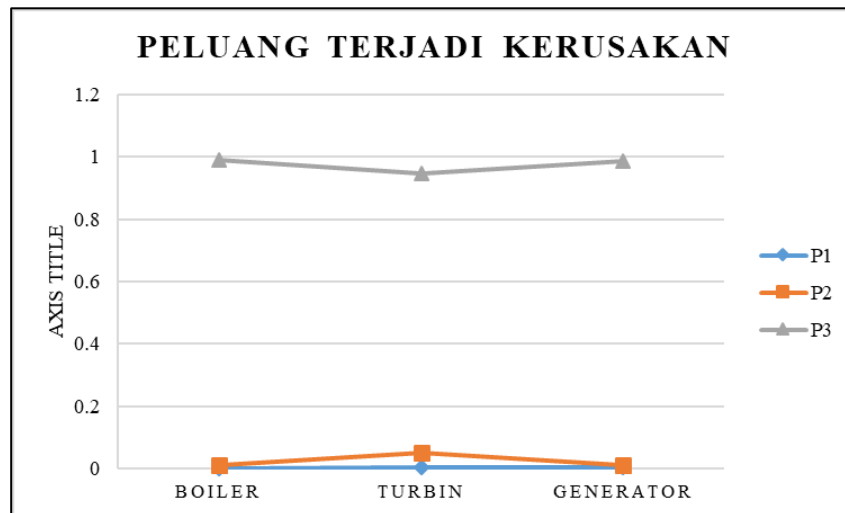
$$P_{3Generator} = 1 - (P_{1Generator} + P_{2Generator}) = 1 - (0,00199 + 0,01177) = 0,98644$$

Berdasarkan penilaian kode P1, P2 dan P3 terekapitulasi pada peluang terjadi kerusakan berikut:

Tabel 3. Peluang Terjadi Kerusakan

Obyek Tipe	Boiler	Turbin	Generator
P1	0,00055	0,00366	0,00199
P2	0,01111	0,05077	0,01177
P3	0,98845	0,94577	0,98644

(Sumber: Olah data, 2021)



Gambar 2. Diagram Peluang Terjadi Kerusakan

Berdasarkan tabel 3 dan gambar 2, menunjukkan bahwa untuk fasilitas boiler memiliki kemungkinan untuk pengoperasian produksi energi listrik secara normal adalah 0,00055 atau 0,005% dengan kejadian kerusakan sedang sebesar 0,01111 atau 0,1% dan kemungkinan terjadinya kerusakan berat sebesar 0,98845 atau 9,8% dalam jangka waktu 12 bulan mendatang. Fasilitas turbin memiliki kemungkinan untuk pengoperasian produksi energi listrik secara normal adalah 0,00366 atau 0,03% dengan kejadian kerusakan sedang sebesar 0,05077 atau 0,5% dan kemungkinan terjadinya kerusakan berat sebesar 0,94577 atau 9,4% dalam jangka waktu 12 bulan mendatang. Fasilitas generator memiliki kemungkinan untuk pengoperasian produksi energi listrik secara normal adalah 0,00199 atau 0,01% dengan kejadian kerusakan sedang sebesar 0,01177 atau 0,1% dan kemungkinan terjadinya kerusakan berat sebesar 0,98644 atau 9,8% dalam jangka waktu 12 bulan mendatang.

Kode P1 adalah kondisi normal paling rendah terjadi pada fasilitas boiler sebesar 0,00055. Oleh sebab itu, ini menjadi parameter keandalan paling kecil dan perlu dilakukan prioritas perbaikan lebih dahulu. Kemudian, dilanjutkan fasilitas generator dengan nilai sebesar 0,00199 dan fasilitas turbin sebesar 0,00366.

Kode P2 adalah kondisi dalam kerusakan sedang paling kecil adalah boiler dengan peluang kerusakan rendah sebesar 0,01111, kemudian fasilitas generator sebesar 0,01177 dan fasilitas turbin sebesar 0,05077.

Kode P3 adalah kondisi dalam kerusakan berat paling kecil adalah fasilitas turbin dengan peluang kerusakan berat sebesar 0,94577, kemudian fasilitas generator sebesar 0,98644 dan fasilitas boiler sebesar 0,98845.

Berdasarkan kode P1, P2 dan P3 dinyatakan bahwa akurasi pembuktian kerusakan paling berat dengan urutan awal perbaikan turbin, generator dan boiler. Sedangkan untuk nilai keandalan yang dimiliki fasilitas paling kecil adalah boiler sebesar 0,00055. Oleh sebab itu, proses keandalan instrumentasi tidak dapat dilakukan perbaikan secara langsung bersama-sama. Diperlukan tahapan – tahapan perbaikan dari nilai keandalan paling rendah terlebih dahulu.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini bahwa secara kode P1 menyatakan fasilitas boiler memiliki nilai keandalan paling rendah sebesar 0,00055. Kode P2 menyatakan fasilitas boiler memiliki nilai kerusakan paling kecil sebesar 0,01111. Kode P3 menyatakan fasilitas turbin memiliki kerusakan berat paling kecil sebesar 0,94577. Dari ketiga kode dan fasilitas yang telah diketahui, maka perbaikan awal lebih diutamakan untuk meningkatkan nilai keandalan sistem instrumentasi pada PLTU Pacitan. Penelitian ini belum sepenuhnya berhasil, masih ada parameter – parameter yang dapat di kaji oleh peneliti selanjutnya. Misalnya mengenai penambahan fasilitas instrumen, nilai kerusakan dan penjadwalan perbaikan yang tepat.

Daftar Pustaka

- [1] S. D. Anggraini, “Rekayasa Produksi Biodiesel Dari Minyak Kemiri Sunan (Reutialis Trisperma Oil) Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel,” *JATI UNIK J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.30737/jatiunik.v2i1.272.
- [2] S. R. Widodo and H. B. Santoso, “PENGELOLAAN PERSEDIAAN PADA PT. X DENGAN PERMINTAAN STOKASTIK DAN VARIABEL LEAD TIME,” *KAIZEN Manag. Syst. Ind. Eng. J.*, 2018, doi: 10.25273/kaizen.v1i1.2590.
- [3] T. Scholz, V. V. Lopes, and A. Estanqueiro, “A cyclic time-dependent Markov process to model daily patterns in wind turbine power production,” *Energy*, vol. 67, pp. 557–568, 2014, doi: 10.1016/j.energy.2013.12.071.
- [4] S. Wei and X. Yanfeng, “Research on China’s energy supply and demand using an

- improved Grey-Markov chain model based on wavelet transform,” *Energy*, vol. 118, pp. 969–984, 2017, doi: 10.1016/j.energy.2016.10.120.
- [5] Y. Y. Hong, W. C. Chang, Y. R. Chang, Y. Der Lee, and D. C. Ouyang, “Optimal sizing of renewable energy generations in a community microgrid using Markov model,” *Energy*, vol. 135, pp. 68–74, 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.06.098.
- [6] J. Ma, M. Fouladirad, and A. Grall, “Flexible wind speed generation model: Markov chain with an embedded diffusion process,” *Energy*, vol. 164, pp. 316–328, 2018, doi: 10.1016/j.energy.2018.08.212.
- [7] X. dong Liu, F. Pan, L. Yuan, and Y. wang Chen, “The dependence structure between crude oil futures prices and Chinese agricultural commodity futures prices: Measurement based on Markov-switching GRG copula,” *Energy*, vol. 182, pp. 999–1012, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.06.071.
- [8] M. D. Angelica *et al.*, “Determinants of Time Allocation across the Lifespan A Theoretical Model and an Application to the,” *PLoS One*, 2012, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [9] G. Gozgor, A. K. Tiwari, N. Khraief, and M. Shahbaz, “Dependence structure between business cycles and CO2 emissions in the U.S.: Evidence from the time-varying Markov-Switching Copula models,” *Energy*, vol. 188, p. 115995, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.115995.
- [10] N. Yang, L. Han, C. Xiang, H. Liu, and X. Li, “An indirect reinforcement learning based real-time energy management strategy via high-order Markov Chain model for a hybrid electric vehicle,” *Energy*, vol. 236, p. 121337, 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.121337.
- [11] C. Sigauke and D. Chikobvu, “Estimation of extreme inter-day changes to peak electricity demand using Markov chain analysis: A comparative analysis with extreme value theory,” *J. Energy South. Africa*, vol. 28, no. 4, pp. 68–76, 2017, doi: 10.17159/2413-3051/2017/v28i4a2329.
- [12] A. Ketata and Z. Driss, “Characterization of double-entry turbine coupled with gasoline engine under in- and out-phase admission,” *Energy*, vol. 236, p. 121447, 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.121447.
- [13] S. Shelat, W. Daamen, B. Kaag, D. Duives, and S. Hoogendoorn, “A Markov-chain Activity-based Model for Pedestrians in Office Buildings,” *Collect. Dyn.*, vol. 5, pp. 423–430, 2020, doi: 10.17815/cd.2020.78.
- [14] H. Sarjono, R. Aryanto, and Novie, “The determination of optimal inventory using Markov Chain,” *WIT Trans. Inf. Commun. Technol.*, vol. 49, no. 1, pp. 1147–1157, 2014, doi: 10.2495/ICIE131402.
- [15] A. Baghela, “Application of Markov Process to Improve Production of Power Plant,” *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 200–203, 2015.
- [16] X. Lin, J. Wu, and Y. Wei, “An ensemble learning velocity prediction-based energy management strategy for a plug-in hybrid electric vehicle considering driving pattern adaptive reference SOC,” *Energy*, vol. 234, p. 121308, 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.121308.

- [17] J. D. Urrutia, J. L. Meneses, and G. V. A. Antonio, “Predicting Future Monthly Electricity Consumption in the Philippines using Markov-Chain Grey Model,” *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 33, pp. 1–44, 2019, doi: 10.17485/ijst/2019/v12i33/145762.
- [18] J. M. Colmenar, J. I. Hidalgo, and S. Salcedo-Sanz, “Automatic generation of models for energy demand estimation using Grammatical Evolution,” *Energy*, vol. 164, pp. 183–193, 2018, doi: 10.1016/j.energy.2018.08.199.
- [19] G. Zhang, E. H. Chimowitz, U. States, and U. States, “Energy network optimization using a Markov Chain-Monte Carlo algorithm,” *Int. J. Eng. Sci.*, vol. 11, no. 3, pp. 82–94, 2018.
- [20] E. Gubiy, “The Markov chain of energy carryover reserves in models of power supply reliability in remote,” *E3S Web Conf.*, vol. 114, no. 201 9, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/201911403004.
- [21] V. Janko and M. Luštrek, “Using Markov chains and multi-objective optimization for energy-efficient context recognition,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 1, 2018, doi: 10.3390/s18010080.
- [22] F. Peng *et al.*, “Sequential coalition formation for wind-thermal combined bidding,” *Energy*, vol. 236, p. 121475, 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.121475.