

**ANALISIS KESIAPSIAGAAN UNIT LAYANAN
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR KOTO PANJANG
DALAM MANAJEMEN EVAKUASI KEBAKARAN DENGAN
METODE *FIRST ORDER SECOND MOMENT***

DAN MONTE CARLO SIMULATION

UNIVERSITAS ANDALAS

TUGAS AKHIR

OLEH:

DEFRI AF

2110947001



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS ANDALAS

PADANG

2026

**ANALISIS KESIAPSIAGAAN UNIT LAYANAN
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR KOTO PANJANG
DALAM MANAJEMEN EVAKUASI KEBAKARAN DENGAN
METODE *FIRST ORDER SECOND MOMENT***

DAN MONTE CARLO SIMULATION

UNIVERSITAS ANDALAS
TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Strata-1 pada
Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Andalas

OLEH:

DEFRI AF
2110947001

Dosen Pembimbing:

Ir. Taufiq Ihsan, S.T., M.T., Ph.D., IPM

Dr. Tivany Edwin, S.T., M.Eng



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS ANDALAS

PADANG

2026

ABSTRAK

Unit Layanan Pembangkit Listrik Tenaga Air Koto Panjang (ULPLTA) dikategorikan sebagai tempat kerja berisiko Bahaya Kebakaran Sedang III karena adanya bahan mudah terbakar dan sistem kelistrikan kompleks. Insiden kebakaran di pembangkit sejenis menimbulkan risiko terhadap keselamatan, peralatan, dan operasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor signifikan yang mempengaruhi keberhasilan evakuasi, menilai keandalan sistem evakuasi kebakaran di ULPLTA Koto Panjang menggunakan metode probabilistik *First Order Second Moment* (FOSM) dan *Monte Carlo Simulation* (MCS), serta menganalisis sensitivitas variabel dalam model evakuasi. Pendekatan kuantitatif diterapkan melalui observasi lapangan, wawancara dengan personel kunci, dan kuesioner terhadap 75 pekerja. Data sekunder mencakup denah lokasi, prosedur tanggap darurat, dan laporan keselamatan. Dua skenario utama dianalisis, yakni evakuasi skenario 1 dari lantai 3 (*Office*) dan skenario 2 (dari ruang Operator/kontrol utama). Hasil analisis kesiapsiagaan personel tergolong baik (rata-rata 80%), namun sebagian masih kurang memahami rute evakuasi alternatif dan penggunaan alat pemadam. Hasil perhitungan FOSM menunjukkan indeks keandalan (β) sebesar 1,917 untuk skenario 1 (peluang keberhasilan 97%) dan 2,211 untuk skenario 2 (peluang keberhasilan 99,0%). Simulasi MCS (1.000.000 iterasi) mengonfirmasi hasil tersebut dengan tingkat keberhasilan masing-masing 99,1% dan 99,7%. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa waktu bergerak (t_m) memiliki korelasi negatif sangat kuat terhadap margin keselamatan (G), dengan nilai koefisien -0,849 (Skenario 1) dan -0,836 (Skenario 2), sehingga menjadi variabel paling sensitif. Sementara itu, t_d dan t_p menunjukkan korelasi sangat lemah yang mengindikasikan kontribusi yang lebih kecil terhadap variabilitas risiko. Secara keseluruhan, sistem evakuasi ULPLTA Koto Panjang memiliki keandalan tinggi, dengan prioritas penguatan pelatihan personel pada aspek navigasi rute darurat.

Kata kunci : Keandalan evakuasi, kebakaran, pembangkit listrik tenaga air, FOSM *First Order Second Moment*, *Monte Carlo Simulation*



ABSTRACT

The Hydropower Plant Service Unit of Koto Panjang (ULPLTA) is categorised as a workplace with a Moderate Fire Hazard Level III due to the presence of flammable materials and a complex electrical system. Fire incidents in similar power plants pose significant risks to personnel safety, equipment, and operational continuity. This study aims to identify the significant factors influencing evacuation success and to assess the reliability of the fire evacuation system at ULPLTA Koto Panjang using probabilistic methods, namely the First Order Second Moment (FOSM) and Monte Carlo Simulation (MCS). In addition, the sensitivity of variables in the evacuation model is analysed. This study applied a quantitative approach through field observations, interviews with key personnel, and questionnaires administered to 75 workers. Secondary data included site layout plans, emergency response procedures, and safety reports. Two main evacuation scenarios were analysed: Scenario 1 involved evacuation from the 3rd floor (office), while Scenario 2 involved evacuation from the operator or main control room. The results of the personnel preparedness analysis are categorised as good, with an average score of 80%. However, some personnel still lack an understanding of alternative evacuation routes and the proper use of fire extinguishing equipment. The FOSM calculation results show a reliability index (β) of 1.917 for Scenario 1, corresponding to a 97% probability of success, and 2.211 for Scenario 2, corresponding to a 99% probability of success. The MCS simulation, conducted with 1,000,000 iterations, confirms these findings, yielding success rates of 99.1% and 99.7%, respectively. Sensitivity analysis shows that movement time (t_m) has a robust negative correlation with the safety margin (G), with correlation coefficients of -0.849 for Scenario 1 and -0.836 for Scenario 2, making it the most sensitive variable. Meanwhile, t_d and t_p exhibit very weak correlations, indicating a minor contribution to overall risk variability. Overall, the evacuation system at ULPLTA Koto Panjang demonstrates high reliability, with priority given to strengthening personnel training in emergency route navigation.

Keywords: Evacuation reliability, fire, hydropower plant, First Order Second Moment (FOSM), Monte Carlo Simulation (MCS)

