

Manajemen Bencana Gempa Bumi untuk Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro

TESIS

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik dari
Universitas Darma Persada**

Oleh

Hafit Isandono

NIM : 2022910010

(Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan)



**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam tesis ini:

Judul : Manajemen Bencana Gempa Bumi Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro

Nama : Hafit Isandono

NIM : 2022910010

Program Studi : Magister Teknik Energi Terbarukan

Merupakan hasil penelitian dan karya Saya sendiri dengan bimbingan dosen pembimbing yang ditetapkan dengan surat keputusan Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan Program Pascasarjana Universitas Darma Persada. Tesis ini juga bebas dari segala bentuk plagiatisme.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahan data yang disajikan telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya. Apabila di kemudian hari terdapat pernyataan yang tidak benar, maka Saya bersedia dituntut sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 11 Juli 2024



Hafit Isandono

ABSTRAK

HAFIT ISANDONO (2022910010). Manajemen Bencana Gempa Bumi untuk Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro. Dibawah bimbingan Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M. Eng., Dr. Andy Tirta, M. Eng., dan Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rer.nat.

Penelitian ini mengevaluasi dampak gempa bumi terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Kokok Putih di Lombok, Nusa Tenggara Barat, dan merumuskan strategi manajemen bencana untuk meningkatkan ketahanan operasional PLTM terhadap gempa bumi. Data dikumpulkan melalui wawancara dengan pihak terkait, observasi langsung, dan analisis dokumen terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gempa bumi Lombok tahun 2018 menyebabkan kerusakan parah pada catchment area, yang memicu peningkatan sedimentasi dan banjir bandang, sehingga mengganggu operasional PLTM, mengakibatkan penurunan produksi listrik dan peningkatan biaya operasional. Langkah mitigasi berupa pembangunan intake tambahan, penambahan excavator, dan pembangunan saluran kedua telah dilakukan dan terbukti efektif dalam mengurangi downtime akibat debris dan meningkatkan produksi listrik. Selanjutnya disusun strategi manajemen bencana gempa bumi untuk PLTM yang meliputi manajemen pra-bencana, manajemen saat bencana, dan manajemen pasca-bencana, dengan memanfaatkan metode FMEA (*failure mode and effect analysis*) untuk melakukan risiko analisis dalam melakukan mitigasi. Strategi ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi pengelola PLTM dalam menghadapi bencana gempa bumi dan meminimalkan dampak negatifnya terhadap operasional PLTM.

Kata Kunci : PLTM, mitigasi gempa, manajemen bencana

ABSTRACT

HAFIT ISANDONO (2022910010). Earthquake Disaster Management for Mini Hydro Power Plants. Under the Guidance of Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M. Eng., Dr. Andy Tirta, M. Eng., dan Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rer.nat

This research evaluates the earthquake's impact on the Kokok Putih Mini-hydro Power Plant (PLTM) in Lombok, West Nusa Tenggara. It formulates a disaster management strategy to enhance the operational resilience of PLTM against earthquakes. Data were collected through interviews with relevant parties, direct observations, and analysis of related documents. The research findings indicate that the 2018 Lombok earthquake caused severe damage to the catchment area, triggering increased sedimentation and flash floods, thereby disrupting PLTM operations, and resulting in decreased electricity production and increased operational costs. Mitigation measures in constructing additional intakes, adding excavators, and building a second channel have been implemented and proven effective in reducing debris-related downtime and increasing electricity production. The research further develops an earthquake disaster management strategy for PLTM, encompassing pre-disaster management, during-disaster management, and post-disaster management, utilizing the FMEA (failure mode and effect analysis) method for conducting risk analysis in mitigation efforts. This strategy is expected to serve as a guideline for PLTM managers in facing earthquake disasters and minimizing their negative impacts on PLTM operations.

Keywords: hydropower plant, earthquake mitigation, disaster management

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

Judul : Manajemen Bencana Gempa Bumi Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro

Nama : Hafit Isandono

NIM : 2022910010

Telah disetujui oleh pembimbing dan penguji

Dr. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng

(Pembimbing Utama/Penguji)

Dr. Andy Tirta, M.Sc.

(Anggota/Penguji)

Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rer.nat.

(Anggota/Penguji)

Mengetahui

Ketua Program Studi

Direktur Pascasarjana

(Dr. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng)

(Dr. Ir. As Natio Lasman)

Tanggal Ujian :

Tanggal Yudisium :

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena hanya dengan nikmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis dengan judul “MANAJEMEN BENCANA GEMPA BUMI UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIDRO”. Tesis ini ditulis sebagai pemenuhan syarat dalam menyelesaikan studi pada sekolah pasca sarjana, program studi Teknik Energi Terbarukan Universitas Darma Persada.

Penulis berharap tesis ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan manajemen bencana gempa bumi untuk PLTM di Indonesia. Penulis juga berharap agar penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pihak-pihak terkait dalam upaya mitigasi dan penanganan dampak gempa bumi terhadap PLTM.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, saran dan kritikan yang membangun sangat diharapkan. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, 11 Juli 2024

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Hafit Isandono lahir di Pati, Jawa Tengah pada tanggal 17 Februari 1974. Penulis lahir dari pasangan Mohammad Ismail dan Suharti yang merupakan anak bungsu dari tujuh bersaudara.

Penulis memulai Pendidikan formal di SDN 01 Trangkil, Kabupaten Pati, Jawa Tengah pada tahun 1980 dan tamat di tahun 1986. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan Pendidikan ke SMPN 3 Pati dan tamat pada tahun 1989. Selanjutnya, penulis melanjutkan Pendidikan di SMAN 1 Pati dan selesai pada tahun 1992.

Selanjutnya penulis melanjutkan perjalanan akademisnya di *Georg Simon Ohm University of applied Science* di Nurnberg Jerman, bidang Mekatronika/Otomasi Produksi. Setelah berkarir di dunia industri pada bidang otomasi mesin, kelistrikan, teknik pendingin, dan terakhir menjadi plant manager pada Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) di Lombok, pada tahun 2022 penulis kembali memulai perjalanan akademiknya pada Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan, Program Studi Pasca Sarjana Universitas Darma Persada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan rahmat Allah SWT, penyusunan tesis ini mencapai tahap akhir dan selesai pada waktunya. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng, Bapak Dr. Andy Tirta, M.Sc. dan Bapak Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rer.nat. selaku dosen pembimbing. Selanjutnya Bapak Dr.Ir. Muhammad Syukri Nur, M.Si yang selalu menyemangati para mahasiswa. Para staff yang telah memberikan pelayanan prima, serta rekan rekan Angkatan 2022 yang senantiasa memberi semangat membara.
2. PT Nusantara Indo Energi yang telah memberi kesempatan dan fasilitas untuk mengikuti program studi ini, beserta keluarga besar PLTM Kokok Putih yang telah mensupport penulis dalam pengumpulan data yang digunakan dalam tesis ini.
3. Istri tercinta Ike Setiawati, SSi dan putra putri tersayang Wafa Istiqomah, Nuha Mufida, Ulya Hafizunisa, dan Labib Muttaqin, juga menantu Zuhriansyah Tanjung dan cucu Zaid Arsakha Tanjung yang selalu memberi dukungan dan doa sehingga tesis ini bisa terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam tesis ini. Semoga tesis ini dapat memberi manfaat dan panduan sebagai antisipasi dan penanganan bencana gempa bumi di seluruh PLTM di Indonesia.

Jakarta, 11 Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.5 Kerangka Penulisan Tesis	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Landasan Teori.....	7
2.1.1 Pengertian Bencana.....	7
2.1.2 Pengertian Manajemen Bencana	8
1. Manajemen Risiko Bencana	9

2.	Manajemen Kedaruratan	9
3.	Manajemen Pemulihan	9
2.1.3	Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro	11
2.1.4	Komponen Komponen PLTM	11
2.1.4.1	Catchment Area dan Jalan Akses	12
2.1.4.2	Komponen Teknis PLTM	13
2.1.5	Operasional PLTM	15
2.1.6	Jenis-Jenis Gangguan Operasional pada PLTM	15
2.2	Penelitian Terdahulu	16
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1	Alur Penelitian	20
3.2	Lokasi dan Subjek Penelitian	22
3.3	Teknik Pengumpulan Data	24
3.4	Metode Menganalisa Dampak Bencana	24
3.5	Metode Merumuskan Manajemen Bencana untuk PLTM	27
3.5.1	Metode Merumuskan Manajemen Pra Bencana untuk PLTM	27
3.5.1.1	Metode Identifikasi Resiko	27
3.5.1.2	Metode Kuantifikasi Resiko	28
3.5.1.3	Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode Analisis	30
3.5.1.4	Metode Merumuskan Mitigasi Risiko	31
3.5.2	Metode Merumuskan Manajemen Kedaruratan dan Pemulihan	32

BAB 4 ANALISIS DATA DAN HASIL PENELITIAN33

4.1	Gempa Lombok Tahun 2018	33
4.2	Analisis Dampak Gempa terhadap PLTM Kokok Putih.....	37
4.2.1	Dampak Gempa Terhadap Sumber Daya Manusia.....	37
4.2.2	Dampak Gempa terhadap Komponen Lingkungan PLTM	38
4.2.2.1	Kondisi Catchment Area Sebelum Gempa	38
4.2.2.2	Kondisi Catchment Area Pasca Gempa	45
4.2.2.3	Dampak Gempa terhadap Jalan Akses.....	48
4.2.3	Dampak Gempa terhadap Komponen Teknis PLTM	50
4.2.3.1	Kondisi Bangunan Bendung	50
4.2.3.2	Dampak Gempa terhadap Bendung	52
4.2.3.3	Kondisi Saluran Air (Water Way)	52
4.2.3.4	Dampak Gempa terhadap Saluran Air	56
4.2.3.5	Kondisi Pipa Pesat (Penstock)	59
4.2.3.6	Dampak Gempa terhadap Pipa Pesat	60
4.2.3.7	Kondisi Jembatan Gantung	62
4.2.3.8	Dampak Gempa terhadap Jembatan Gantung	63
4.2.3.9	Kondisi Power House	64
4.2.3.10	Dampak Gempa terhadap Power House	65
4.2.3.11	Kondisi Turbin, Generator, dan Transformator	66
4.2.3.12	Dampak Gempa terhadap Turbin, Generator, dan Transformator	68
4.2.3.13	Kondisi Tailrace.....	68
4.2.3.14	Dampak Gempa terhadap Tailrace.....	69
4.2.4	Dampak Gempa terhadap Komponen Penunjang	70
4.2.4.1	Bangunan Kantor dan Mess Karyawan.....	70

4.2.4.2	Dampak Gempa terhadap Kantor dan Mess Karyawan	71
4.2.5	Dampak Gempa terhadap Operasional PLTM.....	74
4.2.5.1	Dampak Terhadap Operasional Saat Terjadi Gempa	74
4.2.5.2	Dampak terhadap Produksi Saat Terjadi Gempa	75
4.2.5.3	Dampak terhadap Operasional Pasca Gempa	78
4.2.5.4	Dampak terhadap Produksi Pasca Gempa	83
4.2.6	Dampak terhadap Keuangan Perusahaan	88
4.2.6.1	Kehilangan Pendapatan Akibat Downtime Saat Gempa.....	89
4.2.6.2	Munculnya Biaya Perbaikan	89
4.2.6.3	Penurunan Produksi Pasca Gempa.....	90
4.2.6.4	Penambahan Biaya Operasional.....	91
4.3	Langkah Mitigasi	92
4.3.1	Langkah Mitigasi yang Dilakukan PLTM Kokok Putih	92
4.3.1.1	Membangun Intake Tambahan	93
4.3.1.2	Menambah Jumlah Excavator.....	95
4.3.1.3	Membangun Saluran Kedua dari Intake ke Bak Pengendap	95
4.3.2	Hasil dari Langkah Mitigasi.....	97
4.3.2.1	Penurunan Downtime karena Debris	98
4.3.2.2	Kenaikan Produksi.....	99
4.3.2.3	Pengurangan Biaya Operasional	101
4.3.3	Analisis Finansial terhadap Langkah Mitigasi	103
4.3.3.1	Analisis Finansial terhadap Pembuatan Intake Tambahan.....	103
4.3.3.2	Analisis Finansial terhadap Pembuatan Saluran dan Pembelian Excavator.	105
4.4	Manajemen Bencana Gempa untuk PLTM.....	107

4.4.1	Manajemen Risiko Sebelum Terjadi Gempa	107
4.4.1.1	Langkah-Langkah Pengkajian Risiko dengan Metode FMEA.....	108
4.4.1.2	Identifikasi Risiko.....	112
4.4.1.3	Kuantifikasi Risiko	122
4.4.1.4	Mitigasi Risiko.....	128
4.4.2	Manajemen Kedaruratan Saat Terjadi Gempa	130
4.4.2.1	<i>Emergency Stop</i>	130
4.4.2.2	Identifikasi Cepat Keselamatan Karyawan Pasca Gempa.....	132
4.4.2.3	Koordinasi dengan Pihak Berwenang dan Instansi Terkait.....	133
4.4.2.4	Identifikasi Cepat Kerusakan dan Gangguan PLTM	134
4.4.3	Manajemen Pemulihan Setelah Terjadi Gempa.....	136
4.4.3.1	Pemulihan Pasokan Listrik sebagai Prioritas Utama.....	136
4.4.3.2	Mengembalikan Produktivitas PLTM.....	138
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		142
5.1	Kesimpulan	142
5.2	Saran.....	143
DAFTAR PUSTAKA.....		146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tahapan Manajemen Bencana.....	10
Gambar 2.2. Skema PLTM.....	14
Gambar 3.1. Flowchart Alur Penelitian.....	20
Gambar 1.2. Lokasi PLTM Kokok Putih di Pulau Lombok.....	23
Gambar 3.3. Proses Analisis Dampak Gempa.....	25
Gambar 4.1. Area Tangkapan Air Bendung Kokok Putih.....	39
Gambar 4.2. Lereng terjal dengan longsoran yang luas (arah foto ke hilir).....	40
Gambar 4.3. Alur outlet dengan mata air panas, foto ke arah hulu	41
Gambar 4.4. Alur outlet menuju hilir	41
Gambar 4.5. Lokasi titik titik terbuka yang berpotensi longsor	42
Gambar 4.6. Bendungan tahun 2013, masih berfungsi sebagai penampung air..	44
Gambar 4.7. Bendungan tahun 2017, penuh sedimen dan batuan.....	44
Gambar 4.8. Foto drone, Air tidak tertampung tetapi membentuk aliran	45
Gambar 4.9. Gambaran longsor tebing sungai akibat gempa.....	46
Gambar 4.10. Gambaran longsor tebing sungai akibat gempa.....	47
Gambar 4.11. Tidak terjadi kerusakan pada jembatan	49
Gambar 4.12. Rawan longsor pada tebing di pinggir jalan akses.....	49
Gambar 4.13. Bendungan PLTM Kokok Putih	51

Gambar 4.14. Jenis lapisan batuan keras, diatas batuan seperti ini	51
Gambar 4.15. Bangunan Bendungan tidak terdampak oleh gempa	52
Gambar 4.16. Saluran Muka.....	53
Gambar 4.17. Pengendap (upstream)	54
Gambar 4.18. Pengendap (downstream)	54
Gambar 4.19. Mulut Saluran Pembawa.....	55
Gambar 4.20. Muara Saluran Pembawa	55
Gambar 4.21. Bak Penenang	56
Gambar 4.22. Longsoran tebing yang menimpa saluran tertutup.....	57
Gambar 4.23. Reruntuhan tebing yang masuk ke saluran terbuka	58
Gambar 4.24. Rembesan di lantai jembatan air.....	59
Gambar 4.25. Pipa Pesat.....	60
Gambar 4.26. Penyok dan sabuk patah	62
Gambar 4.27. Foto drone jembatan gantung	63
Gambar 4.28. Foto jembatan gantung dilihat dari sisi downstream	63
Gambar 4.29. Power House PLTM Kokok Putih.....	65
Gambar 4.30. Turbin dan Generator.....	66
Gambar 4.31. 2 unit transformator PLTM Kokok Putih	67
Gambar 4.32. Nameplate Transformator.....	67

Gambar 4.33. Tailrace	69
Gambar 4.34. Bangunan Mess dan Kantor sebelum gempa.....	71
Gambar 4.35. Foto drone mess karyawan (kiri) dan Kantor (kanan).....	72
Gambar 4.36. Foto Mess Karyawan bagian luar	72
Gambar 4.37. Foto mess karyawan bagian dalam.....	73
Gambar 4.38. Foto Saluran pada musim hujan (dok 23 Januari 2019)	78
Gambar 4.39. Intake yang tersumbat limbah hutan (dok. 23 Januari 2019).....	79
Gambar 4.40. Pembersihan sedimen (dok. 23 Januari 2019)	80
Gambar 4.41. Saluran penuh sedimen (dok. 2 Januari 2020).....	81
Gambar 4.42. Sandtrap penuh sedimen dan limbah hutan (2 Januari 2020).....	82
Gambar 4.43. Intake tersumbat (dok. 20 Maret 2020)	82
Gambar 4.44. Saluran Muka penuh pasir dan bebatuan (dok.27 Maret 2020)....	83
Gambar 4.45. Posisi intake tambahan pada bendungan	94
Gambar 4.46. Posisi saluran air kedua	96
Gambar 4.47. Langkah Langkah FMEA	111
Gambar 4.48. Langkah langkah manajemen kedaruratan	136
Gambar 4.49. Langkah langkah Manajemen Pemulihan.....	140

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	11
Tabel 3.1. Klasifikasi Tingkat Kerusakan akibat dampak gempa	25
Tabel 3.2. Klasifikasi Pengaruh terhadap Operasional PLTM.....	26
Tabel 3.3. Hasil Evaluasi Dampak Gempa terhadap PLTM	26
Tabel 4.1. Rekapitulasi Jumlah Korban akibat gempa Bumi di Lombok.....	36
Tabel 4.2. Rekapitulasi Kerusakan Rumah yang timbul akibat Gempabumi.....	36
Tabel 4.3. Titik Longsor di sepanjang alur Sungai Kokok Putih	43
Tabel 4.4. Ringkasan dampak gempa terhadap komponen PLTM	50
Tabel 4.5. Spesifikasi Turbin dan Generator.....	66
Tabel 4.6. Ringkasan dampak gempa terhadap komponen PLTM	73
Tabel 4.7. Downtime PLTM Kokok Putih pada saat gempa.....	77
Tabel 4.8. Downtime karena debris dalam jam.....	81
Tabel 4.9. Produksi Listrik tahun 2016 – 2020 dalam kWH.....	85
Tabel 4.10. Perbandingan produksi per bulan sebelum dan sesudah gempa.....	87
Tabel 4.11. Pembelian solar dari tahun 2018 - 2020.....	91
Tabel 4.12. Dampak Gempa terhadap keuangan perusahaan.....	92
Tabel 4.13. Langkah-langkah mitigasi dampak kerusakan catchment area	97
Tabel 4.14. Downtime karena debris dalam jam.....	98

Tabel 4.15 Produksi Listrik di bulan hujan tahun 2020 – 2023 dalam kWh.....	100
Tabel 4.16. Belanja Bahan bakar excavator dari tahun 2020 - 2023.....	102
Tabel 4.17. Hasil mitigasi pada PLTM Kokok Putih	103
Tabel 4.18. Hasil Analisis Finansial terhadap Langkah Mitigasi.....	107
Tabel 4.19. Skala Peringkat Keparahan Durasi (TS)	125
Tabel 4.20. Skala Peringkat Keparahan Penurunan Daya.....	125
Tabel 4.21. Skala Peringkat Keparahan Biaya Perbaikan.....	125
Tabel 4.22. Skala Peringkat Kemungkinan Kejadian (O)	126
Tabel 4.23. Skala Peringkat Kemungkinan Terdeteksi (D).....	126
Tabel 4.24. Form Penentuan Angka Prioritas Risiko (RPN)	127
Tabel 4.25. Form Penyusunan Mitigasi Risiko	130
Tabel 4.26. Form Identifikasi Keselamatan Karyawan.....	132
Tabel 4.27. Form Identifikasi Cepat Kerusakan dan Gangguan PLTM.....	135

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1. Produksi Bulan Juli 2018.....	75
Grafik 4.2. Produksi Bulan Agustus 2018	76
Grafik 4.3. Curah hujan sembalun tahun 2014,2017,2018,2019	84
Grafik 4.4. Grafik Produksi tahun 2016 – 2020.....	85
Grafik 4.5. Grafik Produksi tahun 2020 – 2023.....	99

