ANALISIS SPASIAL RISIKO PENCEMARAN UDARA AMBIEN BERBASIS ISPU DI AREA PLTU CELUKAN BAWANG DAN KAWASAN PERMUKIMAN SEKITARNYA

TESIS

OLEH:
LAURENSIUS IVANDER COLORADO
2529161002

PROGRAM STUDI MANAJEMEN LINGKUNGAN (S2)
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA

- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunaan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSrE - BSSN, validitias dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSrE
- Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

Balai Sertifikasi Elektronik



- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunaan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSrE - BSSN, validitias dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSrE
- Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

Balai Sertifikasi Elektronik

TESIS

DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI TUGAS DAN MEMENUHI SYARAT-SYARAT UNTUK MENCAPAI GELAR MAGISTER LINGKUNGAN

Menyetujui

Pembimbing I	Prof. Dr. I Gede Astra Wesnawa, M.Si. NIP.196204251990031002
Pembimbing II	Prof. Dr. I Made Gunamantha, S.T., M.M. NIP.196808282002121001

- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunaan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSrE - BSSN, validitias dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSrE
- Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

Balai Sertifikasi Elektronik

Tesis oleh Laurensius Ivander Colorado telah dipertahankan di depan tim penguji dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Lingkungan di Manajemen Lingkungan (S2), Program Pascasarjana, Universitas Pendidikan Ganesha
Pada tanggal 09 Oktober 2026

Dewan Penguji

Ketua	Prof. Dr. I Gede Astra Wesnawa, M.Si. NIP.196204251990031002
Anggota	Prof. Dr. I Made Gunamantha, S.T., M.M. NIP.196808282002121001
Anggota	Dr. Gede Iwan Setiabudi, S.Pd., M.Si. NIP.198005182006041002
Anggota	Putu Indra Christiawan, S.Pd., M.Sc., Ph.D. NIP.198707172014041002

Mengetahui Direktur Program Pascasarjana

Universitas Pendidikan Ganesha,

Prof. Dr. I Nyoman Jampel, M.Pd.

NIP.195910101986031003

- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunaan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSrE - BSSN, validitias dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSrE
- Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

Balai Sertifikasi Elektronik

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Manajemen Lingkungan dari Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas dan sesuai dengan norma, kaidah, serta etika akademis.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Singaraja, 12 Oktober 2026

Yang memberi pernyataan,



(Laurensius Ivander Colorado)

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya, tesis yang berjudul "Analisis Spasial Risiko Pencemaran Udara Ambien Berbasis ISPU Di Area PLTU Celukan Bawang dan Kawasan Permukiman Sekitarnya" dapat diselesaikan sesuai dengan yang direncanakan.

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Magister pada Program Studi Manajemen Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Pendidikan Ganesha. Penyelesaian tesis ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, arahan, serta kontribusi berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada:

1. Prof. Dr. I Gede Astra Wesnawa, M.Si., selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan hingga penyelesaian tesis ini;
2. Prof. Dr. I Made Gunamantha, S.T., M.M., selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, koreksi, saran ilmiah, serta masukan yang sangat berarti dalam penyempurnaan tesis ini;
3. Putu Indra Christiawan, S.Pd., M.Sc., Ph.D. dan Dr. Gede Iwan Setiabudi, S.Pd., M.Si., selaku tim penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang konstruktif untuk meningkatkan kualitas tesis ini;
4. Koordinator Program Studi Manajemen Lingkungan beserta seluruh dosen dan staf Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha yang telah memberikan ilmu, pelayanan akademik, bantuan, dan dukungan selama penulis menempuh pendidikan;
5. Direktur Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha beserta seluruh staf yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama proses pendidikan dan penyelesaian tesis;
6. Manajemen PT General Energy Bali (PLTU Celukan Bawang) serta pihak-pihak terkait yang telah memberikan dukungan, informasi, dan kesempatan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian;
7. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Manajemen Lingkungan yang telah memberikan dukungan, semangat, dan kebersamaan selama proses perkuliahan hingga penyelesaian tesis ini;

8. Istri dan anak-anak tercinta, serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan, pengertian, semangat, dan motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan dan menyelesaikan tesis ini.

Semoga segala bantuan, dukungan, dan kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa. Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan karya ilmiah ini.

Penulis berharap tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang manajemen lingkungan, pemetaan spasial kualitas udara, dan analisis risiko pencemaran udara, serta dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan, pemerintah, dan pemangku kepentingan dalam pengelolaan kualitas udara di kawasan sekitar PLTU Celukan Bawang.

Singaraja, 12 Oktober 2026

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN ..... **iv**
LEMBAR PERNYATAAN ..... **vi**
PRAKATA ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **ix**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
ABSTRAK ..... **xiv**
BAB I. PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Identifikasi Masalah 8
1.3. Pembatasan Masalah 9
1.4. Rumusan Masalah 9
1.5. Tujuan Penelitian 10
1.6. Manfaat Penelitian 10
1.7. Publikasi 11
BAB II. KAJIAN PUSTAKA **12**
2.1. Polusi Udara dari Sumber Stasioner (PLTU) 12
2.1.1. Sumber dan Karakteristik Emisi PLTU 12
2.1.2. Dampak Emisi terhadap Kesehatan dan Lingkungan 14
2.1.3. Pencemaran Udara Ambien 16
2.1.4. Faktor yang Mempengaruhi Pencemaran Udara Ambien 17
2.2. Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam Pemodelan Lingkungan 19
2.2.1. Konsep dan Fungsi Analisis Spasial dalam SIG 19
2.2.2. Aplikasi ArcGis dalam Pemetaan Risiko Pencemaran Udara 20
2.3. Konsep Zonasi Risiko dan Analisis Risiko Lingkungan 21
2.3.1. Penentuan Kriteria dan Klasifikasi Zona Risiko dengan Metode Indeks Standar Pencemaran Udara 21
2.3.2. Integrasi Data Spasial untuk Analisis Kerentanan 24
2.4. Strategi Manajemen dan Mitigasi Pencemaran Udara 25
2.4.1. Teknologi Pengendalian Pencemaran Udara 25
2.4.2. Program Monitoring dan Manajemen Lingkungan 26
2.5. Sintesis Teori dan Konsep Penelitian 27
2.6. Penelitian Terdahulu yang Relevan 28
2.7. Kerangka Berpikir 30
BAB III. METODE PENELITIAN **33**
3.1. Jenis Metode Penelitian 33
3.1.1. Metode Survei dan Pemetaan Lapangan 33
3.1.2. Metode Laboratorium 34
3.1.3. Metode Wawancara 34
3.1.4. Metode Matematis 35

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian 35
3.3. Populasi dan Sampel Penelitian 38
3.3.1. Populasi 38
3.3.2. Teknik Sampling dan Penentuan Batas Lokasi Sampling Penelitian 38
3.3.3. Jumlah dan Sampel Penelitian 42
3.4. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data 46
3.4.1. Tahap Persiapan 47
3.4.1.1. Studi Literatur 47
3.4.1.2. Administrasi 47
3.4.1.3. Pengumpulan Data Sekunder 47
3.4.1.4. Persiapan Peralatan dan Perlengkapan Penelitian 49
3.4.1.5. Observasi Lapangan 49
3.4.1.6. Peta Tentatif Sementara 49
3.4.2. Tahap Kerja Lapangan 49
3.4.2.1. Survei dan Pemetaan Penggunaan Lahan, Serta Topografi 50
3.4.2.2. Pengukuran Kualitas Udara Ambien 51
3.4.3. Tahap Kerja Laboratorium 52
3.4.3.1. Tahap Uji Kualitas Udara Ambien 52
3.5. Tahap Analisis Data 53
3.5.1. Analisis Data untuk Sajian pada Rona Lingkungan 53
3.5.2. Analisis Data untuk Sajian Evaluasi Hasil Penelitian 54
3.5.3. Analisis Spasial Pemodelan ArcGis untuk Strategi Manajemen dan Mitigasi Pencemaran Udara 55
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 60
4.1. Hasil Penelitian 64
4.1.1. Evaluasi Rona Lingkungan Hidup 64
4.1.1.1. Iklim Arah Angin dan Kecepatan Angin Daerah Penelitian 64
4.1.1.2. Bentuk Lahan Daerah Penelitian 68
4.1.1.3. Penggunaan Lahan Daerah Penelitian 71
4.1.1.4. Sosial dan Kesehatan Masyarakat Daerah Penelitian 73
4.1.2. Status Mutu Kualitas Udara Ambien 76
4.1.3. Pola Pemetaan Zona Risiko Pencemaran Udara Berdasarkan ISPU 85
4.1.3.1. Analisis Hasil Perhitungan ISPU 85
4.1.3.2. Analisis Pola Pemetaan Zona Risiko Pencemaran Udara 87
4.1.4. Overlay Pola Pemetaan Zona Risiko Pencemaran Udara Berdasarkan Arah dan Kecepatan Angin, Penggunaan Lahan, Topografi, serta Nilai ISPU 96

4.1.4.1.Overlay Pola Pemetaan Zona Risiko terhadap Nilai ISPU SO2 99
4.1.4.2.Overlay Pola Pemetaan Zona Risiko terhadap Nilai ISPU NO2 103
4.1.4.3.Overlay Pola Pemetaan Zona Risiko terhadap Nilai ISPU PM2,5 106
4.1.4.4.Overlay Pola Pemetaan Zona Risiko terhadap Nilai ISPU PM10 108
4.1.5. Penentuan Strategi Rekomendasi Manajemen Lingkungan Berdasarkan Skoring Pembobotan 110
4.1.5.1.Skoring Kategori Indesks Standar Pencemaran Udara (ISPU) 110
4.1.5.2.Skoring Indeks Kerentanan Hasil Wawancara Sosaial 111
4.1.5.3.Hasil Integrasi Zona Risiko dan Arah Strategi Manajemen 113
4.2. Pembahasan 114
4.2.1. Kualitas Udara Ambien di Pemukiman Sekitar PLTU Celukan Bawang 114
4.2.2. Pola Pemetaan Zona Risiko Pencemaran Udara 117
4.2.3. Strategi Manajemen Perusahaan 121
4.2.3.1.Strategi Manajemen Melalui Pendekatan Teknologi 123
4.2.3.2.Strategi Manajemen Melalui Pendekatan Sosial Ekonomi 125
4.2.3.3.Strategi Manajemen Melalui Pendekatan Institusi 127
BAB V. PENUTUP 130
5.1. Kesimpulan 130
5.2. Saran 133
5.3. Keterbatasan Penelitian 135
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Batas ISPU Dalam Satuan SI 22
Tabel 2.2. Kategori ISPU 24
Tabel 2.3. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang dilakukan 28
Tabel 3.1. Estimasi Populasi dan Distribusi Responden berdasarkan Zona Jarak 45
Tabel 3.2. Tujuan, Parameter, Jenis Data, dan Sumber Data yang Dibutuhkan 47
Tabel 3.3. Parameter Data Primer dan Karakteristiknya 50
Tabel 3.4. Baku Mutu Udara Ambien Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 52
Tabel 3.5. Batas ISPU Dalam Satuan SI 54
Tabel 3.6. Skoring Kategori ISPU 55
Tabel 3.7. Skoring Kuantifikasi Hasil Wawancara Sosial 56
Tabel 3.8. Penentuan Strategi Manajemen Berdasarkan Tingkat Risiko 58
Tabel 4.1. Data Arah dan Kecepatan Angin 66
Tabel 4.2. Karakteristik Mata Pencaharian Responden Berdasarkan Radius 73
Tabel 4.3. Distribusi Keluhan Kesehatan Ternomalisasi Berdasarkan Radiius 73
Tabel 4.4. Status Mutu Kualitas Udara Ambien 76
Tabel 4.5. Nilai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) pada permukiman Sekitar PLTU Celukan Bawang 85
Tabel 4.6. Skoring ISPU Berdasarkan Radius 110
Tabel 4.7. Skoring Indeks Kerentanan Sosial Berdasarkan Radius 111
Tabel 4.8. Strategi Manajemen Berbasis Radius Zona Risiko 114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kerangka Berpikir 32
Gambar 3.1. Peta Batas Administrasi Penelitian 37
Gambar 3.2. Peta Batas Lokasi Penelitian 41
Gambar 3.3. Peta Titik Pengambilan Sampling Penelitian 45
Gambar 3.4. Diagram Alir Tahap Kerja Penelitian 46
Gambar 3.5. Pengukuran Kualitas Udara Ambien 52
Gambar 4.1. Peta Sebaran Arah dan Kecepatan Angin Daerah Penelitian 67
Gambar 4.2. Kondisi Bentuk Lahan Daerah Penelitian, Kamera Menghadap Utara 69
Gambar 4.3. Kondisi Bentuk Lahan Daerah Penelitian, Kamera Menghadap Selatan 69
Gambar 4.4. Peta Topografi Daerah Penelitian 70
Gambar 4.5. Peta Penggunaan Lahan Daerah Penelitian 72
Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Nilai Terukur SO2, NO2, PM2,5; dan PM10 77
Gambar 4.7. Peta Sebaran Kualitas Udara Ambien Parameter SO2 78
Gambar 4.8. Peta Sebaran Kualitas Udara Ambien Parameter NO2 80
Gambar 4.9. Peta Sebaran Kualitas Udara Ambien Parameter PM2,5 82
Gambar 4.10. Peta Sebaran Kualitas Udara Ambien Parameter PM10 84
Gambar 4.11. Grafik Perbandingan Nilai ISPU Terukur SO2, NO2, PM2,5; dan PM10 86
Gambar 4.12. Peta Zona Risiko Pencemaran Udara Parameter SO2 89
Gambar 4.13. Peta Zona Risiko Pencemaran Udara Parameter NO2 91
Gambar 4.14. Peta Zona Risiko Pencemaran Udara Parameter PM2,5 93
Gambar 4.15. Peta Zona Risiko Pencemaran Udara Parameter PM10 95
Gambar 4.16. Overlay Pola Pemetaan Zona Risiko Terhadap Nilai SO2 98
Gambar 4.17. Overlay Pola Pemetaan Zona Risiko Terhadap Nilai NO2 100
Gambar 4.18 Overlay Pola Pemetaan Zona Risiko Terhadap Nilai PM2,5 107
Gambar 4.19 Overlay Pola Pemetaan Zona Risiko Terhadap Nilai PM10 109