

**PENGELOMPOKAN PROVINSI DI INDONESIA BERDASARKAN
INDEKS KUALITAS LINGKUNGAN HIDUP DAN INDIKATOR SOSIAL
EKONOMI MENGGUNAKAN K-MEANS CLUSTERING PADA TAHUN
2024**

(Skripsi)

Oleh

Septiana Dwi Nurmala



**JURUSAN EKONOMI PEMBANGUNAN
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PENGELOMPOKAN PROVINSI DI INDONESIA BERDASARKAN INDEKS KUALITAS LINGKUNGAN HIDUP DAN INDIKATOR SOSIAL EKONOMI MENGGUNAKAN K-MEANS CLUSTERING PADA TAHUN 2024

Oleh

SEPTIANA DWI NURMALA

Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan indikator sosial ekonomi tahun 2024 guna mengidentifikasi karakteristik pembangunan berkelanjutan antarwilayah. Indikator yang digunakan meliputi PDRB sektor industri manufaktur, PDRB sektor pertambangan, PDRB per kapita, tingkat kemiskinan, dan kepadatan penduduk. Metode analisis yang digunakan adalah K-Means Clustering dengan penentuan jumlah cluster optimal menggunakan metode Elbow dan Silhouette. Selanjutnya, dilakukan uji beda dua rata-rata untuk menguji perbedaan karakteristik antar cluster yang terbentuk.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terbentuk dua cluster pada masing-masing model dengan karakteristik yang berbeda secara signifikan. Model berbasis sektor pertambangan menunjukkan pemisahan cluster yang lebih kuat dibandingkan model berbasis sektor industri manufaktur, terutama dalam membedakan kualitas lingkungan dan kondisi sosial ekonomi antarprovinsi. Temuan ini mengindikasikan bahwa struktur ekonomi daerah berperan penting dalam memengaruhi variasi kualitas lingkungan hidup dan kesejahteraan masyarakat.

Penelitian ini memberikan implikasi kebijakan bahwa perencanaan pembangunan berkelanjutan perlu mempertimbangkan karakteristik sektoral dominan agar intervensi kebijakan lebih tepat sasaran.

Kata Kunci: K-Means Clustering, IKLH, Pembangunan Berkelanjutan

ABSTRACT

GROUPING OF PROVINCES IN INDONESIA BASED ON ENVIRONMENTAL QUALITY INDEX AND SOCIO-ECONOMIC INDICATORS USING K-MEANS CLUSTERING IN 2024

By

SEPTIANA DWI NURMALA

This study aims to classify provinces in Indonesia based on the Environmental Quality Index (EQI) and socio-economic indicators in 2024 to identify regional characteristics of sustainable development. The socio-economic indicators include Gross Regional Domestic Product (GRDP) of the manufacturing sector, GRDP of the mining sector, GRDP per capita, poverty rate, and population density. The analytical method employed is K-Means Clustering, with the optimal number of clusters determined using the Elbow and Silhouette methods. Furthermore, an independent sample t-test was conducted to examine differences between the formed clusters.

The results indicate that two clusters were formed in each model with statistically significant differences in characteristics. The mining-based model demonstrates stronger cluster separation compared to the manufacturing-based model, particularly in distinguishing environmental quality and socio-economic conditions among provinces. These findings suggest that regional economic structure plays a crucial role in shaping variations in environmental quality and social welfare across provinces.

This study provides policy implications that sustainable development planning should consider dominant sectoral characteristics to ensure more targeted and effective policy interventions.

Keyword: K-Means Clustering, Environmental Quality Index, Sustainable Development

**PENGELOMPOKAN PROVINSI DI INDONESIA BERDASARKAN
INDEKS KUALITAS LINGKUNGAN HIDUP DAN INDIKATOR SOSIAL
EKONOMI MENGGUNAKAN K-MEANS CLUSTERING PADA TAHUN
2024**

Oleh

SEPTIANA DWI NURMALA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA EKONOMI

Pada
Jurusan Ekonomi Pembangunan
Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung



**FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul Skripsi : **PENGELOMPOKAN PROVINSI DI
INDONESIA BERDASARKAN INDEKS
KUALITAS LINGKUNGAN HIDUP DAN
INDIKATOR SOSIAL EKONOMI
MENGUNAKAN K-MEANS CLUSTERING
PADA TAHUN 2024**

Nama Mahasiswa : **Septiana Dwi Nurmalia**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2211021131**

Jurusan : **Ekonomi Pembangunan**

Fakultas : **Ekonomi dan Bisnis**



MENGETAHUI

Ketua Jurusan Ekonomi Pembangunan

A handwritten signature in black ink, belonging to Dr. Arivina Ratih Y.T.

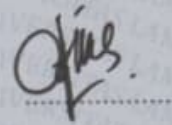
Dr. Arivina Ratih Y.T., S.E., M.M.

NIP. 198007052006042002

MENGESAHKAN

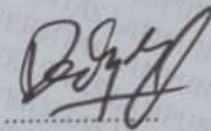
1. Tim Penguji
Ketua

: Zulfa Emalia, S.E., M.Sc.



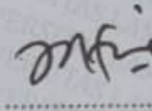
Penguji I

: Dr. Dedy Yulianan, S.E., M.Si.



Penguji II

: Emi Maimunah, S.E., M.Si.



2. Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis



Prof. Dr. Nurrobbil, S.E., M.Si.
NIP. 19660602119931003

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 Maret 2026

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Septiana Dwi Nurmala

NPM : 2211021131

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup dan Indikator Sosial Ekonomi Menggunakan K-Means Clustering pada Tahun 2024" telah ditulis dengan sungguh-sungguh dan bukan merupakan penjiplakan hasil karya orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, maka saya sanggup menerima hukuman atau sanksi yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 Maret 2026

Penulis



Septiana Dwi Nurmala

NPM.2211021131

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Septiana Dwi Nurmala, lahir di Desa Bumi Dipasena Agung, Tulang Bawang pada tanggal 03 September 2003. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, pasangan (Alm) Bapak Masru'in dan Ibu Yentri Wahyuningsih.

Penulis memulai jenjang pendidikan formal di TK Xaverius Bumi Dipasena Agung, Tulang Bawang pada tahun 2008-2009. Kemudian menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 1 Bumi Dipasena Agung dan lulus pada tahun 2015. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP N 1 Rawajitu Timur, Tulang Bawang dan lulus pada tahun 2018. Kemudian melanjutkan sekolah menengah kejuruan di SMK Al-Iman 1 Banjar Agung, Tulang Bawang dan lulus pada tahun 2021.

Pada tahun 2022, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Universitas Lampung, Jurusan Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai organisasi dan kegiatan positif lainnya, seperti HIMEPA, UKM-F EEC, UKM-F Rois FEB. Pada tahun 2022-2023 menjadi Staff Bidang 1 Keilmuan & Penalaran di HIMEPA. Kemudian penulis diamanahkan menjadi Sekretaris Departemen Public Relations UKM-F Rois FEB pada tahun 2023-2024. Penulis juga sempat magang mandiri di BAPPEDA Provinsi Lampung tahun 2025 dan di BPS Provinsi Lampung awal tahun 2026 selama satu bulan. Penulis telah melaksanakan KKN Universitas Lampung Periode 1 Tahun 2024 di Desa Kuala Sekampung, Kecamatan Sragi, Kabupaten Lampung Selatan.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya,
Dia mendapat (pahala) dari (kebajikan) yang dikerjakannya dan mendapat (siksa)
dari (kejahatan) yang diperbuatnya”

(Q.S. Al-Baqarah:286)

“Aku membahayakan nyawa mamaku untuk lahir ke dunia, jadi tidak mungkin
aku tidak ada artinya, dan aku membuat (Alm) bapak bekerja tiap hari hingga
lelah, jadi aku pastikan lelahnya tidak akan sia sia.”

“Sebab Tuhan telah berjanji, setelah sempit ada kemudahan.”

(Raim Laode)

“Jika bukan karena Allah yang memampukan, aku mungkin sudah lama
menyerah”

(Septiana Dwi Nurmala)

PERSEMBAHAN



Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT berkat limpahan karunia, rahmat, dan hidayah-Nya, serta tidak lupa sholawat beriring salam kepada Nabi Muhammad SAW. Dengan ketulusan hati, penulis persembahkan tulisan ini kepada:

Orang Tuaku tercinta

(Alm) Bapak & Mama

Terima kasih yang tiada habisnya atas cinta tanpa syarat, doa yang tiada henti, serta segala pengorbanan yang telah kalian berikan sepanjang hidupku. Setiap nasihat, perjalanan hidup, dan pelukan hangat kalian adalah kekuatan terbesar dalam perjalanan ini. Setiap langkah yang kuambil, setiap mimpi yang kukejar, adalah karena dukungan, bimbingan, dan cinta kalian yang tak terbatas. Kalian adalah alasan mengapa aku tidak pernah menyerah. Semoga Allah SWT membalas dengan kesehatan, kebahagiaan, kelancaran rezeki, serta keberkahan dunia dan akhirat. Love you both, always, and forever.

Keluarga Besar

Yang telah mendukung dan mendoakan penulis

Almamater Tercinta

Jurusan Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi dan Bisnis

Universitas Lampung

Kepada seluruh dosen Jurusan Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung, terima kasih telah memberikan ilmu, wawasan, serta bimbingan selama masa perkuliahan.

SANWACANA

Bismillahirrahmanirrahim,

Alhamdulillahirobbil'alamin puji dan Syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, atas berkat dan limpahan kasih dan sayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengelompokan Provinsi di Indonesia berdasarkan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup dan Sosial Ekonomi Menggunakan K-Means Clustering pada Tahun 2024”** sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Ekonomi Pembangunan di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak akan berjalan baik tanpa peran dan bantuan dari berbagai pihak, maka dari itu dengan kerendahan hati dan ketulusan, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Nairobi, S.E., M.Si. selaku Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung
2. Ibu Dr. Arivina Ratih Y.T, S.E., M.M. selaku Ketua Jurusan Ekonomi Pembangunan Universitas Lampung
3. Ibu Zulfa Emalia, S.E., M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung sekaligus Dosen Pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, memberikan motivasi, mendorong penulis untuk terus semangat, membimbing dengan sangat baik layaknya seorang ibu kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini, sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik dan tepat waktu.
4. Bapak Dedy Yuliawan S.E., M.Si., selaku Dosen Pembahas dan Penguji yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk memberikan saran, masukan, dan nasihatnya kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.

5. Ibu Emi Maimunah, S.E., M.Si., selaku Dosen Pembahas dan Penguji yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk memberikan saran, masukan, dan nasihatnya kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi.
6. Ibu Nindya Eka Sobita, S.E., M.Si., selaku Dosen Pembahas saat Seminar Proposal yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk memberikan saran dan masukannya yang membangun untuk perbaikan penulisan skripsi.
7. Ibu Dian Fajarini, S.E., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan nasihat, motivasi, do'a, dan bimbingan kepada penulis selama proses perkuliahan.
8. Seluruh dosen Fakultas Ekonomi dan Bisnis khususnya Dosen Jurusan Ekonomi Pembangunan yang telah memberikan ilmu pengetahuan, motivasi, dan inspirasi kepada penulis selama masa perkuliahan, serta para staff dan pegawai di lingkungan Fakultas Ekonomi dan Bisnis yang telah banyak membantu dalam kelancaran proses skripsi.
9. Teristimewa kedua orang tuaku tercinta, (Alm) Bapak Masru'in dan Mama Yentri Wahyuningsih, terima kasih yang tak terhingga untuk seluruh perjuangan, pengorbanan, cinta, dan kasih sayang, dukungan, serta do'a yang tiada henti di setiap perjalanan penulis. Terima kasih sudah menjadi fondasi pertama dalam hidupku, mengajarkanku tentang tanggung jawab, tentang harga diri, tentang keberanian berdiri di atas kakiku sendiri. Terima kasih sudah menjadi sosok yang begitu hebat, kuat, tangguh. Sosok yang selalu menjadi penyemangat dan acuan bagi penulis untuk menyelesaikan perkuliahan ini.
10. Kakakku tersayang, Mba Devi Indri Ariyanti dan a' M. Saefudin yang selalu memberikan dukungan materi maupun non materi, motivasi, dan do'a kepada penulis dalam menyelesaikan proses perkuliahan dari awal hingga akhir. Terima kasih sudah menjadi contoh dan panutan yang cukup tangguh untuk adikmu ini.
11. Keponakan tersayang, Adelio Dzikra Rajendra dan Attaqy Dzikra Reyvano yang menjadi penghibur dan penyemangat penulis dalam proses menyelesaikan perkuliahan dari awal hingga akhir.

12. Keluarga besar (Alm) Mbah Dullrohman dan keluarga besar Mbah Suratman terima kasih atas segala dukungan, motivasi, bantuan yang terkhusus untuk penulis maupun keluarga penulis, dan do'a yang menghantarkan penulis untuk menyelesaikan perkuliahan dari awal hingga akhir.
13. Sahabat terbaik penulis dari masa sekolah hingga akhir perkuliahan ini, Refiana Sari terima kasih banyak atas segala bantuan, masukan, kasih sayang, do'a, dan bersedia mendengarkan segala cerita keluh kesah penulis dalam sedih maupun senang, tetap seperti ini selamanya ya.
14. Sahabat terbaik penulis dari masa sekolah menengah pertama hingga saat ini, Rindang Viqriani terima kasih banyak atas segala do'a, kasih sayang dan telah bersedia berbagi cerita dan mendengarkan cerita keluh kesah penulis.
15. Saudara sekandung walau tidak sedarah, Ira Novika, Mully Dwinatasya, Najwa Tirtha R, & Salsabya Citra Azkya. Cil, kakak, mbaawa, kyaa, terima kasih telah menjadi tempat pulang ternyaman dari lelahnya kehidupan diluar ini, terima kasih atas suka duka, kasih sayang, bala bantuan, dan kebersamaannya selama ini.
16. Sahabat sahabatku tersayang dari awal perkuliahan hingga saat ini Atri, Ira, Sopi, Putri, Retno, dan Lira. Terima kasih atas kebersamaan yang penuh warna, cerita, suka duka yang telah kita lalui bersama. Setiap momen dan kisah kehidupan yang kalian bagikan kepada penulis menjadi bagian yang sangat berharga dalam perjalanan ini, meninggalkan kenangan indah yang akan selalu penulis kenang dengan hangat di hati.
17. Sahabat terhebat penulis dari masa pesantren hingga saat ini, Refiana, Dinda, Hajah, & Dilla terima kasih sudah menjadi bagian yang berharga di kehidupan penulis, terima kasih sudah menjadi rumah, dan terima kasih sudah menjadi keluarga walaupun tidak sedarah.
18. Penulis juga menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada keluarga besar ROIS FEB Unila, yang telah menjadi tempat berproses selama masa perkuliahan. Kebersamaan, kekeluargaan, dan dukungan sangat berharga bagi penulis dan turut berperan penting dalam perjalanan akademik maupun pribadi penulis.

19. Keluarga kecilku KKN Kuala Sekampung 2025 (Sultan, Bang teppen, chika, chelisa, owris, & reva), Bapak Warsino dan keluarga, Bapak Anwar dan keluarga, terima kasih banyak atas do'a, segala bentuk bantuan, terima kasih sudah menjadi keluarga dan bagian cerita berharga bagi penulis, semoga tali silaturahmi ini tidak terputus.
20. Teman-teman Ekonomi Pembangunan Angkatan 2022 yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih atas kebersamaan dan segala bantuan selama penulis menjalani perkuliahan dari awal perkuliahan hingga saat ini.
21. Orang-orang baik yang pernah ditemui selama masa perkuliahan baik intra maupun eksternal kampus dan seluruh yang terlibat.
22. Almamater kebanggan, Universitas Lampung
23. Terakhir untuk diriku sendiri, apresiasi yang sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah di mulai. Terima kasih sudah bertahan, menerima takdir yang diberikan oleh-Nya dan tetap berjuang dari segala badai hingga detik ini, menikmati setiap proses yang tidak mudah untuk dilalui. Semoga kedepannya dapat menjadi Septi dengan versi terbaik lagi.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat. Semoga segala do'a, dukungan, dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis berbalas kebaikan dari Allah SWT, Aamiin ya rabbal 'alaamiin.

Bandar Lampung, Maret 2026

Penulis

Septiana Dwi Nurmala

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	15
1.3. Tujuan Penelitian.....	16
1.4. Manfaat Penelitian	16
II. TINJAUAN PUSTAKA	17
2.1 Landasan Teori	17
2.1.1 Pembangunan Berkelanjutan.....	17
2.1.2 Teori <i>Environmental Kuznet Curve</i> (EKC)	18
2.1.3 Teori Daya Dukung Lingkungan.....	20
2.1.4 Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH)	21
2.1.5 PDRB Sektor Industri Manufaktur.....	22
2.1.6 Tingkat Kemiskinan	23
2.1.7 Kepadatan Penduduk.....	25
2.1.8 PDRB Per Kapita	26
2.2 Hubungan Antar Indikator.....	27
2.3 Penelitian Terdahulu.....	30
2.4 Kerangka Pemikiran.....	33
2.5 Hipotesis.....	35
III. METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 Jenis dan Sumber Data	36

3.2	Data Penelitian Yang Digunakan	37
3.2.1	Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH)	37
3.2.2	PDRB Sektor Industri Manufaktur.....	37
3.2.3	PDRB Sektor Pertambangan	37
3.2.4	PDRB Per Kapita	38
3.2.5	Tingkat Kemiskinan	38
3.2.6	Kepadatan Penduduk.....	38
3.3	Metode Analisis Data	40
3.3.1	Diagram Alur Penelitian.....	40
3.3.2	Statistik Deskriptif	43
3.3.3	Penentuan Jumlah <i>Cluster</i> Optimal.....	43
3.3.4	Analisis <i>K-Means Cluster</i>	44
3.4	Pengujian Hipotesis.....	45
3.4.1	Uji Normalitas	45
3.4.2	Uji Homogenitas Varians (<i>Levene's Test</i>).....	46
3.4.3	Penentuan jenis Uji Beda Dua Rata-rata	47
3.4.4	Pengujian Hipotesis Penelitian.....	49
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1	Analisis Statistik Deskriptif	51
4.2	Hasil Clustering Berbasis PDRB Sektor Industri Manufaktur-Model 1	52
4.2.1	Menentukan Jumlah Cluster Optimal.....	52
4.3	Hasil Clustering Berbasis PDRB Sektor Pertambangan Model 2.....	60
4.4	Perbandingan Komprehensif Dua Model.....	69
4.5	Pembahasan.....	72
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1	Kesimpulan	78
5.2	Saran.....	79
	DAFTAR PUSTAKA.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. 1 Rata-rata Kepadatan Penduduk (Jiwa/KM) dan Data PDRB per Kapita Provinsi Indonesia Tahun 2024.....	13
2. 1 Penelitian Terdahulu.....	30
3. 1 Jenis dan Sumber Indikator.....	37
4. 1 Analisis Statistik Deskriptif	51
4. 2 Ringkasan Hasil K-Means Clustering Model 1	53
4. 3 Daftar Anggota Setiap Cluster – Model 1	53
4. 4 Profil Karakteristik Cluster Berdasarkan Model 1	54
4. 5 Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk Model 1	56
4. 6 Hasil Uji Homogenitas Varians Model 1	57
4. 7 Hasil Uji Beda Dua Rata-rata Model 1	58
4. 8 Ringkasan Hasil K-Means Clustering Model 2	61
4. 9 Daftar Anggota Cluster Model 2	62
4. 10 Profil Karakteristik Cluster berdasarkan Model 2	62
4. 11 Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk Model 2	64
4. 12 Hasil Uji Homogenitas Varians Model 2	65
4. 13 Hasil Uji Beda Dua Rata-rata Model 2	66
4. 14 Perbandingan Komposisi Cluster antara Model 1 dan Model 2	69
4. 15 Implikasi Hasil Penelitian	70
4. 16 Profilisasi Cluster – Model 1	73
4. 17 Profilisasi Cluster – Model 2	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. 1 Perbandingan rata-rata Indikator Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di Enam Pulau Besar di Indonesia Tahun 2024.....	4
1. 2 Perbandingan rata-rata Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan Data Share PDRB Industri Manufaktur di Enam Pulau Besar di Indonesia Tahun 2024.....	6
1. 3 Perbandingan rata-rata Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan Data Share PDRB Pertambangan di Enam Pulau Besar di Indonesia Tahun 2024	9
1. 4 Perbandingan PDRB Industri & PDRB Pertambangan di Enam Pulau Besar di Indonesia Tahun 2024	10
1. 5 Perbandingan rata-rata Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan Tingkat Kemiskinan Enam Pulau Besar di Indonesia Tahun 2024	12
2. 1 Tiga Pilar Pendukung Keberlanjutan	18
2. 2 Kurva EKC.....	19
2. 3 Kerangka Pemikiran.....	35
3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	40
4. 1 Grafik Metode Elbow.....	52
4. 2 Grafik Metode Elbow.....	61

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Isu kualitas lingkungan hidup menjadi perhatian global yang semakin krusial di tengah meningkatnya industrialisasi dan perubahan iklim yang terjadi. Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2023), emisi karbon dioksida global telah mencapai level tertinggi sepanjang sejarah akibat aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi. IPCC sendiri merupakan lembaga ilmiah internasional di bawah Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) yang berperan memberikan penilaian komprehensif mengenai perubahan iklim dan dampaknya terhadap lingkungan serta perekonomian. Penelitian oleh Gupta *et al.*, (2023) dalam *Science of the Total Environment* yang menunjukkan bahwa peningkatan aktivitas ekonomi global berkorelasi positif dengan emisi karbon dan degradasi kualitas udara di negara berkembang, menegaskan bahwa pertumbuhan industri tanpa kontrol lingkungan dapat memperburuk ketidakseimbangan ekosistem.

Upaya menjaga kualitas lingkungan hidup menjadi bagian penting dari tujuan pembangunan berkelanjutan dunia. Kondisi ini mendorong komitmen internasional melalui *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang disepakati negara-negara anggota PBB sejak 2015. Melalui 17 tujuan yang saling berkaitan, SDGs menegaskan pentingnya keseimbangan antara dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan. Secara khusus, tujuan ke-7 (energi bersih dan terjangkau), tujuan ke-8 (pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi), serta tujuan ke-13 (aksi terhadap perubahan iklim) menekankan perlunya sinergi antara kemajuan ekonomi dan pelestarian ekologi (SDGs, 2023).

Pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan sebagaimana digariskan dalam SDGs menghadapi tantangan kompleks dalam menyeimbangkan pertumbuhan ekonomi dan pelestarian lingkungan. Peningkatan aktivitas ekonomi di satu sisi menjadi pendorong utama kemajuan pada suatu wilayah karena dapat memperluas kesempatan kerja dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Namun di sisi lain, intensitas pembangunan yang tidak diimbangi dengan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan berpotensi menimbulkan tekanan terhadap daya dukung alam. Pembangunan yang berorientasi pada pertumbuhan ekonomi dapat memicu peningkatan penggunaan lahan dan eksploitasi sumber daya alam, yang pada akhirnya berdampak pada menurunnya kualitas lingkungan hidup dan mengancam keberlanjutan ekosistem.

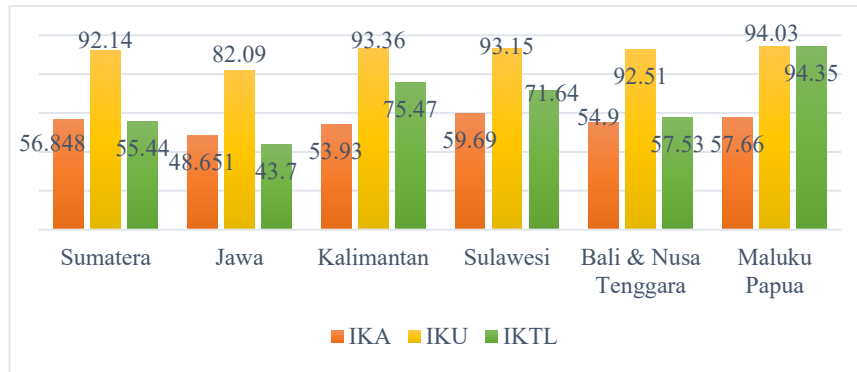
Implementasi tujuan pembangunan berkelanjutan pada tingkat global tentu memerlukan instrumen pengukuran yang sesuai dengan konteks nasional masing-masing negara. Indonesia menerapkan upaya dengan prinsip *Sustainable Development Goals (SDGs)* di bidang lingkungan yang diwujudkan melalui pengembangan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) sebagai alat ukur utama kondisi ekosistem nasional. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2023), pengukuran ketercapaian pembangunan lingkungan hidup di Indonesia diukur menggunakan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) sebagai alat utama. IKLH dihitung berdasarkan tiga indikator utama, yaitu Indeks Kualitas Air (IKA), Indeks Kualitas Udara (IKU), dan Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL). Penilaian IKLH dibagi menjadi beberapa kategori, mulai dari “sangat baik” (IKLH >80), “baik” (60–80), “sedang” (50–60), “kurang” (40–50), hingga “waspada” (IKLH 30–40), yang mencerminkan variasi kondisi lingkungan antarwilayah. IKLH berfungsi untuk menilai efektivitas kebijakan lingkungan dalam mendukung pembangunan berkelanjutan serta menjadi dasar bagi pemerintah dalam menyusun perencanaan pembangunan hijau (*green development*) (KLHK, 2022).

Indonesia mempunyai perbedaan kondisi sosial ekonomi dan kualitas lingkungan yang menunjukkan adanya ketimpangan dalam pencapaian pembangunan berkelanjutan. Beberapa wilayah mengalami pertumbuhan ekonomi yang tinggi, terutama pada sektor industri, namun di sisi lain dapat mengalami penurunan

kualitas lingkungan hidup. Sebaliknya, terdapat wilayah dengan kondisi lingkungan yang relatif baik, namun pertumbuhan ekonominya masih rendah. Keragaman kondisi ini memerlukan pendekatan analisis yang komprehensif untuk memahami dinamika pembangunan di setiap wilayah Indonesia.

Pemilihan unit analisis dalam penelitian ini didasarkan pada pertimbangan representatif, untuk menggambarkan variasi pembangunan ekonomi dan kondisi lingkungan secara geografis (Pramudita *et al.*, 2024). Penelitian ini menggunakan data provinsi yang tersedia secara lengkap dalam publikasi resmi BPS dan KLHK, sedangkan wilayah hasil pemekaran tidak diikutsertakan karena keterbatasan ketersediaan data. Tahun 2024 dipilih sebagai dasar analisis karena tahun tersebut dianggap mampu mencerminkan kondisi pembangunan berkelanjutan terkini di Indonesia serta sesuai dengan karakteristik metode *K-Means Clustering* yang menekankan identifikasi pola pada satu periode waktu. (Ramadhan *et al.*, 2024). Metode *K-Means Clustering* dipilih karena metode ini mampu mengelompokkan provinsi berdasarkan kategori dengan tingkat kesamaan yang tinggi di dalam kelompok (*within-cluster similarity*) dan perbedaan yang jelas antar kelompok (*between-cluster difference*) (Noviandy *et al.*, 2024). Hasil pengelompokan tersebut selanjutnya dapat digunakan oleh pemerintah untuk menetapkan prioritas intervensi dan mengalokasikan anggaran pengurangan emisi secara lebih tepat sasaran.

Data provinsi di Indonesia dikelompokkan berdasarkan enam pulau besar untuk memperoleh gambaran analisis yang terstruktur yaitu Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Bali-Nusa Tenggara, dan Maluku-Papua. Berikut disajikan data empiris Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) menurut pulau Indonesia Tahun 2024.



Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS) 2024, diolah (2025)

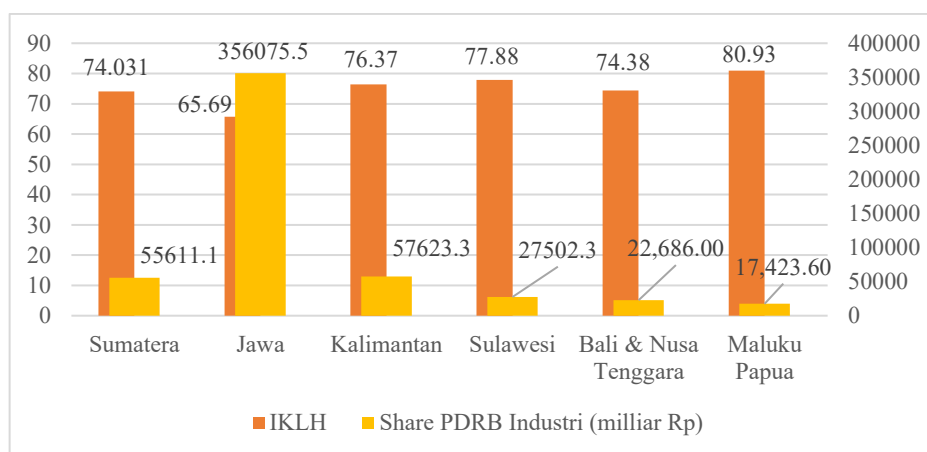
Gambar 1. 1 Perbandingan rata-rata Indikator Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di Enam Pulau Besar di Indonesia Tahun 2024

Gambar 1.1 menunjukkan rata-rata nilai Indikator Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di enam pulau besar di Indonesia pada Tahun 2024. Berdasarkan data tersebut, tingginya nilai indikator IKLH di Pulau Kalimantan dan Maluku-Papua dapat dikaitkan dengan luasnya kawasan hutan dan rendahnya kepadatan penduduk, sehingga daya dukung lingkungan di kedua wilayah ini masih terjaga dengan baik. Aktivitas industri di Kalimantan juga relatif terkonsentrasi pada sektor sumber daya alam seperti kehutanan dan pertambangan, yang jika dikelola dengan prinsip keberlanjutan dapat tetap menjaga stabilitas ekosistem (Hidayat *et al.*, 2025).

Pulau Jawa menunjukkan nilai indikator IKLH terendah akibat tingginya urbanisasi, industrialisasi, dan konversi lahan menjadi kawasan permukiman serta infrastruktur. Hal ini sejalan dengan temuan Rafi & Wahyu (2024) yang menyatakan bahwa peningkatan kepadatan penduduk berbanding terbalik dengan kualitas lingkungan, terutama pada wilayah metropolitan. Pulau Sumatera, Sulawesi, dan Bali-Nusa Tenggara menunjukkan nilai IKLH pada kategori menengah. Sumatera memiliki keseimbangan antara aktivitas industri dan daya dukung lingkungan karena distribusi kegiatan ekonominya yang tersebar. Sementara itu, Bali-Nusa Tenggara menghadapi tantangan lingkungan akibat tekanan dari sektor pariwisata dan keterbatasan sumber daya air, sedangkan Sulawesi menunjukkan potensi pembangunan berkelanjutan dengan aktivitas ekonomi yang sedang berkembang dan kondisi ekologi yang relatif stabil (Basri &

Berdasarkan variasi nilai IKLH antar pulau di atas, terlihat bahwa kondisi lingkungan hidup di Indonesia sangat beragam. Untuk memahami faktor-faktor yang berkontribusi terhadap perbedaan kualitas lingkungan tersebut, penelitian ini menganalisis keterkaitan antara IKLH dengan lima indikator sosial ekonomi, yaitu PDRB sektor industri, PDRB Pertambangan, tingkat kemiskinan, kepadatan penduduk, dan PDRB per kapita. Pemilihan kelima indikator ini didasarkan pada pertimbangan teoritis dan empiris mengenai pengaruhnya terhadap kualitas lingkungan hidup. Dengan demikian, kelima indikator ini mampu merepresentasikan dimensi sosial, ekonomi, dan lingkungan secara komprehensif dalam menjelaskan korelasi antara tingkat pembangunan dengan keberlanjutan ekologi di setiap provinsi di Indonesia.

PDRB industri sektor manufaktur merepresentasikan tingkat aktivitas ekonomi di suatu wilayah, di mana peningkatan sektor industri dapat memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi, namun sekaligus meningkatkan tekanan terhadap lingkungan akibat penggunaan energi dan emisi limbah yang lebih tinggi (Yani *et al.*, 2023). Untuk memahami keterkaitan antara perkembangan sektor industri dan kondisi lingkungan di Indonesia, berikut disajikan analisis perbandingan antara nilai Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) industri sektor manufaktur di enam pulau besar Indonesia Tahun 2024.



Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS) 2024, diolah (2025)

Gambar 1.2 Perbandingan rata-rata Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan Data Share PDRB Industri Manufaktur di Enam Pulau Besar di Indonesia Tahun 2024

Gambar 1.2 menunjukkan perbandingan antara nilai Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan share PDRB sektor industri manufaktur pada enam pulau besar di Indonesia Tahun 2024. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat adanya variasi pola hubungan antara aktivitas industri dan kualitas lingkungan yang berbeda-beda pada setiap wilayah. Data menunjukkan fenomena yang tidak sepenuhnya sejalan dengan teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC), yang memprediksi bahwa pada tahap awal pembangunan, peningkatan aktivitas ekonomi akan selalu diikuti dengan penurunan kualitas lingkungan.

Pulau Jawa dengan share PDRB industri tertinggi mencatat nilai IKLH terendah, sesuai dengan teori EKC yang mengindikasikan tahap awal industrialisasi dengan degradasi lingkungan yang signifikan akibat konsentrasi aktivitas industri di wilayah padat penduduk. Di sisi lain, Pulau Kalimantan dan Maluku-Papua juga menunjukkan kesesuaian dengan teori EKC namun pada fase yang berbeda, dimana kedua wilayah dengan distribusi PDRB industri yang masih rendah memiliki nilai IKLH yang tinggi, mencerminkan awal industrialisasi dimana aktivitas ekonomi belum memberikan tekanan signifikan terhadap lingkungan yang didukung oleh tutupan hutan yang masih luas dan kepadatan penduduk yang rendah, sementara Pulau Sumatera dengan distribusi PDRB industri dan nilai IKLH yang keduanya berada pada kategori sedang menunjukkan fase transisi, dalam kurva EKC dimana pertumbuhan industri mulai memberikan dampak pada lingkungan namun masih terkendali. Namun, pola berbeda terlihat pada Pulau Sulawesi dan Bali-Nusa Tenggara yang tidak sesuai dengan teori EKC, dimana Sulawesi memiliki distribusi PDRB industri yang relatif sedang namun nilai IKLH-nya masih cukup baik, sementara berdasarkan teori EKC dengan tingkat industrialisasi tersebut seharusnya degradasi lingkungan lebih tinggi. Pulau Bali-Nusa Tenggara menunjukkan distribusi PDRB industri yang rendah dengan nilai IKLH yang hanya berada pada kategori menengah berbeda dengan teori EKC. Fenomena ini menunjukkan bahwa hubungan antara aktivitas industri dan kualitas lingkungan tidak selalu mengikuti pola standar EKC, melainkan sangat bergantung pada konteks spesifik wilayah

seperti struktur industri, tekanan dari sektor non-industri (pariwisata), karakteristik geografis, dan efektivitas kebijakan lingkungan daerah..

Teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) yang dikemukakan oleh Grossman dan Krueger menjelaskan hubungan berbentuk U-terbalik antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan. Pada tahap awal pembangunan, peningkatan pendapatan atau aktivitas ekonomi sering kali mendorong laju degradasi lingkungan, namun setelah mencapai titik tertentu, pertumbuhan ekonomi justru dapat meningkatkan kesadaran dan investasi lingkungan (Grossman & Krueger, 1995).

Perbedaan pola hubungan antara distribusi PDRB industri dan IKLH dapat dijelaskan melalui beberapa faktor kontekstual. Jenis dan skala industri menentukan dampak lingkungan, di mana industri di Jawa yang didominasi manufaktur padat energi dan terkonsentrasi di kawasan urban menghasilkan emisi dan limbah yang lebih tinggi dibandingkan industri berbasis sumber daya alam di Kalimantan yang lebih tersebar. Faktor geografis berupa luas tutupan hutan yang masih terjaga di Kalimantan dan Maluku-Papua berfungsi sebagai penyerap karbon alami dan menjaga keseimbangan ekosistem, sementara Jawa telah mengalami deforestasi masif yang mengurangi kapasitas daya dukung lingkungan.

Tekanan dari sektor non-industri seperti pariwisata di Bali-Nusa Tenggara juga memberikan kontribusi terhadap penurunan kualitas lingkungan, yang menjelaskan mengapa nilai IKLH tidak setinggi Kalimantan atau Papua meskipun kontribusi sektor industri relatif rendah. Kondisi Pulau Sulawesi yang memiliki distribusi PDRB industri sedang namun IKLH masih relatif baik mengindikasikan adanya pengelolaan lingkungan yang lebih efektif sehingga mampu menjaga kualitas lingkungan meskipun aktivitas industri terus berkembang. Hubungan ini menegaskan pentingnya penerapan strategi industri hijau (*green industry*) serta kebijakan ekonomi berkelanjutan yang menekankan efisiensi energi, pengelolaan limbah, dan pemanfaatan teknologi bersih (Setiawan & Primandhana, 2022).

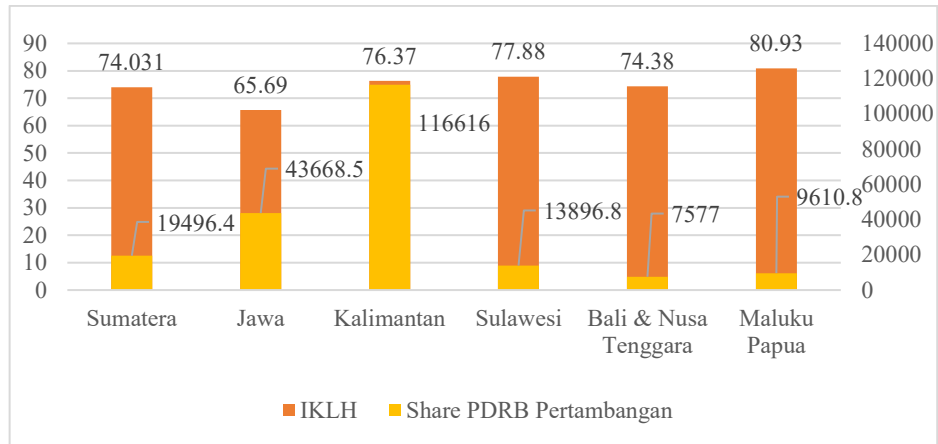
Selain sektor industri manufaktur, sektor pertambangan dan penggalian memiliki peran strategis dalam perekonomian Indonesia sekaligus memberikan dampak signifikan terhadap kualitas lingkungan hidup. Indonesia dikenal memiliki kekayaan sumber daya mineral yang melimpah, mulai dari batubara, nikel,

tembaga, emas, hingga timah. Meskipun kontribusi sektor pertambangan terhadap PDRB nasional tidak sebesar industri manufaktur, di beberapa provinsi justru menjadi tulang punggung perekonomian daerah dan sumber utama pendapatan asli daerah (Setiawan & Primandhana, 2022).

Keterkaitan antara sektor pertambangan dan industri manufaktur semakin erat dengan adanya kebijakan hilirisasi yang digalakkan pemerintah. Hilirisasi bertujuan mengolah sumber daya mineral di dalam negeri sebelum diekspor untuk menciptakan nilai tambah yang lebih tinggi dan menyerap lebih banyak tenaga kerja. Kebijakan pelanggaran ekspor biji nikel mentah dan pengembangan gasifikasi batubara merupakan contoh nyata dari upaya hilirisasi yang menciptakan mata rantai ekonomi dari aktivitas ekstraksi pertambangan di hulu hingga industri pengolahan di hilir (Prasetyo *et al.*, 2025).

Keterkaitan pertambangan dan industri dalam konteks hilirisasi membawa konsekuensi ganda terhadap lingkungan. Tahap ekstraksi menghasilkan dampak berupa pembukaan lahan masif, hilangnya tutupan vegetasi, pencemaran air dari limbah, serta emisi debu dari penambangan terbuka. Sementara tahap pengolahan mineral menambah tekanan melalui emisi udara dari proses peleburan, limbah cair mengandung logam berat, dan konsumsi energi yang sangat besar. Kondisi ini menciptakan tekanan berlapis terhadap daya dukung lingkungan, dimana manfaat ekonomi yang signifikan diikuti oleh penurunan kualitas lingkungan dalam jangka panjang (Mada *et al.*, 2025).

Untuk memahami dampak sektor pertambangan terhadap kondisi lingkungan hidup, berikut disajikan data perbandingan antara nilai Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan share PDRB sektor pertambangan di enam pulau besar Indonesia pada Tahun 2024.



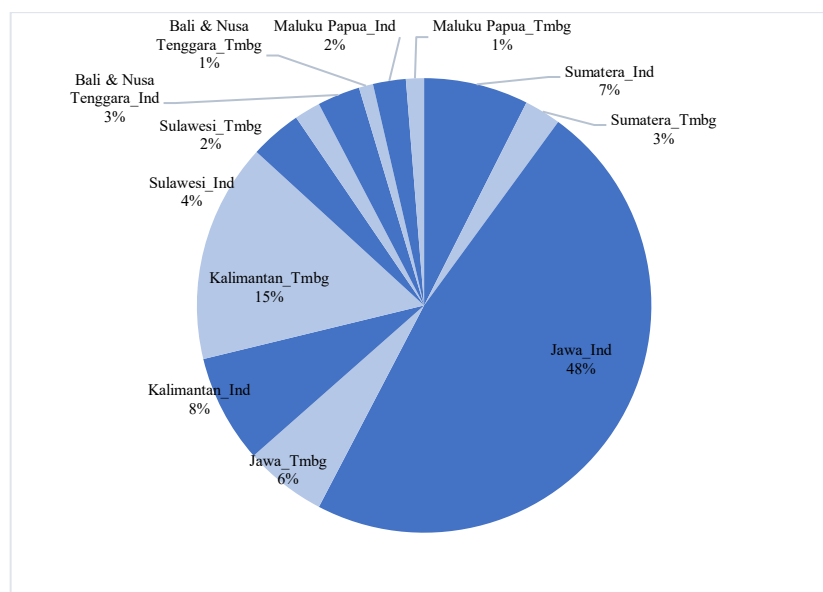
Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS) 2024, diolah (2025)

Gambar 1.2 Perbandingan rata-rata Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan Data Share PDRB Pertambangan di Enam Pulau Besar di Indonesia Tahun 2024

Gambar 1.3 menunjukkan pola hubungan yang berbeda antara share PDRB pertambangan dan kualitas lingkungan hidup dibandingkan dengan sektor industri manufaktur. Pulau Kalimantan dengan share PDRB pertambangan tertinggi ternyata tetap mampu mempertahankan nilai IKLH yang relatif baik. Kondisi ini terjadi karena aktivitas pertambangan di Kalimantan sebagian besar berlokasi di wilayah dengan tutupan hutan yang masih luas dan kepadatan penduduk yang rendah, sehingga dampak kerusakan lingkungan masih terserap oleh daya dukung alam yang kuat.

Pulau Jawa menunjukkan nilai IKLH terendah meskipun share PDRB pertambangan tergolong rendah. Fenomena ini menunjukkan bahwa penurunan kualitas lingkungan di Jawa bukan disebabkan oleh aktivitas pertambangan, melainkan lebih didominasi oleh kombinasi industrialisasi manufaktur yang intensif, kepadatan penduduk yang sangat tinggi, serta konversi lahan yang masif untuk kawasan permukiman dan infrastruktur perkotaan. Maluku-Papua menunjukkan share PDRB pertambangan yang cukup besar dengan nilai IKLH tertinggi. Dampak pertambangan di wilayah ini bersifat sangat terlokalisir dengan tingkat kerusakan yang ekstrem di sekitar area tambang. Sementara itu, Sulawesi, Sumatera, dan Bali-Nusa Tenggara berada pada kondisi menengah baik dari sisi kontribusi pertambangan maupun nilai IKLH.

Perbandingan dengan sektor industri menunjukkan bahwa dampak pertambangan terhadap lingkungan memiliki karakteristik yang berbeda. Industri manufaktur cenderung menciptakan degradasi lingkungan yang merata dan persisten di kawasan padat penduduk, sementara pertambangan menghasilkan dampak yang sangat intensif namun terlokalisir pada area tambang tertentu. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai proporsi kontribusi kedua sektor tersebut terhadap perekonomian wilayah, berikut disajikan perbandingan share PDRB sektor industri manufaktur dan sektor pertambangan di enam pulau besar Indonesia Tahun 2024.



Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS) 2024, diolah (2026)

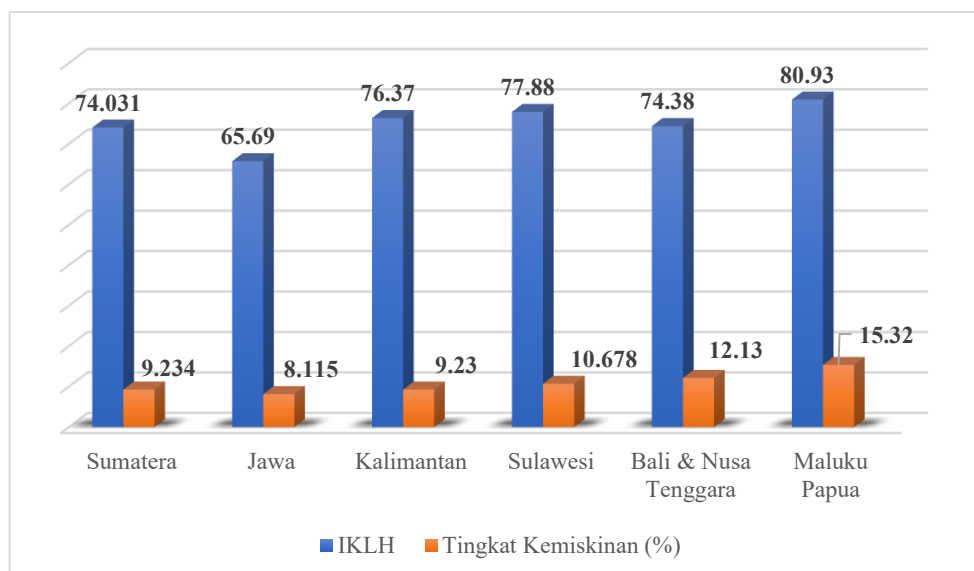
Gambar 1.3 Perbandingan PDRB Industri & PDRB Pertambangan di Enam Pulau Besar di Indonesia Tahun 2024

Gambar 1.4 menunjukkan variasi struktur ekonomi yang sangat signifikan antarwilayah di Indonesia. Pulau Jawa mendominasi kontribusi sektor industri manufaktur secara nasional, mencerminkan perannya sebagai pusat industri pengolahan yang didukung oleh infrastruktur memadai, akses pasar luas, dan ketersediaan tenaga kerja terampil. Sebaliknya, Pulau Kalimantan menunjukkan pola yang berkebalikan dimana sektor pertambangan jauh lebih dominan dibandingkan industri manufaktur. Struktur ekonomi berbasis ekstraksi sumber daya alam ini mengindikasikan bahwa proses hilirisasi belum berkembang secara

optimal meskipun potensi transformasi ekonomi dari sektor ekstraktif menuju pengolahan sebenarnya sangat besar.

Sumatera memiliki kontribusi yang relatif seimbang antara kedua sektor, menunjukkan diversifikasi ekonomi yang cukup baik dimana aktivitas pertambangan dapat berjalan beriringan dengan perkembangan industri pengolahan berbasis perkebunan. Sulawesi mengalami transformasi ekonomi seiring dengan perkembangan industri nikel pasca kebijakan hilirisasi. Sementara itu, Maluku-Papua dan Bali-Nusa Tenggara memiliki kontribusi yang relatif kecil dari kedua sektor, dimana struktur ekonomi lebih bertumpu pada sektor lain seperti pariwisata dan pertanian (He *et al.*, 2024).

Tingkat kemiskinan juga memiliki hubungan yang signifikan terhadap kondisi lingkungan. Wilayah dengan tingkat kemiskinan yang tinggi cenderung menghadapi kesulitan dalam mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan, karena keterbatasan akses ekonomi dan pendidikan mendorong masyarakat untuk mengeksploitasi sumber daya tanpa mempertimbangkan keberlanjutan (Zahroh & Suwandana, 2023). Untuk memahami hubungan ini, berikut disajikan data perbandingan antara nilai IKLH dan tingkat kemiskinan di enam pulau besar Indonesia.



Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS) 2024, diolah (2025)

Gambar 1.4 Perbandingan rata-rata Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan Tingkat Kemiskinan Enam Pulau Besar di Indonesia Tahun 2024

Gambar 1.5 menunjukkan hubungan antara Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan tingkat kemiskinan pada enam pulau besar di Indonesia Tahun 2024. Terlihat adanya pola yang cenderung berlawanan arah antara kedua indikator tersebut, di mana wilayah dengan kualitas lingkungan lebih baik tidak selalu memiliki tingkat kemiskinan yang rendah. Pulau Kalimantan memiliki nilai IKLH tertinggi sebesar 127,54 dengan tingkat kemiskinan 9,23 persen, yang menunjukkan kondisi lingkungan baik namun pemerataan ekonomi masih terbatas. Sebaliknya, Pulau Maluku-Papua mencatat tingkat kemiskinan tertinggi sebesar 17,35 persen meskipun nilai IKLH-nya tinggi (121,20), mencerminkan ketimpangan pembangunan dan keterbatasan infrastruktur.

Pulau Jawa memiliki tingkat kemiskinan terendah 8,12 persen tetapi memiliki nilai IKLH terendah (65,69), menandakan bahwa pertumbuhan ekonomi pesat belum diiringi pelestarian lingkungan. Sementara itu, Pulau Sumatera, Sulawesi, dan Bali-Nusa Tenggara menunjukkan kondisi menengah dengan nilai IKLH sekitar 74–78 dan tingkat kemiskinan antara 9–12 persen, yang menggambarkan keseimbangan relatif antara aktivitas ekonomi dan kondisi ekologis.

Daerah dengan rata-rata tingkat kemiskinan tinggi cenderung menghadapi keterbatasan dalam pengelolaan lingkungan karena rendahnya kapasitas fiskal daerah untuk mendukung konservasi sumber daya alam, mitigasi bencana, serta pengelolaan limbah (UNDP, 2022). Sebaliknya, wilayah dengan perekonomian yang lebih kuat dan tingkat kemiskinan rendah memiliki kemampuan lebih baik dalam mengimplementasikan kebijakan pembangunan berkelanjutan (Asyrof & Rizaldi, 2025). Selain itu, industrialisasi yang berorientasi pada pertumbuhan jangka pendek tanpa memperhatikan aspek lingkungan justru berpotensi menciptakan kemiskinan ekologis (*ecological poverty*). Fenomena ini terjadi ketika pencemaran air, udara, dan kerusakan lahan akibat aktivitas industri mengurangi produktivitas sektor lain seperti pertanian dan perikanan, yang menjadi sumber utama pendapatan masyarakat miskin di pedesaan (Sembiring, 2024).

Hubungan antara kualitas lingkungan hidup dan tingkat kemiskinan menunjukkan bahwa dimensi sosial memiliki peran penting dalam menentukan keberlanjutan pembangunan suatu wilayah. Namun, selain faktor sosial, tekanan terhadap lingkungan juga dipengaruhi oleh karakteristik demografis seperti tingkat kepadatan penduduk. Kepadatan penduduk mencerminkan tekanan demografis terhadap daya dukung lingkungan dan tingkat kesejahteraan ekonomi masyarakat, sementara PDRB per kapita menggambarkan tingkat kesejahteraan ekonomi yang dapat mempengaruhi pola konsumsi dan pemanfaatan sumber daya. Kedua faktor ini saling terkait dalam menentukan besarnya tekanan terhadap lingkungan di suatu wilayah (Hidayat *et al.*, 2025). Berikut disajikan data kepadatan penduduk dan PDRB per kapita di enam pulau besar Indonesia.

Tabel 1. 1 Rata-rata Kepadatan Penduduk (Jiwa/km²) dan Data PDRB per Kapita Provinsi Indonesia Tahun 2024

No	Pulau Indonesia	Data Kepadatan Penduduk (Jiwa/km ²)	Data PDRB per Kapita (Juta/Rp)
1.	Sumatera	144.7	46.926,162
2.	Jawa	3655.16	64.809,97
3.	Kalimantan	71.66	69.448,97
4.	Sulawesi	119.33	40.332,96
5.	Bali & Nusa Tenggara	400	23.704,97
6.	Maluku Papua	42.4	48.490,93

Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS) 2024. diolah (2025).

Tabel 1.1 menyajikan perbandingan kepadatan penduduk dan PDRB per kapita di enam pulau besar Indonesia Tahun 2024 yang menunjukkan variasi pola hubungan antarwilayah. Berdasarkan data tersebut, Kalimantan memiliki PDRB per kapita tertinggi mencapai Rp69,45 juta dengan kepadatan penduduk hanya 71,66 jiwa per km². Diikuti oleh Jawa dengan PDRB per kapita Rp64,81 juta meskipun memiliki kepadatan penduduk tertinggi mencapai 3.655,16 jiwa per km², hampir 51 kali lipat lebih tinggi dari Kalimantan. Dengan selisih PDRB per kapita yang hanya Rp4,64 juta meskipun perbedaan kepadatan penduduk yang sangat ekstrem, fenomena ini mengindikasikan bahwa aglomerasi ekonomi di Jawa yang ditandai dengan

konsentrasi industri manufaktur, perdagangan, dan jasa mampu menghasilkan produktivitas ekonomi yang hampir setara dengan Kalimantan meskipun harus didistribusikan kepada populasi yang sangat besar.

Maluku-Papua dengan kepadatan terendah 42,4 jiwa per km² memiliki PDRB per kapita Rp48,49 juta, diikuti Sumatera dengan kepadatan 144,7 jiwa per km² dan PDRB per kapita Rp48,49 juta. Sulawesi dengan kepadatan 119,33 jiwa per km² memiliki PDRB per kapita Rp40,33 juta, dan Bali-Nusa Tenggara dengan kepadatan 400 jiwa per km² justru memiliki PDRB per kapita terendah sebesar Rp23,70 juta. Kondisi Bali-Nusa Tenggara menunjukkan kerentanan struktural, di mana kepadatan penduduk yang cukup tinggi tidak diimbangi dengan basis ekonomi yang kuat, keterbatasan infrastruktur ekonomi, dan rendahnya diversifikasi sektor produktif yang berdampak pada produktivitas per kapita yang rendah.

Perbedaan pola antara Jawa dan Kalimantan menjadi temuan yang menarik. Jawa dengan kepadatan penduduk 51 kali lipat lebih tinggi dari Kalimantan mampu menghasilkan PDRB per kapita yang hampir setara, dengan selisih hanya Rp4,64 juta. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi penduduk yang sangat tinggi menciptakan efisiensi produksi melalui ekonomi skala (*economies of scale*), akses pasar yang luas, ketersediaan tenaga kerja terampil yang melimpah, serta ekosistem bisnis yang terintegrasi. Aglomerasi ekonomi ini memungkinkan Jawa untuk mengoptimalkan produktivitas meskipun tidak memiliki keunggulan komparatif dalam sumber daya alam seperti Kalimantan.

Kepadatan penduduk yang berlebihan juga meningkatkan kebutuhan akan lahan, air bersih, energi, dan infrastruktur publik yang memadai. Pada konteks teori daya dukung lingkungan, peningkatan kebutuhan ini dapat melebihi kemampuan regenerasi sumber daya alam di suatu wilayah, sehingga menyebabkan degradasi lingkungan dan penurunan kualitas hidup (Rees, 1996). Sebaliknya, wilayah dengan kepadatan rendah seperti Kalimantan dan Maluku-Papua, meskipun memiliki PDRB per kapita tinggi yang bersumber dari eksploitasi sumber daya alam, pertumbuhan ekonomi agregatnya cenderung lebih lambat karena keterbatasan tenaga kerja, infrastruktur, dan akses pasar. Kondisi ini mencerminkan

dilema pembangunan: wilayah padat penduduk memiliki potensi ekonomi tinggi namun menghadapi kendala distribusi kesejahteraan, sementara wilayah jarang penduduk memiliki pendapatan per kapita tinggi namun menghadapi kendala transformasi ekonomi dan pemerataan pembangunan (Rafi & Wahyu, 2024).

Variasi pada Indikator Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKA, IKU, dan IKL), tingkat kemiskinan, kepadatan penduduk, PDRB industri, PDRB pertambangan dan PDRB per kapita, diperlukan pendekatan analisis yang mampu mengelompokkan provinsi berdasarkan kesamaan karakteristik tersebut. Pendekatan ini penting agar pola keterkaitan antara faktor sosial ekonomi dan kualitas lingkungan dapat teridentifikasi dengan lebih jelas.

Dari sisi akademik, penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan ilmu ekonomi dan sosial dengan memperkenalkan penerapan metode *K-Means Clustering* dalam analisis multidimensi konteks Indonesia, yang masih jarang digunakan dalam kajian empiris. Integrasi antara data lingkungan dan sosial ekonomi memperkaya literatur tentang penerapan model kuantitatif untuk kebijakan publik, serta menjadi rujukan bagi penelitian lanjutan di bidang ekonomi lingkungan.

Dari sisi praktis, hasil penelitian ini memberikan manfaat nyata bagi pemerintah, pelaku industri, dan masyarakat. Pelaku usaha dapat menjadikan hasil analisis sebagai dasar investasi hijau. Sedangkan masyarakat dan LSM dapat memanfaatkannya sebagai bahan advokasi isu lingkungan. Secara keseluruhan, penelitian ini menjembatani teori dan praktik kebijakan, mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) melalui pendekatan berbasis data (BPS, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan indikator sosial ekonomi guna mendukung kebijakan pembangunan berkelanjutan yang berbasis data.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, rumusan masalah yang akan diangkat pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil pengelompokan (*Clustering*) provinsi-provinsi di Indonesia berdasarkan indikator IKLH (IKA, IKU, IKL) dan indikator sosial ekonomi menggunakan metode *K-Means Clustering*?
2. Apakah terdapat perbedaan rata-rata antar *cluster* yang terbentuk berdasarkan indikator IKLH (IKA, IKU, IKL) dan indikator sosial ekonomi?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang serta rumusan masalah, penelitian ini memiliki beberapa tujuan sebagai berikut.

1. Mengelompokkan provinsi-provinsi di Indonesia berdasarkan IKLH dan indikator sosial ekonomi menggunakan metode *K-Means Clustering*
2. Menguji dan menganalisis apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik dalam rata-rata IKLH dan indikator sosial ekonomi

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi:

1. Memberikan informasi bagi pemerintah dalam merumuskan kebijakan pembangunan berkelanjutan yang berbasis data.
2. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu ekonomi pembangunan dan ekonomi lingkungan.
3. Menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya yang menggunakan metode *K-Means Clustering* dalam analisis lingkungan dan sosial ekonomi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

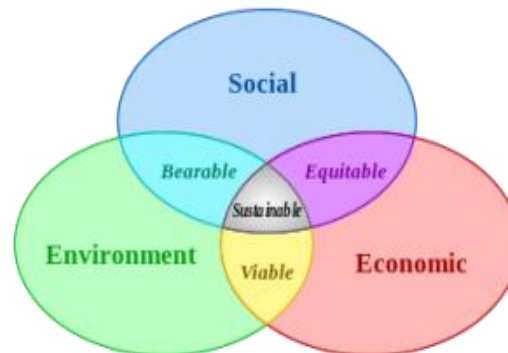
2.1.1 Pembangunan Berkelanjutan

Komisi Dunia untuk Lingkungan dan Pembangunan (*World Commission on Environment and Development/WCWD*) pada Tahun 1987 melalui laporannya yang berjudul *Our Common Future* atau yang lebih dikenal sebagai *Brundtland Report*, mendefinisikan pembangunan berkelanjutan sebagai upaya pembangunan yang bertujuan memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya. Konsep ini mencakup tiga dimensi utama, yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan (Kurnia *et al.*, 2019). Dalam Pembangunan berkelanjutan terdapat dua dimensi penting, yakni dimensi waktu yang menekankan keterkaitan antara masa kini dan masa depan serta dimensi interaksi yang menunjukkan hubungan antara sistem ekonomi dan lingkungan, mengingat pemenuhan kebutuhan manusia selalu bergantung pada ketersediaan dan keterbatasan sumber daya alam.

Pembangunan berkelanjutan memiliki dua elemen pokok yang berjalan seiring, yaitu pembangunan sebagai proses peningkatan kapasitas menuju kondisi yang lebih baik, dan keberlanjutan yang menekankan pada ketahanan serta pelestarian.

Menurut Bockish (2012), terdapat tiga pilar utama yang menopang keberlanjutan, yaitu aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial yang saling berhubungan satu sama lain. Ketiga aspek ini terintegrasi dalam satu kesatuan proses pembangunan yang berkelanjutan, menciptakan hubungan timbal balik antara satu dengan yang lainnya. Aspek ekonomi berkaitan dengan efisiensi, pertumbuhan, dan keuntungan; aspek sosial berhubungan dengan keadilan,

pemerataan, serta stabilitas sosial; sedangkan aspek lingkungan menitikberatkan pada pelestarian alam, keanekaragaman hayati, dan kesehatan ekosistem.



Sumber : Bockish, 2012

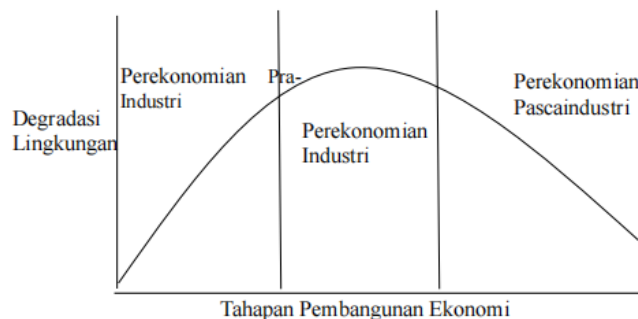
Gambar 2. 1 Tiga Pilar Pendukung Keberlanjutan

Interaksi antara aspek ekonomi dan sosial disebut *equitable*, yang bermakna keadilan. Hubungan antara aspek sosial dan lingkungan disebut *bearable*, yang menggambarkan kualitas hidup atau kenyamanan. Sementara itu, hubungan antara ekonomi dan lingkungan dikenal sebagai *viable*, yang berarti bahwa kegiatan ekonomi harus tetap memperhatikan daya dukung lingkungan agar kelestarian tetap terjaga. Kombinasi dari ketiga aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan itulah yang kemudian disebut sebagai *sustainable* atau berkelanjutan (Tanguay *et al.*, 2010).

2.1.2 Teori *Environmental Kuznet Curve* (EKC)

Kurva Kuznets Lingkungan atau (*Environmental Kuznets Curve / EKC*) adalah konsep yang menjelaskan keterkaitan antara perekonomian dengan lingkungan. Kurva *kuznet* adalah kurva yang menjelaskan kaitan antara ketimpangan pendapatan serta pertumbuhan ekonomi, dimana ketimpangan pendapatan akan meningkat di tahap awal pertumbuhan ekonomi serta akan mengalami penurunan jika telah berada pada titik tertentu dalam pertumbuhan ekonomi (Kaika & Zervas, 2013). Konsep EKC pertama kali dikemukakan oleh Grossman dan Krueger pada Tahun 1991 berdasarkan analogi dari Kurva *Kuznets* yang menjelaskan hubungan antara pendapatan per kapita dan

ketimpangan pendapatan. EKC kemudian menjadi kerangka teoritis yang banyak digunakan dalam menganalisis dinamika hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan.



Gambar 2. 2 Kurva EKC

Gambar 2.2 menunjukkan sumbu horizontal menunjukkan tingkat pendapatan per kapita, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan tingkat degradasi lingkungan. Kurva berbentuk U terbalik menunjukkan tiga fase pembangunan: (1) fase pre-industrial dengan degradasi lingkungan rendah, (2) fase industrialisasi dengan peningkatan degradasi lingkungan yang tajam, dan (3) fase post-industrial dimana degradasi lingkungan mulai menurun meskipun pendapatan per kapita terus meningkat (Panayotou, 2003). Menurut teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC), hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan terbagi dalam tiga fase. Fase awal ditandai dengan industrialisasi dan peningkatan output ekonomi yang bergantung pada eksploitasi sumber daya alam serta energi fosil, sehingga menyebabkan peningkatan polusi dan penurunan kualitas lingkungan. Dalam konteks penelitian ini provinsi di Pulau Jawa memiliki PDRB industri tertinggi (27 triliun rupiah) namun nilai IKLH rendah (15,49), menunjukkan degradasi lingkungan akibat aktivitas industri yang padat energi. Fase transisi (titik balik) terjadi ketika pendapatan per kapita meningkat dan kesadaran lingkungan mulai tumbuh. Pemerintah mulai menerapkan kebijakan seperti pajak karbon, teknologi bersih, dan energi terbarukan, sementara masyarakat mendukung produk ramah lingkungan. Pada fase ini, pertumbuhan ekonomi masih berlanjut namun dengan dampak terhadap lingkungan yang mulai menurun. Efisiensi energi meningkat, penggunaan energi terbarukan mulai

berkembang, dan teknologi produksi yang lebih bersih mulai diadopsi oleh sektor industri.

2.1.3 Teori Daya Dukung Lingkungan

Daya dukung lingkungan (*carrying capacity*) merupakan konsep ekologi yang menjelaskan kemampuan maksimal suatu wilayah dalam menampung populasi dan aktivitas tanpa menyebabkan kerusakan permanen pada ekosistem. Konsep ini pertama kali dikembangkan dalam studi ekologi populasi dan kemudian diadaptasi dalam berbagai bidang termasuk ekonomi pembangunan dan perencanaan wilayah (Rees, 1996).

Menurut Rusli *et al.*, (2009), daya dukung lingkungan dapat didefinisikan sebagai batas maksimum populasi yang dapat didukung oleh suatu ekosistem dalam jangka panjang tanpa merusak basis sumber daya yang menopangnya. Ketika jumlah penduduk atau intensitas aktivitas ekonomi melebihi daya dukung lingkungan, maka akan terjadi penurunan kualitas lingkungan yang ditandai dengan degradasi sumber daya alam, peningkatan pencemaran, dan penurunan fungsi ekosistem.

Pertumbuhan penduduk sejalan dengan meningkatnya kebutuhan terhadap berbagai sumber daya seperti lahan, air, dan energi. Peningkatan jumlah penduduk secara langsung meningkatkan permintaan akan ruang untuk permukiman, lahan untuk produksi pangan, air bersih untuk konsumsi domestik, serta energi untuk berbagai aktivitas kehidupan sehari-hari. Kondisi ini memicu berbagai perubahan penggunaan lahan (*land use change*) yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kapasitas ekosistem dalam menyediakan jasa lingkungan yang diperlukan untuk keberlanjutan hidup manusia (Arysandi & Sudrajat, 2025).

Perubahan penggunaan lahan akibat tekanan penduduk dapat termanifestasi dalam berbagai bentuk. Pertama, konversi lahan pertanian produktif menjadi kawasan permukiman dan infrastruktur perkotaan yang mengurangi kapasitas wilayah dalam memproduksi pangan dan menyerap air hujan. Kedua, deforestasi atau pengurangan tutupan hutan untuk membuka lahan pertanian baru atau kawasan industri yang menurunkan kemampuan ekosistem dalam

menyerap karbon, mengatur siklus hidrologi, dan mempertahankan keanekaragaman hayati. Ketiga, intensifikasi penggunaan lahan yang berlebihan tanpa memperhatikan prinsip konservasi dapat menyebabkan degradasi tanah, erosi, dan penurunan kesuburan lahan dalam jangka panjang (Nurahmawaty et al., 2023).

Teori daya dukung lingkungan relevan untuk menjelaskan hubungan antara kepadatan penduduk dengan IKLH. Provinsi dengan kepadatan penduduk tinggi cenderung mengalami tekanan yang lebih besar terhadap daya dukung lingkungan, yang dapat tercermin dari menurunnya kualitas air, udara, dan tutupan lahan. Namun, hubungan ini dapat bervariasi tergantung pada kapasitas pengelolaan lingkungan dan efektivitas kebijakan pembangunan berkelanjutan di masing-masing wilayah.

2.1.4 Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH)

Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) merupakan indikator komposit yang dikembangkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) untuk mengukur kondisi kualitas lingkungan hidup di Indonesia. IKLH berfungsi sebagai alat evaluasi kinerja pemerintah dalam pengelolaan lingkungan hidup dan sebagai dasar pengambilan kebijakan pembangunan berkelanjutan (KLHK, 2022).

Menurut Hidayati (2022) IKLH dihitung berdasarkan tiga indikator utama yang mencerminkan kondisi media lingkungan, yaitu Indeks Kualitas Air (IKA) diukur berdasarkan parameter kualitas air seperti BOD, COD, DO, TSS, dan pH yang dibandingkan dengan baku mutu air, Indeks Kualitas Udara (IKU) diukur dari konsentrasi pencemar udara utama seperti PM10, SO₂, NO₃, O₃, dan CO sesuai standar kualitas udara ambien, dan Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL) diukur berdasarkan proporsi tutupan vegetasi terhadap luas wilayah menggunakan. Ketiga indikator ini diintegrasikan menggunakan metode agregasi geometrik untuk menghasilkan nilai IKLH yang komprehensif. Penilaian IKLH dibagi menjadi beberapa kategori berdasarkan rentang nilai yang diperoleh. Kategori "sangat baik" untuk nilai IKLH di atas 80, kategori "baik" untuk nilai antara 60 hingga 80, kategori "sedang" untuk nilai antara 50

hingga 60, kategori "kurang" untuk nilai antara 40 hingga 50, dan kategori "waspada" untuk nilai IKLH antara 30 hingga 40. Kategorisasi ini membantu dalam mengidentifikasi tingkat kualitas lingkungan dan urgensi intervensi kebijakan di setiap wilayah.

IKLH digunakan sebagai indikator utama yang merepresentasikan kondisi kualitas lingkungan hidup di setiap provinsi Indonesia Jenderal & Widayati (2024). Variasi nilai IKLH antarprovinsi mencerminkan perbedaan tingkat pengelolaan lingkungan dan tekanan dari aktivitas ekonomi serta sosial masyarakat.

2.1.5 PDRB Sektor Industri Manufaktur

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) industri merupakan nilai tambah bruto yang dihasilkan oleh sektor industri pengolahan di suatu wilayah dalam periode tertentu. PDRB industri mencerminkan tingkat aktivitas ekonomi sektor industri dan kontribusinya terhadap perekonomian daerah. Sektor industri meliputi berbagai sub-sektor seperti industri makanan dan minuman, tekstil, kimia, logam, dan elektronik (BPS, 2023). Hubungan antara PDRB industri dan kualitas lingkungan bersifat kompleks dan multidimensional (Amalia & Emalia, 2022). Di satu sisi, peningkatan aktivitas industri dapat mendorong pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Namun di sisi lain, industrialisasi yang tidak terkendali dapat menyebabkan degradasi lingkungan melalui peningkatan emisi polutan, limbah, dan penggunaan sumber daya alam yang berlebihan (Yani *et al.*, 2023).

Penelitian oleh A. Kamaruddin (2024) menunjukkan bahwa dampak pembangunan industri terhadap lingkungan sangat bergantung pada teknologi yang digunakan, penerapan standar lingkungan, dan efektivitas pengawasan. Industri yang menerapkan prinsip *green industry* atau industri hijau dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan sambil tetap meningkatkan produktivitas ekonomi. Prinsip industri hijau meliputi efisiensi energi, penggunaan bahan baku terbarukan, minimisasi limbah, dan penerapan teknologi bersih (Anggraini & Tjandrakirana DP, 2025).

PDRB sektor industri manufaktur dalam konteks ini, digunakan sebagai indikator untuk mengukur tingkat aktivitas ekonomi berbasis industri di setiap provinsi. Variasi PDRB sektor industri manufaktur antarprovinsi dapat mencerminkan perbedaan tingkat industrialisasi dan potensi tekanan terhadap kualitas lingkungan yang berbeda pula.

2.1.6 PDRB Sektor Pertambangan

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) sektor pertambangan dan penggalian merepresentasikan nilai tambah bruto yang dihasilkan dari aktivitas ekstraksi sumber daya mineral dan energi di suatu wilayah. Sektor ini mencakup berbagai sub-sektor seperti pertambangan batubara, minyak dan gas bumi, bijih logam (nikel, tembaga, emas, timah), serta mineral non-logam. PDRB sektor pertambangan menjadi indikator penting untuk mengukur kontribusi ekonomi dari pemanfaatan sumber daya alam tak terbarukan terhadap perekonomian daerah (Sagala et al., 2024).

Sektor pertambangan memberikan kontribusi signifikan terhadap struktur ekonomi daerah terutama di provinsi dengan potensi geologis besar seperti Kalimantan Timur, Papua, dan Sulawesi, melalui penerimaan daerah dari pajak dan royalti, penyediaan lapangan kerja, serta pengembangan infrastruktur. Aktivitas pertambangan memiliki dampak lingkungan yang berbeda dengan sektor industri manufaktur. Pada tahap ekstraksi, pertambangan menimbulkan pembukaan lahan masif, hilangnya tutupan vegetasi, pencemaran air dari limbah tambang, dan emisi debu. Pada tahap pengolahan mineral, tekanan bertambah melalui emisi udara dari peleburan, limbah cair mengandung logam berat, dan konsumsi energi yang besar (Kementerian ESDM, 2024).

Sektor pertambangan berkontribusi terhadap peningkatan PDRB dan penyediaan lapangan kerja, namun keuntungan tersebut kerap tidak sebanding dengan biaya eksternal yang ditimbulkan, seperti kerusakan lingkungan dan penurunan produktivitas sektor lain seperti pertanian dan perikanan. Penelitian *Greenpeace* Indonesia dan *Center of Economics and Law Studies* (2024) menunjukkan bahwa desa-desa yang bergantung pada sektor pertambangan menghadapi

tantangan seperti pendidikan rendah, kesulitan akses air bersih dan layanan kesehatan, serta kerentanan terhadap bencana alam.

2.1.7 Tingkat Kemiskinan

Kemiskinan merupakan kondisi dimana seseorang atau kelompok masyarakat tidak mampu memenuhi kebutuhan dasar minimal untuk hidup layak. Badan Pusat Statistik (BPS) mengukur kemiskinan menggunakan konsep kemampuan memenuhi kebutuhan dasar (*basic needs approach*), yang meliputi kebutuhan makanan dan non-makanan. Tingkat kemiskinan dinyatakan dalam persentase jumlah penduduk yang berada di bawah garis kemiskinan terhadap total penduduk.

Teori *Poverty-Environment Nexus* menjelaskan adanya keterkaitan kompleks dan hubungan timbal balik antara kemiskinan dan kualitas lingkungan. Teori ini menekankan bahwa kemiskinan dapat menjadi penyebab sekaligus akibat dari degradasi lingkungan, dimana masyarakat miskin cenderung mengeksploitasi sumber daya alam secara berlebihan untuk bertahan hidup, sementara kerusakan lingkungan yang terjadi justru semakin memperburuk kondisi kemiskinan dengan menurunkan produktivitas sumber daya yang menjadi basis penghidupan mereka (Duraiappah, 1998).

Hubungan antara kemiskinan dan kualitas lingkungan memiliki sifat dua arah (*two-way causality*). Pertama, kemiskinan dapat menyebabkan degradasi lingkungan karena masyarakat miskin seringkali terpaksa mengeksploitasi sumber daya alam secara berlebihan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari tanpa mempertimbangkan aspek keberlanjutan. Keterbatasan akses terhadap teknologi dan modal membuat masyarakat miskin bergantung pada sumber daya alam sebagai sumber mata pencaharian utama. Kedua, degradasi lingkungan dapat memperburuk kondisi kemiskinan melalui penurunan produktivitas sumber daya alam yang menjadi basis ekonomi masyarakat. Fenomena ini dikenal dengan istilah *ecological poverty* atau kemiskinan ekologis, dimana pencemaran air, udara, dan kerusakan lahan akibat aktivitas ekonomi mengurangi produktivitas sektor primer seperti pertanian dan perikanan yang

menjadi sumber pendapatan utama masyarakat miskin di pedesaan (Zahroh & Suwandana, 2023).

2.1.8 Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk adalah jumlah penduduk per satuan luas wilayah, yang biasanya dinyatakan dalam jiwa per kilometer persegi (jiwa/km^2). Kepadatan penduduk mencerminkan tingkat konsentrasi penduduk di suatu wilayah dan memberikan gambaran tentang tekanan penduduk terhadap sumber daya alam dan lingkungan. Perspektif teori daya dukung lingkungan (*carrying capacity*), kepadatan penduduk menjadi indikator penting untuk mengukur apakah suatu wilayah telah melampaui kemampuan ekosistemnya dalam menyediakan sumber daya dan menyerap limbah tanpa mengalami degradasi. Teori ini menyatakan bahwa setiap wilayah memiliki batas maksimum populasi yang dapat didukung secara berkelanjutan, di mana melampaui batas tersebut akan menyebabkan penurunan kualitas lingkungan hidup (Rees, 1996).

Kepadatan penduduk memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas lingkungan hidup. Wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi cenderung mengalami tekanan yang lebih besar terhadap daya dukung lingkungan melalui peningkatan kebutuhan akan lahan, air bersih, energi, dan infrastruktur. Tekanan ini dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan apabila tidak diimbangi dengan tata kelola yang baik (Hidayat *et al.*, 2025).

Penelitian oleh Rafi & Wahyu (2024), menunjukkan bahwa peningkatan kepadatan penduduk berbanding terbalik dengan kualitas lingkungan, terutama pada wilayah metropolitan. Konsentrasi penduduk yang tinggi menghasilkan lebih banyak limbah domestik, meningkatkan emisi dari transportasi, dan mempercepat konversi lahan hijau menjadi kawasan terbangun. Hal ini berdampak pada penurunan kualitas udara, air, dan tutupan lahan yang pada akhirnya menurunkan nilai IKLH.

Kepadatan penduduk yang tinggi dapat memberikan peluang bagi pengelolaan lingkungan yang lebih efisien melalui ekonomi aglomerasi. Konsentrasi penduduk di kawasan perkotaan memungkinkan penyediaan infrastruktur lingkungan seperti sistem pengelolaan air limbah, transportasi massal, dan

pengolahan sampah secara lebih efisien dibandingkan dengan wilayah yang berpenduduk tersebar. Efisiensi ini dapat mengurangi jejak ekologis per kapita jika disertai dengan perencanaan kota yang baik dan penerapan konsep kota berkelanjutan (*sustainable city*) (Aldilla *et al.*, 2024).

Kepadatan penduduk digunakan sebagai indikator tekanan demografis terhadap lingkungan yang dapat mempengaruhi kualitas lingkungan hidup di setiap provinsi. Indikator kepadatan penduduk antarprovinsi mencerminkan perbedaan tingkat urbanisasi dan potensi tekanan terhadap daya dukung lingkungan.

2.1.9 PDRB Per Kapita

PDRB per kapita merupakan nilai Produk Domestik Regional Bruto dibagi dengan jumlah penduduk di pertengahan tahun. PDRB per kapita mengukur rata-rata pendapatan atau output ekonomi yang dihasilkan per orang di suatu wilayah dalam periode tertentu, biasanya satu tahun. Indikator ini digunakan sebagai proksi tingkat kesejahteraan dan daya beli masyarakat (Sagala *et al.*, 2024). Secara teoritis, PDRB per kapita memiliki hubungan non-linear dengan degradasi lingkungan, dimana pada tahap awal peningkatan pendapatan per kapita cenderung menyebabkan peningkatan degradasi lingkungan, namun setelah mencapai titik tertentu (*turning point*), peningkatan pendapatan per kapita justru dapat menurunkan degradasi lingkungan. Pola hubungan ini sejalan dengan teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) yang telah dijelaskan sebelumnya (Prasetyanto & Sari, 2021).

Peningkatan PDRB per kapita dapat mendorong konsumsi yang lebih tinggi dan menghasilkan limbah yang lebih besar, yang berpotensi menurunkan kualitas lingkungan. Namun, di sisi lain, peningkatan pendapatan juga dapat meningkatkan kesadaran lingkungan, kemampuan investasi dalam teknologi ramah lingkungan, dan permintaan akan kualitas lingkungan yang lebih baik. Masyarakat dengan pendapatan lebih tinggi cenderung lebih peduli terhadap isu lingkungan dan memiliki kemampuan untuk membayar (*willingness to pay*) bagi perlindungan lingkungan (Narendra *et al.*, 2021)

2.2 Hubungan Antar Indikator

Hubungan antara kualitas lingkungan hidup dengan indikator sosial ekonomi merupakan topik yang telah banyak dikaji dalam literatur ekonomi lingkungan. Penelitian ini menganalisis hubungan antara IKLH sebagai representasi kualitas lingkungan dengan empat indikator sosial ekonomi, yaitu PDRB sektor industri, tingkat kemiskinan, kepadatan penduduk, dan PDRB per kapita. Pemahaman terhadap pola hubungan antarvariabel ini penting untuk merumuskan kebijakan pembangunan berkelanjutan yang mengintegrasikan dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan.

1) Hubungan PDRB Sektor Industri Manufaktur dengan IKLH

Hubungan antara PDRB sektor industri manufaktur dengan IKLH dapat dijelaskan melalui kerangka teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Pada tahap awal industrialisasi, peningkatan PDRB sektor industri manufaktur cenderung menyebabkan penurunan kualitas lingkungan yang tercermin dari nilai IKLH yang menurun. Hal ini terjadi karena aktivitas industri pada tahap awal umumnya masih menggunakan teknologi yang kurang efisien dan menghasilkan limbah serta emisi yang tinggi. Selain itu, regulasi lingkungan pada tahap ini biasanya belum ketat sehingga industri cenderung mengabaikan dampak lingkungan demi mengejar pertumbuhan ekonomi (Setiawan & Primandhana, 2022).

Penelitian empiris oleh Aldilla *et al.* (2024) menemukan bahwa PDRB industri berpengaruh negatif signifikan terhadap IKLH di Indonesia, mengindikasikan bahwa sebagian besar provinsi masih berada pada fase industrialisasi awal di mana pertumbuhan sektor industri masih mengorbankan kualitas lingkungan. Namun, penelitian tersebut juga menemukan variasi hubungan antarprovinsi, di mana beberapa provinsi dengan pengelolaan lingkungan yang baik mampu mempertahankan IKLH yang tinggi meskipun memiliki PDRB industri yang besar.

2) Hubungan PDRB Sektor Pertambangan dengan IKLH

Hubungan antara PDRB sektor pertambangan dengan IKLH memiliki karakteristik yang berbeda dengan sektor industri manufaktur. Aktivitas pertambangan menghasilkan dampak lingkungan yang sangat intensif

namun terlokalisir pada area tambang tertentu, sementara industri manufaktur menciptakan degradasi yang lebih merata di kawasan padat penduduk (Kementerian ESDM, 2024).

Pertambangan memberikan dampak langsung terhadap kualitas lingkungan melalui beberapa mekanisme. Pembukaan lahan tambang menyebabkan hilangnya tutupan vegetasi yang menurunkan IKTL. Proses penambangan menghasilkan pencemaran air dari limbah tambang dan acid mine drainage yang berdampak pada IKA. Emisi debu dari penambangan terbuka dan pengolahan mineral berkontribusi pada penurunan IKU di sekitar lokasi tambang (Greenpeace Indonesia & CELIOS, 2024).

Kebijakan hilirisasi menciptakan tekanan berlapis terhadap lingkungan, dimana tahap ekstraksi menghasilkan kerusakan ekosistem lokal, sementara tahap pengolahan menambah beban melalui emisi industri dan limbah peleburan. Kondisi ini menciptakan trade-off dimana manfaat ekonomi yang signifikan diikuti oleh penurunan kualitas lingkungan dalam jangka panjang (Kementerian ESDM, 2024).

3) Hubungan Tingkat Kemiskinan dengan IKLH

Hubungan antara tingkat kemiskinan dengan IKLH dapat dijelaskan melalui teori *Poverty-Environment Nexus* yang menggambarkan lingkaran setan antara kemiskinan dan degradasi lingkungan. Pada satu sisi, kemiskinan dapat menyebabkan degradasi lingkungan karena masyarakat miskin memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap sumber daya alam untuk bertahan hidup tanpa memiliki kemampuan untuk mengelolanya secara berkelanjutan. Keterbatasan pendidikan dan akses terhadap teknologi membuat masyarakat miskin melakukan praktik-praktik yang merusak lingkungan seperti penebangan hutan ilegal, perburuan satwa liar, dan penggunaan lahan yang tidak berkelanjutan (Zahroh & Suwandana, 2023).

Degradasi lingkungan dapat memperburuk kemiskinan melalui penurunan produktivitas sumber daya alam yang menjadi sumber mata pencaharian utama masyarakat miskin. Pencemaran air dapat mengurangi hasil tangkapan nelayan dan produktivitas pertanian. Pencemaran udara dapat meningkatkan biaya kesehatan yang membebani rumah tangga miskin.

Kerusakan hutan dapat mengurangi ketersediaan kayu bakar dan hasil hutan non-kayu yang menjadi sumber penghidupan masyarakat miskin di pedesaan. Fenomena ini dikenal sebagai *ecological poverty* atau kemiskinan ekologis (Sembiring, 2024).

4) Hubungan PDRB per kapita dengan IKLH

Hubungan antara PDRB per kapita dengan IKLH mengikuti teori *Environmental Kuznets Curve*, namun dengan mekanisme yang sedikit berbeda dari PDRB sektor industri. PDRB per kapita merepresentasikan tingkat kesejahteraan rata-rata masyarakat yang mempengaruhi pola konsumsi, gaya hidup, dan kesadaran lingkungan (Prasetyanto & Sari, 2021). Pada tingkat PDRB per kapita yang rendah, masyarakat cenderung fokus pada pemenuhan kebutuhan dasar sehingga isu lingkungan belum menjadi prioritas. Peningkatan pendapatan pada tahap ini biasanya diiringi dengan peningkatan konsumsi dan produksi limbah yang dapat menurunkan kualitas lingkungan. Selain itu, masyarakat dengan pendapatan rendah umumnya tidak memiliki akses terhadap infrastruktur lingkungan yang memadai seperti sistem pengelolaan sampah dan air limbah yang baik (Narendra *et al.*, 2021).

Penelitian oleh Yani *et al* (2023) menemukan bahwa PDRB per kapita berpengaruh negatif signifikan terhadap IKLH di Indonesia, mengindikasikan bahwa rata-rata provinsi di Indonesia masih berada pada tahap awal kurva EKC di mana peningkatan pendapatan masih diikuti dengan degradasi lingkungan. Namun, temuan ini tidak berlaku seragam untuk semua provinsi, mengindikasikan pentingnya konteks lokal dalam memahami hubungan antara kesejahteraan ekonomi dan kualitas lingkungan.

5) Hubungan Kepadatan Penduduk dengan IKLH

Hubungan antara kepadatan penduduk dengan IKLH dapat dijelaskan melalui teori daya dukung lingkungan. Peningkatan kepadatan penduduk meningkatkan tekanan terhadap sumber daya alam dan lingkungan melalui beberapa mekanisme. Pertama, kepadatan penduduk yang tinggi meningkatkan kebutuhan akan lahan untuk permukiman, yang

menyebabkan konversi lahan hijau dan lahan pertanian menjadi kawasan terbangun. Hal ini menurunkan Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL) yang merupakan salah satu komponen utama IKLH (Hidayat *et al.*, 2025). Kedua, kepadatan penduduk yang tinggi meningkatkan volume limbah domestik yang dihasilkan, baik limbah padat maupun limbah cair. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini dapat mencemari badan air dan menurunkan kualitas air. Penelitian oleh Rafi & Wahyu (2024) menemukan bahwa timbulan sampah berpengaruh negatif signifikan terhadap IKLH, dan timbulan sampah sangat berkorelasi dengan kepadatan penduduk. Ketiga, kepadatan penduduk yang tinggi meningkatkan emisi dari sektor transportasi dan penggunaan energi untuk kebutuhan rumah tangga, yang dapat menurunkan kualitas udara.

2.3 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Alat Analisis	Hasil Penelitian
1.	Siti Nur Fadilah & Dedy Yuliawan (2025) Judul: Implementation of <i>K-Means Clustering</i> in Poverty Analysis of Regency/City in Sumatera Island in 2023	- Persentase Penduduk Miskin (PPM) - Rata-rata Lama Sekolah (RRLS) - Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) - Pendapatan per Kapita (PDP) - Pengeluaran per Kapita (PNP) Metode: - <i>K-Means Clustering</i> - <i>One Way ANOVA</i> - <i>Post Hoc Test (Tukey HSD)</i>	<i>K-Means</i> berhasil mengelompokkan 154 kabupaten/kota di Pulau Sumatera menjadi 3 <i>cluster</i> . Terdapat perbedaan signifikan karakteristik kemiskinan antar <i>cluster</i> berdasarkan uji <i>One Way ANOVA</i> .
2.	Wahyudi <i>et al.</i> (2025) Judul:	- Indeks Pembangunan Manusia (IPM)	Disparitas pembangunan manusia di Jawa Barat masih cukup tinggi, terutama

No	Penulis	Alat Analisis	Hasil Penelitian
	<i>Clustering Analysis of Human Development Index in West Java Using K-Means Algorithm</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Angka Harapan Hidup (AHH) - Rata-rata Lama Sekolah (RLS) - Harapan Lama Sekolah (HLS) - Pengeluaran per Kapita <p>Metode : <i>K-Means Clustering</i></p>	antara wilayah perkotaan dan pedesaan. Faktor ekonomi (pengeluaran per kapita) memiliki kontribusi paling besar dalam menentukan <i>cluster</i> dibandingkan faktor kesehatan dan pendidikan.
3.	Hidayat <i>et al.</i> (2025) Judul: Dampak Pembangunan Terhadap Lingkungan di Kalimantan: Analisis Empiris Atas Pertumbuhan Ekonomi, Investasi, dan Kepadatan Penduduk	<ul style="list-style-type: none"> - IKLH - Pertumbuhan Ekonomi (PDRB) - Investasi (PMDN dan PMA) - Kepadatan Penduduk - Luas Hutan <p>Metode: - Regresi data panel dengan pendekatan <i>Fixed Effect Mode</i></p>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi dan investasi berpengaruh negatif signifikan terhadap IKLH di Kalimantan, mengindikasikan bahwa pembangunan ekonomi yang pesat telah menyebabkan degradasi lingkungan melalui deforestasi dan pencemaran.
4.	Ramadhan <i>et al.</i> (2024) Judul: Analisis <i>Clustering K-Means</i> untuk Pemetaan Tingkat Pengangguran Terbuka di Provinsi-Provinsi Indonesia Tahun 2013-2023	<ul style="list-style-type: none"> - Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) - Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) - Rasio Ketergantungan - Rata-rata Lama Sekolah <p>Metode : - <i>K-Means Clustering</i></p>	Penelitian ini menemukan bahwa tingkat pengangguran memiliki korelasi negatif dengan TPAK dan rata-rata lama sekolah. <i>K-Means</i> efektif untuk klasifikasi provinsi berdasarkan indikator ekonomi.

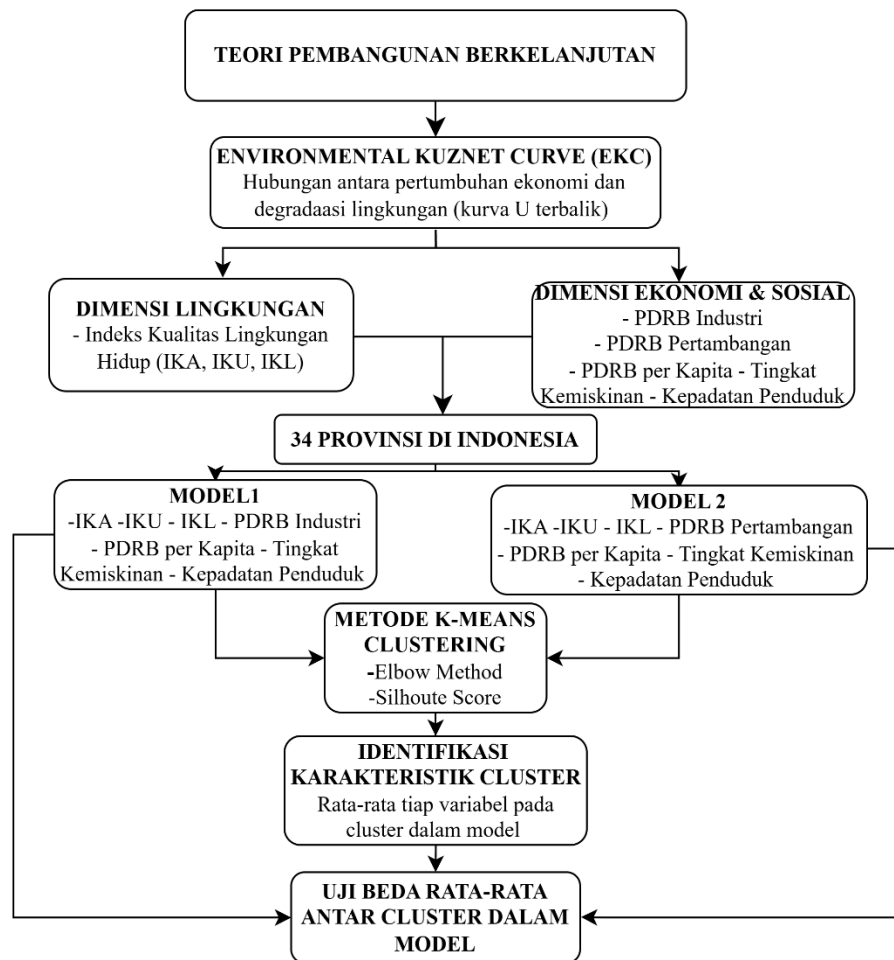
No	Penulis	Alat Analisis	Hasil Penelitian
5.	Febriyanto & Panjawa (2024) Judul: <i>Environmental Kuznets Curve in Indonesia: Evidence from Time Series Data 1990-2020</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Emisi CO₂ per kapita - GDP per Kapita - Konsumsi Energi - Tingkat Urbanisasi - Perdagangan Internasional Metode: <ul style="list-style-type: none"> - ARDL (Autoregressive Distributed Lag) 	Menemukan bukti empiris yang mendukung hipotesis EKC di Indonesia, dimana terdapat hubungan kurva U terbalik antara GDP per kapita dan emisi CO ₂ .
6.	Aldilla et al. (2024) Judul: Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Indeks Kualitas Lingkungan Hidup di Indonesia Tahun 2019-2022	<ul style="list-style-type: none"> - IKLH - Timbulan Sampah - Akses Sanitasi Layak - Kepadatan Penduduk - PDRB Industri - Pengeluaran Pemerintah untuk Lingkungan Metode: <ul style="list-style-type: none"> - Regresi data panel (REM) 	Hasil penelitian menunjukkan bahwa timbulan sampah dan kepadatan penduduk berpengaruh negatif signifikan terhadap IKLH, mengindikasikan bahwa peningkatan timbulan sampah dan kepadatan penduduk menurunkan kualitas lingkungan.
7.	Basri & Herianti (2024) Judul: <i>Environmental Sustainable Development Target in Indonesia: A VECM Analysis</i>	<ul style="list-style-type: none"> - IKLH - PDRB - Kepadatan penduduk - Manufaktur industri Metode: VECM	Pembangunan berkelanjutan dan pertumbuhan ekonomi memiliki hubungan jangka panjang positif.
8.	Zahroh & Suwandana (2023) Judul: Hubungan	<ul style="list-style-type: none"> - IKLH - Persentase Penduduk Miskin - PDRB per Kapita - Tingkat Pendidikan - Akses Air Bersih 	Hasil penelitian menemukan hubungan kausalitas dua arah antara kualitas lingkungan dan

No	Penulis	Alat Analisis	Hasil Penelitian
	Kausatif Kualitas Lingkungan dan Kemiskinan di Jawa Timur	Metode: Panel Vector Autoregression (PVAR) dan <i>Granger Causality</i>	kemiskinan di Jawa Timur.
9.	Yani <i>et al.</i> (2023) Judul: Indeks Kualitas Lingkungan Hidup dan Determinannya: Studi Kasus di Indonesia	- Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) - DRB per kapita, - Persentase Penduduk Miskin - Jumlah Kendaraan Bermotor, - Luas Hutan - Tingkat Pengangguran Metode : Regresi data panel (FEM)	PDRB per kapita berpengaruh negatif dan signifikan terhadap IKLH, mengindikasikan bahwa peningkatan aktivitas ekonomi cenderung menurunkan kualitas lingkungan.
10.	Prasetyanto & Sari (2021) Judul: <i>Environmental Kuznets Curve: Economic Growth with Environmental Degradation in Indonesia</i>	- IKLH - Pertumbuhan Ekonomi - Kepadatan Penduduk Metode: Regresi Nonlinier	Menunjukkan tiga fase pembangunan ekonomi terhadap kualitas lingkungan.

2.4 Kerangka Pemikiran

Pembangunan berkelanjutan mensyaratkan adanya keseimbangan antara dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan sebagaimana tertuang dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs). Dalam konteks Indonesia, kualitas lingkungan hidup yang diukur melalui Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) memiliki keterkaitan erat dengan indikator sosial ekonomi seperti PDRB industri, PDRB pertambangan, tingkat kemiskinan, kepadatan

penduduk, dan PDRB per kapita. Teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) menjelaskan bahwa hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan membentuk kurva U terbalik, dimana pada tahap awal pembangunan, peningkatan aktivitas ekonomi cenderung menurunkan kualitas lingkungan, namun setelah mencapai titik tertentu, peningkatan kesejahteraan justru dapat mendorong perbaikan kualitas lingkungan melalui kesadaran ekologis dan adopsi teknologi bersih. Penelitian ini menggunakan metode *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan 34 provinsi di Indonesia Tahun 2024 berdasarkan kesamaan karakteristik IKLH dan indikator sosial ekonomi. Pengelompokan ini akan menghasilkan beberapa *cluster* yang mencerminkan variasi kondisi lingkungan dan sosial ekonomi antarwilayah, dengan karakteristik yang berbeda untuk setiap *cluster*. Hasil analisis *clustering* kemudian diinterpretasikan untuk mengidentifikasi pola keterkaitan antara dimensi lingkungan dan sosial ekonomi serta disparitas pembangunan antarprovinsi.



Gambar 2. 3 Kerangka Pemikiran

2.5 Hipotesis

Berdasarkan landasan teori dan tinjauan empiris, penelitian ini menduga terdapat perbedaan yang signifikan dalam rata-rata Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan indikator sosial ekonomi (PDRB sektor industri, PDRB per kapita, tingkat kemiskinan, dan kepadatan penduduk) antarkelompok provinsi yang terbentuk melalui metode *K-Means Clustering*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis deskriptif dan eksploratif. Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian ini memanfaatkan data numerik berupa nilai Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan indikator sosial ekonomi dari setiap provinsi di Indonesia pada Tahun 2024. Metode yang digunakan adalah *K-Means Clustering*, yaitu teknik pengelompokan (*cluster analysis*) yang bertujuan untuk mengelompokkan provinsi ke dalam beberapa kelompok berdasarkan kemiripan karakteristik antarvariabel. Hasil pengelompokan digunakan untuk mengetahui pola keterkaitan antara kondisi sosial ekonomi dan kualitas lingkungan di Indonesia. Penelitian ini menggunakan data dari 34 provinsi di Indonesia sebagai unit analisis. Pemilihan unit analisis ini didasarkan pada ketersediaan data yang lengkap dan konsisten dari Badan Pusat Statistik (BPS) serta Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada Tahun 2024. Ruang lingkup wilayah penelitian ini mencakup seluruh provinsi di Indonesia kecuali beberapa provinsi hasil pemekaran di wilayah Papua yang belum memiliki ketersediaan data IKLH dan indikator sosial ekonomi yang lengkap dan konsisten pada Tahun 2024, sehingga tidak dapat diikutsertakan dalam analisis *clustering*.

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari lembaga resmi pemerintah dan publikasi ilmiah. Sumber data utama berasal dari: (1) Badan Pusat Statistik (BPS), yang menyediakan data sosial ekonomi seperti PDRB industri, PDRB pertambangan, tingkat kemiskinan, kepadatan penduduk, dan PDRB per kapita; (2) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

(KLHK), yang menyediakan data indikator Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKA, IKU dan IKL) Tahun 2024; serta (3) jurnal ilmiah dan publikasi pendukung yang relevan.

Tabel 3. 1 Jenis dan Sumber Indikator

Indikator	Simbol	Satuan	Sumber
IKA	IKA	Indeks	KLHK
IKU	IKU	Indeks	KLHK
IKL	IKL	Indeks	KLHK
PDRB Sektor Industri	PDRB-Ind	Miliar Rupiah	BPS
PDRB Sektor Pertambangan	PDRB-Tamb	Miliar Rupiah	BPS
PDRB Per Kapita	PDRB-Kap	Juta Rupiah	BPS
Tingkat Kemiskinan	TK	Persen (%)	BPS
Kepadatan Penduduk	KP	Jiwa/KM	BPS

Sumber: Data diolah dari BPS dan KLHK, 2026

3.2 Data Penelitian Yang Digunakan

Data dari setiap indikator yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH)

Nilai Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) menyatakan tingkat kualitas lingkungan suatu provinsi, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan kondisi lingkungan yang lebih baik.

3.2.2 PDRB Sektor Industri Manufaktur

PDRB sektor industri dinyatakan dalam miliar rupiah (Rp miliar) berdasarkan harga konstan Tahun 2010. Satuan ini menggambarkan besarnya nilai tambah bruto yang dihasilkan oleh aktivitas industri pengolahan di masing-masing provinsi.

3.2.3 PDRB Sektor Pertambangan

PDRB sektor pertambangan dinyatakan dalam miliar rupiah (Rp miliar) berdasarkan harga konstan Tahun 2010. Satuan ini menggambarkan besarnya nilai tambah bruto yang dihasilkan oleh aktivitas pertambangan dan penggalian

di masing-masing provinsi, yang mencakup sub-sektor pertambangan batubara, minyak dan gas bumi, bijih logam, serta mineral non-logam.

3.2.4 PDRB Per Kapita

PDRB per kapita pada penelitian ini dinyatakan dalam rupiah per penduduk (Juta/Rp) pada Tahun 2024. Satuan ini menggambarkan rata-rata pendapatan ekonomi yang diterima setiap penduduk. PDRB per kapita dihitung menggunakan rumus:

$$\text{PDRB Per Kapita} = \frac{\text{Total PDRB}}{\text{Jumlah Penduduk}}$$

Indikator ini mencerminkan tingkat kesejahteraan ekonomi rata-rata penduduk di suatu provinsi.

3.2.5 Tingkat Kemiskinan

Tingkat kemiskinan menjadi variabel penting dalam penelitian ini karena daerah dengan kemiskinan tinggi cenderung memiliki kapasitas pengelolaan lingkungan yang lebih rendah, sementara kerusakan lingkungan juga dapat memperparah kondisi kemiskinan. Variabel ini dalam satuan persentase (%) yang dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Tingkat Kemiskinan} = \frac{\text{Jumlah Penduduk Miskin}}{\text{Jumlah Total Penduduk}} \times 100\%$$

Tingkat kemiskinan yang tinggi mencerminkan rendahnya kesejahteraan masyarakat, yang dapat berdampak pada pola konsumsi dan pemanfaatan sumber daya alam yang kurang berkelanjutan, sehingga berpotensi menurunkan kualitas lingkungan hidup.

3.2.6 Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk dinyatakan dalam jiwa per kilometer persegi (jiwa/km²). Kepadatan penduduk berfungsi sebagai indikator demografis untuk memahami seberapa besar pengaruh jumlah penduduk terhadap kualitas lingkungan hidup di setiap provinsi. Kepadatan penduduk dihitung dengan rumus:

$$\text{Kepadatan Penduduk} = \frac{\text{Jumlah Penduduk}}{\text{Luas Wilayah (km}^2\text{)}}$$

Kepadatan penduduk yang tinggi dapat meningkatkan tekanan terhadap lingkungan melalui peningkatan konsumsi sumber daya dan produksi limbah

3.2.7 Pengelompokan Indikator kedalam Model Sektoral

Dalam penelitian ini, pengelompokan provinsi dilakukan menggunakan dua model sektoral, yaitu Model 1 berbasis sektor industri manufaktur dan Model 2 berbasis sektor pertambangan. Pemisahan model ini dilakukan untuk melihat perbedaan pola pembangunan ekonomi daerah berdasarkan sektor dominan yang menjadi penggerak utama aktivitas ekonomi.

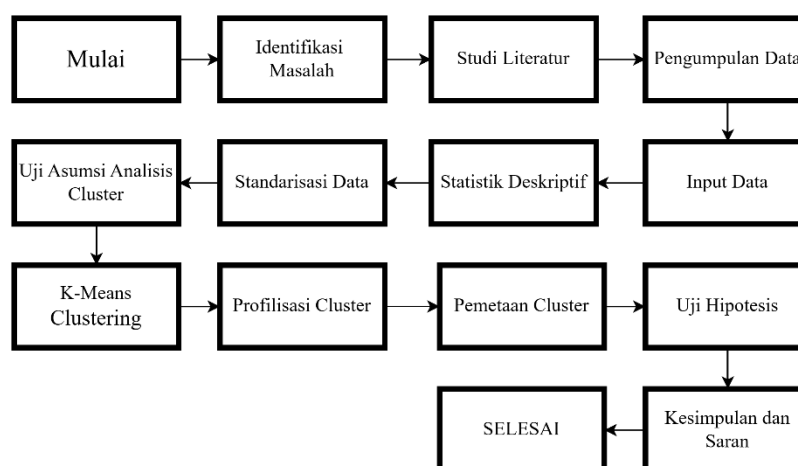
1. Model 1 merepresentasikan wilayah dengan dominasi sektor industri manufaktur. Indikator yang digunakan dalam model ini meliputi indikator IKLH (IKA, IKU, IKL), PDRB sektor industri manufaktur, PDRB per kapita, tingkat kemiskinan, dan kepadatan penduduk. Indikator ini dipilih untuk menggambarkan karakteristik daerah yang mengalami proses industrialisasi dan transformasi struktural menuju sektor sekunder, yang umumnya ditandai oleh peningkatan aktivitas produksi, konsentrasi penduduk, serta dinamika sosial ekonomi yang lebih kompleks.
2. Model 2 merepresentasikan wilayah dengan dominasi sektor pertambangan dan penggalian. Indikator yang digunakan dalam model ini meliputi indikator IKLH (IKA, IKU, IKL), PDRB sektor pertambangan, PDRB per kapita, tingkat kemiskinan, dan kepadatan penduduk. Model ini mencerminkan karakteristik daerah yang struktur ekonominya bertumpu pada pemanfaatan sumber daya alam, dengan pola aktivitas ekonomi yang berbeda dari wilayah industri manufaktur.

Perbedaan sektor dominan tersebut mencerminkan karakteristik pembangunan yang berbeda, baik dari sisi pola aktivitas ekonomi maupun implikasinya terhadap kualitas lingkungan. Oleh karena itu, pemisahan model dilakukan untuk melihat perbedaan pola keterkaitan antara aktivitas ekonomi dan kualitas lingkungan pada daerah berbasis industri manufaktur dan daerah berbasis pertambangan. Dengan pendekatan ini, analisis diharapkan dapat menggambarkan karakteristik pembangunan daerah berdasarkan sektor penggerak utamanya.

3.3 Metode Analisis Data

Metode analisis data dalam penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan kemiripan karakteristik antara indikator Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) dan indikator sosial ekonomi menggunakan teknik *K-Means Clustering*. Pendekatan ini digunakan untuk melihat pola hubungan antara aspek ekonomi dan kualitas lingkungan, serta untuk memetakan tingkat keberlanjutan pembangunan antarprovinsi di Indonesia Tahun 2024.

3.3.1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan dalam studi ini melibatkan analisis literatur dari berbagai sumber, seperti jurnal, buku, dan hasil penelitian terdahulu, untuk mengidentifikasi variabel-variabel yang relevan dengan tujuan penelitian. Variabel yang digunakan dalam analisis ini meliputi Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH), PDRB sektor industri, PDRB sektor pertambangan, PDRB per kapita, kepadatan penduduk, dan tingkat kemiskinan. Setelah itu, dilakukan pengelompokan Provinsi di Indonesia menggunakan metode *K-Means Cluster*.

Melalui pendekatan ini, wilayah dengan karakteristik sosial ekonomi dan lingkungan yang serupa dikelompokkan ke dalam beberapa *cluster* berdasarkan rerata nilai dari masing-masing variabel. Analisis hasil pengelompokan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih

komprehensif mengenai keterkaitan antara kondisi lingkungan, aktivitas ekonomi, dan kesejahteraan masyarakat. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan pembangunan yang berkelanjutan, khususnya dalam menyeimbangkan antara pertumbuhan ekonomi industri, kualitas lingkungan hidup, dan kemiskinan di Provinsi Indonesia (Andina, W., & Wahyudi, 2024).

Berdasarkan Gambar 3.1 alur penelitian yaitu:

1. Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang ada secara umum dan mengerucut ke wilayah yang akan diteliti.
2. Studi literatur supaya memperoleh variabel data yang diterapkan dalam penelitian
3. Data yang dikumpulkan diantaranya informasi mengenai Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH), PDRB sektor industri, PDRB sektor pertambangan, PDRB per Kapita, kepadatan penduduk, dan tingkat kemiskinan.
4. Input data ke dalam *RStudio*, perangkat lunak ini berfungsi sebagai sarana untuk melakukan analisis dalam studi ini dengan Teknik *K-Means Clustering*.
5. Statistik deskriptif untuk memberikan pandangan umum atau ringkasan informasi mengenai data ekonomi industri, kualitas lingkungan hidup, dan kemiskinan di Provinsi Indonesia (Mayasari & Nugraha, 2023).
6. Standarisasi data dilakukan untuk menyamakan skala antar variabel yang memiliki satuan berbeda agar hasil analisis lebih akurat. Proses ini penting karena metode *K-Means* sangat bergantung pada jarak antar objek yang sensitif terhadap perbedaan (Mohamad & Usman, 2013). Dalam *RStudio*, standarisasi dapat dilakukan menggunakan fungsi *scale* untuk menormalkan data sebelum proses *clusterisasi*.
7. Penentuan jumlah *cluster* yang optimal dilakukan dengan menggunakan metode *Elbow* dan *Silhouette*. Dari hasil ini dapat ditentukan berapa banyak *cluster* yang tepat untuk digunakan dalam studi ini. Metode *Elbow* diperoleh melalui analisis hasil *Sum of Squared Error* (SSE) (Mayasari & Nugraha, 2023).

8. *K-Means Clustering*, diawali menentukan jumlah *cluster* yang optimal dengan metode *Silhouette*, dari hasil ini dapat ditentukan berapa banyak *cluster* yang tepat untuk digunakan dalam studi ini. Setelah menemukan jumlah *cluster* yang optimal, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis *K-Means* dengan menggunakan Rstudio. Setelah mengetahui jumlah *cluster* yang optimal, tahap selanjutnya menerapkan metode *K-Means* untuk mengelompokkan data pada setoap amatan. Analisis *K-Means Cluster* ini dilakukan untuk memperoleh hasil akhir *cluster* (anggota pada setiap *cluster*) berdasarkan pada jumlah *cluster* terbaik yang diperoleh dari metode *Elbow*.
9. Profilisasi *cluster* dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik khas dari setiap kelompok yang terbentuk dengan menghitung nilai rata-rata dari variabel pada masing-masing *cluster*. Dalam penelitian ini, analisis difokuskan pada variabel Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH), PDRB sektor industri, PDRB sektor pertambangan, kepadatan penduduk, tingkat kemiskinan, dan PDRB per kapita. Variabel-variabel tersebut digunakan untuk menggambarkan kondisi sosial, ekonomi, dan lingkungan Provinsi di Indonesia pada Tahun 2024, sehingga hasil *clusterisasi* dapat menunjukkan perbedaan tingkat kesejahteraan dan keberlanjutan antar wilayah.
10. Pemetaan *cluster* merupakan tahapan yang menampilkan hasil pengelompokan beserta karakteristik masing-masing *cluster* dalam bentuk peta, sehingga memudahkan pembaca untuk memahami dan menafsirkan informasi secara visual dan lebih efisien.
11. Uji Hipotesis dilakukan untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara *cluster* yang terbentuk. Karena hasil *K-Means Clustering* menghasilkan dua *cluster*, maka pengujian dilakukan menggunakan uji beda dua rata-rata untuk setiap variabel penelitian.
12. Kesimpulan dan saran.
13. Selesai.

3.3.2 Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif merupakan metode analisis yang meliputi proses pengumpulan, pengolahan, penyajian, serta interpretasi data dalam bentuk angka atau persentase yang biasanya disajikan melalui tabel maupun grafik (Mayasari & Nugraha, 2023). Melalui pendekatan ini, data dijelaskan secara ringkas untuk memberikan gambaran umum mengenai karakteristik dan pola yang terkandung di dalamnya.

3.3.3 Penentuan Jumlah *Cluster* Optimal

1. Metode *Elbow*

Metode *Elbow* digunakan untuk menentukan jumlah cluster optimal dengan melihat perubahan nilai *Sum of Squared Error* (SSE). Nilai SSE menunjukkan jumlah kuadrat jarak antara setiap observasi dengan centroid pada cluster-nya menggunakan rumus berikut (Mayasari & Nugraha, 2023):

$$SSE = \sum_{k=1}^K \sum_{x_i \in S_k} \|x_i - c_k\|^2$$

Rumus tersebut digunakan untuk menghitung *Sum of Squared Error* (SSE) dalam metode *Elbow*, di mana:

K = jumlah *cluster* yang diterapkan dalam algoritma *K-Means*

x_i = data ke-*i*

S_k = himpunan data pada *cluster* ke-*k*

C_k = centroid (pusat) dari *cluster* ke-*k*

Secara umum, peningkatan jumlah cluster akan menyebabkan nilai SSE menurun karena data terbagi ke dalam kelompok yang lebih homogen. Jumlah cluster optimal ditentukan pada titik ketika penurunan SSE yang semula tajam mulai melambat dan membentuk pola menyerupai siku (*elbow point*) pada grafik hubungan antara jumlah cluster dan nilai SSE. Titik tersebut menunjukkan bahwa penambahan jumlah cluster setelahnya tidak lagi memberikan penurunan variasi yang signifikan, sehingga jumlah cluster pada titik tersebut dianggap paling efisien dalam merepresentasikan struktur data (Ramadhan *et al.*, 2024).

3.3.4 Analisis *K-Means Cluster*

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *K-Means Clustering*, yaitu teknik pengelompokan data non-hierarkis yang membagi sekumpulan data ke dalam beberapa kelompok (*cluster*) berdasarkan kesamaan karakteristik (Na *et al.*, 2010). Dalam konteks ini, data non-hierarkis berarti data tidak disusun secara bertingkat atau berlapis seperti pada metode hierarkis (Fadilah & Yuliawan, 2025).

K-Means mengelompokkan data dengan tujuan agar objek yang memiliki kemiripan berada dalam satu *cluster*, sedangkan objek yang berbeda dimasukkan ke *cluster* lain. Tujuan utama dari metode ini adalah meminimalkan variasi di dalam *cluster* (*intra-cluster variance*) dan memaksimalkan perbedaan antar *cluster* (*inter-cluster variance*), sehingga menghasilkan pengelompokan yang efisien dan representatif (Mayasari & Nugraha, 2023).

Tahapan proses *K-Means Clustering* meliputi (MacQueen, James *et al.*, 1967):

1. Menentukan jumlah *cluster* (k) yang akan digunakan.

Penentuan jumlah *cluster* k dalam analisis *K-Means* dapat dilakukan melalui berbagai pertimbangan, termasuk pertimbangan teoritis dan konseptual yang dapat diusulkan untuk menentukan jumlah *cluster* yang tepat.

2. Menetapkan k centroid (titik pusat *cluster*) awal secara acak.

$$C_k = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} [X_i, Y_i]$$

Keterangan:

C_k = centroid pada *cluster* ke- k

i = data ke- i

(x, y) = nilai koordinat atau atribut data

n_k = jumlah anggota dalam *cluster* ke- k

3. Menghitung jarak setiap data terhadap centroid untuk menentukan keanggotaan *cluster*.
4. Memperbarui nilai centroid berdasarkan rata-rata nilai data dalam *cluster* menggunakan rumus berikut:

$$De = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - s_i)^2 + (Y_i - ti)^2}$$

Keterangan:

De = Euclidean Distance

I = Jumlah atau indeks objek ke-*i*.

(*x, y*) = Koordinat dari objek data.

(*s, t*) = Koordinat dari centroid (titik pusat *cluster*).

3.4 Pengujian Hipotesis

Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara *cluster* yang terbentuk, dilakukan uji beda rata-rata. Karena hasil *K-Means Clustering* menghasilkan dua *cluster*, maka pengujian hipotesis menggunakan uji beda dua rata-rata untuk setiap variabel penelitian (IKLH, PDRB industri, kepadatan penduduk, tingkat kemiskinan, dan PDRB per kapita). Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi bahwa pengelompokan yang dihasilkan memiliki perbedaan karakteristik yang signifikan secara statistik (Hair, 2009).

3.4.1 Uji Normalitas

Sebelum melakukan uji beda dua rata-rata, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas untuk menentukan apakah data pada masing-masing *cluster* berdistribusi normal. Uji normalitas dilakukan menggunakan *Shapiro-Wilk Test* karena merupakan uji yang paling sesuai untuk ukuran sampel kecil hingga menengah ($n < 50$) dan memiliki power yang tinggi dalam mendeteksi penyimpangan dari normalitas.

Hipotesis:

H_0 : Data pada *cluster* berdistribusi normal

H_1 : Data pada *cluster* tidak berdistribusi normal

Rumus Shapiro-Wilk :

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Keterangan:

W = statistik uji Shapiro-Wilk

$x_{(i)}$ = nilai observasi terurut ke-i (dari terkecil ke terbesar)

\bar{x} = rata-rata sampel

a_i = koefisien Shapiro-Wilk yang diperoleh dari tabel

n = jumlah sampel dalam *cluster*

Kriteria pengujian:

- Jika nilai signifikansi (Sig.) > 0,05, maka H_0 diterima (data berdistribusi normal)
- Jika nilai signifikansi (Sig.) \leq 0,05, maka H_0 ditolak (data tidak berdistribusi normal)

Uji normalitas dilakukan untuk setiap variabel pada masing-masing *cluster*. Hasil uji ini akan menentukan jenis uji statistik yang akan digunakan pada tahap selanjutnya. Jika data berdistribusi normal, maka akan digunakan uji parametrik (*Independent Sample t-Test*), sedangkan jika data tidak berdistribusi normal, maka akan digunakan uji non-parametrik (*Mann-Whitney U Test*) (Field, 2013).

3.4.2 Uji Homogenitas Varians (*Levene's Test*)

Setelah uji normalitas menunjukkan bahwa data berdistribusi normal, langkah selanjutnya adalah melakukan uji homogenitas varians untuk memastikan bahwa varians antara kedua *cluster* adalah homogen. Uji ini penting untuk menentukan jenis uji t yang akan digunakan, apakah *Equal Variance Assumed* atau *Equal Variance Not Assumed (Welch's t-test)* (Levene, 1960).

Hipotesis:

H_0 : Varians kedua *cluster* adalah homogen ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$)

H_1 : Varians kedua *cluster* tidak homogen ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$)

Rumus Levene's Test:

$$F = \frac{(N - k)}{(k - 1)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^k n_i (\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - \bar{Z}_i)^2}$$

Keterangan:

N = jumlah total observasi (34 provinsi)

k = jumlah kelompok (*cluster*) = 2

n_i = jumlah observasi pada *cluster* ke- i

$Z_{ij} = |X_{ij} - \text{Median}_i|$ (deviasi absolut dari median kelompok)

$\bar{Z}_i.$ = rata-rata Z_{ij} pada *cluster* ke- i

$\bar{Z}_{..}$ = rata-rata keseluruhan dari semua Z_{ij}

Kriteria pengujian:

- 1) Jika nilai signifikansi (Sig.) $> 0,05$, maka H_0 diterima (varians homogen)
- 2) Jika nilai signifikansi (Sig.) $\leq 0,05$, maka H_0 ditolak (varians tidak homogen)

Hasil uji homogenitas varians akan menentukan formula uji t yang digunakan. Jika varians homogen, maka digunakan *Independent Sample t-Test* dengan asumsi varians sama (*equal variance assumed*). Jika varians tidak homogen, maka digunakan *Welch's t-Test* yang tidak mengasumsikan kesamaan varians (*equal variance not assumed*) (Ostertagová & Ostertag, 2013).

3.4.3 Penentuan jenis Uji Beda Dua Rata-rata

Berdasarkan hasil uji normalitas dan homogenitas varians, ditentukan jenis uji yang akan digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata antara kedua *cluster*. Pemilihan uji yang tepat sangat penting untuk memastikan validitas hasil penelitian (Rasch *et al.*, 2011).

Apabila hasil uji *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa data pada kedua *cluster* berdistribusi normal ($p\text{-value} > 0,05$), maka digunakan uji parametrik dengan dua alternatif:

1. Independent sample t-Test (*Equal Variance Assumed*)

Digunakan jika hasil uji Levene's Test menunjukkan varians kedua *cluster* homogen ($p\text{-value} > 0,05$).

Hipotes

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (tidak ada perbedaan rata-rata antara *cluster* 1 dan *cluster* 2)

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ (terdapat perbedaan rata-rata antara *cluster* 1 dan *cluster* 2)

Rumus:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{s_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Di mana *pooled variance* (varians gabungan) dihitung dengan:

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Derajat kebebasan (df):

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

Keterangan:

\bar{X}_1, \bar{X}_2 = rata-rata variabel pada *cluster* 1 dan *cluster* 2

s_1^2, s_2^2 = varians sampel pada *cluster* 1 dan *cluster* 2

n_1, n_2 = jumlah observasi pada *cluster* 1 dan *cluster* 2

s_p^2 = *pooled variance* (varians gabungan)

t = nilai statistik uji t

2. Welch's t-Test (*Equal Variance Not Assumed*)

Digunakan jika hasil uji Levene's Test menunjukkan varians kedua *cluster* tidak homogen ($p\text{-value} \leq 0,05$). *Welch's t-Test* merupakan modifikasi dari Independent Sample t-Test yang tidak mengasumsikan kesamaan varians antara kedua kelompok.

Hipotesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (tidak ada perbedaan rata-rata antara *cluster* 1 dan *cluster* 2)

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ (terdapat perbedaan rata-rata antara *cluster* 1 dan *cluster* 2)

Rumus:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Derajat kebebasan (df) dengan rumus Welch-Satterthwaite:

$$df = \frac{(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2})^2}{\frac{(s_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(s_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}}$$

Keterangan:

\bar{X}_1, \bar{X}_2 = rata-rata variabel pada *cluster* 1 dan *cluster* 2

s_1^2, s_2^2 = varians sampel pada *cluster* 1 dan *cluster* 2

n_1, n_2 = jumlah observasi pada *cluster* 1 dan *cluster* 2

t = nilai statistik uji t

df = derajat kebebasan yang disesuaikan

Kriteria Pengujian untuk uji t (baik *Equal Variance* maupun *Welch's*):

- Jika nilai p-value (sig. 2-tailed) > 0,05, maka H_0 diterima (tidak ada perbedaan signifikan)
- Jika nilai p-value (sig. 2-tailed) \leq 0,05, maka H_0 ditolak (terdapat perbedaan signifikan)

3.4.4 Pengujian Hipotesis Penelitian

Setelah menentukan jenis uji yang sesuai berdasarkan hasil uji asumsi, dilakukan pengujian hipotesis penelitian untuk setiap variabel pada kedua *cluster* yang terbentuk.

Hipotesis Penelitian:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam rata-rata IKLH dan indikator sosial ekonomi (PDRB industri/pertambangan, PDRB per kapita, kepadatan penduduk, dan tingkat kemiskinan) antara *cluster* 1 dan *cluster* 2 provinsi di Indonesia Tahun 2024.

H₁: Terdapat perbedaan yang signifikan dalam rata-rata IKLH dan indikator sosial ekonomi (PDRB sektor industri/pertambangan, PDRB per kapita, kepadatan penduduk, dan tingkat kemiskinan) antara *cluster 1* dan *cluster 2* provinsi di Indonesia Tahun 2024.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pengelompokan provinsi di Indonesia menggunakan metode *K-Means Clustering* dan uji beda dua rata-rata, penelitian ini menyimpulkan bahwa terdapat perbedaan karakteristik antar cluster yang tercermin dari indikator kualitas lingkungan dan sosial ekonomi sebagai berikut:

1. Hasil pengelompokan provinsi berdasarkan indikator ekonomi dan lingkungan menghasilkan dua cluster pada masing-masing model. Pada Model 1, Cluster 1 terdiri dari 29 provinsi dan Cluster 2 terdiri dari 5 provinsi. Sementara itu, pada Model 2, Cluster 1 terdiri dari 30 provinsi dan Cluster 2 terdiri dari 4 provinsi. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan karakteristik pembangunan antar kelompok wilayah, meskipun sebagian besar provinsi berada dalam cluster dengan karakteristik yang relatif serupa.
2. Hasil uji beda menunjukkan bahwa pada kedua model, Indeks Kualitas Air (IKA) memiliki perbedaan yang signifikan antara Cluster 1 dan Cluster 2. Selain itu, indikator Tingkat Kemiskinan juga menunjukkan perbedaan yang signifikan pada Model 2. Temuan penelitian ini mengindikasikan bahwa tekanan pembangunan ekonomi lebih banyak tercermin pada kualitas lingkungan perairan, serta masih terdapat perbedaan tingkat kesejahteraan masyarakat antar kelompok wilayah. Dengan demikian, aktivitas ekonomi sektoral, baik industri maupun pertambangan, berpotensi memberikan dampak terhadap kualitas lingkungan, khususnya pada aspek air..

Secara keseluruhan, hasil profilisasi pada kedua model menunjukkan pola yang sama ataupun konsisten, yaitu wilayah dengan aktivitas ekonomi sektoral yang tinggi cenderung memiliki kualitas lingkungan yang lebih rendah, sementara wilayah dengan kualitas lingkungan yang lebih baik cenderung menghadapi tantangan kesejahteraan yang lebih besar.s.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

2. Pemerintah pusat dan daerah perlu memperkuat kebijakan pengelolaan kualitas lingkungan, khususnya pada aspek kualitas air, mengingat Indeks Kualitas Air (IKA) merupakan indikator yang menunjukkan perbedaan signifikan antar wilayah. Upaya yang dapat dilakukan antara lain melalui pengendalian pencemaran dari aktivitas industri dan pertambangan serta peningkatan pengawasan terhadap pemanfaatan sumber daya air.
3. Pemerintah perlu meningkatkan efektivitas program penanggulangan kemiskinan secara lebih terarah pada wilayah dengan tingkat kemiskinan yang relatif lebih tinggi. Program yang dilakukan tidak hanya bersifat bantuan sosial, tetapi juga diarahkan pada peningkatan kesempatan kerja, pengembangan ekonomi lokal, dan peningkatan kualitas sumber daya manusia.
4. Dalam perencanaan pembangunan daerah, diperlukan pendekatan yang lebih terintegrasi antara pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan lingkungan. Hal ini penting agar peningkatan aktivitas ekonomi tidak menimbulkan tekanan yang berlebihan terhadap daya dukung lingkungan.
5. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk menambahkan variabel lain yang dapat menggambarkan kondisi pembangunan secara lebih komprehensif serta menggunakan periode waktu yang lebih panjang atau metode analisis yang berbeda untuk memperoleh hasil yang lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Kamaruddin, S. (2024). Dampak Pembangunan Industri di Pedesaan. *Aksiologi : Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial*.
<https://doi.org/10.47134/aksiologi.v5i2.283>
- Amalia, F., & Emalia, Z. (2022). Fenomena Kelimpahan Sumber Daya Alam dan Natural Resource Curse Dalam Perspektif Ekonomi Di Pulau Sumatera. *BULLET : Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 01(5), 737–750.
- Andina, W., & Wahyudi, A. (2024). Upaya Pengentasan Kemiskinan Dalam Mewujudkan Kesejahteraan Sosial Islam. *Jurnal Ekonomi Syariah Pelita Bangsa*, 9(01), 69–80.
<https://doi.org/https://doi.org/10.37366/jespb.v9i01.1066>
- Anggraini, F., & Tjandrakirana DP, R. (2025). Pengaruh Green Accounting dan Kinerja Lingkungan Terhadap Profitabilitas: Tinjauan Literatur Sistematis. *Journal of Economics and Business Research (JUEBIR)*, 4(1), 45–57.
<https://doi.org/10.22515/juebir.v4i1.11578>
- Arysandi & Sudrajat. (2025). Pemetaan Daya Dukung Pangan Kabupaten Menggunakan Sistem Grid Skala Ragam Malang. 23(5), 1162–1174.
<https://doi.org/10.14710/jil.23.5.1162-1174>
- Asyrof, R., & Rizaldi, M. (2025). Regional Inclusive Green Growth in Indonesia : Unraveling Determinants and Disparities. *Indonesian Journal of Energy*, 8(1), 75–86. <https://ije-pyc.org/IJE/article/view/220>
- Bockish, J. (2012). Transportation Sustainability Rating Systems. *Gresham Smith and Partners*.
- BPS. (2023). Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2023. In *Badan Pusat Statistik*.
- Duraiappah, A. K. (1998). Poverty and environmental degradation: A review and analysis of the Nexus. *World Development*, 26(12), 2169–2179.
[https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(98\)00100-4](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(98)00100-4)
- Fadilah, S. N., & Yuliawan, D. (2025). Implementation of K-Means Clustering in Poverty Analysis of Regency/City in Sumatera Island in 2023. *Sinomics Journal | Volume*, 4(June). <https://doi.org/10.54443/sj.v4i1.461>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic Growth and the Environment Author (s): Gene M . Grossman and Alan B . Krueger Reviewed work (s): Published by : Oxford University Press. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377.

- Gupta, S., Patro, A., Mittal, Y., Dwivedi, S., Saket, P., & Panja, R. (2023). *Science of the Total Environment The race between classical microbial fuel cells , sediment-microbial fuel cells , plant-microbial fuel cells , and constructed wetlands-microbial fuel cells : Applications and technology readiness level. 879*(March). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162757>
- He, Z., Li, J., & Ayub, B. (2024). How do income inequality, poverty and industry 4.0 affect environmental pollution in South Asia: New insights from quantile regression. *Heliyon*, *10*(13), e33397. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33397>
- Hidayat, N. G., Prasongko, R., Prabowo, J., & Mahrib, A. F. (2025). *Dampak Pembangunan Terhadap Lingkungan Di Kalimantan : Analisis Empiris Atas Pertumbuhan Ekonomi , Investasi , dan. 4*(10), 2511–2527.
- Hidayati, A. Z. (2022). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) Di Indonesia Tahun 2017-2019. *Jurnal Medika Hutama*, *3*(02 Januari), 2327–2340.
- IPCC. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.* <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Jenderal, S. D., & Widayati, C. H. N. (2024). *Sekretariat direktorat jenderal.*
- Kaika, D., & Zervas, E. (2013). The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory — Part A : Concept , causes and the CO 2 emissions case. *Energy Policy*, *62*, 1392–1402. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.131>
- KLHK. (2022). Slhi 2022. In *Laporan Status Lingkungan Hidup Indonesia 2022 olh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.* https://www.menlhk.go.id/cadmin/uploads/SLHI_2022_upload_final_77f9948571.pdf
- Kurnia, N., Wendratama, E., Adiputra, W. M., & Poerwaningtias, I. (2019). *Literasi digital keluarga: Teori dan praktik pendampingan orangtua terhadap anak dalam berinternet.* Ugm Press.
- MacQueen, James and others. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, *1*(14), 281–297. http://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=IC4Ku_7dBFUC&oi=fnd&pg=PA281&dq=MacQueen+some+methods+for+classification&ots=nNTcK1IdoQ&sig=fHzdVcbvmYJ-lTNHu1HncmOFokM#v=onepage&q=MacQueen+some+methods+for+classification&f=false
- Mada, U. G., Islam, U., & Sunan, N. (2025). *Dampak Hilirisasi Nikel Terhadap Lingkungan dan Masyarakat. 6*(April), 748–755.
- Mayasari, S. N., & Nugraha, J. (2023). Implementasi K-Means Cluster Analysis untuk Mengelompokkan Kabupaten/Kota Berdasarkan Data Kemiskinan di

- Provinsi Jawa Tengah Tahun 2022. *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi Dan Sistem Informasi*, 3(2), 317–329. <https://doi.org/10.24002/konstelasi.v3i2.7200>
- Mohamad, I. Bin, & Usman, D. (2013). *Research article standardization and its effects on k-means clustering algorithm*. 6(17), 3299–3303. <https://doi.org/10.19026/rjaset.6.3638>
- Na, S., Xumin, L., & Yong, G. (2010). Research on k-means Clustering Algorithm: An Improved k-means Clustering Algorithm. *2010 Third International Symposium on Intelligent Information Technology and Security Informatics*, 63–67. <https://doi.org/10.1109/IITSI.2010.74>
- Narendra, B. H., Siregar, C. A., Dharmawan, I. W. S., Sukmana, A., Pratiwi, Pramono, I. B., Basuki, T. M., Nugroho, H. Y. S. H., Supangat, A. B., Purwanto, Setiawan, O., Nandini, R., Ulya, N. A., Arifanti, V. B., & Yuwati, T. W. (2021). A review on sustainability of watershed management in Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19), 1–29. <https://doi.org/10.3390/su131911125>
- Noviandy, T. R., Hardi, I., Zahriah, Z., Sofyan, R., Sasmita, N. R., Hilal, I. S., & Idroes, G. M. (2024). Environmental and Economic Clustering of Indonesian Provinces: Insights from K-Means Analysis. *Leuser Journal of Environmental Studies*, 2(1), 41–51. <https://doi.org/10.60084/ljes.v2i1.181>
- Nurahmawaty, D., Herawati, H., & Saziati, O. (2023). *Daya Dukung Lingkungan berdasarkan Ketersediaan Air dan Produktivitas Lahan di Daerah Kecamatan Putussibau Utara Kabupaten Kapuas Hulu*. 21(2), 257–268. <https://doi.org/10.14710/jil.21.2.257-268>
- Ostertagová, E., & Ostertag, O. (2013). Methodology and Application of One-way ANOVA. *American Journal of Mechanical Engineering*, 1(7), 256–261.
- Panayotou, T. (2003). Economic growth and the environment. *Economic Survey of Europe*, 45–72.
- Prasetyanto, P. K., & Sari, F. (2021). Environmental kuznets curve: Economic growth with environmental degradation in indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(5), 622–628. <https://doi.org/10.32479/IJEEP.11609>
- Prasetyo, M. H., Baderan, D. W. K., & Hamidun, M. S. (2025). *Dampak Kerusakan Lingkungan Akibat Eksploitasi Sumber Daya Mineral dari Kegiatan Pertambangan*. 2.
- Rafi, M., & Wahyu, A. (2024). *Perbandingan Pengelompokan Provinsi di Indonesia Menurut Kualitas Lingkungan Hidup Menggunakan Metode Hierarki dan Partisi Comparing Province Clustering in Indonesia Based on Environmental Quality Using Hierarchical and Partition Methods*. 12(1), 155–163. <https://doi.org/10.26418/justin.v12i1.71495>
- Ramadhan, A. I., Atika, P. D., & Ramdhania, K. F. (2024). Analisis Clustering K-Means untuk Pemetaan Tingkat Pengangguran Terbuka di Provinsi-Provinsi

- Indonesia Tahun 2013-2023. *Journal of Students' Research in Computer Science*, 5(2), 109–122. <https://doi.org/10.31599/wbpydb62>
- Rasch, D., Kubinger, K. D., & Moder, K. (2011). The two-sample t test: Pre-testing its assumptions does not pay off. *Statistical Papers*, 52(1), 219–231. <https://doi.org/10.1007/s00362-009-0224-x>
- Rees, W. E. (1996). Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability. *Population and Environment*, 17(3), 195–215.
- Rusli, S., Widiono, S., & Indriana, H. (2009). *dan Masa Pemulihannya*. 03(01), 77–112.
- Sagala, S. M., Andiny, P., Safuridar, S., & Rizal, Y. (2024). Pengaruh Pengeluaran Pemerintah , Pertumbuhan Ekonomi dan Inflasi , Terhadap Tingkat Kemiskinan di Sumatra Utara. *Journal of Economics and Business Management*, 3(Bps 2023), 214–229. <https://doi.org/https://doi.org/10.56444/transformasi.v3i4.2221>
- SDGs. (2023). SDGs Report. In *Special Edition, United Nations*. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/>
- Sembiring, R. W. (2024). *The Influence of Balancing Funds and Original Regional Income on the Human Development Index and Poverty Levels in North Sumatra Province*. 3(4), 204–214.
- Setiawan, M. R., & Primandhana, W. P. (2022). Analisis pengaruh beberapa sektor PDRB terhadap indeks kualitas lingkungan hidup di Indonesia. *Kinerja*, 19(1), 53–62. <https://doi.org/10.30872/jkin.v19i1.10830>
- Tanguay, G. A., Rajaonson, J., Lefebvre, J. F., & Lanoie, P. (2010). Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators. *Ecological Indicators*, 10(2), 407–418. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.07.013>
- UNDP. (2022). *2022.pdf*.
- Yani, A., Tanjungpura, U., Barat, K., Tanjungpura, U., Barat, K., Tanjungpura, U., Barat, K., & Naskah, I. (2023). *Indeks kualitas lingkungan hidup dan determinannya: studi kasus di indonesia 1 2*. 178–186.
- Zahroh, F., & Suwandana, E. (2023). *Hubungan kausatif kualitas lingkungan dan kemiskinan di Jawa Timur*. 7(3), 285–298.