



Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 |ISSN (Online) 2597-5129|



Artikel Penelitian

Valuasi Ekonomi Dampak Lingkungan Pengeboran Sumur Minyak Anggana, Kalimantan Timur

Jami'atul Hikmah*, Mas Agus Mardiyanto

Magister Manajemen Lingkungan, Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

*Koresponden:hikmahjamiatul@gmail.com

Diterima: 28 Mei 2025

Diperbaiki: 25 Juni 2025

Disetujui: 7 Juli 2025

ABSTRACT

This study examines the environmental and socio-economic impacts of oil well drilling activities in Kutai Lama Village, Anggana District, East Kalimantan. The Total Economic Value (TEV) of environmental impacts was estimated at IDR 10.2 billion per well. The WTA survey indicated that the amount of compensation to be paid by the company while the wells are operating is Rp 15.2 billion per well as compensation for the losses experienced by the community. The main focus of the research is the evaluation of water quality, air quality, and flora cover as well as the economic valuation of the impacts. The methods used include measurement of environmental quality parameters, vegetation inventory, and Replacement Cost Method (RCM) and Contingent Valuation Method (CVM) to calculate the cost of ecosystem restoration and estimation of socio-economic compensation. Water, air and vegetation quality data were analyzed and compared with applicable quality standards, while socio-economic data were obtained through a Willingness to Accept (WTA) survey from 100 respondents in five RTs nearest the drilling site. The results showed a decline in water and air quality and reduced vegetation diversity due to drilling activities. In conclusion, drilling activities have significant impacts that require strict environmental management and structured compensation to maintain community welfare and sustainability of the surrounding ecosystem.

Keywords: Contingent Valuation Method, Environmental Impact, East Kalimantan, Oil Well Drilling, Replacement Cost Method, Economic Valuation, Willingness to Accept

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji dampak lingkungan dan sosial-ekonomi dari kegiatan pengeboran sumur minyak di Desa Kutai Lama, Kecamatan Anggana, Kalimantan Timur. Nilai *Total Economic Value* (TEV) dari dampak lingkungan diperkirakan mencapai Rp 10,2 Milyar per sumur. Survei WTA mengindikasikan besarnya nilai kompensasi yang harus dibayarkan perusahaan selama sumur beroperasi sebesar Rp 15,2 Milyar per sumur sebagai ganti rugi atas kerugian yang dialami masyarakat. Fokus utama penelitian adalah evaluasi kualitas air, udara, dan tutupan flora serta valuasi ekonomi dampak yang ditimbulkan. Metode yang digunakan meliputi pengukuran parameter kualitas lingkungan, inventarisasi vegetasi, serta metode *Replacement Cost Method* (RCM) dan *Contingent Valuation Method* (CVM) untuk menghitung biaya pemulihan ekosistem dan estimasi kompensasi sosial-ekonomi. Data kualitas air, udara, dan vegetasi dianalisis dan dibandingkan dengan baku mutu yang berlaku, sementara data sosial-ekonomi diperoleh melalui survei *Willingness to Accept* (WTA) dari 100 responden di lima RT terdekat lokasi pengeboran. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kualitas air dan udara serta berkurangnya keanekaragaman vegetasi akibat aktivitas pengeboran. Kesimpulannya, kegiatan pengeboran memberikan dampak signifikan yang memerlukan pengelolaan lingkungan yang ketat dan pemberian kompensasi terstruktur untuk menjaga kesejahteraan masyarakat dan kelestarian ekosistem sekitar.

Kata Kunci: *Contingent Valuation Method*, Dampak Lingkungan, Kalimantan Timur, Pengeboran Sumur Minyak, *Replacement Cost Method*, Valuasi Ekonomi, *Willingness To Accept*

1. PENDAHULUAN

Penambangan minyak bumi merupakan salah satu sektor strategis yang berperan penting dalam perekonomian Indonesia, khususnya di Kalimantan Timur. Kecamatan Anggana menjadi salah satu lokasi aktif kegiatan pengeboran sumur minyak baru yang berpotensi menimbulkan dampak lingkungan signifikan. Sebelum dimulainya kegiatan pengeboran sumur baru, Kecamatan Anggana dikenal sebagai daerah dengan kualitas lingkungan yang baik, dengan tutupan vegetasi yang relatif luas dan kualitas air serta udara yang masih memenuhi standar baku mutu untuk kawasan konservasi. Namun, kegiatan pengeboran yang melibatkan pembukaan lahan seluas 2,26 hektar berpotensi mencemari kualitas air, udara, dan mengurangi tutupan flora yang berfungsi sebagai habitat alami.

Pendekatan valuasi ekonomi sangat relevan untuk konteks Indonesia, terutama di Kalimantan Timur, karena sektor migas merupakan kontributor utama terhadap perekonomian daerah ini. Namun, pengelolaan sumber daya alam yang melibatkan eksploitasi industri sering kali mengabaikan kerugian ekologis yang terjadi. Oleh karena itu, valuasi ekonomi dampak lingkungan ini penting untuk memberikan gambaran yang lebih holistik mengenai biaya yang ditanggung masyarakat dan ekosistem sebagai akibat dari kegiatan eksplorasi migas. Paper ini membahas pendekatan valuasi ekonomi membantu memberikan gambaran kuantitatif yang dapat menjadi dasar bagi pengambilan keputusan dan perencanaan mitigasi yang efektif.

2. METODOLOGI

Analisis data dalam penelitian ini difokuskan untuk menjawab rumusan masalah terkait evaluasi dampak lingkungan dan valuasi ekonomi dampak lingkungan serta sosial-ekonomi akibat kegiatan pengeboran sumur baru di Kecamatan Anggana, Kalimantan Timur.

Evaluasi dampak lingkungan dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran parameter kualitas air, kualitas udara, dan kondisi tutupan flora terhadap standar baku mutu lingkungan yang berlaku. Pengambilan sampel kualitas air dilakukan pada titik yang terletak 1,07 km dari lokasi pengeboran sumur (hulu) dan 9,36 km dari lokasi pengeboran sumur (hilir). Pengambilan sampel dilakukan selama 2x di titik hulu dan hilir, yaitu pada saat sebelum pengeboran sumur dan setelah pengeboran sumur dilakukan. Data kualitas air meliputi parameter fisik, kimia, dan biologi, seperti TDS, DO, BOD, serta kadar logam berat seperti seng (Zn) dan nikel (Ni). Pemantauan kualitas udara dilaksanakan pada dua fase, yaitu sebelum dan setelah kegiatan pengeboran sumur. Pada fase pra-pengeboran, terjadi peningkatan aktivitas mobilisasi kendaraan berat dan rig pengeboran. Setelah pengeboran selesai, pemantauan dilanjutkan satu minggu pasca-pengeboran, di mana intensitas mobilisasi kendaraan mengalami penurunan signifikan. Data kualitas udara dianalisis berdasarkan konsentrasi partikel PM₁₀, sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), dan parameter polutan lainnya. Analisis terhadap tutupan flora dilakukan melalui inventarisasi dan pengukuran indeks keanekaragaman untuk menilai perubahan struktur dan fungsi ekologis vegetasi akibat kegiatan pengeboran.

Penerapan *Replacement Cost Method* (RCM) digunakan untuk menghitung biaya pemulihan fungsi ekosistem yang rusak akibat kegiatan pengeboran sumur minyak baru. Metode ini memperkirakan biaya yang diperlukan untuk memulihkan fungsi ekosistem yang hilang dengan mengalikan setiap komponen biaya pemulihan dengan rata-rata lama operasi sumur, yaitu 15 tahun, sesuai data industri migas di Kalimantan Timur. Periode 15 tahun sebagai rata-rata lama operasi sumur dipilih berdasarkan data industri migas di Kalimantan Timur, yang mencakup variasi masa produksi yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kondisi reservoir, teknologi pengeboran, dan kebijakan perusahaan. Angka 15 tahun dipilih sebagai patokan karena mencerminkan keseimbangan antara optimasi produksi dan keberlanjutan operasional sumur, berdasarkan data historis dan laporan tahunan industri migas yang menunjukkan bahwa sebagian besar sumur di Kalimantan Timur beroperasi dengan durasi tersebut sebelum penurunan produksi yang signifikan terjadi. Berikut beberapa formula yang digunakan dalam penelitian ini:

- Biaya pemulihan ekosistem air menggunakan *wetland* buatan

$$C_{\text{Wetland}} = \text{Biaya per m}^2 \times \text{Luas Wetland yang dibutuhkan (m}^2\text{)} \times \text{Lama Operasi (tahun)} \quad (1)$$

- Biaya kerugian ekosistem kualitas air

$$C_{\text{Ekosistem}} = \text{Selisih parameter} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times \text{Volume Perairan m}^3 \times \text{Harga Dampak Parameter} \left(\frac{\text{Rp}}{\frac{\text{mg}}{\text{L}}} \right) \times \text{Lama Operasi (tahun)} \quad (2)$$

- Biaya kerugian penyimpanan karbon

$$C_{\text{Karbon}} = \text{Karbon Hilang (ton)} \times \text{Harga Karbon} \left(\frac{\text{Rp}}{\text{ton}} \right) \times \text{Lama Operasi (tahun)} \quad (3)$$

- Biaya kesehatan akibat Partikulat

$$C_{\text{Ekosistem PM}_{10}} = \text{Populasi Terdampak} \times \text{Proporsi Terdampak} \times \text{Biaya per Kasus Penyakit} \times \text{Lama Operasi (tahun)} \quad (4)$$

- Biaya kerugian ekosistem kualitas udara

$$C_{\text{Ekosistem SO}_2} = \text{Pelepasan parameter} \times \text{Biaya Restorasi} \left(\frac{\text{Rp}}{\text{ton}} \right) \times \text{Lama Operasi (tahun)} \quad (5)$$

- Biaya revegetasi dan pemulihan jasa ekosistem

$$C_{\text{Flora}} = ((L_{\text{Dampak}} \times C_{\text{Revegetasi}}) + (L_{\text{Dampak}} \times V_{\text{Jasa}} \times T) + C_{\text{Cover Crop}}) \times \text{Lama Operasi (tahun)} \quad (6)$$

Penggunaan *Contingent Valuation Method* (CVM) untuk menghitung nilai kesediaan masyarakat dalam menerima kompensasi atas kerugian atau degradasi lingkungan yang terjadi (*Willingness to Accept*, WTA) (Carson, 2012). Formula yang digunakan adalah:

$$\text{WTA} = \frac{\sum \text{WTA}_{\text{responden}}}{N} \times \text{Jumlah penduduk di 5 RT} \times \text{Lama Operasi (tahun)} \quad (7)$$

Analisis dampak sosial ekonomi dilakukan untuk mengukur distribusi persepsi masyarakat akibat aktivitas pengeboran sumur di Kalimantan Timur. Pendekatan yang digunakan, meliputi survei persepsi masyarakat untuk mengetahui tingkat kepuasan masyarakat. Analisis dilakukan dengan pendekatan deskriptif distribusi persepsi positif, netral ataupun negatif berdasarkan hasil survei masyarakat. Hasil survei diinterpretasi untuk menentukan persepsi masyarakat terhadap proyek pengeboran sumur baru, termasuk keluhan dan manfaat yang dirasakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kualitas Air Permukaan/ Air Sungai

Dalam kegiatan pengeboran sumur baru di Kecamatan Anggana, air permukaan digunakan secara intensif sebagai media pendukung operasional, seperti pendinginan peralatan, pembuatan lumpur pengeboran, dan pengolahan limbah cair. Oleh karena itu, kualitas air permukaan menjadi aspek kritis yang perlu dipantau agar aktivitas tidak menyebabkan pencemaran yang merusak ekosistem akuatik.

Hasil pengukuran kualitas air permukaan sebelum dan setelah kegiatan pengeboran dijelaskan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa beberapa parameter yang tidak memenuhi baku mutu lingkungan Kelas II (PP No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI), yaitu:

Tabel 1. Hasil Analisa Air Permukaan/Air Sungai yang Tidak Memenuhi-Baku Mutu Kelas II

Parameter	Satuan	Baku Mutu (Kelas II)	Hasil Analisa yang Tidak Memenuhi Baku Mutu			
			Pemantauan Sebelum Pengeboran		Pemantauan Setelah Pengeboran	
			Hulu (<i>Upstream</i>)	Hilir (<i>Downstream</i>)	Hulu (<i>Upstream</i>)	Hilir (<i>Downstream</i>)
BOD 5 hari 20°C	mg/L	3	8	< 2	< 2	< 2
Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	4	7,98	7,91	6,8	6,9
Seng (Zn) Terlarut	mg/L	0,05	0,97	76,7	0,06	0,01
Nikel Terlarut	mg/L	0,05	< 0,02	0,07	< 0,02	< 0,02

Sumber: Data Perusahaan

Penurunan kadar BOD dan logam berat setelah pengolahan limbah menunjukkan efektivitas teknologi pengolahan yang diterapkan. Namun, kadar sebelum pengeboran di hulu masih mengindikasikan pencemaran yang berpotensi mengganggu kualitas air jangka panjang dan kesehatan ekosistem. Tabel 1 menunjukkan nilai BOD yang tercatat sebelum pengeboran adalah 8 mg/L, yang melebihi baku mutu. Namun, setelah pengolahan dengan proses *settling pond* dan filtrasi secara biologi, nilai BOD turun menjadi < 2 mg/L, menunjukkan keberhasilan pengolahan limbah untuk mengurangi pencemaran bahan organik. Kadar logam berat seng (Zn) di hilir sebelum pengeboran sangat tinggi (76,7 mg/L) dan menurun drastis menjadi 0,01 mg/L setelah pengolahan, sedangkan nikel (Ni) turun dari 0,07 mg/L menjadi < 0,02 mg/L. Pengolahan limbah tersebut meliputi penyerapan logam menggunakan media adsorben alami dan proses netralisasi pH sebelum pembuangan.

Penurunan signifikan kadar polutan ini menunjukkan bahwa meskipun pengeboran berpotensi mencemari, pengelolaan limbah yang dilakukan perusahaan sudah cukup efektif. Namun, tingginya kadar logam berat sebelum pengolahan menuntut monitoring rutin dan evaluasi sumber pencemaran lainnya di sekitar lokasi.

3.2. Kualitas Udara Ambien

Pemantauan kualitas udara ambien dilakukan secara sistematis pada dua periode utama: sebelum pengeboran, saat tahap penyiapan dan pematangan lahan dengan aktivitas mobilisasi kendaraan berat yang tinggi, dan setelah pengeboran, paling lama satu minggu setelah aktivitas selesai, saat mobilisasi kendaraan menurun signifikan kecuali perpindahan rig pengeboran. Kondisi ini mempengaruhi potensi emisi debu dan polutan udara di lingkungan sekitar. Pengukuran parameter utama dilakukan pada titik strategis dengan fokus pada partikulat PM₁₀, sulfur dioksida (SO₂), dan nitrogen dioksida (NO₂).

Hasil pengukuran kualitas udara ambien sebelum dan setelah pengeboran sumur dijelaskan pada **Tabel 2** yang dibandingkan dengan baku mutu kualitas udara ambien berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021 Lampiran VII.

Tabel 2. Hasil Analisa Kualitas Udara Ambien Sebelum dan Setelah Kegiatan Pengeboran Sumur

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Metode	Hasil Analisa	
					Sebelum Pengeboran	Setelah Pengeboran
Waktu Pengambilan Sampel					06-07/02/2024 (24 jam)	27-28/02/2024 (24 jam)
A. KONDISI LINGKUNGAN						
1	Temperatur	°C		-	25,0 - 32,0	25,7 - 33,4
2	Kec. Angin	m/s	-	-	0,1 - 1,4	0,5 - 2,2
3	Arah Angin		-	-	Timur	Selatan
4	Kelembaban (RH)	%	-	-	68,0 - 88,0	64,0 - 88,0
5	Tekanan	mmHg	-	-	749,0 - 756,6	756,2 - 758,1
B. KUALITAS UDARA						
1.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	µg/Nm ³	150	SNI 7119 – 7 : 2017	90,4	121
2.	Karbon Monoksida (CO)	µg/Nm ³	10.000	SNI 7119.10 : 2011	< 115	573
3.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	µg/Nm ³	200	SNI 7119 –2 : 2017	< 4	142
4.	Oksidan (O ₃)	µg/Nm ³	150	SNI 7119 – 8 : 2017	< 20	141
5.	Hidrokarbon (HC)	µg/Nm ³	160	SNI 7119.13 : 2009	< 13	< 13
8.	Debu (TSP)	µg/Nm ³	230	SNI 7119 – 3 : 2017	97,8	145

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Metode	Hasil Analisa		
					Sebelum Pengeboran	Setelah Pengeboran	
Waktu Pengambilan Sampel					06-07/02/2024 (24 jam)	27-28/02/2024 (24 jam)	
6.	PM ₁₀	µg/Nm ³	75	SNI 7119.15 : 2016	22	53,2	
7.	PM _{2,5}	µg/Nm ³	55	SNI 7119.14 : 2016	11,5	37	
9.	Timah Hitam (Pb)	µg/Nm ³	2	SNI 7119 – 4 : 2017	< 0,2	< 0,2	
C. KEBAUAN							
1.	Hidrogen (H ₂ S)	Sulfida	Ppm	0,02	MASA Method 701	< 0,001	< 0,002

Sumber: Data Perusahaan

Hasil menunjukkan peningkatan konsentrasi polutan setelah pengeboran, terutama NO₂ yang naik signifikan dari <4 menjadi 142 µg/m³, menandakan peningkatan aktivitas mesin dan kendaraan berat. Meski nilai polutan masih di bawah ambang batas/ memenuhi baku mutu, paparan jangka panjang terhadap polutan seperti PM₁₀, SO₂, dan NO₂ dapat meningkatkan risiko gangguan pernapasan kronis, penyakit jantung, dan bahkan kanker paru-paru pada populasi yang terpapar secara berkelanjutan. Ini dapat memberikan beban kesehatan yang signifikan pada masyarakat sekitar lokasi pengeboran. Mitigasi dilakukan dengan pemeliharaan alat berat, penyiraman area kerja, dan penghijauan. Pemantauan berkelanjutan sangat penting untuk menjaga kualitas udara tetap aman.

3.3. Berkurangnya Tutupan Flora

Aktivitas pengeboran sumur baru di Kecamatan Anggana menyebabkan gangguan signifikan terhadap tutupan flora di area kerja seluas 2,26 hektar. Survei difokuskan pada pengamatan visual tutupan vegetasi di sekitar sumur dan jalur aksesnya melalui observasi langsung jenis vegetasi dominan dan flora rawa endemik. Tiga analisis dilakukan untuk menilai berkurangnya tutupan flora: (a) vegetasi semai dan tumbuhan bawah; (b) vegetasi pancang; dan (c) vegetasi tiang. Ketiga tingkat vegetasi ini mewakili tahap penting regenerasi ekosistem dan stabilitas komunitas tumbuhan, serta membantu mengidentifikasi area dengan regenerasi lambat yang berisiko kerusakan permanen akibat pengeboran.

a) Analisis Vegetasi Tingkat Semai dan Tumbuhan Bawah

Secara umum lokasi pengeboran sumur ini merupakan area berhutan dan/atau belukar dengan lahan terbuka. Vegetasi tingkat semai dan tumbuhan bawah yang terdapat di lokasi pengeboran sumur, teridentifikasi sebanyak 8 jenis vegetasi yang tergolong kedalam 7 famili. Tabel 3 menjelaskan jenis vegetasi tingkat semai dan tumbuhan bawah di lokasi pengeboran sumur.

Tabel 3. Jenis Vegetasi Tingkat Semai dan Tumbuhan Bawah di Lokasi Pengeboran Sumur

No	Famili	Nama Lokal	Nama Ilmiah	SK-IUCN	N	KR	FR	INP
1	Melastomataceae	Karamunting	<i>Melastoma malabathricum</i> L.	TI	15	20,55	12,50	33,05
2	Gleicheniaceae	Paku resam	<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm.f.) Underw	LC	12	16,44	12,50	28,94
3	Fabaceae	Putri malu	<i>Mimosa pudica</i> L.	LC	6	8,22	12,50	20,72
4	Poaceae	Gelagah	<i>Saccharum spontaneum</i> L.	LC	8	10,96	12,50	23,46
5	Poaceae	Rumput paitan	<i>Paspalum conjugatum</i> P.J.Bergius	LC	9	12,33	12,50	24,83
6	Cyperaceae	Kerisan	<i>Scleria ciliaris</i> Nees	LC	8	10,96	12,50	23,46
7	Schizaeaceae	Paku hata	<i>Lygodium circinnatum</i> (Burm.f.) Sw.	TI	10	13,70	12,50	26,20
8	Euphorbiaceae	Telinga gajah	<i>Macaranga gigantea</i> (Rchb.f. & Zoll.) Müll.Arg	LC	5	6,85	12,50	19,35
Jumlah					73	100	100	200

Keterangan:

SK : Status konservasi spesies menurut IUCN Red List

IUCN : International Union for Conservation of Nature,

LC : Least Concern (LC)

TI : Tidak teridentifikasi

TI (Tidak Teridentifikasi) pada status flora merujuk pada kondisi di mana suatu spesimen tumbuhan belum dapat diidentifikasi secara pasti karena keterbatasan data morfologi, taksonomi, atau informasi pendukung lainnya, sehingga memerlukan kajian lebih lanjut untuk penentuan status taksonominya.

N : Jumlah individu atau kepadatan spesies

KR : Kerapatan relatif spesies (persentase kerapatan)

FR : Frekuensi relatif spesies (persentase kemunculan)

INP : Indeks Nilai Penting (*Importance Value Index*)

Sumber : Data Perusahaan

Berdasarkan hasil analisis vegetasi pada tingkat semai dan tumbuhan bawah nilai INP tertinggi terdapat pada jenis *Melastoma malabathricum* L.(karamunting) dari famili *Melastomataceae* dengan INP sebesar 33,05%. Sedangkan INP terendah terdapat pada jenis *Macaranga gigantea* (Rchb.f. & Zoll.) Müll.Arg (telinga gajah) dari famili *Euphorbiaceae* dengan INP sebesar 19,35%. INP mencerminkan peran ekologis spesies dengan menggabungkan kerapatan, frekuensi, dan dominansi. Nilai INP tinggi menunjukkan spesies dominan yang berkontribusi besar terhadap struktur dan fungsi ekosistem, sementara INP rendah menunjukkan spesies dengan peran lebih kecil dan persebaran terbatas. Tingginya INP *Melastoma malabathricum* menandakan peran pentingnya dalam menjaga kestabilan ekosistem di area terdampak, sedangkan rendahnya INP *Macaranga gigantea* mengindikasikan kerentanan dan kebutuhan perhatian dalam rehabilitasi.

b) Analisis Vegetasi Tingkat Pancang

Pada area ini, untuk tingkat pancang di lokasi pengeboran sumur ditemukan sebanyak 8 jenis tumbuhan dan tergolong dalam 6 famili. Daftar jenis vegetasi tingkat pancang ditampilkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Jenis Vegetasi Tingkat Pancang di Lokasi Pengeboran Sumur

No	Famili	Nama Lokal	Nama Ilmiah	SK-IUCN	N	KR	FR	INP
1	<i>Euphorbiaceae</i>	Telinga gajah	<i>Macaranga gigantea</i> (Rchb.f. & Zoll.) Müll.Arg	LC	9	16,98	12,50	29,48
2	<i>Euphorbiaceae</i>	Sedaman	<i>Macaranga tanarius</i> L. Müll.Arg	LC	7	13,21	12,50	25,71
3	<i>Euphorbiaceae</i>	Mahang bercak	<i>Macaranga hypoleuca</i>	LC	5	9,43	12,50	21,93
4	<i>Melastomataceae</i>	Karamunting	<i>Melastoma malabathricum</i> L.	TI	6	11,32	12,50	23,82
5	<i>Fabaceae</i>	Akasia	<i>Acacia mangium</i> Willd	LC	10	18,87	12,50	31,37
6	<i>Lamiaceae</i>	Laban	<i>Vitex pinnata</i> L.	LC	10	18,87	12,50	31,37
7	<i>Myrtaceae</i>	<i>Syzygium</i> sp.	<i>Syzygium</i> sp.	LC	3	5,66	12,50	18,16
8	<i>Dilleniaceae</i>	<i>Dillenia</i> sp.	<i>Dillenia</i> sp.	LC	3	5,66	12,50	18,16
Jumlah					53	100	100	200

Keterangan:

SK : Status konservasi spesies menurut IUCN *Red List*

IUCN : *International Union for Conservation of Nature*,

LC : *Least Concern* (LC)

TI : Tidak teridentifikasi

TI (Tidak Teridentifikasi) pada status flora merujuk pada kondisi di mana suatu spesimen tumbuhan belum dapat diidentifikasi secara pasti karena keterbatasan data morfologi, taksonomi, atau informasi pendukung lainnya, sehingga memerlukan kajian lebih lanjut untuk penentuan status taksonominya.

N : Jumlah individu atau kepadatan spesies

KR : Kerapatan relatif spesies (persentase kerapatan)

FR : Frekuensi relatif spesies (persentase kemunculan)

INP : Indeks Nilai Penting (*Importance Value Index*)

Sumber : Data Perusahaan

Analisis vegetasi pada tingkat pancang mengungkapkan bahwa *Acacia mangium Willd* (Akasia) dari famili *Fabaceae* dan *Vitex pinnata L.* (Laban) dari famili *Lamiaceae* memiliki Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi sebesar 31,37%. Nilai INP yang tinggi ini menunjukkan bahwa kedua spesies tersebut mendominasi komunitas vegetasi pada tingkat pancang dan berkontribusi signifikan terhadap struktur dan fungsi ekosistem. Dominasi ini mencerminkan keunggulan kompetitif dalam hal kerapatan, frekuensi, dan dominansi yang menguatkan stabilitas habitat serta menyediakan berbagai jasa ekosistem seperti penyerapan karbon, penyediaan habitat fauna, dan pengaturan siklus nutrisi.

Sebaliknya, *Syzygium sp.* (famili *Myrtaceae*) dan *Dillenia sp.* (famili *Dilleniaceae*) menunjukkan INP terendah sebesar 18,16%, yang menandakan peran ekologisnya lebih kecil dan persebarannya relatif terbatas pada area studi. Nilai INP rendah ini juga dapat mengindikasikan bahwa kedua spesies tersebut lebih rentan terhadap gangguan lingkungan dan memerlukan perhatian khusus dalam upaya konservasi dan rehabilitasi vegetasi untuk menjaga keberlanjutan ekosistem.

c) Analisis Vegetasi Tingkat Tiang

Vegetasi tingkat tiang, dengan dimensi tumbuhan berdiameter 10 hingga 20 cm diperoleh sebanyak 3 jenis tumbuhan dari 3 famili. Pada Tabel 5 menjelaskan 3 daftar jenis vegetasi pada tingkat tiang di lokasi pengeboran sumur serta nilai INP nya.

Tabel 5. Jenis Vegetasi Tingkat Pancang di Lokasi Pengeboran

No	Famili	Nama Lokal	Nama Ilmiah	SK-IUCN	N	KR	FR	DR	INP
1	<i>Lamiaceae</i>	Laban	<i>Vitex pinnata L.</i>	LC	7	35	33,33	37,03	105,37
2	<i>Fabaceae</i>	Akasia	<i>Acacia mangium Willd</i>	LC	8	40	33,33	18,14	91,48
3	<i>Euphorbiaceae</i>	Telinga gajah	<i>Macaranga gigantea (Rchb.f. & Zoll.) Müll.Arg</i>	LC	5	25	33,33	44,81	103,14
Jumlah					20	100	100	100	300

Keterangan:

SK : Status konservasi spesies menurut IUCN Red List

IUCN : International Union for Conservation of Nature,

LC : Least Concern (LC)

TI : Tidak teridentifikasi

TI (Tidak Teridentifikasi) pada status flora merujuk pada kondisi di mana suatu spesimen tumbuhan belum dapat diidentifikasi secara pasti karena keterbatasan data morfologi, taksonomi, atau informasi pendukung lainnya, sehingga memerlukan kajian lebih lanjut untuk penentuan status taksonominya.

N : Jumlah individu atau kepadatan spesies

KR : Kerapatan relatif spesies (persentase kerapatan)

FR : Frekuensi relatif spesies (persentase kemunculan)

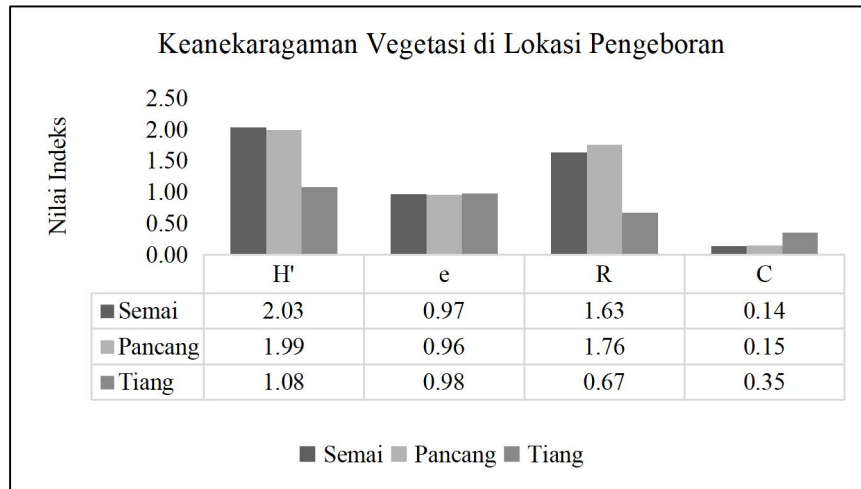
INP : Indeks Nilai Penting (*Importance Value Index*)

Sumber : Data Perusahaan

Analisis vegetasi tingkat tiang menunjukkan *Vitex pinnata L.* (Laban) memiliki Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi 105,37%, sedangkan *Acacia mangium Willd* memiliki INP terendah 91,48%. INP menggabungkan kerapatan, frekuensi, dan dominansi spesies, sehingga nilai tinggi menunjukkan dominasi dan kontribusi besar dalam struktur dan fungsi ekosistem. Dominasi *Vitex pinnata* menandakan peran utama dalam menjaga kestabilan ekosistem, termasuk penyerapan karbon dan penyediaan habitat fauna. *Acacia mangium* meskipun memiliki INP lebih rendah, tetap berperan penting tetapi dengan dominasi yang sedikit lebih rendah, kemungkinan dipengaruhi oleh preferensi habitat dan kompetisi. Perbedaan INP ini menggambarkan dinamika komunitas vegetasi dan pentingnya spesies dominan dalam rehabilitasi dan pengelolaan lingkungan untuk menjaga keseimbangan ekosistem di area terdampak

d) **Indeks Keanekaragaman (H'), Indeks Kekayaan (R), Indeks Kemerataan (e), dan Indeks Dominansi (C)**

Beberapa indeks vegetasi umum digunakan sebagai parameter–yang penting di dalam analisis vegetasi di sebuah habitat atau ekosistem. Beberapa indeks tersebut adalah Indeks Keanekaragaman (H'), Indeks Kekayaan (R), Indeks Kemerataan (e) dan Indeks Dominansi (C). Hasil analisis terhadap indeks tersebut disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Daftar Indeks Keanekaragaman, Kekayaan, Kemerataan dan Dominansi Vegetasi di Lokasi Pengeboran

Berdasarkan Gambar 1, indeks keanekaragaman vegetasi pada tingkat semai, pancang dan tiang berada pada kategori rendah. Begitu juga untuk indeks kekayaan (R'), vegetasi tingkat semai, pancang, dan tiang tergolong pada kategori rendah. Indeks kemerataan (e') atau Indeks *Evenness* menurut Odum 9 (1996) digunakan untuk menilai struktur komunitas vegetasi dalam sebuah habitat atau ekosistem. Hasil analisis vegetasi mengenai indeks kemerataan di lokasi pengeboran berada pada kategori merata pada tingkat semai, pancang dan tiang. Indeks dominansi (C) juga menjelaskan hal yang sama dengan indeks kemerataan dimana dijelaskan dari grafik di atas pada tingkat semai, pancang dan tiang adalah rendah. Status konservasi vegetasi *Red List* IUCN di lokasi pengeboran hanya terdapat 2 status yaitu *Least Concern* (LC) atau berstatus resiko rendah dan Tidak teridentifikasi (TI).

3.4 Penghitungan Valuasi Dampak pada Kualitas Air dengan *Replacement Cost Method* (RCM)

Berikut ini perhitungan biaya pemulihan dan kerugian ekosistem akibat pencemaran kualitas air permukaan/air sungai.

a) **Biaya Pemulihan Ekosistem Air menggunakan *Wetland* Buatan**

Menghitung kebutuhan instalasi *wetland* buatan untuk menyerap logam berat dan mengurangi beban organik.

$$C_{\text{Wetland}} = \text{Biaya per m}^2 \times \text{Luas Wetland yang dibutuhkan (m}^2\text{)} \times \text{Lama Operasi (tahun)}$$

Data dari penelitian sebelumnya:

- Luas *Wetland* = 10% dari area terdampak (2,26 Ha = 22.600 m²)
- Biaya *Wetland* yang digunakan dalam penelitian ini, sebesar Rp 169.250/m², merupakan angka yang telah disesuaikan dengan kondisi spesifik di Anggana, Kalimantan Timur. Penyesuaian ini dilakukan berdasarkan data biaya restorasi ekosistem yang dikumpulkan dari studi sebelumnya di wilayah Kalimantan Timur (BPS Kaltim, 2025), yang memperhitungkan inflasi, biaya bahan lokal, serta biaya tenaga kerja yang relevan.
- Lama Operasi = 15 tahun (Industri Migas Kalimantan Timur)

Perhitungan :

$$C_{\text{Wetland}} = \text{Biaya per m}^2 \times \text{Luas Wetland yang dibutuhkan (m}^2\text{)} \times \text{Lama Operasi (tahun)}$$

$$C_{\text{Wetland}} = \text{Rp } 169.250; \text{ per m}^2 \times 2.260 \text{ m}^2 \times 15 \text{ tahun}$$

$$C_{\text{Wetland}} = \text{Rp } 5.737.575.000; \text{ per sumur}$$

b) Biaya Kerugian Ekosistem Akibat Parameter Seng (Zn)

Kerugian akibat beban organik dihitung berdasarkan penurunan kualitas ekosistem perairan yang disebabkan oleh peningkatan Seng (Zn). Formula yang digunakan:

$$C_{\text{Ekosistem}} = \text{Selisih Zn} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times \text{Volume Perairan m}^3 \times \text{Harga Dampak Zn} \left(\frac{\text{Rp}}{\frac{\text{mg}}{\text{L}}} \right) \times \text{Lama Operasi (tahun)} \quad (7)$$

Data dari penelitian sebelumnya:

- Volume perairan di area terdampak seluas 50.000 m³ berdasarkan data volume limpasan permukaan (*runoff*). (BPSDA Kalimantan Timur, 2024)
- Biaya pemulihan parameter Zn per mg/L/m³ sebesar Rp 4.000;/mg (Pratiwi dan Haryani, 2020)
- Data biaya yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Pratiwi dan Haryani (2020), yang telah disesuaikan dengan tingkat inflasi dan kondisi lokal di Anggana, Kalimantan Timur. Penyesuaian biaya dilakukan dengan mempertimbangkan harga bahan baku, upah pekerja, serta biaya pengelolaan lingkungan yang spesifik untuk wilayah Kalimantan Timur, dengan inflasi rata-rata sekitar 4% per tahun selama 5 tahun, maka biaya diperkirakan naik sekitar 22%.
- Biaya terbaru tahun 2025 diperkirakan:

$$\text{Rp 4.000;} \times (1+0.22) = \text{Rp 4.880;} \text{per } \frac{\text{mg}}{\text{L}}/\text{m}^3$$

Perhitungan:

Ekosistem Hulu (*Upstream*) Setelah Pengeboran Sumur

$$C_{\text{Ekosistem}} = \text{Selisish Zn} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times \text{Volume Perairan m}^3 \times \text{Harga Dampak Zn} \left(\frac{\text{Rp}}{\frac{\text{mg}}{\text{L}}} \right) \times \text{Lama Operasi (tahun)}$$

$$C_{\text{Ekosistem}} = (0,06-0,05) \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 50.000 \text{ m}^3 \times \text{Rp 4.880;} \frac{\text{per } \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{\text{m}^3} \times 15 \text{ tahun}$$

$$C_{\text{Ekosistem}} = \text{Rp 36.600.000;} \text{per sumur bor}$$

c) Biaya Kerugian Penyimpanan Karbon Akibat Pencemaran Air

Pencemaran logam berat seperti Zn dan Ni serta peningkatan BOD dapat mengurangi efisiensi penyimpanan karbon di ekosistem rawa. Formula:

$$C_{\text{Karbon}} = \text{Karbon Hilang (ton)} \times \text{Harga Karbon} \left(\frac{\text{Rp}}{\text{ton}} \right) \times \text{Lama Operasi (tahun)} \quad (8)$$

Data dari penelitian sebelumnya:

- Karbon yang disimpan rawa per hektar = 6 ton/ha/tahun (Turner et al., 2020)
- Data terbaru dari *Global Peatland Carbon Project* (2024) dan studi terkait di Indonesia menunjukkan nilai konservatif rata-rata karbon tersimpan rawa di sekitar 5,8 – 6,2 ton/ha/tahun
- Area terdampak = 2,26 ha
- Berdasarkan data *Carbon Pricing Dashboard* (2025) dan perdagangan karbon sukarela, harga karbon saat ini berkisar antara USD 10 – 15 per ton CO₂.
- Jika kurs Rp 16.500;/USD, maka harga karbon dalam Rupiah:

$$= 15 \frac{\text{USD}}{\text{ton CO}_2} \times \text{Rp 16.500;} \text{per USD}$$

$$= \text{Rp 247.500;} \text{per ton CO}_2$$

Perhitungan:

$$C_{\text{Karbon}} = \text{Karbon Hilang (ton)} \times \text{Harga Karbon} \left(\frac{\text{Rp}}{\text{ton}} \right) \times \text{Lama Operasi (tahun)}$$

$$C_{\text{Karbon}} = \frac{6 \frac{\text{ton CO}_2}{\text{ha}}}{\text{tahun}} \times 2,26 \text{ ha} \times \text{Rp 247.500;} \text{per ton CO}_2 \times 15 \text{ tahun}$$

$C_{\text{Karbon}} = \text{Rp } 50.341.500$; per sumur bor

d) Total Valuasi Ekonomi Pencemaran Air Permukaan/Air Sungai

$$C_{\text{Total Air}} = C_{\text{Wetland}} + C_{\text{Ekosistem}} + C_{\text{Karbon}}$$

$$C_{\text{Total Air}} = \text{Rp } 5.737.575.000; + \text{Rp } 36.600.000; + \text{Rp } 50.341.500;$$

$$C_{\text{Total Air}} = \text{Rp } 5.824.516.500; \text{per sumur bor}$$

3.5 Penghitungan Valuasi Dampak pada Kualitas Udara dengan *Replacement Cost Method* (RCM)

Berikut ini perhitungan dampak pencemaran udara di lokasi pengeboran sumur.

a) Biaya Kesehatan Akibat PM₁₀

Biaya kesehatan dihitung dengan mempertimbangkan populasi terdampak dan rata-rata biaya pengobatan untuk gangguan pernapasan akibat paparan partikulat. Berikut ini adalah formula yang digunakan.

$$C_{\text{Ekosistem PM}_{10}} = \text{Populasi Terdampak} \times \text{Proporsi Terdampak} \times \text{Biaya per Kasus Penyakit} \times \text{Lama Operasi (tahun)}$$

Data dari penelitian sebelumnya :

- Populasi terdampak = 300 orang di sekitar lokasi proyek
- Proporsi terdampak = 18% dari populasi (Kementerian Kesehatan RI, 2024)
- Angka 18% yang digunakan dalam perhitungan ini didasarkan pada data nasional mengenai prevalensi gangguan pernapasan akibat polusi udara, seperti yang dilaporkan oleh Kementerian Kesehatan RI (2024). Meskipun data ini bersifat nasional, angka ini digunakan dengan pertimbangan bahwa populasi di Kecamatan Anggana menunjukkan karakteristik sosial dan ekonomi yang serupa dengan wilayah-wilayah lain yang terpapar polusi udara dari kegiatan industri.
- Biaya pengobatan per kasus gangguan pernapasan ringan = Rp1.800.000;/orang (Dinas Kesehatan Kabupaten Kutai Kartanegara, 2025)

Perhitungan:

$$C_{\text{Ekosistem PM}_{10}} = \text{Populasi Terdampak} \times \text{Proporsi Terdampak} \times \text{Biaya per Kasus Penyakit} \times \text{Lama Operasi (tahun)}$$

$$C_{\text{Ekosistem PM}_{10}} = 300 \text{ orang} \times 18\% \times \text{Rp } 1.800.000; \text{per orang} \times 15 \text{ tahun}$$

$$C_{\text{Ekosistem PM}_{10}} = \text{Rp } 1.458.000.000; \text{per sumur bor}$$

b) Kerugian Ekosistem Akibat SO₂

Kerugian ekosistem akibat SO₂ dihitung berdasarkan biaya restorasi lingkungan yang diperlukan untuk mengurangi dampak pencemaran sulfur. Berikut ini adalah formula yang digunakan.

$$C_{\text{Ekosistem SO}_2} = \text{Pelepasan SO}_2 \times \text{Biaya Restorasi} \left(\frac{\text{Rp}}{\text{ton}} \right) \times \text{Lama Operasi (tahun)}$$

Data dari penelitian sebelumnya :

- Konsentrasi SO₂ = 100 µg/m³ selama 1 jam per hari
- Volume udara terdampak = 1 km² dengan ketinggian atmosfer 100 m (Volume = 100.000.000 m³) (KLHK, 2021)
- Biaya restorasi = Rp 500.000;/ton (Farber et al., 2020)
- Data biaya yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Farber et al (2020), yang telah disesuaikan dengan tingkat inflasi dan kondisi lokal di Anggana, Kalimantan Timur. Penyesuaian biaya dilakukan dengan mempertimbangkan harga bahan baku, upah pekerja, serta biaya pengelolaan lingkungan yang spesifik untuk wilayah Kalimantan Timur, dengan inflasi rata-rata sekitar 4% per tahun selama 5 tahun.
- Penyesuaian dengan inflasi 4% per tahun selama 5 tahun (2020–2025):
 $\text{Rp } 500.000; \times (1 + 0,04)^5 = \text{Rp } 500.000; \times 1,2167$
 Biaya Inflasi 2025 = Rp 608.350;
- Penyesuaian biaya tenaga kerja dan material lokal di Anggana diperkirakan menurunkan biaya sekitar 15%, sehingga:
 Biaya Restorasi 2025 = Rp 608.350; $\times 0,85$
 Biaya Restorasi 2025 = Rp 517.098;

Perhitungan:

- Massa SO₂ di atmosfer =

$$\text{Massa SO}_2 = \frac{100 \mu\text{g}/\text{m}^3}{1.000.000} \times 100.000.000 = 10 \text{ ton}$$

- Biaya restorasi =

$$C_{\text{Ekosistem SO}_2} = \text{Pelepasan SO}_2 \times \text{Biaya Restorasi} \left(\frac{\text{Rp}}{\text{ton}} \right) \times \text{Lama Operasi (tahun)}$$

$$C_{\text{Ekosistem SO}_2} = 10 \text{ ton} \times \text{Rp } 517.098; \text{per ton} \times 15 \text{ tahun}$$

$$C_{\text{Ekosistem SO}_2} = \text{Rp } 77.564.700; \text{per sumur bor}$$

c) Kerugian Ekosistem Akibat NO₂

Kerugian akibat NO₂ dihitung berdasarkan dampak ekonomi pembentukan ozon troposfer yang bersifat toksik terhadap tanaman dan ekosistem. Berikut ini formula yang digunakan.

$$C_{\text{Ekosistem NO}_2} = \text{Pelepasan NO}_2 \times \text{Biaya Dampak Ozon} \left(\frac{\text{Rp}}{\text{ton}} \right) \times \text{Lama Operasi (tahun)}$$

Data dari penelitian sebelumnya :

- Konsentrasi NO₂ = 45 µg/m³
- Volume udara terdampak = 1 km² dengan ketinggian atmosfer 100 m (Volume = 100.000.000 m³) (KLHK, 2021)
- Biaya dampak ozon = Rp 300.000;/ton (Farber et al., 2020)
- Data biaya yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Farber et al (2020), yang telah disesuaikan dengan tingkat inflasi dan kondisi lokal di Anggana, Kalimantan Timur. Penyesuaian biaya dilakukan dengan mempertimbangkan harga bahan baku, upah pekerja, serta biaya pengelolaan lingkungan yang spesifik untuk wilayah Kalimantan Timur, dengan inflasi rata-rata sekitar 4% per tahun selama 5 tahun.
- Penyesuaian dengan inflasi 4% per tahun selama 5 tahun (2020–2025):

$$\text{Rp } 500.000; \times (1 + 0,04)^5 = \text{Rp } 300.000; \times 1,2167$$
 Biaya Inflasi 2025 = Rp 365.000;
- Penyesuaian biaya tenaga kerja dan material lokal di Anggana diperkirakan menurunkan biaya sekitar 15%, sehingga:
 Biaya Dampak O₃ 2025 = Rp 365.000; × 0,85
 Biaya Restorasi O₃ 2025 = Rp 310.250;

Perhitungan:

- Massa NO₂ di atmosfer =

$$\text{Massa NO}_2 = \frac{45 \mu\text{g}/\text{m}^3}{1.000.000} \times 100.000.000 = 4,5 \text{ ton}$$

- Biaya dampak ozon =

$$C_{\text{Ekosistem NO}_2} = \text{Pelepasan NO}_2 \times \text{Biaya Dampak Ozon} \left(\frac{\text{Rp}}{\text{ton}} \right) \times \text{Lama Operasi (tahun)}$$

$$C_{\text{Ekosistem NO}_2} = 4,5 \text{ ton} \times \text{Rp } 310.250; \text{per ton} \times 15 \text{ tahun}$$

$$C_{\text{Ekosistem NO}_2} = \text{Rp } 20.941.875; \text{per sumur bor}$$

d) Total Valuasi Ekonomi Kualitas Udara

Total valuasi ekonomi dampak penurunan kualitas udara dihitung dengan menjumlahkan seluruh biaya kesehatan dan kerugian ekosistem:

$$C_{\text{Total Udara}} = C_{\text{Ekosistem PM}_{10}} + C_{\text{Ekosistem SO}_2} + C_{\text{Ekosistem NO}_2}$$

Perhitungan :

$$C_{\text{Total udara}} = C_{\text{Ekosistem PM}_{10}} + C_{\text{Ekosistem SO}_2} + C_{\text{Ekosistem NO}_2}$$

$$C_{\text{Total udara}} = \text{Rp } 1.458.000.000; + \text{Rp } 77.564.700; + \text{Rp } 20.941.875;$$

$$C_{\text{Total udara}} = \text{Rp } 1.556.506.575; \text{per sumur bor}$$

3.6 Penghitungan Valuasi Dampak Berkurangnya Tutupan Flora dengan *Replacement Cost Method* (RCM)

Berkurangnya tutupan vegetasi akibat pengeboran dan pembukaan lahan merupakan dampak ekologis signifikan meskipun flora masih didominasi spesies berstatus konservasi rendah. Penurunan ini mengurangi fungsi ekologis seperti penyimpanan karbon, pengaturan tata air, penahan erosi, dan keanekaragaman hayati. Analisis vegetasi menunjukkan indeks keanekaragaman, kekayaan, dan dominansi rendah pada tingkat semai, pancang, dan tiang, namun indeks pemerataan merata menandakan distribusi populasi spesies yang seimbang dan kestabilan struktur ekosistem dasar.

Pendekatan *Replacement Cost Method* (RCM) digunakan untuk menghitung biaya pemulihan ekologis akibat kehilangan tutupan flora. Metode ini memperkirakan biaya revegetasi dan pemulihan jasa ekosistem yang hilang akibat gangguan lahan.

$$C_{\text{Flora}} = ((L_{\text{Dampak}} \times C_{\text{Revegetasi}}) + (L_{\text{Dampak}} \times V_{\text{Jasa}} \times T) + C_{\text{Cover Crop}}) \times \text{Lama Operasi (tahun)}$$

Data dari penelitian sebelumnya:

- Luas area terdampak seluas 2,26 ha
- Biaya revegetasi sebesar Rp 22.000.000;/ha (BPS Kaltim, 2025)
- Nilai jasa ekosistem (manfaat lingkungan alami) sebesar Rp 23.000.000;/ha/tahun (Supriatna, 2024)
- Durasi pemulihan ekosistem selama 2,5 tahun (Supriatna, 2024)
- Biaya *cover crop* sebesar Rp 6.000.000/ha $\times$ 2,26 ha = Rp 13.560.000; (BPS Kaltim, 2025)
- Lama operasi sumur minyak dan gas di industri migas Kalimantan Timur rata-rata selama 15 tahun

Perhitungan:

$$C_{\text{Flora}} = ((L_{\text{Dampak}} \times C_{\text{Revegetasi}}) + (L_{\text{Dampak}} \times V_{\text{Jasa}} \times T) + C_{\text{Cover Crop}}) \times \text{Lama Operasi (tahun)}$$

$$C_{\text{Flora}} = ((2,26 \text{ ha} \times \text{Rp } 22.000.000;) + (2,26 \text{ ha} \times \text{Rp } 23.000.000; \times 2,5 \text{ tahun}) + \text{Rp } 13.560.000;) \times 15 \text{ tahun}$$

$$C_{\text{Flora}} = (\text{Rp } 49.720.000; + \text{Rp } 129.950.000; + \text{Rp } 13.560.000;) \times 15$$

$$C_{\text{Flora}} = \text{Rp } 2.898.450.000; \text{ per sumur bor}$$

Meskipun indeks keanekaragaman dan kekayaan spesies rendah, kehilangan tutupan vegetasi tetap berdampak signifikan pada stabilitas lahan, iklim mikro, dan siklus karbon. Vegetasi berperan sebagai penyangga alami, habitat fauna kecil, dan penguat rantai makanan lokal. Dalam upaya pemulihan, perusahaan melakukan penghijauan cepat dengan menanam tanaman penutup tanah (*cover crop*) yang sesuai kondisi Kalimantan Timur, seperti *Pueraria javanica* (Kacang Jawa), *Centrosema pubescens* (Centro), dan *Calopogonium mucunoides* (Kalopo). Tanaman ini efektif memperbaiki struktur tanah, menjaga kelembapan, dan mencegah erosi. Penggunaan *cover crop* disesuaikan dengan kondisi tanah dan tujuan rehabilitasi, tanpa harus menggantikan semua spesies yang hilang.

3.7 *Total Economic Value* (TEV)

Setelah melakukan perhitungan kerugian ekosistem akibat kualitas air, kualitas udara, dan berkurangnya tutupan flora, langkah selanjutnya adalah menghitung *Total Economic Value* (TEV) yang mencakup seluruh dampak lingkungan yang timbul akibat pencemaran dan kerusakan ekosistem.

$$TEV = C_{\text{Total Air}} + C_{\text{Total Udara}} + C_{\text{Total Flora}}$$

$$TEV = \text{Rp } 5.824.516.500; \text{ per sumur bor} + \text{Rp } 1.556.506.575; \text{ per sumur bor} \\ + \text{Rp } 2.898.450.000; \text{ per sumur bor}$$

$$TEV = \text{Rp } 10.279.473.075; \text{ per sumur bor}$$

Perhitungan TEV tersebut menggambarkan besarnya biaya yang diperlukan untuk pemulihan kerusakan yang ditimbulkan oleh pengeboran sumur, termasuk biaya restorasi ekosistem dan kompensasi terhadap hilangnya jasa lingkungan yang dihasilkan oleh ekosistem yang terganggu.

3.8 Penghitungan dengan *Contingent Valuation Method* (CVM)

Metode *Contingent Valuation Method* (CVM) sangat relevan untuk mengevaluasi dampak non-pasar, seperti kerusakan ekosistem yang tidak dapat diperdagangkan secara langsung. Dalam konteks pengeboran sumur di

Kecamatan Anggana, CVM digunakan untuk mengukur dampak dari perubahan kualitas air, kualitas udara, dan berkurangnya tutupan flora. Survei CVM dilakukan dengan menyebarkan kuesioner dan wawancara kepada 100 responden dari 5 RT terdekat dengan lokasi pengeboran sumur di Desa Kutai Lama, Kecamatan Anggana, Kalimantan Timur. Pemilihan 5 RT terdekat didasarkan pada pertimbangan bahwa area tersebut kemungkinan besar paling terdampak oleh aktivitas pengeboran, baik secara langsung (melalui pencemaran udara dan air) maupun secara sosial-ekonomi (melalui perubahan lapangan kerja dan pendapatan masyarakat). Jarak pemukiman terdekat dari lokasi pengeboran sumur adalah 8,58 km, yang masuk dalam cakupan 5 RT tersebut. Dengan memilih 5 RT ini, survei dapat mencerminkan kondisi populasi yang paling relevan dan terdekat dengan lokasi pengeboran, memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai dampak sosial-ekonomi yang ditimbulkan oleh aktivitas pengeboran. Jumlah responden ditentukan menggunakan *Stratified Random Sampling* untuk memastikan bahwa sampel yang diambil mewakili populasi yang paling terpengaruh oleh kegiatan pengeboran sumur. Survei ini bertujuan untuk menggali preferensi masyarakat terkait nilai ekosistem yang rusak serta mengetahui persepsi positif dan negatif mereka terhadap kegiatan pengeboran yang dilakukan perusahaan. Berikut adalah rumus *Stratified Random Sampling* yang digunakan dalam perhitungan jumlah responden.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{E^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

Keterangan:

- n = Jumlah sampel (responden) yang dibutuhkan
- N = Total Populasi, 4.540 penduduk
- Z = Nilai Z untuk tingkat kepercayaan 95%, 1,96
- p = Proporsi populasi yang diasumsikan (konservatif), 0,5
- E = Margin of error (dalam desimal), 0,1

Sebagai informasi data demografi Desa Kutai Lama berdasarkan Kecamatan Anggana dalam Angka (BPS, 2024), yaitu:

- Luas wilayah = 308,95 km²
- Jumlah RT = 11 RT
- Jumlah dusun = 2 dusun
- Jumlah KK = 1.475 KK
- Jumlah Penduduk = 4.540 penduduk

Survei dan wawancara dilakukan di 5 RT (2.280 penduduk) yang memiliki jarak paling dekat dengan lokasi kegiatan pengeboran sumur.

Perhitungan:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{E^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

$$n = \frac{4.540 \cdot (1,96)^2 \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,5)}{(0,1)^2 \cdot (4.540 - 1) + (1,96)^2 \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,5)}$$

$$n = \frac{4.360,216}{46,3504} = 94,07$$

Jadi, dengan margin of error 10%, jumlah responden yang diperlukan sebanyak 94 responden. Pada penelitian ini, jumlah responden dibulatkan menjadi 100 responden.

Kuesioner dan wawancara meminta responden menyatakan kesediaan menerima kompensasi (*Willingness to Accept/ WTA*) atas perubahan kualitas lingkungan. Data yang terkumpul dianalisis dengan mengklasifikasikan persepsi responden sebagai positif, netral, atau negatif, berdasarkan interpretasi kualitatif dari jawaban wawancara. Nilai rata-rata kompensasi yang diharapkan masyarakat digunakan untuk memperkirakan total biaya ekonomi yang diperlukan dalam pemulihan dampak pada kualitas air, udara, dan tutupan flora, termasuk biaya restorasi ekosistem dan rehabilitasi vegetasi.

a) Persepsi Positif Responden terhadap Kegiatan Pengeboran Sumur

Pengeboran sumur minyak sering dianggap sebagai suatu upaya yang dapat membawa manfaat ekonomi yang signifikan bagi daerah yang terdampak. Berdasarkan hasil survei, beberapa persepsi positif yang diungkapkan oleh masyarakat di Desa Kutai Lama, Kecamatan Anggana terkait kegiatan ini meliputi:

- Peningkatan lapangan pekerjaan
Kegiatan pengeboran membuka berbagai peluang kerja langsung dan tidak langsung, melibatkan tenaga kerja lapangan, teknis, serta sektor pendukung seperti transportasi dan logistik bagi masyarakat lokal.
- Peningkatan pendapatan masyarakat
Masyarakat mendapatkan tambahan penghasilan dari pekerjaan di perusahaan pengeboran dan sektor pendukung, seperti penjual bahan bangunan, makanan, dan jasa lainnya.
- Pembangunan infrastruktur
Industri minyak mendorong perbaikan jalan, fasilitas kesehatan, pendidikan, dan fasilitas umum lain yang memudahkan akses bagi pekerja dan warga sekitar.
- Tingkat penolakan dan tingkat kekhawatiran masyarakat terhadap kegiatan perusahaan
Persepsi masyarakat yang "tidak menolak" atau "tidak khawatir" terhadap kegiatan pengeboran mencerminkan penerimaan pasif, di mana mereka tidak merasa terancam langsung oleh dampak lingkungan yang ditimbulkan. Survei menunjukkan bahwa 68% responden tidak menolak kegiatan pengeboran, yang mengindikasikan bahwa mayoritas masyarakat tidak secara aktif menentang aktivitas perusahaan. Hal ini dapat diartikan sebagai bentuk penerimaan pasif terhadap kegiatan tersebut. Di sisi lain, 52% responden tidak khawatir terhadap kegiatan pengeboran, yang menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat lebih mengutamakan manfaat ekonomi yang dapat diperoleh, seperti peluang kerja dan peningkatan pendapatan. Kondisi ini mencerminkan optimisme masyarakat terhadap potensi ekonomi lokal yang dibawa oleh proyek pengeboran sumur.

b) Persepsi Negatif Responden terhadap Kegiatan Pengeboran Sumur

Meskipun kegiatan pengeboran minyak memiliki banyak potensi positif, tidak dapat dipungkiri bahwa banyak masyarakat yang memiliki persepsi negatif terkait dampak yang ditimbulkan. Persepsi negatif ini sangat berkaitan dengan potensi kerusakan lingkungan dan dampak sosial yang dapat terjadi sebagai akibat langsung dari aktivitas pengeboran. Beberapa persepsi negatif yang diungkapkan oleh masyarakat di Desa Kutai Lama Kecamatan Anggana antara lain:

- Dampak pencemaran
Kegiatan pengeboran menyebabkan pencemaran udara, air, dan tanah yang menurunkan kesuburan tanah, mengancam ketahanan pangan, dan mengganggu sistem irigasi.
- Masalah sosial
Ketimpangan distribusi manfaat ekonomi terjadi karena banyak pekerja berasal dari luar daerah, menimbulkan perasaan ketidakadilan dan ketegangan terkait lahan dan sumber daya alam.
- Dampak kesehatan
Paparan polusi udara dari pembakaran minyak dan gas menyebabkan penyakit pernapasan kronis, terutama di daerah dengan akses layanan kesehatan terbatas. Pengelolaan limbah yang kurang memadai memperburuk kondisi sanitasi dan kesehatan.
- Dukungan masyarakat
Meskipun mayoritas responden tidak menolak dan tidak khawatir, hanya 16% responden yang mendukung kegiatan perusahaan secara eksplisit. Hal ini mengindikasikan adanya keraguan atau ketidakpuasan terhadap manfaat yang dirasakan, meskipun mereka tidak secara terbuka menentang proyek tersebut. Sebaliknya, 84% responden tidak mendukung kegiatan perusahaan, yang menunjukkan dominasi persepsi negatif dan ketidakpuasan terhadap dampak sosial-ekonomi yang ditimbulkan. Ketidakpastian ini menggambarkan adanya ketidakseimbangan antara manfaat ekonomi yang dirasakan dan dampak lingkungan atau sosial yang dikhawatirkan oleh sebagian besar masyarakat.
- Ketidakpuasan dan ketidakpercayaan
Rendahnya dukungan disebabkan oleh ketidakmerataan manfaat dan pengelolaan dampak lingkungan serta sosial yang belum optimal, meskipun ada peluang kerja, pencemaran dan kerusakan habitat mengganggu kualitas hidup.

c) Perhitungan *Willingness to Accept* (WTA)

Untuk memahami dampak sosial-ekonomi dari kegiatan perusahaan di Desa Kutai Lama, Kecamatan Anggana, perhitungan *Willingness to Accept* (WTA) digunakan sebagai metode utama. WTA mengukur besaran kompensasi yang masyarakat anggap wajar untuk menerima perubahan negatif akibat aktivitas perusahaan, seperti pencemaran air, udara, dan berkurangnya tutupan flora. Data diperoleh melalui survei langsung, dimana responden diminta menyatakan nilai kompensasi yang mereka harapkan sebagai ganti rugi atas kerugian lingkungan dan sosial yang dialami. Hasil perhitungan WTA ini memberikan gambaran jelas tentang tingkat kerugian yang dirasakan masyarakat serta nilai kompensasi yang diperlukan untuk pemulihan dan keadilan sosial.

Rumus dasar perhitungan rata-rata WTA:

$$WTA = \frac{\sum WTA_{responden}}{N} \times \text{Jumlah penduduk di 5 RT} \times \text{Lama Operasi (tahun)}$$

$$WTA = \frac{Rp\ 44.500.000;}{100} \times 2.280 \text{ penduduk} \times 15 \text{ tahun} = Rp\ 445.000; \text{ per bulan/orang}$$

$$WTA = Rp\ 15.219.000.000; \text{ per sumur bor}$$

Hasil perhitungan WTA menunjukkan bahwa perusahaan harus membayar nilai kompensasi sebesar Rp 15.219.000.000; untuk satu sumur bor yang beroperasi. Sementara itu, nilai rata-rata kompensasi yang diharapkan masyarakat di Kecamatan Anggana sebesar:

$$WTA = \frac{Rp\ 44.500.000;}{100} = Rp\ 445.000; \text{ per bulan/orang (selama sumur beroperasi)}$$

Hasil perhitungan WTA menunjukkan bahwa rata-rata masyarakat di Kecamatan Anggana mengharapkan kompensasi sebesar Rp 445.000 per bulan sebagai ganti rugi atas dampak negatif yang mereka rasakan dari kegiatan perusahaan. Nilai ini mencerminkan kerugian yang ditimbulkan oleh pencemaran udara, kerusakan habitat, dan penurunan kualitas air yang berdampak pada kualitas hidup mereka. Hasil ini menunjukkan bahwa masyarakat merasa bahwa kompensasi finansial ini dianggap cukup untuk menutupi dampak negatif yang mereka alami, meskipun mereka tidak sepenuhnya menolak keberadaan kegiatan perusahaan.

Berdasarkan nilai *Willingness to Accept* (WTA) yang diperoleh, pemberian kompensasi kepada masyarakat harus dirancang secara sistematis dan menyeluruh agar dapat mengurangi dampak negatif kegiatan pengeboran dan memastikan masyarakat merasa dihargai. Berikut adalah langkah-langkah penting dalam perencanaan pemberian kompensasi yang dapat diterapkan:

- Kompensasi diberikan sejak dampak mulai dirasakan untuk mengurangi ketidakpuasan dan mencegah konflik sosial.
- Durasi kompensasi mencakup jangka panjang selama pengeboran dengan evaluasi tahunan dan perhitungan ulang WTA sesuai perubahan dampak.
- Kompensasi tidak hanya berupa dana tunai Rp 445.000/bulan, tetapi juga mencakup:
- Fasilitas kesehatan untuk penyakit akibat pencemaran udara.
- Akses pendidikan dan pelatihan keterampilan untuk meningkatkan ekonomi masyarakat.
- Program pemberdayaan ekonomi, seperti pelatihan UMKM, untuk mengurangi ketergantungan finansial.
- Nilai WTA Rp 445.000/bulan mencerminkan persepsi negatif masyarakat terhadap dampak perusahaan, meskipun tanpa penolakan langsung.
- Mayoritas responden menginginkan kompensasi layak karena merasa kerugian akibat pencemaran dan sosial lebih besar daripada manfaat yang diterima.
- Masyarakat lebih memprioritaskan keberlanjutan lingkungan dan keadilan sosial, melihat kompensasi adil sebagai solusi menyeimbangkan dampak negatif.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

- a) **Dampak Lingkungan**
Kegiatan pengeboran sumur minyak di Desa Kutai Lama, Kecamatan Anggana, berdampak signifikan terhadap kualitas air, udara, dan tutupan flora. Meskipun beberapa parameter masih memenuhi baku mutu, penurunan kualitas lingkungan memerlukan pengelolaan yang lebih spesifik. Pengelolaan yang mendesak meliputi penggunaan bioreaktor mikroba (teknologi biofilter) untuk pengolahan air limbah, sensor berbasis IoT (*Internet of Things*) untuk pemantauan kualitas udara dan air secara *real-time*, serta penerapan sistem pengelolaan air terintegrasi (*Integrated Water Resources Management*) untuk mengurangi dampak terhadap sumber daya air lokal.
- b) **Penurunan Tutupan Flora**
Penurunan tutupan flora menunjukkan gangguan terhadap fungsi ekologis, sehingga rehabilitasi dan revegetasi dengan spesies lokal yang adaptif diperlukan untuk pemulihan ekosistem.
- c) **Total Economic Value (TEV)**
Nilai *Total Economic Value* (TEV) dari dampak aktivitas pengeboran sumur diperkirakan mencapai Rp 10.279.473.075 per sumur, yang mencakup biaya pemulihan kualitas air, udara, dan vegetasi serta kompensasi sosial-ekonomi masyarakat.
- d) **Willingness to Accept (WTA)**
Nilai WTA yang harus dibayarkan perusahaan sebagai kompensasi untuk beroperasinya sumur minyak diperkirakan Rp 15.219.000.000 per sumur. Tingginya nilai kompensasi menunjukkan kesadaran masyarakat terhadap dampak lingkungan dan keinginan untuk mendapatkan keadilan sosial.
- e) **Kompensasi Sosial dan Ekonomi**
Kompensasi yang harus diberikan kepada masyarakat terdampak mencakup estimasi tunai rata-rata Rp 445.000 per bulan per orang selama sumur beroperasi, serta perluasan kompensasi dalam bentuk fasilitas kesehatan, pendidikan, dan pemberdayaan ekonomi.
- f) **Kompensasi Terstruktur dan Berkelanjutan**
Pemberian kompensasi harus dilakukan secara terstruktur dan berkelanjutan, dengan evaluasi berkala dan penyesuaian berdasarkan kondisi lapangan yang terus berubah.
- g) **Keinginan untuk Keadilan Sosial dan Lingkungan**
Masyarakat meskipun menerima kegiatan pengeboran, mengharapkan keadilan sosial dan keberlanjutan lingkungan melalui kompensasi yang adil dan mitigasi dampak lingkungan yang efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2024). Kecamatan Anggana dalam Angka. Volume 13. Badan Pusat Statistik:Kabupaten Kutai Kartanegara
- BPS. (2025). *Data Inflasi dan Upah Minimum Regional*. Samarinda: BPS Kaltim.
- BPSDA Kalimantan Timur. (2024). *Data Hidrologi Sungai Mahakam*. Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur.
- Carbon Pricing Dashboard. (2025). *Global carbon pricing mechanisms*. World Bank Group. <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org>
- Carson, R. T. (2020). *Contingent Valuation: A User's Guide*. Environmental Science & Technology, 34(8), 1413-1418.
- Data Perusahaan. (2024). *Laporan Pemantauan Tahap Konstruksi Lokasi NKL-P2405*. Internal Report.
- Dinas Kesehatan Kabupaten Kutai Kartanegara. (2025). *Data biaya pengobatan penyakit pernapasan ringan di Puskesmas wilayah Kecamatan Anggana*. Kutai Kartanegara.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2024). *Laporan kesehatan lingkungan dan penyakit akibat polusi udara di Kalimantan Timur*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Laporan pemantauan kualitas lingkungan hidup sektor migas*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

- Pratiwi, A. R., & Haryani, G. S. (2020). *Valuation of water pollution using replacement cost method in urban rivers*. Jurnal Pengelolaan Lingkungan, 11(2), 185–195.
- Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan*.
- Supriatna, J. (2024). *Biodiversity and ecological restoration: Challenges and opportunities in post-extraction landscapes*. Ecological Restoration Journal, 18(3), 133–148.
- Turner, R. K., Georgiou, S., & Fisher, B. (2020). *Valuing Ecosystem Services: The Case for Wetlands*, 15(2), 234–245. Routledge.

NOMENKLATUR

BOD	: <i>Biological Oxygen Demand</i> (Permintaan Oksigen Biologis)
DO	: <i>Dissolved Oxygen</i> (Oksigen Terlarut)
PM ₁₀	: <i>Particulate Matter</i> diameter ≤ 10 mikrometer
SO ₂	: Sulfur Dioksida
NO ₂	: Nitrogen Dioksida
WTA	: <i>Willingness to Accept</i> (Kesediaan Menerima Kompensasi)
TEV	: <i>Total Economic Value</i> (Nilai Ekonomi Total)
RCM	: <i>Replacement Cost Method</i> (Metode Biaya Penggantian)
CVM	: <i>Contingent Valuation Method</i> (Metode Penilaian Kontingen)
INP	: Indeks Nilai Penting
H'	: Indeks Keanekaragaman <i>Shannon-Wiener</i>
TDS	: <i>Total Dissolved Solids</i> (Total Padatan Terlarut)
Ni	: Nikel (<i>Nickel</i>)
Zn	: Seng (<i>Zinc</i>)
IUCN	: <i>International Union for Conservation of Nature</i> (Uni Internasional untuk Konservasi Alam)
LC	: <i>Least Concern</i> (Status Risiko Rendah menurut IUCN)
TI	: Tidak Teridentifikasi
C _{Flora}	: Total valuasi kerugian vegetasi (Rp)
L _{Dampak}	: luas lahan yang kehilangan tutupan vegetasi (ha)
C _{Revegetasi}	: Biaya revegetasi per hektar (Rp/ha)
V _{Jasa}	: Nilai jasa ekosistem vegetasi per hektar per tahun (Rp/ha/tahun)
T	: Estimasi waktu pemulihan (tahun)
C _{Cover crop}	: Biaya penanaman dan pembelian bibit <i>cover crop</i> (Rp)
WTA _{responden}	: Nilai kompensasi yang diinginkan oleh tiap responden (dalam Rp)
N	: Jumlah total responden

Keanekaragaman Vegetasi di Lokasi Pengeboran

