

Analisis Kebijakan Usaha Perkebunan Kelapa Sawit Dengan Penggunaan Pupuk Limbah Pabrik

Taslim Harefa

Universitas Medan Area

taslimharefa1@gmail.com

Yusniar Lubis

Universitas Medan Area

lubisyusniar@gmail.com

Tri Martial

Universitas Medan Area

tirmartial@gmail.com

Abstrak

Manajemen penggunaan pupuk pada perkebunan kelapa sawit selama ini tidak bijaksana sehingga menyebabkan ketergantungan kepada pupuk kimia. Penggunaan pupuk kimia yang berlebih berdampak buruk pada kelestarian lahan dan lingkungan. Pengelolaan yang tidak ramah lingkungan pada akhirnya mengancam keberlanjutan industri kelapa sawit dalam jangka Panjang. Pendekatan yang telah dilakukan adalah dengan pemanfaatan limbah Pabrik Kelapa Sawit (PKS) sebagai pupuk organik untuk menggantikan pupuk kimia. Namun pemanfaatan limbah PKS sebagai pupuk belum banyak diterima secara luas dalam perkebunan kelapa sawit. Oleh sebab itu penelitian ini mengkaji aspek-aspek kelembagaan terkait dengan penggunaan pupuk organik yang berasal dari limbah PKS sebagai pupuk di perkebunan kelapa sawit.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peran kelembagaan dalam mendukung pemanfaatan pupuk organik dari bahan limbah PKS. Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Asahan, dengan studi kasus pada PT. Padasa Enam Utama. Model yang digunakan dalam penelitian ini mencakup ISM (*Interpretive Structural Modeling*) untuk menganalisis kebijakan-kebijakan dominan yang mendukung pemanfaatan limbah tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kebijakan yang ditetapkan, dukungan manajemen, dan alokasi anggaran yang memadai turut memperkuat pencapaian efisiensi tersebut. Selain itu, sarana dan prasarana yang tersedia, keseragaman struktur organisasi, serta keselarasan persepsi antar pemangku kepentingan juga memainkan peran penting dalam kelancaran proses pengolahan limbah PKS. Meskipun ketersediaan lahan terbuka hijau memiliki peran yang lebih rendah dibandingkan dengan faktor lainnya, kontribusinya tetap signifikan dalam menjaga keseimbangan ekosistem yang diperlukan untuk mendukung keberlanjutan pengelolaan limbah dan pengelolaan perkebunan kelapa sawit secara keseluruhan.

Kata Kunci

Kebijakan Lingkungan, Kelembagaan, dan Pengolahan Limbah

PENDAHULUAN

Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu sektor strategis dalam perekonomian Indonesia, baik sebagai penyumbang devisa negara maupun sebagai penyerap tenaga kerja. Menurut data dari (Statistik, 2024), Indonesia merupakan produsen minyak sawit terbesar di dunia dengan kontribusi sekitar 56% dari total produksi global. Namun, di balik kontribusinya yang

signifikan, industri kelapa sawit juga menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait dengan keberlanjutan lingkungan dan efisiensi produksi. Salah satu isu yang menjadi perhatian adalah penggunaan pupuk kimia yang berlebihan, yang dapat menyebabkan degradasi tanah, pencemaran air, dan peningkatan emisi gas rumah kaca.

Dalam upaya meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi produksi, penggunaan pupuk alternatif seperti pupuk limbah pabrik kelapa sawit (POME-based fertilizer) mulai mendapatkan perhatian. Limbah pabrik kelapa sawit, khususnya Palm Oil Mill Effluent (POME), memiliki potensi besar untuk diolah menjadi pupuk organik yang ramah lingkungan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pupuk berbasis limbah pabrik sawit tidak hanya dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, tetapi juga dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi dampak lingkungan (Taslim Harefa, Martial & Lubis, 2024).

Ketergantungan yang terus meningkat terhadap pupuk kimia dalam perkebunan kelapa sawit telah menimbulkan kekhawatiran sejak tahun 1970-an. Penggunaan bahan kimia yang masif di lahan perkebunan telah menyebabkan penurunan kesuburan tanah, yang tercermin dalam menurunnya produksi tanaman dan semakin meluasnya lahan terlantar. Dampak negatif ini tidak hanya berdampak pada kelapa sawit, tetapi juga pada sektor pertanian lainnya, seperti padi sawah, yang juga mengalami penurunan hasil akibat kerusakan tanah (Adrinoviarini, 2022; Nuro et al., 2016).

Dalam konteks agribisnis kelapa sawit, penggunaan pupuk kimia (anorganik) sering kali dianggap sebagai solusi untuk meningkatkan hasil produksi dalam jangka pendek. Namun, ketergantungan yang berlebihan terhadap pupuk anorganik justru dapat memperburuk kondisi jangka panjang perkebunan kelapa sawit dan merugikan sektor agribisnis itu sendiri. Pemakaian pupuk kimia yang tidak terkendali, jika tidak disertai dengan pengelolaan yang berkelanjutan, dapat menyebabkan degradasi tanah, yang pada gilirannya akan menurunkan kualitas dan kuantitas hasil produksi. Degradasi tanah ini tidak hanya mengancam keberlanjutan sektor perkebunan kelapa sawit, tetapi juga mengancam perekonomian negara yang bergantung pada kontribusi besar sektor ini (Galib et al., 2022). Maka, diperlukan kebijakan yang dapat mendukung usaha perkebunan kelapa sawit guna untuk mengurangi penggunaan pupuk kimia dan meningkatkan pemakaian pupuk organik yang dapat diolah dari limbah pabrik kelapa sawit.

Namun, implementasi kebijakan penggunaan pupuk limbah pabrik dalam usaha perkebunan kelapa sawit masih menghadapi berbagai kendala, seperti kurangnya regulasi yang mendukung, keterbatasan teknologi pengolahan, serta resistensi dari pelaku usaha yang terbiasa menggunakan pupuk kimia. Oleh karena itu, diperlukan analisis kebijakan yang komprehensif untuk mengevaluasi efektivitas dan dampak dari penggunaan pupuk limbah pabrik dalam usaha perkebunan kelapa sawit.

LANDASAN TEORI

Pengelolaan Limbah Industri

Pengelolaan limbah industri merupakan proses pengendalian, pengolahan, dan pemanfaatan limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Konsep ini mencakup prinsip reduce, reuse, recycle (3R) yang bertujuan untuk meminimalkan jumlah limbah yang dihasilkan dan memaksimalkan pemanfaatannya (Zhang et al., 2022). Limbah pabrik kelapa sawit, baik limbah cair (POME - Palm Oil Mill Effluent) maupun limbah padat seperti tandan kosong dan cangkang sawit, jika tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti pencemaran air, tanah, dan udara. Di sisi lain, limbah tersebut sebenarnya memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber daya yang bernilai ekonomi, salah satunya adalah sebagai pupuk organik. Penggunaan limbah pabrik kelapa sawit sebagai pupuk dapat menjadi solusi untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus meningkatkan produktivitas lahan Perkebunan (Riaz et al., 2018).

Ekonomi Sirkular

Ekonomi sirkular adalah model ekonomi yang bertujuan untuk meminimalkan limbah dan memaksimalkan penggunaan sumber daya melalui prinsip daur ulang dan pemanfaatan

kembali. Konsep ini sangat relevan dengan pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit sebagai pupuk organik. ekonomi sirkular sebagai sistem regeneratif di mana limbah diubah menjadi sumber daya baru, sehingga menciptakan nilai tambah dan mengurangi tekanan pada lingkungan (Siagian et al., 2024).

Kebijakan Lingkungan

Kebijakan lingkungan adalah serangkaian regulasi dan instrumen yang dirancang untuk mengelola dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan. Kebijakan ini mencakup standar kualitas limbah, insentif untuk pengelolaan limbah, dan sanksi bagi pelanggar.

Salah satu inovasi dalam mendukung keberlanjutan perkebunan kelapa sawit adalah penggunaan pupuk yang berasal dari limbah pabrik kelapa sawit. Limbah pabrik kelapa sawit, seperti Palm Oil Mill Effluent (POME) dan Empty Fruit Bunches (EFB), dapat diolah menjadi pupuk organik yang kaya nutrisi. Penggunaan pupuk limbah ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia tetapi juga membantu dalam pengelolaan limbah pabrik yang ramah lingkungan.

Teori menurut Kraft (2020), kebijakan lingkungan yang efektif harus memadukan pendekatan regulasi, insentif ekonomi, dan partisipasi stakeholders untuk mencapai tujuan keberlanjutan.

Pemanfaatan Limbah sebagai Pupuk Organik

Limbah pabrik kelapa sawit, seperti tandan kosong, cangkang sawit, dan limbah cair (POME), dapat diolah menjadi pupuk organik yang kaya nutrisi. Pupuk organik ini dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia. Teori Brady & Weil (2016) menjelaskan bahwa pupuk organik dapat meningkatkan struktur tanah, kandungan bahan organik, dan aktivitas mikroba tanah, sehingga mendukung pertanian berkelanjutan.

Analisis Kebijakan

Analisis kebijakan adalah proses evaluasi terhadap kebijakan yang ada untuk mengidentifikasi kelebihan, kekurangan, dan dampaknya. Pendekatan ini digunakan untuk merumuskan rekomendasi kebijakan yang lebih efektif. Teori: Dunn (2018) menjelaskan bahwa analisis kebijakan melibatkan identifikasi masalah, evaluasi alternatif kebijakan, dan rekomendasi solusi berdasarkan bukti empiris.

Model Interpretive Structural Modelling (ISM)

Salah satu teknik pemodelan yang dikembangkan untuk merencanakan kebijakan strategis adalah *Interpretative Structural Modeling* (ISM). ISM adalah suatu teknik yang digunakan untuk membantu menentukan urutan tujuan pada hubungan yang kompleks, menemukan sub-elemen kunci, karakter setiap subelemen dan memberikan gambaran yang konkrit tentang suatu struktur hierarki melalui pendapat para ahli. Proses ISM mengubah model yang tidak jelas, sistem yang buruk menjadi model yang terlihat dan terdefinisi dengan baik (Sushil, 2012).

Metode ISM merupakan metode yang digunakan untuk mengembangkan organisasi yang paling berperan dalam sistem. Metode ISM merupakan teknik pemodelan yang dapat merangkum pendapat para ahli guna memberikan pendapat yang spesifik mengenai hierarki sub-elemen sesuai dengan setiap elemen yang terdapat dalam sistem. Metode ISM merupakan metode yang dapat membuktikan hubungan antar elemen yang ada. Metode ini dapat digunakan untuk merencanakan kebijakan strategis (Kholil, Eriyatno, Sutjahyo dan Soekarto, 2008).

Program strukturisasi penguatan kelembagaan dapat dianalisis berdasarkan sembilan elemen, yaitu (Nursal, 2020) (Saxena, 1992): 1) tujuan dari program; 2) kebutuhan dari program; 3) kendala utama program; 4) tolak ukur untuk menilai keberhasilan setiap tujuan; 5) lembaga yang terlibat dalam pelaksanaan program; 6) sektor masyarakat yang terpengaruhi; 7) perubahan yang diinginkan; 8) aktivitas yang dibutuhkan guna perencanaan tindakan; 9) ukuran aktivitas guna mengevaluasi hasil yang dicapai setiap aktivitas.

Para peneliti biasanya melakukan suatu analisis tidak menggunakan semua elemen. Hal ini sangat tergantung dengan kebutuhan riset yang hendak dihasilkan, biasanya hanya menganalisis 2 sampai 5 elemen saja, bahkan tidak jarang juga ada yang menggunakan satu elemen saja (Fadhil, Maafif, Bantacut dan Hermawan, 2018). Tahapan dalam melakukan ISM dibagi menjadi dua bagian, yaitu penyusunan hierarki dan klasifikasi sub elemen. Langkah-langkah penerapan ISM ini adalah sebagai berikut : (Fadhil, Maafif, Bantacut dan Hermawan, 2018).

METODOLOGI PENELITIAN

Pendekatan penelitian yang dilakukan berupa penelitian deskriptif kuantitatif. Sumber data dalam penelitian ini yaitu data primer yang di ambil langsung dari lapangan dengan cara observasi, wawancara, dokumentasi. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh perkebunan kelapa sawit di kabupaten asahan, sampel penelitian di tentukan dengan tehnik purposive sampling dengan sampel yaitu PT. Padasa Enam Utama. Metode penelitian yang digunakan yaitu di analisis dengan Interpretative Structural Model (ISM) yaitu melihat peran sebuah Lembaga yang paling dominan dalam pengelolaan Perkebunan kelapa sawit dengan pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit. Adapun langkah-langkah model ISM meliputi sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi setiap parameter menjadi beberapa elemen dalam sistem.
2. Menentukan dan membangun hubungan kontekstual antar sub elemen.
3. Menyusun Matriks Interaksi Tunggal Terstruktur (*Structural Self Interaction Matrix/SSIM*). Contoh matriks SSIM disajikan pada Tabel 1.

Table 1 Contoh Matriks SSIM

Sub Elemen Tujuan ke-i	Sub Elemen Tujuan ke-j								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	X	V	V	A	X	O	O	X	V
2		X	O	O	X	V	V	V	V
3			X	A	A	X	X	V	V
4				X	V	O	O	O	V
5					X	V	V	V	O
6						X	A	A	A
7							X	X	X
8								X	O
9									X

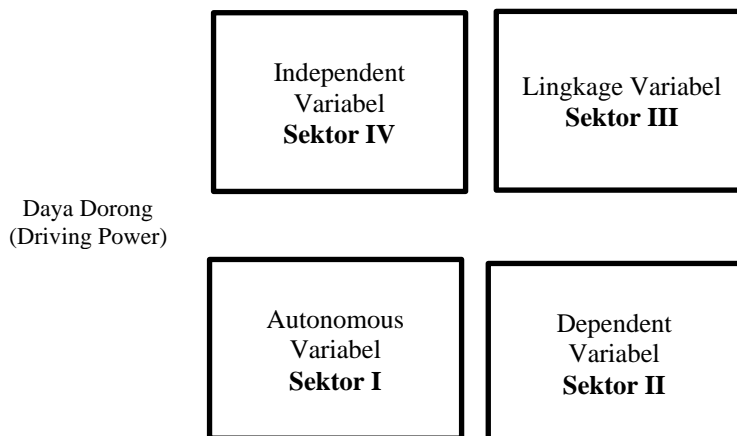
Hubungan kontekstual dalam SSIM menggunakan simbol V, A, X, dan O yang mengandung pengertian sebagai berikut:

- V : Ada hubungan Sub Elemen Ei terhadap Sub Elemen Ej, tapi tidak sebaliknya.
- A : Ada hubungan Sub Elemen Ej terhadap Sub Elemen Ei, tapi tidak sebaliknya
- X : Sub Elemen Ei dan Sub Elemen Ej saling berhubungan interalasi
- O : Sub Elemen Ei dan Sub Elemen Ej tidak saling berhubungan.

Simbol 1 menyatakan terdapat atau adanya hubungan kontekstual, sedangkan simbol 0 menyatakan tidak terdapat atau tidanya hubungan kontekstual antar sub elemen i dan j dan sebaliknya.

4. Menyusun Matriks *Reachability* (*Reachability Matrix* /RM), yaitu dengan mengubah simbol-simbol V, A, X, dan O pada matriks SSIM menjadi matriks biner bilangan 1 atau 0 berdasarkan aturan berikut:
 V jika $E_{ij} = 1$ dan $E_{ij} = 0$
 A jika $E_{ij} = 0$ dan $E_{ij} = 1$
 X jika $E_{ij} = 1$ dan $E_{ij} = 1$
 O jika $E_{ij} = 0$ dan $E_{ij} = 0$
 Keterangan :
 Nilai $e_{ij} = 1$ adalah ada hubungan kontekstual antara subelemen ke-i dan ke-j
 Nilai $e_{ij} = 0$ adalah tidak ada hubungan kontekstual antara subelemen ke-i dan ke-j.
5. Menyusun *Diagraph*, yaitu grafik dari elemen-elemen yang saling berhubungan secara langsung dan level hierarki. Pada dasarnya untuk menyusun hirarki setiap sub elemen pada elemen yang dikaji kemudian membuat klasifikasi ke dalam 4 (empat) sektor untuk menentukan sub elemen mana yang termasuk ke dalam variable yaitu: autonomous (sektor 1), dependent (sector 2), linkage (sektor 3), dan independent (sector 4) seperti terlihat pada Gambar 1 berikut.

$DP > 0.5 X$ dan nilai $D \leq 0.5 X$ $DP > 0.5 X$ dan Nilai $D > 0.5 X$



$DP \leq 0.5 X$ dan nilai $D \leq 0.5 X$ $DP \leq 0.5 X$ dan Nilai $D \leq 0.5 X$

Ketergantungan (Dependent)

HASIL PENELITIAN

Pendekatan Kebijakan dengan Model ISM

Structural Self Interaction Matrix (SSIM)

Dalam proses ini, kedua variabel tersebut dihubungkan secara kontekstual, dengan variabel pertama sebagai variabel i dan variabel kedua sebagai variabel j.

Hubungan antara kedua variabel tersebut dianalisis secara mendalam.

V Elemen-i lebih penting/utama/berperan dari pada elemen-j

A Elemen-j lebih penting/utama/berperan dari pada elemen-i

X Kedua elemen i-j sama-sama penting/utama/berperan

O Kedua elemen i-j sama-sama tidak penting/utama/berperan

Maka diperoleh hubungan kontekstual antara dua variable sebagai berikut:

Tabel 2 *Structural Self Interaction Matrix* (SSIM)

	Variabel	1	2	3	4	5	6	7
1	Ada kebijakan/izin dari Dinas Lingkungan Hidup berupa aturan	NA	X	X	X	X	X	X

	terkait pengolahan limbah beracun menjadi pupuk.							
2	Ada dukungan penuh dari pihak manajemen dalam pengaplikasian limbah beracun menjadi pupuk organik	NA	NA	X	X	X	X	X
3	Alokasi anggaran sebagai prioritas dalam mendukung pengolahan limbah menjadi organik	NA	NA	NA	X	X	X	X
4	Ketersediaan lahan terbuka hijau	NA	NA	NA	NA	X	X	X
5	Ketersediaan Sarana prasarana pendukung.	NA	NA	NA	NA	NA	X	X
6	Keseragaman struktur organisasi dan kelembagaan	NA	NA	NA	NA	NA	NA	X
7	Kesamaan persepsi para pemangku kepentingan.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Reachibility Matrix (RM)

Setelah menyusun SSIM, langkah selanjutnya adalah mengonversinya menjadi Matriks Reachability (RM), yang merupakan representasi numerik dari SSIM. Matriks ini berfungsi untuk mengidentifikasi hubungan langsung dan tidak langsung antar elemen. Proses konversi mengikuti aturan sebagai berikut:

1. Jika dalam SSIM terdapat simbol V (elemen iii mempengaruhi jii), maka pada RM, posisi i,ji,ji,j diisi dengan angka 1 dan posisi j,ij,ij,i diisi dengan angka 0.
2. Jika dalam SSIM terdapat simbol A (elemen jii mempengaruhi iii), maka pada RM, posisi i,ji,ji,j diisi dengan angka 0 dan posisi j,ij,ij,i diisi dengan angka 1.
3. Jika dalam SSIM terdapat simbol X (elemen iii dan jii saling mempengaruhi), maka pada RM, posisi i,ji,ji,j dan j,ij,ij,i diisi dengan angka 1.
4. Jika dalam SSIM terdapat simbol O (tidak ada hubungan antara elemen iii dan jii), maka pada RM, posisi i,ji,ji,j dan j,ij,ij,i diisi dengan angka 0.

Adapun hasil Reachibility Matrix dijelaskan dalam Tabel 3

Tabel 3 Reachibility Matrix.

	Variabel	1	2	3	4	5	6	7
1	Ada kebijakan/izin dari Dinas Lingkungan Hidup berupa aturan terkait pengolahan limbah beracun menjadi pupuk.	1	1	1	1	1	1	1
2	Ada dukungan penuh dari pihak manajemen dalam pengaplikasian limbah beracun menjadi pupuk organik	1	1	1	1	1	1	1
3	Alokasi anggaran sebagai prioritas dalam mendukung pengolahan limbah menjadi organik	1	1	1	1	1	1	1
4	Ketersediaan lahan terbuka hijau	0	1	1	1	1	1	1
5	Ketersediaan Sarana prasarana pendukung.	1	1	1	1	1	1	1
6	Keseragaman struktur organisasi dan kelembagaan	1	1	1	1	1	1	1
7	Kesamaan persepsi para pemangku kepentingan.	1	1	1	1	1	1	1

Sumber: Hasil Olah dengan Aplikasi ISM-Profesional (2024)

Berdasarkan Matriks Reachability yang disajikan, terlihat bahwa hampir semua variabel saling mempengaruhi secara langsung. Semua variabel, kecuali variabel 4 (Ketersediaan lahan terbuka hijau), memiliki hubungan yang kuat dengan variabel lainnya, ditandai dengan nilai 1 di setiap posisi. Ini menunjukkan bahwa kebijakan, dukungan manajemen, alokasi anggaran, sarana prasarana, struktur organisasi, dan kesamaan persepsi para pemangku kepentingan saling mendukung dalam proses pengolahan limbah beracun menjadi pupuk organik (Achmad Saenimun'im Hidayat, Luh Putu Suciati, 2023)(Hettiarachchi et al., 2020). Namun, variabel 4 memiliki nilai 0 di beberapa posisi, menunjukkan bahwa ketersediaan lahan terbuka hijau tidak memiliki pengaruh langsung terhadap beberapa variabel lain, khususnya kebijakan dari Dinas Lingkungan Hidup (Perubahan et al., 2012).

Selain itu, variabel kebijakan dan dukungan manajemen (variabel 1 dan 2) memainkan peran sentral karena mempengaruhi semua variabel lainnya. Kesamaan persepsi di antara pemangku kepentingan (variabel 7) juga memiliki keterkaitan yang erat dengan seluruh elemen, menekankan pentingnya pandangan yang seragam dalam implementasi program. Secara keseluruhan, matriks ini menunjukkan bahwa keberhasilan pengolahan limbah beracun menjadi pupuk organik sangat tergantung pada koordinasi yang baik antara kebijakan, dukungan manajemen, sumber daya, dan kesamaan persepsi di antara pemangku kepentingan (Shoniyozov Bobur Kaldarboyevich, dkk, 2023)(Bouhia et al., 2022).

Conical Matrix (Penentuan Level)

Proses pembentukan Conical Matrix dimulai dengan mengelompokkan elemen-elemen yang memiliki tingkat keterkaitan yang sama, sehingga elemen-elemen yang saling mempengaruhi secara kuat akan ditempatkan pada tingkat yang sama atau saling berdekatan. Dengan menyusun elemen-elemen ke dalam tingkat tertentu, Conical Matrix memberikan gambaran yang lebih terstruktur mengenai mana elemen yang menjadi faktor utama (di tingkat atas) dan mana elemen yang dipengaruhi (di tingkat bawah), yang pada akhirnya membantu dalam pengambilan keputusan strategis terkait sistem yang sedang dianalisis.

Conical Matrix sangat berguna dalam mengidentifikasi prioritas tindakan atau elemen kunci yang harus dikelola terlebih dahulu dalam suatu sistem kompleks, terutama ketika ada banyak variabel yang saling berkaitan. Adapun hasil *conical matrix* dalam penelitian ini di sajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. *Conical Matrix*

Variabel	1	2	3	4	5	6	7	Driver Power	Rank	Dependence Hirarki	Hirarki
1 Ada kebijakan/izin dari Dinas Lingkungan Hidup berupa aturan terkait pengolahan limbah beracun menjadi pupuk.	1	1	1	1	1	1	1	7	1	6	2
2 Ada dukungan penuh dari pihak manajemen dalam pengaplikasian limbah beracun menjadi pupuk organik	1	1	1	1	1	1	1	7	1	7	1

	Variabel	1	2	3	4	5	6	7	Driver Power	Rank	Dependence Hirarki	Hirarki
3	Alokasi anggaran sebagai prioritas dalam mendukung pengolahan limbah menjadi organik	1	1	1	1	1	1	1	7	1	7	1
4	Ketersediaan lahan terbuka hijau	0	1	1	1	1	1	1	6	2	7	1
5	Ketersediaan Sarana prasarana pendukung.	1	1	1	1	1	1	1	7	1	7	1
6	Keseragaman struktur organisasi dan kelembagaan	1	1	1	1	1	1	1	7	1	7	1
7	Kesamaan persepsi para pemangku kepentingan.	1	1	1	1	1	1	1	7	1	7	1

Sumber: Hasil Olah dengan Aplikasi ISM-Profesional (2024)

Hasil analisis conical matrix yang mengevaluasi pengolahan limbah pabrik kelapa sawit menjadi pupuk organik mengidentifikasi tujuh variabel utama yang berperan krusial dalam keberhasilan sistem ini. Variabel-variabel tersebut mencakup kebijakan dari Dinas Lingkungan Hidup, dukungan penuh manajemen, alokasi anggaran, ketersediaan sarana dan prasarana, keseragaman struktur organisasi, serta kesamaan persepsi para pemangku kepentingan. Masing-masing variabel memiliki nilai kekuatan (driver power) sebesar 1, yang menunjukkan kontribusi signifikan terhadap proses pengolahan limbah beracun menjadi pupuk organik. Kebijakan yang mendukung dan keselarasan pandangan dari para pemangku kepentingan memegang peran kunci dalam memastikan proses ini berjalan sesuai dengan regulasi dan terlaksana secara efisien (Bijlsma et al., 2011).

Tingkat ketergantungan (dependence) dari seluruh variabel juga menunjukkan nilai yang seragam, yakni 1, yang menandakan adanya interdependensi kuat antara variabel-variabel tersebut dalam mendukung keberhasilan pengolahan limbah. Dukungan manajemen, alokasi anggaran yang tepat, serta ketersediaan sarana dan prasarana yang memadai membentuk elemen-elemen yang saling melengkapi (Bouhia et al., 2022). Tanpa interaksi yang sinergis antara faktor-faktor ini, proses pengolahan limbah dapat terganggu, yang pada gilirannya berpotensi mengurangi efisiensi dan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan serta produktivitas perkebunan kelapa sawit. Oleh karena itu, diperlukan koordinasi yang optimal dan keselarasan tujuan di antara semua variabel untuk memastikan keberlanjutan proses.

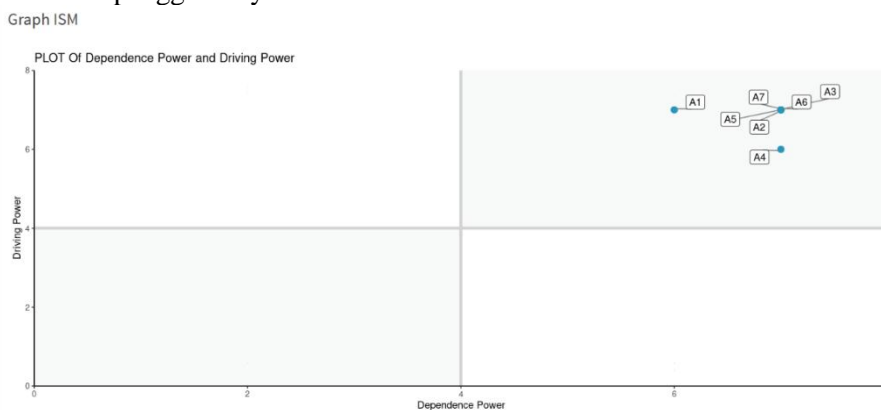
Meskipun demikian, salah satu variabel, yaitu ketersediaan lahan terbuka hijau, memiliki nilai kekuatan yang lebih rendah, yaitu 0. Hal ini menunjukkan bahwa variabel ini tidak bertindak sebagai penggerak utama dalam sistem, melainkan lebih bergantung pada faktor eksternal. Namun, peringkat hirarki yang tinggi untuk variabel ini mengindikasikan bahwa ketersediaan lahan hijau tetap merupakan elemen penting dalam skema keseluruhan, khususnya dalam konteks keberlanjutan perkebunan kelapa sawit. Lahan terbuka hijau berfungsi sebagai penyeimbang

lingkungan dalam proses pengolahan limbah, membantu menjaga keseimbangan ekosistem yang lebih luas.

Secara keseluruhan, proses pengolahan limbah pabrik kelapa sawit menjadi pupuk organik membutuhkan pendekatan holistik yang melibatkan berbagai aspek, mulai dari kebijakan hingga dukungan struktural serta koordinasi antara pemangku kepentingan (Fatemeh et al., 2017). Analisis kekuatan dan ketergantungan variabel-variabel tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan proses ini sangat tergantung pada sinergi yang terbangun di antara semua elemen. Masing-masing faktor memiliki kontribusi unik yang, apabila dikelola secara terpadu, dapat memberikan dampak positif terhadap lingkungan dan produktivitas perkebunan. Pendekatan yang komprehensif ini juga memastikan bahwa pengolahan limbah dilakukan secara efisien, efektif, dan berkelanjutan (Clara, Aprilia, dkk, 2021).

Diagram Matriks Dampak Silang pada Model Klasifikasi (MICMAC)

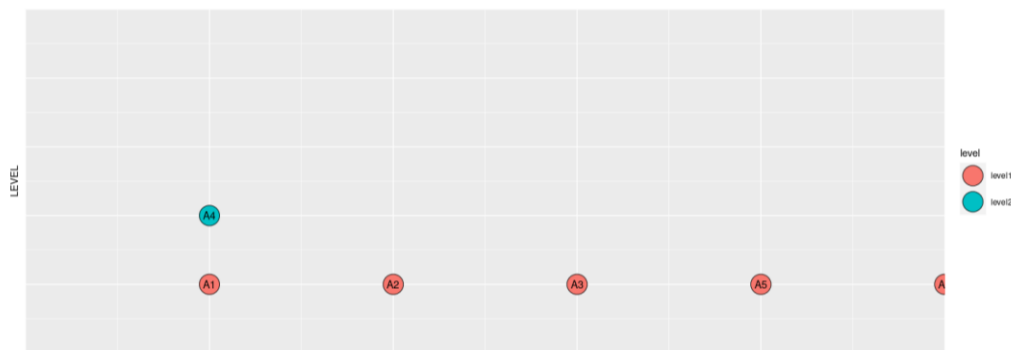
Pada penelitian ini, diagram ISM digunakan untuk memetakan variabel-variabel penting yang mempengaruhi pengolahan limbah pabrik kelapa sawit menjadi pupuk organik. Terdapat tujuh variabel yang dianalisis, yakni kebijakan dari Dinas Lingkungan Hidup, dukungan manajemen, alokasi anggaran, ketersediaan lahan terbuka hijau, ketersediaan sarana prasarana, keseragaman struktur organisasi, dan kesamaan persepsi pemangku kepentingan. Masing-masing variabel tersebut memiliki tingkat kekuatan penggerak (driving power) dan ketergantungan (dependence power) yang berbeda-beda. Gambar 2 menjelaskan posisi setiap variable dan Tingkat kekuatan penggeraknya.



Gambar 2. Gambar MICMAC di Olah dengan aplikasi ISM-Profesional.

Hasil analisis menunjukkan bahwa tiga variabel utama, yakni kebijakan dari Dinas Lingkungan Hidup (A1), dukungan manajemen (A2), dan alokasi anggaran (A3), memiliki driving power yang tinggi dan dependence power yang rendah. Artinya, variabel-variabel ini berperan sebagai penggerak utama dalam sistem dan tidak terlalu bergantung pada variabel lain untuk berfungsi. Kebijakan dari Dinas Lingkungan Hidup memberikan dasar regulasi yang kuat, sementara dukungan manajemen dan alokasi anggaran memastikan bahwa proses pengolahan limbah menjadi pupuk organik dapat dilakukan dengan sumber daya yang memadai. Ketiga variabel ini memegang peran kunci dalam memastikan keberhasilan program (Onofrei dkk., 2020).

Selain itu, ketersediaan sarana prasarana (A5), keseragaman struktur organisasi (A6), dan kesamaan persepsi pemangku kepentingan (A7) juga memiliki driving power yang signifikan. Sarana prasarana yang memadai memungkinkan pelaksanaan teknis pengolahan limbah berjalan dengan lancar. Struktur organisasi yang seragam serta kesamaan persepsi di antara pemangku kepentingan memastikan adanya koordinasi yang efektif dalam pelaksanaan program. Namun, variabel ketersediaan lahan terbuka hijau (A4) menunjukkan driving power yang lebih rendah, meskipun tetap berperan penting sebagai penyeimbang lingkungan dalam pengelolaan limbah dan menjaga ekosistem yang berkelanjutan. Selanjutnya untuk melihat level dari setiap variable dan kekuatannya dalam penentuan Keputusan dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Graph Level.

Graph Level diatas berfungsi untuk melihat tingkat pengaruh dan ketergantungannya dalam sebuah sistem. Pada grafik diatas, variabel-variabel dibagi menjadi beberapa tingkatan (level), di mana masing-masing tingkatan merepresentasikan peran atau posisi variabel dalam mendukung keberhasilan sistem secara keseluruhan.

Berdasarkan diagram yang ditampilkan, yang memetakan variabel-variabel ke dalam tingkatan (level), kita dapat melihat bahwa setiap faktor memiliki tingkat penting yang berbeda-beda dalam sistem pengolahan limbah pabrik kelapa sawit menjadi pupuk organik. Diagram ini menunjukkan bagaimana masing-masing variabel dibagi berdasarkan level, di mana variabel pada level 1 (ditandai dengan warna merah) memiliki peran penggerak yang lebih tinggi, sedangkan level 2 (ditandai dengan warna biru) menunjukkan peran pendukung atau yang lebih bergantung pada faktor lain.

Kebijakan dari Dinas Lingkungan Hidup (A1) ditempatkan di level 1. Hal ini menegaskan bahwa kebijakan dan peraturan dari pemerintah, khususnya dari Dinas Lingkungan Hidup, berperan sebagai dasar utama dalam sistem pengelolaan limbah beracun menjadi pupuk organik. Kebijakan ini memberikan arah regulatif dan legitimasi bagi seluruh proses pengolahan limbah. Dukungan dari pihak regulator sangat penting dalam memastikan semua aktivitas berjalan sesuai standar lingkungan yang ditetapkan.

Selanjutnya, dukungan dari manajemen (A2), alokasi anggaran (A3), ketersediaan sarana prasarana (A5), serta kesamaan persepsi para pemangku kepentingan (A7) juga berada di level 1. Hal ini menandakan bahwa tanpa manajemen yang mendukung, alokasi anggaran yang tepat, infrastruktur yang tersedia, serta keselarasan persepsi dari para pemangku kepentingan, sistem ini tidak dapat berjalan dengan efektif. Masing-masing variabel ini saling mendukung dan memainkan peran penting dalam menjalankan operasi secara optimal.

Di sisi lain, ketersediaan lahan terbuka hijau (A4) berada di level 2. Meskipun variabel ini tidak berada di tingkat yang paling kritis, perannya tetap penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Lahan terbuka hijau tidak memiliki peran penggerak utama dalam sistem ini, tetapi berfungsi sebagai penyeimbang ekosistem. Lahan hijau membantu menyerap limbah organik dan memberikan kontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan, meskipun ketergantungannya pada faktor lain lebih besar.

Secara keseluruhan, diagram ini menunjukkan hierarki variabel dalam pengelolaan limbah pabrik kelapa sawit menjadi pupuk organik. Variabel-variabel di level 1 berfungsi sebagai penggerak utama yang mempengaruhi jalannya proses, sementara variabel di level 2 mendukung kelangsungan sistem dalam jangka panjang. Kombinasi kebijakan, dukungan manajemen, anggaran, sarana prasarana, dan keselarasan antar pemangku kepentingan merupakan kunci keberhasilan pengolahan limbah secara berkelanjutan

PEMBAHASAN

Peran Kebijakan Lingkungan terhadap Pengolahan Limbah Pabrik Kelapa Sawit

Kebijakan yang ditetapkan oleh Dinas Lingkungan Hidup berfungsi sebagai dasar regulasi yang kuat, mengatur seluruh proses pengolahan limbah kelapa sawit agar sesuai dengan standar

lingkungan yang telah ditetapkan (Manobe et al., 2021). Kebijakan ini dirancang untuk memastikan bahwa setiap langkah dalam pengelolaan limbah dilakukan dengan mempertimbangkan dampak lingkungan yang mungkin ditimbulkan. Dengan adanya regulasi yang jelas, perusahaan-perusahaan dalam industri kelapa sawit dapat beroperasi dalam kerangka hukum yang terukur, yang pada gilirannya menciptakan rasa tanggung jawab yang lebih besar di antara para pelaku industri. Hal ini sangat penting untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya keberlanjutan lingkungan dan mendorong perubahan perilaku yang positif (Hakim, 2023).

Kebijakan ini tidak hanya memberikan legitimasi hukum bagi perusahaan-perusahaan perkebunan, tetapi juga menciptakan kerangka kerja yang jelas bagi mereka dalam mengelola limbah. Dengan adanya pedoman yang terperinci, perusahaan dapat lebih mudah memahami tanggung jawab mereka dalam pengelolaan limbah. Ini menciptakan lingkungan di mana perusahaan merasa didorong untuk berinovasi dan mencari cara-cara baru dalam mengelola limbah mereka. Dengan demikian, regulasi ini berfungsi sebagai pendorong bagi perusahaan untuk tidak hanya mematuhi aturan, tetapi juga untuk berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan (Hambali, 2024).

Regulasi yang jelas ini juga berfungsi untuk mendorong perusahaan agar lebih proaktif dalam menerapkan praktik pengelolaan limbah yang ramah lingkungan (Higgins et al., 2022). Dengan adanya kebijakan yang tegas, perusahaan didorong untuk mengembangkan dan menerapkan teknologi baru yang dapat mengurangi dampak negatif dari limbah kelapa sawit (Maisarah & Dian, 2024). Hal ini tidak hanya bermanfaat bagi perusahaan itu sendiri, tetapi juga bagi masyarakat dan lingkungan secara keseluruhan. Dengan mengurangi pencemaran tanah dan air yang sering kali terjadi akibat pengelolaan yang tidak tepat, perusahaan dapat berkontribusi pada perlindungan sumber daya alam (Azizah et al., 2023).

Dinas Lingkungan Hidup berperan penting dalam menciptakan lingkungan yang lebih baik melalui pengaturan yang ketat dan efektif (Sukirman & Dewi, 2021). Dengan mengawasi dan menegakkan kebijakan, mereka memastikan bahwa perusahaan-perusahaan mematuhi standar yang telah ditetapkan. Selain itu, Dinas Lingkungan Hidup juga dapat memberikan bimbingan dan dukungan kepada perusahaan dalam menerapkan praktik pengelolaan limbah yang lebih baik. Ini menciptakan hubungan yang saling menguntungkan antara pemerintah dan sektor swasta dalam upaya menjaga lingkungan (Athifah & Mubarak, 2024).

Lebih jauh lagi, kebijakan ini juga memberikan insentif bagi perusahaan untuk berinvestasi dalam teknologi pengolahan limbah yang lebih efisien dan berkelanjutan (Taswin et al., 2023). Dengan adanya dukungan dari pemerintah dalam bentuk kebijakan yang mendukung, perusahaan akan lebih termotivasi untuk mengadopsi praktik yang tidak hanya menguntungkan secara ekonomi, tetapi juga bermanfaat bagi lingkungan. Investasi dalam teknologi baru dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya jangka panjang, sehingga menciptakan win-win solution bagi perusahaan dan lingkungan.

Hal ini menunjukkan bahwa sinergi antara kebijakan pemerintah dan tindakan perusahaan sangat penting dalam mencapai tujuan keberlanjutan (Lesmana & Sulandjari, 2023). Ketika perusahaan dan pemerintah bekerja sama, mereka dapat menciptakan solusi yang lebih efektif untuk masalah lingkungan yang dihadapi. Kebijakan yang baik harus diimbangi dengan tindakan nyata dari perusahaan untuk memastikan bahwa tujuan keberlanjutan dapat tercapai. Dengan demikian, kolaborasi antara sektor publik dan swasta menjadi kunci dalam menciptakan masa depan yang lebih berkelanjutan bagi industri kelapa sawit dan lingkungan secara keseluruhan.

Peran Kelembagaan terhadap Pengelolaan Limbah Pabrik Kelapa Sawit

Hasil analisis menunjukkan bahwa dalam konteks pengelolaan perkebunan kelapa sawit, pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit sebagai pupuk organik memiliki potensi yang signifikan. Peran kelembagaan dalam hal ini memegang posisi sentral dan dominan. Kelembagaan yang kuat dalam pengelolaan limbah dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam penggunaan sumber daya, serta mendukung keberlanjutan lingkungan (Abdulsalam et al., 2018). Kelembagaan yang baik tidak hanya berfungsi sebagai pengatur, tetapi juga sebagai fasilitator

yang mendorong inovasi dalam pengelolaan limbah, sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal dalam praktik pertanian.

Peran kelembagaan Dinas Lingkungan Hidup tidak hanya terbatas pada penetapan regulasi, tetapi juga mencakup fungsi pengawasan dan evaluasi terhadap implementasi kebijakan tersebut. Pengawasan yang efektif sangat penting untuk memastikan bahwa kebijakan yang ditetapkan diimplementasikan dengan baik di lapangan. Dinas Lingkungan Hidup memiliki tanggung jawab untuk memantau dan mengevaluasi dampak dari kebijakan yang diterapkan, sehingga dapat melakukan penyesuaian yang diperlukan untuk mencapai tujuan keberlanjutan (Kaniapan et al., 2021).

Sebagai lembaga yang memiliki otoritas dalam pengelolaan lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup bertanggung jawab untuk memastikan bahwa setiap tahap pengolahan limbah dilakukan sesuai dengan prinsip keberlanjutan dan ramah lingkungan. Pemantauan kualitas limbah yang diolah dan kesesuaian proses pengolahan dengan standar yang ditetapkan adalah bagian integral dari tugas lembaga ini. Dengan melakukan pemantauan yang ketat, Dinas Lingkungan Hidup dapat mengidentifikasi potensi masalah dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan (Suksaraj et al., 2023).

Peran kelembagaan ini tidak hanya bersifat normatif, tetapi juga operasional, memastikan bahwa kebijakan yang ditetapkan tidak hanya menjadi dokumen formal, tetapi juga diimplementasikan secara nyata di lapangan. Integrasi antara kebijakan dan praktik di lapangan, di mana lembaga harus mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik. Hal ini menciptakan lingkungan di mana kebijakan dapat berfungsi secara efektif dan memberikan manfaat nyata bagi masyarakat dan lingkungan (Chong et al., 2017).

Selain kebijakan dari Dinas Lingkungan Hidup, dukungan manajemen dan alokasi anggaran yang memadai juga memainkan peran krusial dalam menggerakkan sistem pengelolaan limbah ini. Dukungan manajerial yang kuat dan sumber daya yang cukup, implementasi kebijakan pengelolaan limbah akan terhambat. Oleh karena itu, penting bagi pemerintah dan lembaga terkait untuk memastikan bahwa ada alokasi anggaran yang memadai untuk mendukung program-program pengelolaan limbah yang berkelanjutan (Abogunrin-Olafisoye et al., 2024).

Kedua variabel ini berfungsi sebagai faktor penggerak independen yang memastikan bahwa proses pengolahan limbah dapat berjalan secara optimal. Dengan adanya dukungan kelembagaan yang kuat dan manajemen yang efektif, pengelolaan limbah kelapa sawit dapat dilakukan dengan cara yang tidak hanya memenuhi standar lingkungan, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi bagi petani dan masyarakat sekitar. Hal ini sejalan dengan tujuan keberlanjutan yang lebih luas, di mana pengelolaan sumber daya dilakukan dengan cara yang bertanggung jawab dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai pupuk organik efektif dalam mempertahankan dan meningkatkan produksi kelapa sawit, dengan memperbaiki kualitas tanah dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia. Meskipun luas lahan berkurang, penggunaan pupuk organik tetap menjaga produktivitas dan keberlanjutan produksi.

Persepsi perusahaan terhadap pemanfaatan limbah cair dipengaruhi oleh niat kuat, kemudahan penggunaan, dan pengalaman positif. Faktor kunci keberhasilan adopsi teknologi adalah dukungan manajemen, kemudahan integrasi, dan pengalaman yang menguntungkan. Teknologi yang mudah diterima dan diintegrasikan mendukung keberlanjutan industri kelapa sawit.

Peran lembaga, terutama Dinas Lingkungan Hidup, sangat penting dalam pengelolaan limbah kelapa sawit melalui kebijakan, pengawasan, dan evaluasi. Sinergi antara kebijakan, dukungan manajemen, dan alokasi anggaran memastikan pengolahan limbah berjalan optimal, sementara ketersediaan sarana dan keselarasan persepsi pemangku kepentingan mendukung keberhasilan pengelolaan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penulisan jurnal ini. Terima kasih kepada PT. Padasa Enam Utama dan para pemangku kepentingan di Kabupaten Asahan yang telah memberikan dukungan, data, dan fasilitas selama proses penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada tim peneliti, rekan-rekan akademisi, serta pihak-pihak yang telah memberikan masukan dan saran berharga untuk penyempurnaan jurnal ini.

Tidak lupa, penulis menyampaikan apresiasi kepada institusi pendukung yang telah memungkinkan terlaksananya penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik berkelanjutan dalam industri kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulsalam, M., Man, H. C., Idris, A. I., Yunos, K. F., & Abidin, Z. Z. (2018). Treatment of palm oil mill effluent using membrane bioreactor: Novel processes and their major drawbacks. *Water (Switzerland)*, *10*(9). <https://doi.org/10.3390/w10091165>
- Abogunrin-Olafisoye, O. B., Adeyi, O., Adeyi, A. J., & Oke, E. O. (2024). Sustainable utilization of oil palm residues and waste in nigeria: practices, prospects, and environmental considerations. *Waste Management Bulletin*, *2*(1), 214–228. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.01.011>
- Achmad Saenimun'im Hidayat, Luh Putu Suciati, S. (2023). Strategi Pengembangan Pupuk Organik Berbasis Limbah Ternak dan Limbah Pertanian di Kabupaten Jember. *Jurnal Agribest*, *7*(1), 40–53.
- Adrinoviarini, A. (2022). *The effect of organic fertilizer and mount Merapi volcanic ash to land rehabilitation*. *2*(2), 53–60. <https://doi.org/10.30862/inornatus.v2i2.335>
- Athifah, I., & Mubarak, A. (2024). Pengawasan Dinas Lingkungan Hidup Dalam Pengendalian Kerusakan Lingkungan Akibat Pertambangan Emas Di Kabupaten Merangin. *Jurnal Iso Jurnal Ilmu Sosial Politik Dan Humaniora*, *4*(1), 9. <https://doi.org/10.53697/iso.v4i1.1778>
- Azizah, B., Dhiniati, F., & Pratama, N. (2023). Perencanaan Lubang Resapan Biopori Pada Daerah Permukiman Yang Berpotensi Genangan. *Jurnal Unitek*, *16*(1), 82–92. <https://doi.org/10.52072/unitek.v16i1.572>
- Bijlsma, R. M., Bots, P. W. G., Wolters, H. A., & Hoekstra, A. Y. (2011). An Empirical Analysis of Stakeholders' Influence on Policy Development : *Ecology and Society*, *16*(1).
- Bouhia, Y., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., El, M., El, M., Chango, B., & Youssef, M. (2022). Conversion of waste into organo - mineral fertilizers : current technological trends and prospects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, *21*(2), 425–446. <https://doi.org/10.1007/s11157-022-09619-y>
- Chong, M. Y., Ng, W. P. Q., Ng, D. K. S., Lam, H. L., Lim, D. L. K., & Law, K. H. (2017). A mini review of palm based fertiliser production in Malaysia. *Chemical Engineering Transactions*, *61*, 1585–1590. <https://doi.org/10.3303/CET1761262>
- Clara, Aprilya, Kurniawan., Gusnawartati, G. (2021). Uji isolat bakteri selulolitik sebagai dekomposer pada dekomposisi tandan kosong kelapa sawit. *AGROTEK*, *5*(1), 55–62. <https://doi.org/doi:10.33096/AGROTEK.V5I1.160>
- Fatemeh, P., Asha, R., Mahamd, E., & Ibrahim, H. (2017). *Bioremediation of palm industry wastes using vermicomposting technology : its environmental application as green fertilizer*. 3–10. <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0770-1>
- Galib, M. A. Al, Farzana, S., Tarek, M. K. H., Hossen, M. T., Ety, M. T. J., & Chakrobarty, T. (2022). Organic and Inorganic Fertilizer Management for Boro Rice Cultivation in a Single Boro Cropping Area. *Asian Research Journal of Agriculture*, *November*, 203–217. <https://doi.org/10.9734/arja/2022/v15i4371>
- Hakim, C. (2023). Dampak Peraturan Lingkungan, Knowledge Management Terhadap Kinerja Keuangan Perusahaan Manufaktur Di Jawa Barat. *Sanskara Akuntansi Dan Keuangan*,

- I(03), 109–119. <https://doi.org/10.58812/sak.v1i03.103>
- Hambali, A. (2024). *Komitmen Atas SDGs-9, Tingkat Inovasi, Dan Dampaknya Pada Kinerja Keberlanjutan Perusahaan*. 53–68. <https://doi.org/10.36452/akunukd.v24i2.3220>
- Hettiarachchi, H., Bouma, J., Caucci, S., & Zhang, L. (2020). *Organic Waste Composting Through Nexus Thinking: Linking Soil and Waste as a Substantial Contribution to Sustainable Development*. 1–15.
- Higgins, S., Katsipataki, M., Berenice, A., Aguilera, V., Dobson, E., Gascoine, L., Rajab, T., Kalambouka, Reardon, J., Stafford, J., & Uwimpuhwe, G. (2022). Correction for ‘The Teaching and Learning Toolkit: Communicating Research Evidence to Inform Decision-making for Policy and Practice in Education’ by Higgins Et Al. (2022). *Review of Education*, 10(3). <https://doi.org/10.1002/rev3.3373>
- Kaniapan, S., Hassan, S., Ya, H., & Nesan, K. P. (2021). *The Utilisation of Palm Oil and Oil Palm Residues and the Related Challenges as a Sustainable Alternative in Biofuel, Bioenergy, and Transportation Sector: A Review*.
- Lesmana, T., & Sulandjari, K. (2023). Pemberdayaan Komunitas Lokal Dalam Pelestarian Lingkungan: Tinjauan Atas Proyek Kolaboratif, Keberlanjutan, Dan Pengambilan Keputusan. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 2(09), 808–818. <https://doi.org/10.58812/jmws.v2i09.668>
- Maisarah, M., & Dian, R. (2024). Metode Life Cycle Assessment (LCA) Dalam Penilaian Dampak Lingkungan Industri Kelapa Sawit Untuk Kelapa Sawit Berkelanjutan. *Tabela Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 2(1), 15–23. <https://doi.org/10.56211/tabela.v2i1.452>
- Manobe, J. M., Arjana, I. G. B., & Se, R. (2021). Implementasi Kebijakan Adiwiyata Dalam Pengelolaan Lingkungan Sekolah Menengah Atas Negeri 4 Kupang. *Syntax Idea*, 3(3), 546. <https://doi.org/10.36418/syntax-idea.v3i3.1075>
- Nuro, F., Priadi, D., & Mulyaningsih, E. S. (2016). KANGKUNG DARAT (*Ipomoea reptans* Poir.) (Effects of Organic Fertilizer on. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil PPM IPB*, January, 28–39.
- Nursal, B. N. A. M. F. (2020). Pengaruh Turnover Intention Dan Kepuasan Kerja Terhadap Produktivitas Kerja Sales Promotion Girl (SPG) Matahari Department Store – Bekasi. *Business Management Analysis Journal (BMAJ)*, 3(2), 174–188. <https://doi.org/10.24176/bmaj.v3i2.4819>
- Onofrei, M., Gavrilu, A., Jitaru, G., Filip, B. F., & Laurent, C. (2020). Impacts of the Allocation of Governmental Resources for Improving the Environment . An Empirical Analysis on Developing European Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2783), 1–18.
- Perubahan, D., Lahan, P., Strategi, D. A. N., Daerah, L., Kasus, S., & Bekasi, K. (2012). Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan dan Strategi Ruang Hijau (Suwarli. *Forum Pascasarjana*, 35(1), 37–52.
- Riaz, M., Yan, L., Wu, X., Hussain, S., Aziz, O., Wang, Y., Imran, M., & Jiang, C. (2018). Boron alleviates the aluminum toxicity in trifoliolate orange by regulating antioxidant defense system and reducing root cell injury. *Journal of Environmental Management*, 208, 149–158. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.008>
- Shoniyozov Bobur Kaldarboyevich, Turdiyev Umarjon Uchqun son, Ko’chgarov Islam Rustam son, Toshtemirova Sarvinoz Jorabek daughter, I. M. M. daughter. (2023). Prospects of Organic Fertilizer Preparation From Urban Waste. *Eurasian Journal Of Academic Research*, 3(2), 2022–2024.
- Siagian, U. W. R., Wenten, I. G., & Khoiruddin, K. (2024). Circular Economy Approaches in the Palm Oil Industry: Enhancing Profitability through Waste Reduction and Product Diversification. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 56(1), 25–49. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2024.56.1.3>
- Statistik, B. P. (2024). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia* (Vol. 17). Badan Pusat Statistik.
- Sukirman, S., & Dewi, T. R. (2021). Keterampilan Guru Dalam Menciptakan Lingkungan

-
- Pembelajaran Yang Efektif. *Jemari (Jurnal Edukasi Madrasah Ibtidaiyah)*, 3(2), 66–72. <https://doi.org/10.30599/jemari.v3i2.1031>
- Suksaraj, C., Jearat, K., Cherypiev, N., Rattanapan, C., & Suksaraj, T. T. (2023). Promoting Circular Economy in the Palm Oil Industry through. *Water Resources Management*, 15(2153).
- Taslim Harefa, Martial, T., & Lubis, Y. (2024). Improving the Efficiency and Sustainability of Oil Palm Plantations through Organic Fertilizer from Palm Oil Mill Waste. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 7(3), 957–971.
- Taswin, M., Yusuf, R., Haslinah, A., & Nainggolan, H. (2023). Analisis Bibliometrik Terhadap Efektivitas Teknologi Daur Ulang Dalam Pengelolaan Limbah Dan Pengurangan Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 2(11), 983–994. <https://doi.org/10.58812/jmws.v2i11.782>
- Zhang, Q., Xiao, N., Xu, H., Tian, Z., Li, B., Qiu, W., & Shi, W. (2022). Changes of Physicochemical Characteristics and Flavor during Suanyu Fermentation with *Lactiplantibacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(24).