



VOLUME 2 NOMOR 3 TAHUN 2025

Diterima: 11 Agustus 2025

Direvisi: 18 Agustus 2025

Disetujui: 22 Agustus 2025

Optimizing The Fulfillment Of Biodiesel Needs In XYZ City Using A System Thinking Approach And Analytical Hierarchy Process

Optimalisasi Pemenuhan Kebutuhan Biodiesel Di Kota XYZ Dengan Pendekatan System Thinking Dan Analytical Hierarchy Process

Andi Muhammad Firshal Afqah¹, Nano Koes Ardhiyanto²

^{1,2}Program Studi Logistik Minyak Dan Gas, Politeknik Energi Dan Mineral Akamigas

Email: andifirsal65@gmail.com¹, nano.ardhiyanto@esdm.go.id²

ABSTRACT

The growing energy demand in Indonesia's industrial and transportation sectors highlights the need for environmentally friendly fuel sources. Biosolar is a renewable energy that has the potential to reduce reliance on fossil fuels. However, distribution limitations, raw material price fluctuations, and low public awareness remain major challenges. This study aims to analyze the biosolar fulfillment system in Indonesia using the System Thinking approach and the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. A system model is developed using a Causal Loop Diagram (CLD) to map relationships between variables, while AHP is applied to determine priority strategies based on expert judgment. Results show that distribution availability is the most influential factor (47.3%), followed by economic factors (29.4%). Key strategies include land optimization and government subsidies. The study emphasizes the importance of strengthening distribution infrastructure, improving cost efficiency, and providing policy support to develop an equitable and sustainable biosolar system.

Keywords: Biosolar, System Thinking, CLD, AHP

ABSTRAK

Meningkatnya kebutuhan energi di sektor industri dan transportasi di kota XYZ mendorong perlunya sumber bahan bakar yang ramah lingkungan. Biosolar merupakan energi terbarukan yang berpotensi mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Namun, keterbatasan distribusi, fluktuasi harga bahan baku, dan rendahnya kesadaran publik menjadi tantangan utama. Penelitian ini bertujuan menganalisis sistem pemenuhan kebutuhan biosolar di kota XYZ dengan pendekatan *System Thinking* dan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Model sistem dibangun melalui *Causal Loop Diagram* (CLD) untuk memetakan hubungan antar variabel, sedangkan AHP digunakan untuk menentukan strategi prioritas berdasarkan pembobotan oleh para ahli. Hasil menunjukkan bahwa ketersediaan distribusi menjadi faktor paling berpengaruh (47,3%), diikuti faktor ekonomi (29,4%). Strategi utama adalah optimalisasi lahan dan subsidi pemerintah. Studi ini menekankan pentingnya penguatan infrastruktur distribusi, efisiensi biaya, dan dukungan kebijakan untuk menciptakan sistem biosolar yang merata dan berkelanjutan.

Kata Kunci : Biosolar, System Thinking, CLD, AHP



PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di kota XYZ terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, industrialisasi, serta peningkatan aktivitas transportasi. Ketergantungan terhadap energi berbasis fosil, khususnya bahan bakar minyak (BBM) jenis solar, menjadi tantangan serius dalam mewujudkan ketahanan dan kemandirian energi nasional. Di sisi lain, sumber daya fosil bersifat terbatas dan penggunaannya memberikan kontribusi signifikan terhadap emisi karbon yang mempercepat laju perubahan iklim global (Dhika & Adiaستی, 2025). Sebagai upaya mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil dan menurunkan emisi gas rumah kaca, pemerintah Indonesia mendorong pemanfaatan energi baru dan terbarukan. Salah satu bentuk konkret kebijakan ini adalah program mandatori pencampuran biosolar dalam BBM, seperti B20, B30, hingga B40. Kebijakan ini tidak hanya mendorong transisi energi yang berkelanjutan, tetapi juga meningkatkan nilai tambah sektor kelapa sawit sebagai bahan baku utama biosolar (Dhika & Adiaستی, 2025). Namun, meskipun kebijakan ini telah berjalan secara nasional, implementasinya di tingkat daerah, termasuk diindonesai, masih menghadapi berbagai tantangan. Permasalahan seperti keterbatasan pasokan bahan baku, infrastruktur penyimpanan dan distribusi yang belum memadai, ketidakseimbangan antara permintaan dan kapasitas produksi lokal, serta lemahnya koordinasi antar pemangku kepentingan, menjadi hambatan utama. Kompleksitas permasalahan ini sulit diselesaikan melalui pendekatan sektoral semata (Biru, 2024).

Untuk itu, dibutuhkan pendekatan analisis yang mampu menggambarkan keterkaitan antar elemen dalam sistem energi secara holistik. Pendekatan sistem Thinking merupakan salah satu metode yang relevan untuk mengatasi tantangan ini. Dengan kemampuannya dalam memetakan hubungan sebab-akibat (*causal loop*), mengenali adanya umpan balik (*feedback*), dan mensimulasikan dampak kebijakan secara temporal, sistem *Thinking* mampu memberikan wawasan yang mendalam dan berbasis data terhadap perencanaan energi (Putra, 2024). Selain hambatan teknis, tantangan implementasi biosolar juga muncul dari sisi sosial dan ekonomi. Rendahnya literasi energi di kalangan masyarakat dan pelaku usaha kecil membuat adopsi biosolar berjalan lambat. Beberapa kalangan transportasi dan industri masih meragukan kualitas dan performa biosolar, khususnya pada tingkat pencampuran tinggi seperti B40. Sementara itu, fluktuasi harga bahan baku utama, seperti minyak sawit mentah (CPO), turut memengaruhi kestabilan pasokan dan biaya produksi biosolar (Pratiwi dkk., 2023).

Pemerintah daerah juga belum sepenuhnya mampu merumuskan perencanaan energi jangka panjang yang berbasis pada model analitis yang komprehensif. Kebijakan yang diambil cenderung bersifat reaktif dan tidak terintegrasi, padahal perubahan satu elemen dalam sistem energi dapat berdampak sistemik terhadap elemen lainnya. Misalnya, peningkatan kapasitas produksi biosolar tanpa disertai penguatan distribusi akan menimbulkan hambatan dalam rantai pasok (Rani, 2025). Melalui pemanfaatan pendekatan sistem Thinking, pemerintah daerah dapat mengidentifikasi variabel kunci yang memengaruhi ketahanan energi, mengevaluasi berbagai skenario kebijakan secara kuantitatif, dan merancang strategi pemenuhan kebutuhan biosolar yang lebih adaptif terhadap perubahan kondisi eksternal. Model ini juga dapat digunakan untuk menganalisis efektivitas kebijakan seperti insentif produksi lokal, subsidi distribusi, dan pengendalian konsumsi sektor transportasi (Iriani dkk., 2025).

Oleh karena itu, penerapan sistem *Thinking* dalam perencanaan pemenuhan kebutuhan biosolar diindonesai akan memberikan gambaran menyeluruh mengenai dinamika pasokan dan permintaan energi serta faktor-faktor yang memengaruhinya. Selain mendukung formulasi kebijakan yang berbasis bukti, pendekatan ini juga dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap pasokan luar daerah, mengoptimalkan distribusi, dan memperkuat produksi lokal (Andreastuti & Alim, 2025). Dengan demikian, pengembangan model sistem Thinking dalam konteks pemenuhan kebutuhan biosolar tidak hanya menjadi alat bantu analisis kondisi saat ini, tetapi juga instrumen strategis dalam merespons ketidakpastian di masa depan. Pendekatan ini mendukung integrasi kebijakan lintas sektor secara



berkelanjutan dan turut membantu pencapaian target energi terbarukan nasional sebesar 23% pada tahun 2025 sesuai dengan Rencana Umum Energi Nasional (Kusumawati, 2024).

Meski begitu, tidak cukup hanya memahami sistem. Kita juga perlu menentukan kebijakan atau solusi terbaik dari beberapa pilihan yang ada. Di sinilah metode Analytical Hierarchy Process (AHP) sangat berguna. AHP membantu kita memilih kebijakan yang paling sesuai dengan kondisi daerah, dengan cara membandingkan berbagai alternatif berdasarkan beberapa kriteria penting seperti biaya, dampak lingkungan, dan efektivitas (Azizi dkk., 2025). Dengan menggabungkan simulasi dinamis dan AHP, kita bisa mendapatkan solusi yang tidak hanya realistis dan berdasarkan data, tetapi juga mempertimbangkan berbagai aspek penting dalam pengambilan keputusan. Pendekatan ini diharapkan bisa membantu pemerintah Kota dalam mengelola kebutuhan biosolar secara lebih optimal dan berkelanjutan (Supriyono, 2010).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam studi ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan mengedepankan pemahaman mendalam terhadap faktor-faktor yang memengaruhi pemenuhan kebutuhan biosolar di Kota XYZ melalui pendekatan *system thinking*. Metode ini bersifat deskriptif dan interpretatif, lebih menekankan pada eksplorasi data kualitatif daripada pengukuran secara kuantitatif. Untuk mendukung analisis, digunakan tiga teknik utama, yaitu studi kasus, pemetaan sistem model, dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Studi kasus dipilih dari berbagai konteks relevan di Indonesia guna memberikan gambaran nyata mengenai dinamika distribusi biosolar. Selanjutnya, pemetaan sistem dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antar elemen penting dalam sistem distribusi, seperti peran pemerintah, produsen, distributor, dan konsumen. Teknik ini memungkinkan peneliti memahami persepsi dan pengambilan keputusan dari berbagai pelaku dalam sistem tersebut. Sebagai pelengkap, metode AHP digunakan untuk membantu menetapkan prioritas strategi dalam upaya optimalisasi pemenuhan kebutuhan biosolar, dengan mempertimbangkan berbagai kriteria seperti ketersediaan bahan baku, efisiensi biaya, infrastruktur distribusi, dan dukungan kebijakan. Pendekatan gabungan ini memberikan landasan yang kuat dalam menyusun rekomendasi kebijakan yang holistik dan strategis.

Subjek dalam penelitian ini adalah para pemangku kepentingan yang terlibat dalam sistem pemenuhan kebutuhan biosolar di Kota XYZ, meliputi pemerintah daerah sebagai pengambil kebijakan, perusahaan distribusi seperti PT XYZ, produsen biosolar, serta para ahli dan praktisi di bidang energi dan logistik yang terlibat dalam proses analisis dan penentuan strategi melalui metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Mereka berperan sebagai penyedia informasi, penilai kebijakan, dan pengambil keputusan strategis dalam sistem energi biosolar. Sementara itu, objek penelitian ini adalah sistem pemenuhan kebutuhan biosolar itu sendiri, yang mencakup seluruh elemen dalam rantai pasok biosolar mulai dari ketersediaan bahan baku, kapasitas produksi, infrastruktur distribusi, hingga pola konsumsi di sektor transportasi dan industri. Penelitian ini memodelkan interaksi antar elemen tersebut menggunakan pendekatan *System Thinking* dengan alat bantu *Causal Loop Diagram* (CLD), serta menggunakan metode AHP untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan strategi optimal berdasarkan berbagai kriteria teknis, ekonomi, sosial, lingkungan, dan kebijakan.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu studi kepustakaan dan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Studi kepustakaan digunakan untuk memperoleh data sekunder dengan menelusuri berbagai literatur seperti jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, dan dokumen lainnya yang relevan dengan topik biosolar, sistem distribusi, rantai pasok, dan pendekatan *system thinking*. Teknik ini memungkinkan peneliti untuk mengakses informasi yang kredibel secara efisien dari segi waktu dan biaya, serta membantu dalam mengidentifikasi kesenjangan penelitian dan pengembangan ide baru. Sementara itu, dalam pendekatan AHP, data dikumpulkan melalui penyebaran kuesioner perbandingan berpasangan menggunakan skala 1–9 kepada



responden yang merupakan pakar energi, akademisi, pejabat pemerintah, dan praktisi di bidang energi dan logistik. Kuesioner ini digunakan untuk menilai berbagai kriteria dan alternatif solusi dalam pemenuhan kebutuhan biosolar. Untuk memperdalam hasil dan memahami preferensi responden, dilakukan wawancara terstruktur. Kombinasi antara studi kepustakaan dan AHP ini menghasilkan data yang komprehensif, mendukung analisis sistemik, dan memperkuat perumusan strategi yang optimal.

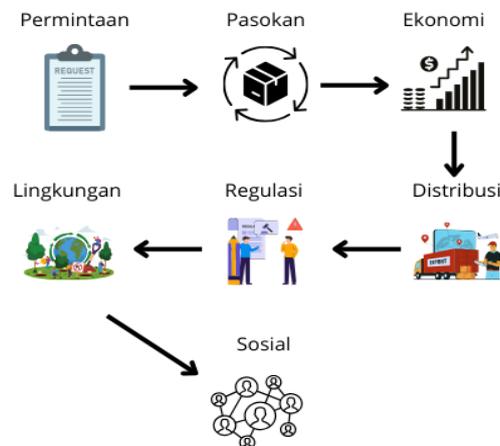
Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis melalui dua pendekatan utama, yaitu pemodelan sistem dinamis dan analisis keputusan berbasis *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Pada tahap awal, data yang telah dikumpulkan dianalisis untuk mengidentifikasi pola hubungan antarvariabel dalam sistem pemenuhan kebutuhan biosolar. Analisis ini dilakukan dengan menyusun model simulasi menggunakan perangkat lunak Vensim melalui *Causal Loop Diagram* (CLD), guna menggambarkan interaksi kompleks antar elemen sistem seperti ketersediaan bahan baku, infrastruktur distribusi, dan pola konsumsi. Selanjutnya, untuk mendukung pengambilan keputusan strategis, digunakan metode AHP yang diolah menggunakan perangkat lunak Expert Choice. Dalam teknik ini, struktur hierarki disusun dengan tiga tingkatan utama: tujuan, kriteria, dan alternatif solusi. Responden yang terdiri dari pakar energi dan praktisi memberikan penilaian melalui perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) dengan skala 1–9. Data tersebut kemudian dianalisis untuk menghasilkan bobot prioritas tiap kriteria dan alternatif, serta dilakukan pengujian *Consistency Ratio* (CR) untuk memastikan konsistensi logis jawaban. Hasil akhir dari proses analisis ini disajikan dalam bentuk grafik dan tabel prioritas yang menunjukkan alternatif strategi paling optimal dalam memenuhi kebutuhan biosolar di Kota XYZ. Gabungan antara pendekatan sistemik melalui Vensim dan analisis berbasis AHP memungkinkan pengambilan keputusan yang komprehensif, terukur, dan berbasis pada pemahaman menyeluruh terhadap sistem distribusi biosolar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mencakup seluruh aspek dalam rantai pasok biosolar, mulai dari permintaan, produksi biodiesel, pasokan bahan baku, distribusi logistik, hingga pengaruh kebijakan subsidi dan investasi infrastruktur. Penelitian difokuskan pada Indonesia sebagai studi kasus, dengan pendekatan sistem *thinking* berbasis perangkat lunak Vensim. Penelitian ini membahas hasil pengembangan model sistem *thinking* yang menggambarkan keterkaitan antar elemen dalam sistem pemenuhan kebutuhan biosolar di Indonesia. Model disusun berdasarkan *Causal Loop Diagram* (CLD) dan menggunakan perangkat lunak Vensim.

Kemudian penelitian ini didukung dengan AHP yaitu teknik pengambilan keputusan yang digunakan untuk menentukan prioritas dalam situasi yang kompleks dan multi-kriteria. Dengan AHP, kita dapat melakukan penilaian dan pemilihan antara berbagai alternatif solusi berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, seperti optimalisasi lahan, pengembangan teknologi, subsidi pemerintah, kesadaran masyarakat. AHP membantu dalam membuat keputusan yang objektif dan terukur dengan mengukur bobot dari setiap kriteria dan alternatif yang ada.

Rich Picture



Gambar 1. Rich Picture Variabel Penelitian

Berdasarkan diagram dapat dilihat bahwa ada tujuh variabel utama yang saling memengaruhi sistem pemenuhan biosolar di Kota Cepu, khususnya di bidang industri dan logistik. Sistem ini dimulai dengan variabel permintaan, yang mencerminkan permintaan biosolar dari industri dan logistik. Tingkat aktivitas produksi serta jumlah kendaraan atau mesin diesel yang digunakan memengaruhi permintaan ini. Peningkatan permintaan akan berdampak langsung pada sistem pasokan, yang terdiri dari ketersediaan bahan baku (seperti CPO) dan kemampuan untuk membuat biodiesel. Ketidakefisienan atau kelangkaan distribusi dapat terjadi karena pasokan dan permintaan tidak seimbang.

Selain itu, keberhasilan sistem biosolar sangat dipengaruhi oleh faktor ekonomi. Harga jual, insentif atau subsidi pemerintah, dan biaya produksi memengaruhi daya saing biosolar terhadap bahan bakar fosil. Jika harga biosolar terlalu tinggi, pelaku industri dan logistik cenderung memilih bahan bakar konvensional. Oleh karena itu, sangat penting untuk kebijakan subsidi dan efisiensi biaya produksi. Variabel distribusi, yang merupakan faktor paling dominan dalam Analytical Hierarchy Process (AHP), termasuk infrastruktur logistik, jaringan SPBU, dan kemudahan distribusi biosolar ke pengguna akhir. Meskipun ada pasokan yang memadai, ketersediaan biosolar tidak akan merata jika tidak ada sistem distribusi yang memadai.

Namun demikian, variabel regulasi berfungsi sebagai penggerak sistem. Baik di tingkat nasional maupun regional, adopsi biosolar sangat didorong oleh kebijakan seperti kebijakan B30/B40, insentif fiskal, dan pengawasan kualitas. Jika ada regulasi yang baik, antaraktor akan lebih mudah diintegrasikan ke dalam sistem, tetapi jika ada regulasi yang lemah, itu akan menjadi masalah untuk menerapkannya di lapangan. Lingkungan dan sosial adalah dua variabel lainnya yang sering kali diabaikan tetapi masih sangat penting. Biosolar adalah solusi energi terbarukan yang dapat mendorong keberlanjutan dan mengurangi emisi karbon. Namun, efek negatif seperti deforestasi dapat terjadi jika pengembangan biosolar tidak mempertimbangkan faktor lingkungan, seperti penggunaan lahan untuk kelapa sawit. Tingkat literasi energi masyarakat dan industri masih rendah terhadap biosolar. Hal ini menunjukkan bahwa untuk transisi energi berhasil, kesadaran publik harus ditingkatkan dan pendidikan harus ditingkatkan.

Secara keseluruhan, sistem pemenuhan biosolar Kota Cepu adalah sistem yang kompleks yang terdiri dari banyak hubungan sebab-akibat. Untuk memahami hubungan antara variabel-variabel tersebut secara menyeluruh, pendekatan pikir sistem diperlukan. Sementara Analytical Hierarchy Process (AHP) membantu dalam menentukan strategi mana yang paling efektif berdasarkan seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor dalam mencapai sistem biosolar yang efisien, merata, dan berkelanjutan. Berikut



adalah keterkaitan antara komponen-komponen yang ada pada *rich picture* yang ditampilkan di atas:

1. Permintaan mendorong pasokan.
2. Pasokan dipengaruhi oleh regulasi dan ekonomi.
3. Distribusi bergantung pada regulasi dan investasi ekonomi.
4. Lingkungan menjadi dasar pengakuan atau dukungan biosolar.
5. Sosial sebagai pendorong penggunaan biosolar.

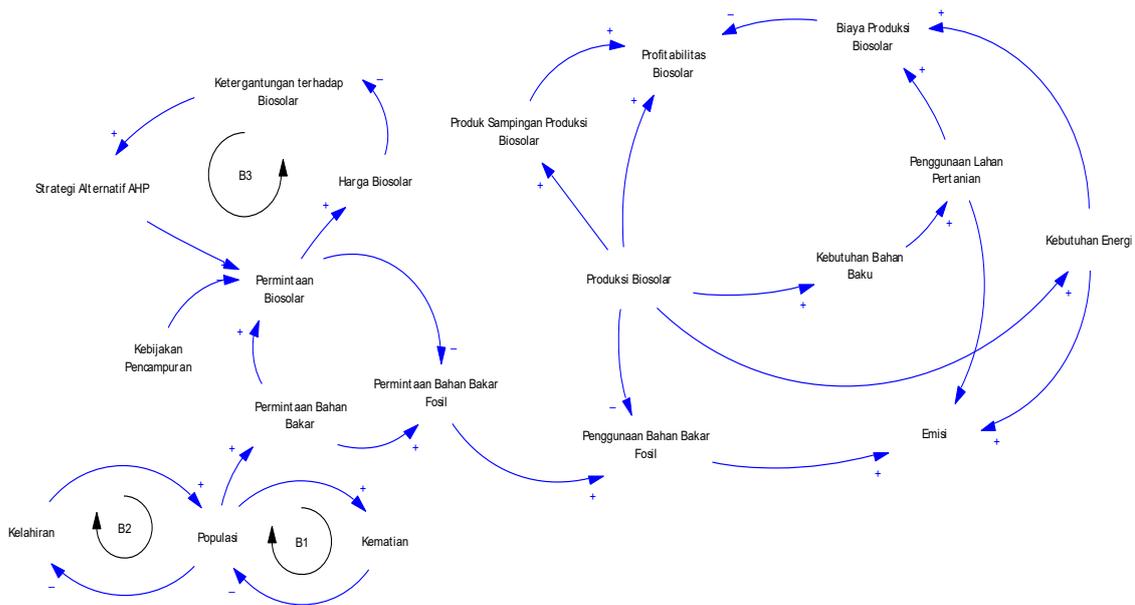
Perancangan *Causal Loop Diagram*

Perancangan *causal loop diagram* (CLD) menjadi langkah strategis dalam memahami keterkaitan antar variabel yang memengaruhi keseimbangan supply dan demand biosolar di kota XYZ. Diagram ini dirancang untuk memetakan dinamika sistem yang kompleks, di mana pasokan biosolar dipengaruhi oleh kapasitas produksi biodiesel, ketersediaan bahan baku seperti crude palm oil (CPO), kestabilan harga pasar, serta kebijakan subsidi dan insentif pemerintah. Di sisi lain, permintaan biosolar sangat bergantung pada konsumsi sektor logistik dan industri untuk regulasi mandatori (misalnya B40), dan ketersediaan fasilitas distribusi di terminal bahan bakar.

Melalui CLD ini, terlihat adanya feedback loop yang mengindikasikan bagaimana peningkatan permintaan biosolar, misalnya akibat perluasan program mandatori campuran biodiesel, dapat mendorong peningkatan produksi. Namun, tanpa dukungan infrastruktur distribusi dan transportasi yang andal, hal ini dapat menimbulkan tekanan pada rantai pasok seperti keterlambatan pengiriman, kekosongan stok di terminal, dan terganggunya pelayanan ke sektor hilir. Diagram ini menjadi alat penting dalam merancang skenario kebijakan dan simulasi sistem yang holistik, untuk memastikan pasokan biosolar tetap berkelanjutan, efisien, dan siap mendukung agenda transisi energi di sektor transportasi nasional.

Selain itu, CLD ini juga membantu mengidentifikasi titik-titik pengungkit (*leverage points*) yang dapat dimanfaatkan untuk mengintervensi sistem secara efektif. Misalnya, perbaikan pada keandalan moda transportasi darat dan laut untuk distribusi biosolar, penguatan cadangan pasokan di terminal BBM, atau pemberian insentif terhadap petani kelapa sawit untuk menjaga suplai CPO. CLD memungkinkan para pemangku kepentingan termasuk Kementerian ESDM, Badan Pengatur Hilir Migas (BPH Migas), Pertamina, produsen biodiesel, dan pelaku logistik untuk memahami dampak kebijakan secara sistemik dan mengambil keputusan strategis yang terarah. Dengan demikian, sistem distribusi biosolar dapat dikembangkan lebih tangguh dalam mendukung ketahanan energi dan keberlanjutan nasional.

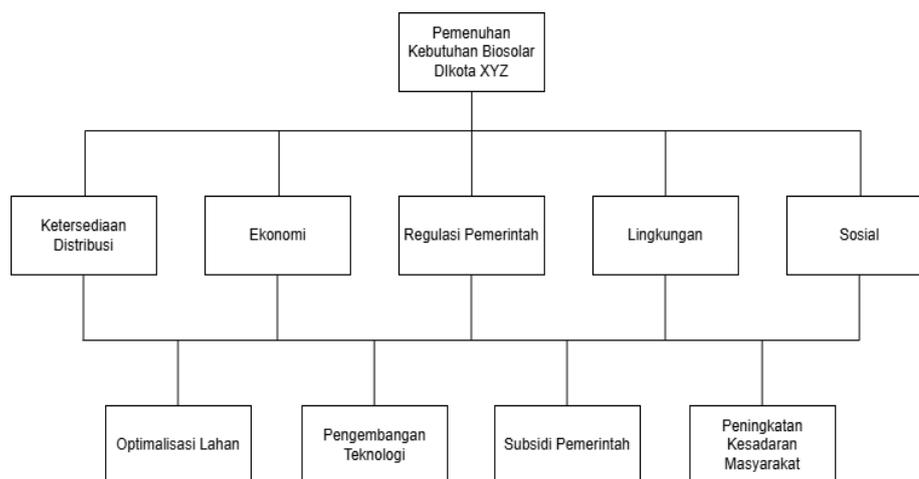
Diagram sistem *thinking* ini menggambarkan hubungan kompleks antara berbagai elemen yang mempengaruhi produksi dan distribusi biosolar. Sistem ini terdiri dari berbagai loop penguatan (*reinforcing*) dan penyeimbang (*balancing*) yang saling berinteraksi untuk membentuk perilaku dinamis dari sektor. Berikut adalah pembahasan secara terperinci dari *causal loop diagram*:



Gambar 2. Causal Loop Diagram

Kesimpulan dari *causal loop diagram* tersebut menunjukkan bahwa meningkatnya permintaan biosolar dipicu oleh adanya kebijakan pemerintah, seperti regulasi pencampuran bahan bakar. Kenaikan permintaan ini mendorong perlunya produksi biosolar yang efisien, yang sangat dipengaruhi oleh ketersediaan bahan baku dan kemajuan teknologi produksi. Namun, dalam mengoptimalkan pemenuhan kebutuhan biosolar, penting untuk menjaga keseimbangan antara berbagai aspek, seperti permintaan energi, keuntungan produksi, dampak lingkungan akibat penggunaan lahan dan emisi, serta biaya produksi secara keseluruhan. Oleh karena itu, metode Analytical Hierarchy Process (AHP) digunakan untuk menentukan dan memprioritaskan strategi kebijakan yang paling efektif, seperti pemberian subsidi harga, peningkatan teknologi produksi, atau penerapan kebijakan pencampuran biosolar secara nasional.

AHP (Analytical Hierarchy Process)



Gambar 3. Struktur AHP

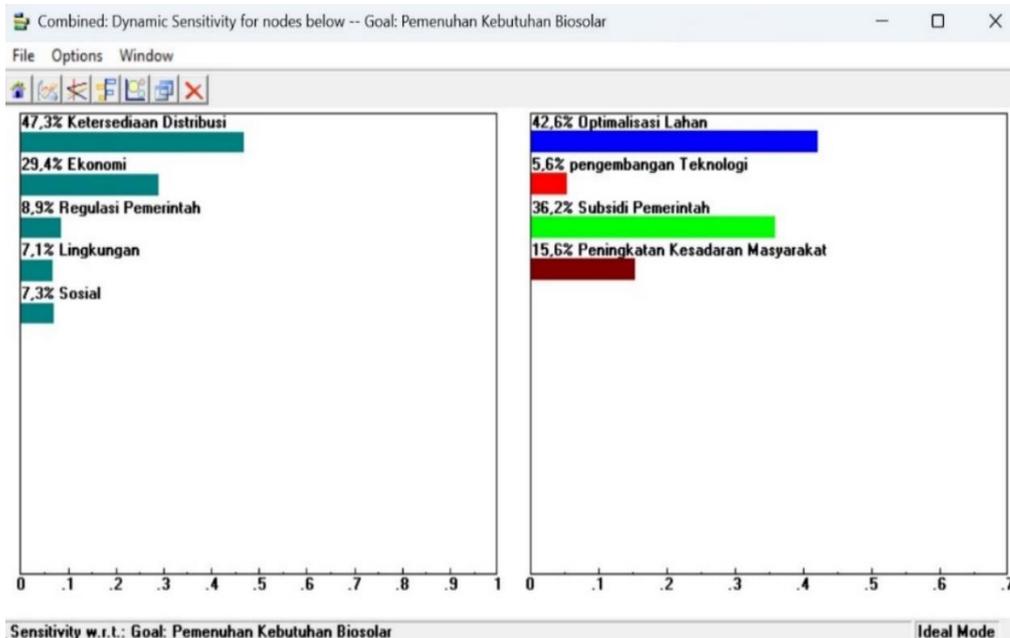
Gambar di atas menunjukkan struktur proses hierarki analitis (AHP), yang menggambarkan hirarki pengambilan keputusan yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan biosolar. Struktur ini terdiri dari tiga tingkatan utama. Tujuan akhir, Pemenuhan Kebutuhan

Biosolar, berada di tingkat teratas. Pada tingkat kedua terdapat lima kriteria utama yang dianggap memengaruhi pencapaian tujuan tersebut. Ini adalah teknologi produksi, ketersediaan bahan baku, kebijakan pemerintah, permintaan energi, dan lingkungan. Kriteria-kriteria ini kemudian dibagi menjadi subkriteria atau faktor-faktor spesifik pada tingkat ketiga, yang berkontribusi langsung pada kriteria induknya.

Sebagai contoh, dalam kriteria ketersediaan bahan baku, subkriteria yang mendukungnya adalah Optimalisasi Lahan untuk Bahan Baku Lokal. Hal ini disebabkan fakta bahwa ketersediaan biosolar sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku lokal yang cukup. Pada teknologi produksi, komponen berikutnya yang dibahas adalah Pengembangan Teknologi Lokal Biosolar. Ini menunjukkan betapa pentingnya pengembangan teknologi baru untuk meningkatkan efisiensi produksi biosolar. Subkriteria Subsidi Pemerintah mendukung kebijakan pemerintah, yang menunjukkan bahwa intervensi pemerintah dalam bentuk insentif keuangan sangat diperlukan. Subkriteria untuk Permintaan Energi adalah Kampanye Peningkatan Kesadaran Masyarakat, karena peningkatan kesadaran publik tentang energi terbarukan akan memicu permintaan biosolar. Meskipun demikian, kriteria penting untuk menjaga keseimbangan alam dalam penerapan biosolar adalah Lingkungan Hidup, tetapi struktur ini belum mencakup subkriterianya secara menyeluruh.

Dengan struktur ini, metode Analytical Hierarchy Process (AHP) membantu dalam menyusun prioritas berdasarkan bobot dari masing-masing elemen, sehingga keputusan yang diambil lebih objektif dan terarah. Struktur ini juga memudahkan pengambil kebijakan untuk menemukan poin penting yang perlu diperkuat untuk memenuhi kebutuhan biosolar secara berkelanjutan.

Pembobotan Kriteria



Gambar 4. Hasil Responden *Expert Choice*

Hasil analisis Analytical Hierarchy Process (AHP) menunjukkan bahwa faktor yang paling berpengaruh dalam memenuhi kebutuhan biosolar di kota XYZ adalah ketersediaan distribusi, dengan bobot tertinggi sebesar 47,3%. Ini menunjukkan bahwa ketersediaan sistem distribusi yang memadai dan merata adalah kuncinya agar biosolar dapat digunakan secara luas oleh masyarakat, transportasi, dan industri. Meskipun produksi biosolar berjalan dengan baik, bahan bakar tidak akan sampai ke konsumen jika sistem distribusi tidak efisien. Perluasan jaringan distribusi harus menjadi prioritas utama dalam strategi pemenuhan biosolar di kota XYZ karena keterbatasan distribusi dapat menyebabkan berbagai masalah,



seperti kenaikan harga, kelangkaan biosolar di beberapa wilayah, bahkan ketidaksamaan akses energi antar wilayah.

Selanjutnya, faktor ekonomi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pemenuhan kebutuhan biosolar, sebesar 29,4%. Faktor ekonomi ini mencakup berbagai elemen, seperti biaya produksi biosolar, harga jual di pasar, efisiensi operasional rantai pasokan, dan kelayakan investasi bagi produsen dan distributor biosolar. Agar biosolar dapat bersaing dengan bahan bakar fosil dan diterima oleh pasar, efisiensi biaya sangat penting. Konsumen, terutama usaha kecil dan masyarakat umum, akan enggan beralih dari bahan bakar konvensional jika harga biosolar menjadi terlalu mahal. Produsen dan investor juga hanya akan berpartisipasi aktif jika produksi biosolar menghasilkan keuntungan yang wajar dan stabil. Akibatnya, untuk mendorong keberlanjutan sistem biosolar di kota XYZ, strategi ekonomi seperti insentif produksi, efisiensi proses, dan pengendalian harga sangat penting.

Meskipun regulasi memainkan peran penting dalam pengembangan energi terbarukan, mereka masih kurang penting dalam AHP dibandingkan distribusi dan ekonomi. Regulasi pemerintah memperoleh bagian sebesar 8,9%. Regulasi ini mencakup peraturan untuk pencampuran biosolar (B20, B30, dan B40), standar kualitas bahan bakar, insentif pajak, dan pengawasan distribusi energi terbarukan. Untuk memberikan kepastian hukum dan arah pengembangan biosolar yang jelas, kebijakan harus dibuat, tetapi implementasi kebijakan yang buruk dan kurangnya koordinasi lintas sektor dapat menghambat kinerjanya. Oleh karena itu, meskipun penting, kebijakan pemerintah harus berfungsi sebagai fasilitator dan pendorong daripada hanya sebagai satu pilar dalam pemenuhan biosolar.

Namun, faktor sosial menurun sebesar 7,3% dan faktor lingkungan sebesar 7,1%, menunjukkan bahwa kedua komponen ini belum menjadi prioritas utama dalam pendekatan pemenuhan biosolar saat ini. Faktor sosial termasuk kesadaran masyarakat tentang pentingnya transisi energi, penerimaan biosolar, dan edukasi publik tentang manfaat biosolar untuk lingkungan dan perekonomian nasional. Namun, tingkat kesadaran masyarakat yang rendah membuat program biosolar lambat karena tidak didukung oleh perubahan perilaku dan preferensi energi pengguna akhir. Selain itu, meskipun tujuan utama pengembangan biosolar adalah untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan efek negatif dari bahan bakar fosil.

Tabel 1. Hasil Kriteria *Expert Choice*

No	Keterangan	Bobot <i>Expert Choice</i>
1	Ketersediaan Distribusi	47,3%
2	Ekonomi	29,4%
3	Regulasi Pemerintah	8,9%
4	Lingkungan	7,3%
5	Sosial	7,1%

Hasil analisis pada sub-kriteria menunjukkan bahwa optimalisasi lahan adalah faktor pendukung utama dengan kontribusi sebesar 42,6%. Ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan produksi biosolar secara signifikan, diperlukan lahan yang cukup dan dikelola dengan baik untuk menghasilkan bahan baku seperti kelapa sawit atau tanaman energi lainnya. Optimalisasi pemanfaatan lahan tidak hanya menjamin pasokan bahan baku yang berkelanjutan, tetapi juga mengurangi ketergantungan kita pada sumber daya dari tempat lain dan mendorong kemandirian energi di daerah kita. Menurunkan biaya produksi biosolar dan membuatnya lebih murah di pasar merupakan komponen penting dari kriteria selanjutnya, yang mencakup subsidi pemerintah sebesar 36,2%. Karena subsidi dapat meningkatkan margin keuntungan dan mengurangi risiko kerugian, investor dan produsen mungkin ingin terlibat lebih aktif dalam industri ini.

Peningkatan kesadaran masyarakat, yang menyumbang 15,6%, menunjukkan peran penting masyarakat dalam mendukung keberhasilan program biosolar. Akan sulit untuk menciptakan permintaan yang besar jika masyarakat tidak mengetahui atau tidak memahami manfaat biosolar. Akibatnya, kampanye publik dan edukasi sangat penting untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya penggunaan energi yang bersih dan berkelanjutan. Terakhir, pengembangan teknologi memiliki kontribusi 5,6%,



menunjukkan bahwa teknologi belum dianggap sebagai penghalang utama dalam pengembangan biosolar saat ini. Namun, untuk bersaing dengan bahan bakar konvensional dalam jangka panjang, kemajuan teknologi perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi biaya, dan kualitas biosolar.

Sementara itu, bobot faktor regulasi pemerintah sebesar 8,9%, menunjukkan bahwa meskipun kebijakan masih diperlukan, namun peranannya tidak sebesar faktor distribusi dan ekonomi. Di sisi lain, bobot faktor sosial dan lingkungan masing-masing sebesar 7,3% dan 7,1%, menunjukkan bahwa kesadaran masyarakat dan dampak lingkungan masih relevan, namun kontribusinya terhadap realisasi biodiesel tidak sebesar faktor teknis dan ekonomi.

Tabel 2. Tabel Hasil Kriteria Alternative

No	Keterangan	Bobot Expert Choice
1	Optimalisasi Lahan	42,6%
2	Subsidi Pemerintah	36,2,4%
3	Peningkatan Kesadaran Masyarakat	15,6%
4	Pengembangan Teknologi	5,6%

Jadi, secara keseluruhan, pemenuhan kebutuhan biosolar di kota XYZ sangat dipengaruhi oleh kesiapan sistem distribusi dan efisiensi ekonomi. Di sisi lain, untuk berhasil dalam pasokan bahan baku dan dukungan fiskal, optimalisasi lahan dan kebijakan subsidi adalah pilar utama dalam strategi pengembangan biosolar. Faktor sosial, lingkungan, dan teknologi sangat penting untuk keberlanjutan sistem secara keseluruhan, meskipun masing-masing memiliki pengaruh yang lebih kecil. Akibatnya, untuk mencapai pemenuhan biosolar yang merata, efisien, dan berkelanjutan di kota XYZ, pendekatan yang mengintegrasikan distribusi, ekonomi, kebijakan, dan pendidikan adalah pilihan yang tepat.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa untuk mempelajari strategi terbaik untuk memenuhi kebutuhan biosolar di kota XYZ. penelitian ini menggunakan pendekatan System Thinking dan Analytical Hierarchy Process (AHP). Adapun beberapa kesimpulan yang dapat ditarik antara lain:

1. Aksesibilitas distribusi, efisiensi ekonomi, kebijakan pemerintah, optimalisasi lahan, dan kesadaran publik akan energi terbarukan adalah beberapa komponen penting yang sangat memengaruhi sistem pemenuhan biosolar di kota XYZ, menurut hasil identifikasi menggunakan pendekatan sistem *Thinking*. Di antara faktor-faktor tersebut, dua yang paling menentukan keberhasilan penyediaan biosolar secara nasional adalah distribusi dan ekonomi.
2. Pengembangan model sistem thinking berhasil memetakan hubungan sebab-akibat antar elemen dalam sistem biosolar dan memperjelas bagaimana intervensi pada satu aspek dapat memengaruhi keseluruhan sistem. Melalui *Causal Loop Diagram* (CLD), terlihat adanya keterkaitan antara peningkatan permintaan, produksi bahan baku, kapasitas distribusi, dan dampak lingkungan. Model ini membantu menggambarkan dinamika dan umpan balik dalam sistem, serta mengidentifikasi leverage point yang dapat dijadikan dasar pengambilan kebijakan.
3. Strategi *Analytical Hierarchy Process* (AHP) ditemukan untuk pemenuhan biosolar, dengan distribusi menjadi faktor utama yang harus ditingkatkan, diikuti oleh kebijakan pemerintah, edukasi masyarakat, dan efisiensi ekonomi. Selain itu, optimalisasi bahan baku lokal dan subsidi yang tepat sasaran adalah strategi penting untuk mendorong pertumbuhan biosolar secara berkelanjutan dan mendukung transisi energi di kota XYZ.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Andreastuti, D., & Alim, B. N. (2025). Urban Farming Sebagai Strategi Inovasi Manajemen Publik di Kutai Kartanegara. *Journal Ilmu Sosial, Politik dan Pemerintahan*, 14(1), 587–597.
- Azizi, M. D., Hadiwijaya, S., & Assidiq, M. N. (2025). Optimalisasi strategi penjualan komoditi komersial di perum bulog kancab lebak menggunakan Metode AHP dan Analisis SWOT. *Jutin: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(1). https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-Assidiq-3/publication/389561218_Optimalisasi_Strategi_Penjualan_Komoditi_Komersial_di_Perum_Bulog_Kancab_Lebak_Menggunakan_Metode_AHP_dan_Analisis_SWOT/files/67c7d51d461fb56424f126b0/Optimalisasi-Strategi-Penjualan-Komoditi-Komersial-di-Perum-Bulog-Kancab-Lebak-Menggunakan-Metode-AHP-dan-Analisis-SWOT.pdf
- Biru, M. D. (2024). Energi terbarukan: Analisis kebijakan pemanfaatan biodiesel kelapa sawit sebagai bahan bakar nabati nasional di tengah kontroversinya sebagai faktor pendorong deforestasi. *Trend and Future of Agribusiness*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.61511/tafoa.v1i1.2024.543>
- Dhika, M. R., & Adiastuti, H. J. (2025). Prediksi Emisi Karbon di Asia Tenggara Menggunakan Machine Learning: Implikasi Terhadap Perubahan Iklim dan Kebijakan Mitigasi. *Seminar Nasional Darmajaya*, 1, 20–33. <https://journal.darmajaya.ac.id/index.php/PSND/article/view/675>
- Iriani, A., Prabujaya, S. P., Zubaidah, S., & Endasari, E. (2025). Pendekatan Thinking Across dalam Dynamic Governance: Strategi Efektif untuk Mewujudkan Gerakan Sumsel Mandiri Pangan (GSMP). *Jurnal Pemerintahan Dan Politik*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.36982/jpp.v10i1.4687>
- Kusumawati, D. (2024). *Karakterisasi dan Uji Kinerja Biodiesel dari Proses Plasma, Ozonisasi, dan Ionisasi Crude Palm Oil (CPO)= Characterization and Performance Test of Biodiesel from Plasma, Ozonization, and Ionization of Crude Palm Oil (CPO) Process* [PhD Thesis, Universitas Hasanuddin]. <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/40929/>
- Pratiwi, D. S., Arkusi, F., & Wardani, K. H. J. (2023). Analisis Faktor–Faktor yang Menyebabkan Kelangkaan Minyak Goreng Indonesia Tahun 2022. *Jurnal Economina*, 2(12), 3688–3696.
- Putra, D. G. (2024). Peningkatan kinerja bisnis melalui integrasi Internet of Things (IoT) pada supply chain management (SCM). *Jurnal Marketing*, 5(2), 379–387.
- Rani, N. (2025). Dampak Kelapa Sawit Dalam Pembangunan Berkelanjutan: Analisis Kebijakan Publik Di Indonesia. *Jurnal Governansi*, 11(1), 73–82.
- Supriyono, S. (2010). *Analisis Kinerja Terminal Petikemas Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya (Studi Kasus Di PT.Terminal Petikemas Surabaya)* [Masters, Universitas Diponegoro]. <https://eprints.undip.ac.id/23973/>