

Optimization of Biomass Supply Chain and Sustainability at PT. Bakti Energi Sejahtera

Optimalisasi Rantai Pasokan Biomassa dan Sustainability di PT. Bakti Energi Sejahtera

Muhamad Aripin Amri¹, Dessy Isfianadewi^{2*}, Yusuf Ahmad Sudrajat³

Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Islam Indonesia

¹aripinamri1633@gmail.com, ^{2*}dessy.isfianadewi@uii.ac.id, ³yusuf.ahmad@uii.ac.id

Abstract

This study evaluates the effectiveness of biomass supply chain management at PT. Bakti Energi Sejahtera (PT BEST) in supporting the co-firing program at Steam Power Plants (PLTU) as part of the renewable energy transition. Biomass management faces various challenges, such as unstable raw material supply, differences in quality standards, high moisture content, and land and sea transportation constraints. This study aims to identify the main obstacles and formulate strategies to improve supply continuity and operational efficiency. The research applies an integrated mixed-method approach with a descriptive analytical case study design. The analysis was conducted on the supply chain flow of PT BEST and its main supplier partner, PT. Semesta Rahayu Lestari. Quantitative data in the form of annual RKAP targets and PLN EPI technical specifications were compared with qualitative data obtained from field observations and in-depth interviews with key informants from the company and supplier. The results show a mismatch between the company's annual targets and the supplier's operational conditions, which are influenced by seasonal factors. During the rainy season, biomass drying processes are disrupted, causing increased moisture content and resulting in rejected deliveries. In addition, transportation barriers cause distribution delays and inventory imbalances. Despite these challenges, the biomass supply chain has succeeded in creating a circular economic ecosystem that provides benefits for local communities. This study proposes an adaptive agility strategy through fair inventory risk sharing, supplier quality inspection standardization, logistics buffer time provision, and transparency of long-term quota requirements. This strategy is expected to improve business efficiency while supporting the achievement of net zero emissions targets.

Keywords: Biomass Supply Chain, Supply Chain Optimization, Sustainability.

Abstrak

Penelitian ini mengevaluasi efektivitas manajemen rantai pasok biomassa pada PT. Bakti Energi Sejahtera (PT BEST) dalam mendukung program co-firing di PLTU sebagai bagian dari transisi energi terbarukan. Pengelolaan biomassa menghadapi berbagai tantangan, seperti ketidakstabilan pasokan bahan baku, perbedaan standar kualitas, kadar air yang tinggi, serta kendala logistik darat dan laut. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi hambatan utama dan merumuskan strategi untuk meningkatkan kontinuitas pasokan serta efisiensi operasional. Penelitian menggunakan pendekatan integrated mixed-method dengan desain studi kasus deskriptif analitis. Analisis dilakukan terhadap alur rantai pasok PT BEST dan mitra pemasok utama, PT. Semesta Rahayu Lestari. Data kuantitatif berupa target volume RKAP dan spesifikasi teknis PLN EPI dibandingkan dengan data kualitatif hasil observasi lapangan serta wawancara mendalam dengan informan kunci dari pihak perusahaan dan pemasok. Hasil penelitian menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara target tahunan perusahaan dengan kondisi operasional pemasok yang dipengaruhi faktor musiman. Pada musim penghujan, proses pengeringan biomassa terganggu sehingga kadar air meningkat dan menyebabkan penolakan pengiriman. Selain itu, hambatan transportasi menyebabkan keterlambatan distribusi dan ketidakseimbangan persediaan. Meskipun menghadapi kendala, rantai pasok biomassa mampu menciptakan ekosistem ekonomi sirkular yang memberi manfaat bagi masyarakat. Penelitian ini menawarkan strategi adaptive agility melalui pembagian risiko persediaan yang adil, standarisasi pemeriksaan mutu pemasok, penyediaan buffer time logistik, serta transparansi kebutuhan kuota jangka panjang. Strategi tersebut diharapkan meningkatkan efisiensi bisnis sekaligus mendukung pencapaian target net zero emissions.

Kata Kunci: Rantai Pasokan Biomassa, Optimasi Rantai Pasok, Sustainability.

<https://journal.yrpiiku.com/index.php/ceej>

e-ISSN:2715-9752, p-ISSN:2715-9868

Copyright © 2026 THE AUTHOR(S). This article is distributed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license

1. Pendahuluan

Secara ideal, pengembangan biomassa sebagai energi baru terbarukan (EBT) seharusnya dapat menggantikan peran bahan bakar fosil secara bertahap melalui rantai pasokan yang efisien dan terintegrasi (David et al., 2019; Kaygusuz, 2009; Makepa & Chihobo, 2026). Namun pada kenyataannya, pengelolaan rantai pasokan biomassa di Indonesia masih menghadapi tantangan serius pada tata kelola logistik, kontinuitas pasokan, dan integrasi rantai nilai hulu-hilir (Sari, 2026; Sugiyono et al., 2025). PT. Bakti Energi Sejahtera (PT BEST), yang berperan dalam pengembangan dan pengelolaan rantai pasokan biomassa untuk program cofiring di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) milik PLN, turut menghadapi persoalan ini dalam operasinya sehari-hari.

Sejumlah studi telah mengkaji potensi dan tantangan biomassa sebagai sumber energi alternatif. Studi-studi terdahulu menunjukkan bahwa biomassa memiliki potensi besar sebagai energi terbarukan karena sifatnya yang dapat diperbaharui dan ketersediaannya yang melimpah, khususnya dari residu pertanian di Indonesia (Ahmudi et al., 2024; Gani et al., 2023; Murdiyati et al., 2026; Setyawan et al., 2024). Studi lain membahas desain dan perencanaan rantai pasokan biomassa secara umum, serta upaya pemodelan dan optimasi untuk meningkatkan efisiensinya (Ba et al., 2018; Moretti et al., 2021; Mottaghi et al., 2022). Selain itu, penelitian terkini mulai menyoroti peran digitalisasi dalam rantai pasokan biomassa, seperti pemantauan stok secara *real-time*, pengendalian pengiriman, dan pengoptimalan logistik sebagai upaya meningkatkan stabilitas pasokan dan efisiensi (Loy et al., 2023; Salehi et al., 2022; Yeassin et al., 2025).

Meski demikian, studi-studi tersebut belum secara spesifik mengkaji bagaimana integrasi digitalisasi dan sistem distribusi hub-dan-sub-hub dapat diterapkan secara simultan dalam konteks rantai pasokan biomassa untuk program cofiring di Indonesia. Perhatian yang terbatas pada konteks industri dan regulasi spesifik Indonesia, termasuk koordinasi antara entitas seperti PT BEST dan PLN EPI menyebabkan pemahaman tentang efektivitas manajemen rantai pasokan biomassa dalam konteks ini masih lemah.

Penelitian ini bertujuan mengisi kesenjangan tersebut dengan mengkaji manajemen rantai pasokan biomassa PT BEST secara terintegrasi, mencakup proses dari pengumpulan bahan baku, pendataan hasil panen, pengelolaan logistik melalui sistem hub dan sub-hub, hingga distribusi biomassa ke PLTU. Tidak seperti studi sebelumnya, penelitian ini menggunakan konteks spesifik Indonesia dengan mempertimbangkan peran sistem digital PLN EPI sebagai alat pemantauan dan pengendalian rantai pasokan secara *real-time*.

Mengingat urgensi program transisi energi nasional dan kebutuhan akan rantai pasokan biomassa yang stabil dan efisien, penelitian ini penting untuk dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini akan menginvestigasi bagaimana pengelolaan rantai pasokan biomassa PT BEST dapat dioptimalkan untuk mendukung keberlanjutan program cofiring PLN.

2. Kajian Pustaka

Definisi dan Konsep

Perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian aliran barang, informasi, dan sumber daya dari titik asal hingga titik konsumsi dikenal sebagai manajemen rantai pasokan. Spesifik pada energi terbarukan, khususnya biomassa, manajemen rantai

pasokan mencakup pengelolaan logistik, distribusi, dan bahan baku untuk memastikan pasokan energi tenaga uap yang berkelanjutan dan efisien (Chopra & Meindl, 2016; Mottaghi et al., 2022).

Manajemen operasi itu melibatkan berbagai kegiatan yang fokus pada produksi barang dan jasa dengan cara yang efisien. (Heizer & Render, 2014) menjelaskan bahwa manajemen operasi mencakup desain sistem produksi, pengendalian kualitas, perencanaan kapasitas, hingga pengelolaan inventori. Pada konteks perusahaan yang menyediakan biomassa, manajemen operasi meliputi mulai dari pengadaan bahan baku, pengolahan biomassa, sampai pada logistik distribusi ke konsumen akhir seperti PLTU (Heizer & Render, 2014; Chopra & Meindl, 2016).

a. Manajemen Operasi

Manajemen operasi itu melibatkan berbagai kegiatan yang fokus pada produksi barang dan jasa dengan cara yang efisien. (Heizer & Render, 2014) menjelaskan bahwa manajemen operasi mencakup desain sistem produksi, pengendalian kualitas, perencanaan kapasitas, hingga pengelolaan inventori. Dalam konteks perusahaan yang menyediakan biomassa, manajemen operasi meliputi mulai dari pengadaan bahan baku, pengolahan biomassa, sampai pada logistik distribusi ke konsumen akhir seperti PLTU.

b. Manajemen Rantai Pasok (*Supply Chain Management*)

(Chopra & Meindl, 2016) mendefinisikan manajemen rantai pasok sebagai koordinasi sistematis antar organisasi dalam suatu rantai pasokan, yang meliputi perencanaan, pengadaan, produksi, dan distribusi. Tujuannya adalah untuk menciptakan nilai maksimal bagi pelanggan akhir dan meningkatkan profitabilitas seluruh jaringan. Dalam bisnis biomassa, koordinasi antara pemasok kayu, pengolah biomassa, operator logistik, dan pelanggan (PLTU) sangat penting untuk menjaga kontinuitas pasokan dan efisiensi biaya.

c. Energi Terbarukan dan Biomassa

Energi terbarukan didefinisikan sebagai sumber energi yang berasal dari proses alam berkelanjutan dengan kemampuan pemulihan yang cepat, sehingga tidak akan habis dalam jangka waktu panjang (Rezki et al., 2026). Salah satu pilar krusial dalam konsep ini adalah biomassa, yaitu sumber bioenergi yang memanfaatkan bahan organik dari tumbuhan, hewan, maupun limbah pertanian dan domestik (Rezki et al., 2026). Secara konseptual, biomassa menawarkan keunggulan strategis sebagai energi alternatif karena memiliki karakteristik karbon netral (carbon neutral), di mana emisi karbon dioksida yang dilepaskan saat proses konversi atau pembakaran akan diserap kembali oleh tanaman baru melalui siklus karbon tertutup (Rezki et al., 2026). Melalui integrasi teknologi konversi yang tepat, pemanfaatan biomassa tidak hanya berfungsi sebagai substitusi bahan bakar fosil yang ramah lingkungan, tetapi juga menjadi instrumen penting dalam mereduksi emisi gas rumah kaca serta mendukung implementasi ekonomi hijau yang berkelanjutan (Rezki et al., 2026).

Model dan Teori

Menurut Natalia dan Astuario (2015), model Supply Chain Operations Reference (SCOR) yang diintegrasikan menjadi Green SCOR dalam konteks manajemen rantai pasok ramah lingkungan menggunakan pendekatan berbasis proses yang terstruktur ke dalam lima komponen utama, yaitu Plan (perencanaan), Source (pengadaan bahan baku), Make (proses manufaktur), Deliver (pengiriman produk), dan Return

(pengembalian produk atau penanganan produk bekas/sisa konsumen). Kelima elemen inti ini digunakan sebagai landasan operasional untuk memetakan proses bisnis sekaligus merancang indikator kinerja utama (Key Performance Indicators/KPI) guna mengukur efisiensi dan dampak lingkungan di sepanjang rantai pasok industri.

Teori kolaborasi menekankan betapa pentingnya perusahaan dan supplier bekerja sama dalam pengelolaan rantai pasokan. Untuk PT. Bakti Energi Sejahtera, teori ini relevan untuk melihat bagaimana kerja sama dengan supplier dapat meningkatkan transparansi dan efisiensi pengelolaan rantai pasokan biomassa (Loy et al., 2023).

3. Metode

Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus. Penelitian studi kasus merupakan strategi induktif yang sangat literatif dan terikat kuat pada data lapangan untuk menghasilkan teori baru (theory building) yang valid secara empiris, novel, dan testable. Pendekatan ini mengutamakan logika replikasi (replication logic) di mana setiap kasus dalam studi kasus jamak diperlakukan layaknya eksperimen mandiri untuk mengonfirmasi atau memperluas proposisi teoritis (Eisenhardt, 1989). Melalui perbandingan sistematis antara data lintas kasus (cross-case analysis) dan literatur yang ada, metodologi ini menyediakan peta jalan (roadmap) yang efektif dalam membangun teori kelas menengah (midrange theory) yang objektif (Eisenhardt, 1989). Dengan penekanan utama pada analisis kualitatif deskriptif pada PT. Bakti Energi Sejahtera. Unit analisis mencakup aktivitas *end-to-end* rantai pasok biomassa, termasuk interaksi antara perusahaan dengan mitra pemasok (PT. Semesta Rahayu Lestari), yang ditinjau dari aspek logistik, aliran material, mutu, dan risiko. Data dikumpulkan melalui wawancara semi-terstruktur dengan pihak manajemen dan mitra, observasi langsung, serta studi dokumentasi, dengan sumber data primer dan sekunder seperti laporan perusahaan dan data PLN EPI. Analisis data dilakukan secara deskriptif dan kualitatif melalui tahapan reduksi data, penyajian data, serta penarikan kesimpulan dengan triangulasi antara target kuantitatif (RKAP) dan kondisi operasional riil, guna merumuskan strategi rantai pasok biomassa yang efisien dan berkelanjutan.

4. Hasil Dan Pembahasan

Observasi

Berdasarkan pengamatan langsung saya di lapangan yang dikaitkan dengan hasil wawancara mendalam bersama supervisor dan salah satu mitra perusahaan, ditemukan adanya pelaksanaan operasional yang kompleks dalam pemenuhan target RKAP PT. Bakti Energi Sejahtera. Secara dokumen, RKAP mengamankan target volume tahunan yang kaku dan menuntut efisiensi biaya logistik hilir yang ketat melalui skema pengiriman harian yang terjadwal. Namun, hasil observasi pada alur pasokan dari PT. Semesta Rahayu Lestari hingga ke PLTU menunjukkan bahwa realitas operasional di hulu sangat bergantung pada faktor-faktor non-teknis dan kondisi alam yang fluktuatif. Pola pasokan bahan baku biomassa yang bersifat organik ini sangat dipengaruhi oleh musim, di mana kapasitas produksi pengepul lokal menurun drastis saat musim penghujan akibat kendala pengeringan material

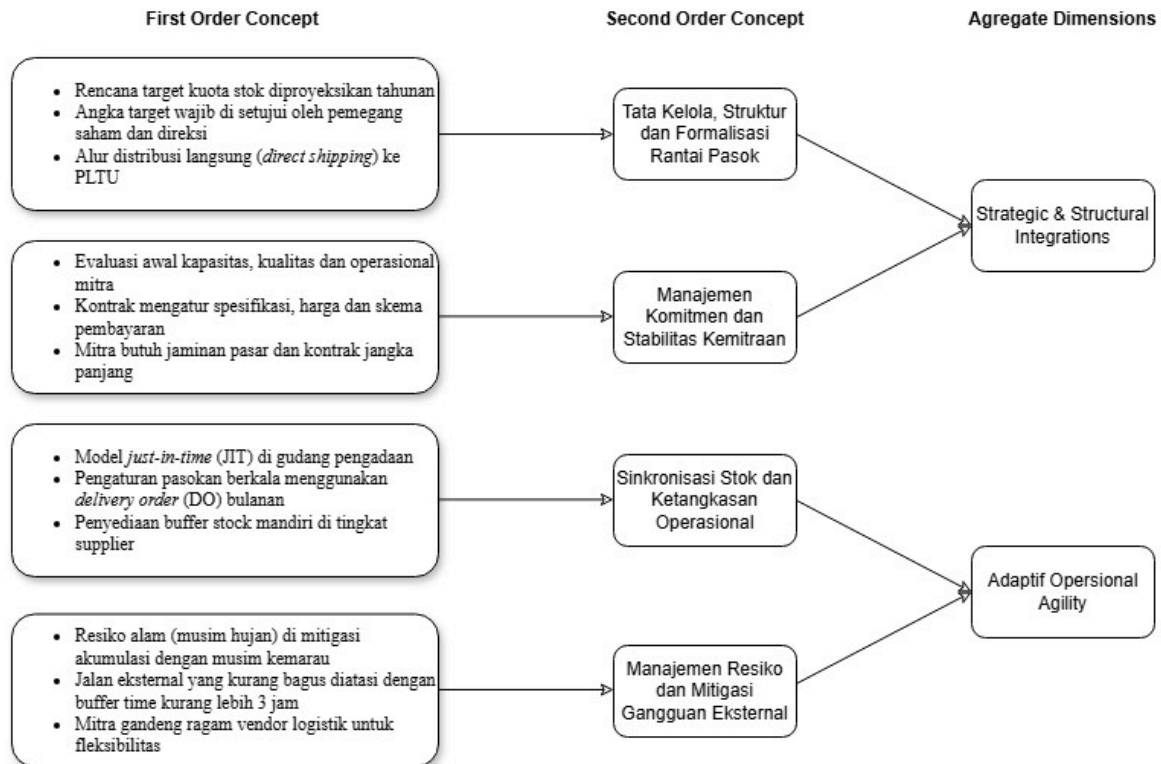
Kondisi tersebut melahirkan fenomena penumpukan risiko persediaan (buffer stock) yang tidak seimbang di tingkat lapangan. Untuk memenuhi kuota harian yang

diminta oleh Manajer Operasional PT BEST, pihak manajemen hulu PT. Semesta Rahayu Lestari terpaksa mengondisikan gudang penyimpanan mandiri di tingkat hub dan sub-hub secara swadaya tanpa adanya kepastian penyerapan kuota jangka panjang yang tertulis. Ketimpangan ini diperparah oleh observasi pada jalur logistik darat dan laut, di mana armada angkutan sering kali mengalami keterlambatan akibat kemacetan jalur transportasi publik, cuaca ekstrem di laut, serta waktu antrean pembongkaran yang lama di area PLTU. Kesaksian dari koordinator logistik lapangan mengonfirmasi bahwa tanpa adanya perhitungan buffer time yang fleksibel dalam jadwal operasi perusahaan hilir, risiko keterlambatan pengiriman akan selalu membayangi operasional harian dan berpotensi mengganggu kontinuitas pembakaran pembangkit (Mottaghi et al., 2022).

Di sisi lain, observasi terhadap proses penjaminan mutu menunjukkan bahwa pengawas mutu internal PT BEST menerapkan standardisasi yang sangat ketat terhadap parameter nilai kalor dan kadar air (moisture content). Ketika material biomassa tiba di PLTU dengan kadar air yang melebihi ambang batas akibat paparan cuaca selama perjalanan, sistem pengawasan akan langsung memicu penolakan (rejection) material. Penolakan ini menimbulkan kerugian biaya logistik yang cukup besar bagi mitra hulu. Kendati demikian, pelaksanaan di lapangan juga memperlihatkan sisi positif, di mana aktivitas rantai pasok ini telah berhasil menggerakkan roda ekonomi kerakyatan di sekitar wilayah operasional penyuplai (Saeedi et al., 2026).

Hasil Wawancara

Setelah menggali data secara mendalam melalui wawancara terstruktur bersama informan internal dan eksternal, tahapan selanjutnya adalah melakukan reduksi data dengan metode Thematic Coding berdasarkan pendekatan Gioia. Proses ini bertujuan untuk mengurai transkrip wawancara yang bersifat tekstual menjadi unit-unit makna yang terstruktur, sekaligus menunjukkan bagaimana data mentah lapangan bertransformasi menjadi konsep akademik yang matang. Reduksi ini dibagi menjadi tiga tingkatan logis, dimulai dari First-Order Concepts yang menangkap kode faktual operasional di lapangan, dilanjutkan ke Second-Order Themes yang mengabstraksikan temuan tersebut ke dalam kategori interpretatif, hingga bermuara pada Aggregate Dimensions sebagai pilar teoretis tertinggi. Sebelum mengulas detail narasi dan sintesis dari masing-masing dimensi, alur pemikiran kualitatif dari Tugas Akhir ini dirangkum terlebih dahulu ke dalam satu kesatuan bagan coding terintegrasi. Bagan ini berfungsi sebagai peta jalan (audit trail) visual yang memperlihatkan titik temu antara tata kelola formal perusahaan dengan dinamika serta resiliensi para mitra penyuplai di hulu. Alur pemetaan konseptual yang menghubungkan transkrip hasil wawancara menuju interpretasi teoretis tersebut disajikan pada bagan berikut:



Gambar 1. Display Data

Analisis Efektivitas Manajemen Rantai Pasok Biomassa pada PT Bakti Energi Sejahtera

Guna mendukung keberlanjutan pasokan ke PLTU, PT Bakti Energi Sejahtera menetapkan proyeksi target kuota pemenuhan stok secara berkala yang diturunkan dari rencana strategis tahun ke tahun. Untuk menjamin legalitas dan kekuatan hukum komitmen tersebut, angka target kuota yang telah disusun wajib mendapatkan persetujuan resmi dari tingkat Direksi dan Pemegang Saham terlebih dahulu. Setelah target formal ditetapkan, perusahaan menerapkan model distribusi langsung (*direct shipping*) di mana para mitra pemasok yang telah mengikat kontrak pembelian akan mengirimkan material biomassa langsung menuju PLTU tujuan tanpa melalui titik transit perantara. Proses pemenuhan ini dikawal ketat melalui penyiapan tim pengawas atau verifikator internal yang ditempatkan di lokasi pembongkaran untuk memastikan kuantitas dan kualitas pasokan hulu berjalan sesuai kesepakatan kontraktual.

Namun, berdasarkan temuan wawancara, efektivitas pengendalian struktur ini tidak dapat berdiri sendiri tanpa adanya jaminan kualitas teknis dan stabilitas pada sisi kemitraan hulu. Evaluasi awal terhadap kapasitas suplai, pemenuhan standar kualitas, serta kesiapan operasional calon mitra menjadi prasyarat mutlak sebelum perjanjian kerja sama resmi diterbitkan. Dokumen kontrak yang disepakati secara ketat mengatur parameter spesifikasi teknis material, kesepakatan harga, kepastian jadwal pengiriman, hingga skema birokrasi pembayaran. Di sisi lain, dinamika lapangan menunjukkan bahwa motivasi utama mitra dalam mengikatkan diri pada sistem ini adalah demi memperoleh kepastian pasar yang stabil dan berkelanjutan. Oleh sebab itu, keberhasilan integrasi struktural ini sangat bergantung pada transparansi perencanaan kebutuhan jangka panjang dari PT Bakti Energi Sejahtera

serta kepastian kontrak tertulis berkala agar mitra memiliki rasa aman dalam berinvestasi memperluas kapasitas produksinya. Situasi ini membuktikan bahwa efektivitas rantai pasok tidak hanya bertumpu pada dokumen kontrak hitam di atas putih, tetapi pada resiliensi komitmen dan pembagian kepastian bisnis yang adil antara perusahaan dan mitra penyuplai.

Hal ini sejalan dengan tanggapan narasumber internal berikut:

“Pemasok melakukan kontrak pembelian dengan perusahaan kami, selanjutnya mengirimkan langsung ke PLTU tujuan. Dari sisi internal, penyiapan tim pengawas atau verifikator di lokasi pembongkaran untuk memastikan kuantitas dan kualitas pasokan” (SP, Internal).

Narasumber eksternal dari pihak mitra juga menegaskan sentimen yang sama:

“Kerja sama diawali evaluasi kapasitas suplai, kualitas, dan kesiapan operasional. Perjanjian kerja sama mengatur aspek spesifikasi, harga, pengiriman, dan pembayaran. Kebutuhan mitra adalah kepastian kontrak jangka panjang dan transparansi perencanaan.” (FM, Mitra).

Secara keseluruhan, PT Bakti Energi Sejahtera menjaga efektivitas manajemen rantai pasok biomassa melalui formalisasi tata kelola yang kokoh, pengawasan tim verifikator internal, serta penyusunan kontrak kerja sama yang komprehensif. Meskipun terdapat tuntutan kuota tahunan yang kaku dari level korporat, perusahaan mengimbangi pemenuhan target tersebut dengan memberikan transparansi perencanaan dan jaminan pasar yang stabil guna menjaga komitmen jangka panjang serta stabilitas pasokan energi di tingkat hulu.

Identifikasi Kendala Utama dalam Perencanaan dan Pengelolaan Rantai Pasok Biomassa

Sebelum strategi optimalisasi dapat diterapkan dengan baik, PT Bakti Energi Sejahtera dan mitra penyedia harus memetakan berbagai kendala operasional yang berpotensi mengganggu stabilitas pasokan biomassa. Berdasarkan temuan di lapangan, hambatan terbesar dalam pengelolaan rantai pasok ini bersumber dari faktor ketidakpastian alam dan keterbatasan infrastruktur eksternal. Karakteristik utama dari material biomassa organik adalah sifatnya yang sangat fluktuatif dan sensitif terhadap tingkat kelembaban. Ketika intensitas curah hujan tinggi, proses pengeringan bahan baku di lokasi pengolahan milik mitra akan langsung terhambat, yang secara otomatis memicu lonjakan kadar air (*moisture content*) melebihi ambang batas toleransi nilai kalor yang dibutuhkan oleh mesin PLTU.

Selain kendala alam pada fase produksi di hulu, proses pengelolaan operasional juga seringkali dihadapkan pada hambatan logistik saat material berada dalam perjalanan menuju hilir. Kendala eksternal berupa kemacetan lalu lintas yang tidak terprediksi, kondisi kerusakan jalan raya di jalur distribusi, hingga risiko terjadinya antrean panjang kendaraan di area pembongkaran PLTU menjadi faktor risiko nyata yang kerap mengancam ketepatan waktu pengiriman. Kompleksitas ini menunjukkan bahwa tantangan terbesar dalam perencanaan rantai pasok biomassa tidak hanya terletak pada kapasitas produksi internal mitra, melainkan pada bagaimana

mengelola risiko-risiko tidak terkendali yang muncul di sepanjang jalur distribusi dari titik hulu hingga ke lokasi pembongkaran akhir.

Hal ini sejalan dengan tanggapan narasumber internal berikut:

"Kendala eksternal seperti kemacetan lalu lintas, kerusakan jalan, atau antrean di lokasi pembongkaran juga menjadi faktor risiko yang harus diantisipasi." (SP, Internal).

Narasumber eksternal dari pihak mitra juga mengonfirmasi kendala yang dihadapi:

"Kendala terbesar biasanya terkait dengan cuaca, terutama musim hujan. Karakteristik biomassa yang kami kelola sangat sensitif terhadap kelembaban. Jika hujan terus-menerus, proses pengeringan bahan baku di workshop kami terhambat, dan kadar airnya otomatis meningkat." (FM, Mitra).

PT Bakti Energi Sejahtera dan mitranya mengidentifikasi bahwa hambatan utama dalam rantai pasok biomassa bersumber dari sensitivitas bahan baku terhadap musim hujan serta kerentanan jalur logistik jalan raya. Masalah-masalah ini menuntut adanya pembagian peran yang responsif di mana pihak mitra harus menanggung risiko pengelolaan kualitas material di hulu, sementara perusahaan harus ikut memperhitungkan risiko hambatan waktu perjalanan di jalur distribusi hilir.

Strategi Perencanaan untuk Mengoptimalkan Rantai Pasok Biomassa PT Bakti Energi Sejahtera

Untuk mengatasi berbagai kendala lapangan dan mengoptimalkan kinerja rantai pasok, PT Bakti Energi Sejahtera menerapkan kombinasi strategi perencanaan yang fleksibel dan tangkas (*adaptive agility*). Dari sisi korporat, perusahaan tidak menggunakan model pengadaan stok pengaman (*safety stock*) konvensional di gudang internal demi menekan biaya penyimpanan, melainkan mengadopsi prinsip sistem *Just-In-Time (JIT)*. Pengaturan volume pasokan dikelola secara berkala dari waktu ke waktu melalui pembagian kuota *Delivery Order (DO)* bulanan yang perencanaannya disesuaikan langsung dengan kebutuhan operasi mesin PLTU. Guna mengimbangi ketatnya sistem *JIT* ini, perusahaan menambahkan komponen mitigasi berupa cadangan waktu (*buffer time*) sekitar 3 jam lebih lama dari waktu tempuh normal guna meminimalisir dampak keterlambatan akibat hambatan transportasi jalan raya.

Di sisi lain, penerapan sistem *JIT* oleh perusahaan menuntut ketangkasan mandiri dari pihak mitra penyuplai untuk melakukan transfer risiko inventori secara mandiri. Sebagai langkah optimasi, mitra wajib membangun sistem *buffer stock* di lokasi workshop mereka sendiri agar selalu memiliki cadangan material siap kirim saat permintaan mendadak melonjak. Lebih lanjut, mitra menyusun strategi akumulasi produksi secara masif pada saat musim kemarau guna menimbun stok bahan baku kering sebagai cadangan utama ketika musim hujan tiba. Fleksibilitas logistik juga ditingkatkan oleh mitra dengan cara menjalin kerja sama dengan berbagai vendor armada transportasi lokal. Sinergi strategi ini membuktikan bahwa optimasi rantai pasok dapat dicapai melalui sinkronisasi pembagian risiko yang

seimbang, di mana efisiensi Just-In-Time perusahaan didukung penuh oleh ketangkasan pengelolaan stok pengaman di tingkat hulu oleh mitra.

Hal ini sejalan dengan tanggapan narasumber internal berikut:

"Perusahaan menerapkan sistem JIT (Just-In-Time) untuk pengadaan biomassa, Pengaturan jumlah pasokan dikelola secara berkala, misalnya melalui kuota bulanan. Kami biasanya menambahkan buffer time dalam estimasi waktu perjalanan, misalnya sekitar 3 jam lebih lama." (SP, Internal).

Narasumber eksternal dari pihak mitra juga menjelaskan langkah optimasi mereka:

"Strategi kami adalah mengoptimalkan produksi dan meningkatkan akumulasi stok material jadi di workshop kami pada saat musim kemarau. Kami menerapkan sistem buffer stock. Kami juga bermitra dengan beberapa vendor logistik untuk fleksibilitas." (FM, Mitra).

PT Bakti Energi Sejahtera bersama mitra mengoptimalkan operasional rantai pasok dengan mengintegrasikan perencanaan kuota DO bulanan berbasis JIT, penyediaan buffer time logistik, serta pengelolaan buffer stock mandiri oleh mitra. Kombinasi strategi mitigasi waktu di sisi hilir dan akumulasi stok musiman di sisi hulu ini terbukti efektif dalam menjaga kestabilan bauran energi biomassa secara berkelanjutan.

Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis kualitatif Tata Kelola, Struktur, dan Formalisasi Rantai Pasok. Temuan di lapangan menunjukkan bahwa fondasi utama dari rantai pasok biomassa ini bertumpu pada perencanaan strategis yang bersifat top-down dan formal. Rencana target kuota pengadaan stok tidak dibuat secara mendadak, melainkan telah diproyeksikan dalam jangka panjang secara tahunan. Proses penentuan angka target ini pun melewati mekanisme birokrasi korporat yang ketat, di mana persetujuan mutlak dari pemegang saham dan jajaran direksi menjadi legalitas hukum yang wajib dikantongi sebelum operasional berjalan. Setelah target disahkan, struktur distribusi dijalankan melalui model direct shipping atau pengiriman langsung dari lokasi pengolahan hulu menuju PLTU tujuan. Skema struktural yang ringkas ini sengaja dipilih untuk memangkas rantai perantara, mempercepat waktu tempuh, serta mempermudah kontrol pengawasan volume hulu-hilir secara langsung.

Hubungan kerja sama yang formal tersebut kemudian dijaga dan dirawat melalui tema Manajemen Komitmen dan Stabilitas Kemitraan. Sebelum transaksi bisnis harian dimulai, perusahaan membangun landasan kepercayaan lewat evaluasi awal yang menyeluruh terhadap kapasitas produksi, standar kualitas material, dan kesiapan operasional calon mitra di hulu. Semua komitmen ini kemudian diikat secara legal dalam dokumen kontrak kerja sama yang mengatur detail spesifikasi teknis biomassa, kesepakatan harga, hingga skema pembayaran yang transparan. Namun, aspek humanis yang paling menonjol dari tema ini adalah adanya ketergantungan timbal balik yang sehat; para mitra penyuplai lokal bersedia mengikatkan diri dalam sistem

ini karena mereka membutuhkan jaminan pasar yang stabil di tengah ketidakpastian ekonomi. Kebutuhan mitra akan kontrak jangka panjang bukan sekadar urusan administrasi, melainkan jaminan rasa aman yang membuat mereka berani berinvestasi mengembangkan usaha, teknologi pengolahan, dan kesejahteraan pekerja lokal secara berkelanjutan.

Memasuki area taktis di lapangan, efisiensi rantai pasok dikendalikan melalui tema Sinkronisasi Stok dan Ketangkasan Operasional. Perusahaan menerapkan model Just-in-Time (JIT) pada pengelolaan gudang di sisi hilir guna meminimalisir biaya penyimpanan (holding cost) dan risiko pembusukan material biomassa organik. Konsekuensinya, pengaturan aliran masuk pasokan harus dikontrol secara disiplin melalui penerbitan dokumen Delivery Order (DO) berkala setiap bulannya. Pola pembatasan kuota hilir ini menuntut mitra penyuplai di hulu untuk bertindak tangkas dan responsif. Agar tidak terjadi kekosongan pasokan akibat fluktuasi produksi, para mitra berinisiatif membangun dan mengelola buffer stock atau stok pengaman secara mandiri di gudang mereka masing-masing. Sinkronisasi operasional ini menciptakan pembagian peran yang adil, di mana perusahaan mendapatkan efisiensi biaya di hilir, sementara mitra hulu berperan menjadi katup pengaman pasokan energi PLTU.

Ketangkasan di lapangan tersebut diuji lebih jauh melalui kemampuan organisasi dalam Manajemen Risiko dan Mitigasi Gangguan Eksternal. Operasional rantai pasok biomassa tidak luput dari tantangan lingkungan, terutama risiko alam seperti musim hujan yang kerap kali menurunkan kualitas kelembapan bahan baku. Menghadapi hal ini, mitra menerapkan strategi mitigasi dengan mempercepat akumulasi penimbunan stok material kering sebanyak-banyaknya selama musim kemarau sebagai cadangan kritis. Selain kendala alam, hambatan infrastruktur berupa jalan eksternal yang kurang bagus menuju lokasi PLTU diantisipasi secara cermat dengan menyelipkan buffer time atau cadangan waktu perjalanan kurang lebih selama 3 jam di dalam estimasi pengiriman. Kematangan manajemen risiko ini disempurnakan oleh kebijakan mitra yang menggandeng beragam vendor logistik eksternal; fleksibilitas transportasi ini memastikan bahwa ketika salah satu armada mengalami kendala teknis, pengiriman biomassa ke PLTU tidak akan terhenti.

Secara keseluruhan penjelasan diatas adalah untuk mengerucut menjadi dua dimensi utama (*Aggregate Dimensions*) yang menggerakkan seluruh ekosistem ini, yaitu *Strategic & Structural Integrations* serta *Adaptif Operasional Agility*. Dimensi *Strategic & Structural Integrations* membuktikan bahwa stabilitas pasokan energi jangka panjang berhasil dicapai karena adanya keselarasan visi korporat yang kaku dengan kepastian pasar yang humanis bagi pelaku usaha lokal di hulu. Sementara itu, dimensi *Adaptif Operasional Agility* melengkapinya sebagai mesin resiliensi di lapangan, yang menunjukkan bahwa ketidakpastian alam dan kendala infrastruktur jalan dapat ditaklukkan melalui fleksibilitas sistem persediaan, manajemen risiko yang matang, dan kolaborasi logistik yang dinamis. Melalui penggabungan kedua dimensi ini, rantai pasok PT BEST tidak hanya beroperasi sebagai jaringan logistik linier, melainkan telah menjelma menjadi sebuah ekosistem bisnis yang kokoh, tangguh terhadap gangguan, serta bernilai keberlanjutan tinggi bagi perusahaan maupun masyarakat mitra di daerah.

5. Simpulan

Berdasarkan hasil akhir dari analisis saya terhadap penelitian ini secara mendalam mengenai manajemen rantai pasok dan keberlanjutan (*sustainability*) di

PT. Bakti Energi Sejahtera (PT BEST), dapat disimpulkan bahwa terdapat ketidakselarasan yang nyata antara target bisnis formal korporat dengan realitas kapabilitas operasional di tingkat lapangan. Secara struktural dan tata kelola, perusahaan telah memiliki fondasi perencanaan strategis top-down yang solid, di mana target kuota pengadaan tahunan ditetapkan melalui Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP) dengan persetujuan Direksi dan Pemegang Saham, serta didukung oleh model distribusi pengiriman langsung (*direct shipping*) untuk memangkas rantai perantara. Namun, sifat kaku dari target kuantitatif tahunan ini kerap kali berbenturan dengan volatilitas di tingkat hulu, sebab pasokan bahan baku biomassa organik sangat bergantung pada faktor musim dan kondisi alam yang fluktuatif, terutama penurunan kapasitas produksi pengepul saat musim penghujan akibat kendala pengeringan material.

Dinamika lapangan tersebut melahirkan penumpukan risiko persediaan (*buffer stock*) yang tidak seimbang di tingkat mitra hulu, seperti PT. Semesta Rahayu Lestari. Demi mengejar pemenuhan kuota harian yang diamanatkan oleh prinsip sistem Just-In-Time (JIT) korporat untuk meminimalkan biaya penyimpanan hilir, pihak mitra terpaksa mengondisikan gudang penyimpanan mandiri secara swadaya tanpa adanya kepastian penyerapan kuota jangka panjang yang tertulis. Ketimpangan operasional ini diperparah oleh kerentanan jalur logistik darat dan laut terhadap gangguan cuaca ekstrem serta hambatan infrastruktur jalan raya. Ketika material tiba di PLTU dengan kadar air (*moisture content*) yang melonjak akibat paparan cuaca selama perjalanan, sistem pengawasan mutu internal PT BEST yang sangat ketat akan langsung memicu penolakan (*rejection*) material, yang pada akhirnya membebankan kerugian biaya logistik yang masif kepada pihak pemasok hulu.

Walaupun dihadapkan pada hambatan operasional dan risiko teknis yang timpang, aktivitas manajemen rantai pasok ini menunjukkan performa yang luar biasa dari dimensi keberlanjutan sosial dan ekonomi sirkular. Pemanfaatan limbah kayu industri pengolahan dan limbah pertanian secara nyata mampu menciptakan lapangan kerja baru dan menggerakkan roda ekonomi kerakyatan bagi jaringan pengepul lokal di wilayah pedesaan sekitar operasional penyuplai. Sinergi ekonomi sirkular ini memberikan legitimasi sosial yang kuat bagi keberlangsungan bisnis kedua belah pihak. Dengan demikian, efektivitas rantai pasok PT BEST terbukti tidak hanya bertumpu pada dokumen kontrak hitam di atas putih, melainkan digerakkan oleh kombinasi ketangkasan operasional (*adaptive agility*) mitra hulu dan integrasi sistem pemantauan digital real-time PLN EPI untuk menjaga kestabilan bauran energi hijau nasional.

6. Daftar Pustaka

- Ahmudi, A., Garniwa, I., Hudaya, C., Nur, S. M., & Sugiyono, A. (2024). Multi-regional Analysis of Biomass Agriculture Waste Potential and Bio-pellet Development for Electricity in Indonesia. AIP Conf. Proc., 3080(1). <https://doi.org/10.1063/5.0203364>
- Assauri, S. (2008). *Manajemen produksi dan operasi*. Lembaga Penerbit FE UI.
- Ba, B. H., Prins, C., & Prodhon, C. (2018). A generic tactical planning model to supply a biorefinery with biomass. *Pesquisa Operacional*, 38(1), 1–30. <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2018.038.01.0001>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply chain management: strategy, planning, and operation* (6th ed.). Pearson.

- David, E., Kopac, J., Armeanu, A., Niculescu, V., Sandru, C., & Badescu, V. (2019). Biomass—Alternative renewable energy source and its conversion for hydrogen rich gas production. E3S Web Conf., 122. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912201001>
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532-550.
- Gani, A., Erdiwansyah, Munawar, E., Mahidin, Mamat, R., & Rosdi, S. M. (2023). Investigation of the potential biomass waste source for biocoke production in Indonesia: A review. *Energy Reports*, 10, 2417-2438. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.09.065>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy: A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Govindan, K., Raj, A., & others. (2016). Interrelationships of risks faced by third-party logistics service providers: A DEMATEL-based approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 90, 177-195.
- Heizer, J., & Render, B. (2014). *Operations management* (11th ed.). Pearson Education.
- Helal, M. A., Anderson, N., Wei, Y., & Thompson, M. (2023). A review of biomass-to-bioenergy supply chain research using bibliometric analysis and visualization. *Energies*, 16, 1187. <https://doi.org/10.3390/en16031187>
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2022). The Industry 5.0 framework: Viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives. *International Journal of Production Research*.
- Kaygusuz, K. (2009). Bioenergy as a clean and sustainable fuel. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 31(12), 1069-1080. <https://doi.org/10.1080/15567030801909839>
- Kim, S., & Dale, B. E. (2015). All biomass is local: The cost, volume produced, and global warming impact of cellulosic biofuels depend strongly on logistics and local conditions. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*.
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>
- Loy, A. C. M., Kong, K. G. H., Lim, J. Y., & How, B. S. (2023). Frontier of digitalization in Biomass-to-X supply chain: Opportunity or threats? *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 8(2), 101-107. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2023.03.001>
- Lu, J., Ren, L., Zhang, C., Rong, D., Ahmed, R. R., & Streimikis, J. (2020). Modified Carroll's pyramid of corporate social responsibility to enhance organizational performance of SMEs industry. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122456. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122456>
- Makepa, D. C., & Chihobo, C. H. (2026). Waste Management and Logistics for Biomass Supply Chains. In *RSC Green Chemistry* (Vol. 93, pp. 330-349). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781837676781-00330>
- Mola-Yudego, B., Dimitriou, I., Gagnon, B., Schweinle, J., & Kulišić, B. (2024). Priorities for the sustainability criteria of biomass supply chains for energy. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140205>

- Moretti, L., Milani, M., Lozza, G. G., & Manzolini, G. (2021). A detailed MILP formulation for the optimal design of advanced biofuel supply chains. *Renewable Energy*, 171, 159–175. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.043>
- Mottaghi, M., Bairamzadeh, S., & Pishvae, M. S. (2022). A taxonomic review and analysis on biomass supply chain design and planning: New trends, methodologies and applications. *Industrial Crops and Products*, 180, 114747. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114747>
- Mukherjee, A. A., Raj, A., & Aggarwal, S. (2023). Identification of barriers and their mitigation strategies for Industry 5.0 implementation in emerging economies. *International Journal of Production Economics*, 257, 108770. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108770>
- Murdiyati, S., Herat, S., Purwanto, W. W., & Kaparaju, P. (2026). Bioenergy potential for heat and power generation in Indonesia based on biomass resources assessment: Analysis up to 2060. *Biomass and Bioenergy*, 214. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2026.109447>
- Natalia, C., & Astuario, R. (2015). Penerapan Model Green SCOR untuk Pengukuran Kinerja Green Supply Chain. *Metris: Jurnal Sains dan Teknologi*, 16(02), 87-94
- Nguyen, T. Q., Luu, L. Q., Martínez-Ramón, N., Longo, S., Cellura, M., & Dufour, J. (2024). Sustainability and circularity assessment of biomass-based energy supply chain. *Heliyon*, 10(19), e38557. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38557>
- Pardede, P. M. (2005). *Manajemen Operasi dan Produksi*. Yogyakarta: Andi.
- Park, J. I., & Lee, S. (2017). Examining the spatial patterns of green industries and the role of government policies in South Korea: Application of a panel regression model (2006–2012). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 614–623.
- Raj, A., Dwivedi, G., Clegg, B., et al. (2022). Supply chain management during and post-COVID-19 pandemic: Mitigation strategies and practical lessons learned. *Journal of Business Research*, 142, 1125–1137. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.01.010>
- Rezki, A. S., Wulandari, Y. R., Hanifah, W., & Silmi, F. F. (2026). *Energi Terbarukan: Energi Biomassa*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Saeedi, M., Fathollahzadeh, K., Zokaee, M., Jolai, F., & Aghsami, A. (2026). Bi-objective optimization model for biomass supply chains towards net-zero goals: Integrating queuing systems and solar panel technologies. *Environment, Development and Sustainability*, 1-48.
- Salehi, S., Mehrjerdi, Y. Z., Sadegheih, A., & Hosseini-Nasab, H. (2022). Designing a resilient and sustainable biomass supply chain network through the optimization approach under uncertainty and the disruption. *Journal of cleaner production*, 359, 131741.
- Sari, A. P. (2026). Development of a biomass supply chain ecosystem to support co-firing in Indonesian CFPPs for energy transition success. *E3S Web Conf.*, 691. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202669103002>
- Setyawan, H. Y., Sunyoto, N. M. S., Choirun, A., Musyaroh, M., & Arwani, M. (2024). The potential of biochar-slurry fuel from agricultural wastes in Indonesia. *Cogent Engineering*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2307201>
- Sharma, M., Luthra, S., Joshi, S., & Kumar, A. (2021). Industry 4.0 adoption for sustainability in multi-tier manufacturing supply chain in emerging economies. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125013>

- Sugiyono, A., Kuncoro, A. H., Fitriana, I., Yudiartono, Wijaya, P. T., Ridlo, R., Aminuddin, Wibowo, E., Hilmawan, E., & Nurrohim, A. (2025). Strategies Toward Energy Transition in Indonesia: An Assessment of Multi-Regional Biomass Supply for Coal Co-Firing Power Plants. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 47, 43–56. <https://doi.org/10.54337/ijsepm.10514>
- Wang, C.-N., Cao, T.-B.-O., Nguyen, D. D., & Dang, T.-T. (2024). Bi-objective optimization modeling for biomass supply chain planning. *Measurement and Control*. <https://doi.org/10.1177/00202940241226603>
- Yeassin, R., Rashid Adnan, M. M., Ahmed Chowdhury, M. M., Mia, A., Jawad Chowdhury Enan, M. A., & Fuad, M. H. (2025). A comprehensive review of biomass and biofuels and their progress using digital technologies. *Energy Conversion and Management: X*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2025.101254>