

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dry port atau *inland port* adalah sebuah fasilitas logistik yang berfungsi sebagai perantara untuk mengkoordinasikan pengiriman barang dan jasa melalui transportasi darat, terutama kereta api dan truk. Di *Dry port*, pengiriman barang diangkut dari pelabuhan laut atau bandara ke *Dry port* untuk diolah dan didistribusikan ke tujuan akhir melalui jalur darat. Dalam operasinya, *Dry port* memerlukan energi yang cukup besar untuk mendukung kegiatan pengolahan, penyimpanan, dan distribusi barang. Terkait dengan penggunaan energi ini, Efisiensi energi menjadi sangat penting untuk pelabuhan dan terminal karena bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi dan menjadi lebih ramah lingkungan. Pada bulan Oktober 2014, Dewan Eropa mengesahkan target efisiensi energi sebesar 30% dan target 27% untuk pangsa energi terbarukan dalam total konsumsi energi terbarukan di semua sektor pada tahun 2030. (Iris, Çağatay & Lam, Jasmine Siu Lee, 2019)

Sumber energi dunia sudah mengalami beberapa kali perubahan, dari yang awalnya mayoritas menggunakan biomassa seperti kayu bakar untuk memenuhi kebutuhan energinya, berubah menjadi fosil seperti batu bara, minyak dan gas bumi yang dipicu revolusi industri pada tahun 1900-an. Penggunaan energi fosil yang semakin tinggi menyebabkan kenaikan emisi gas rumah kaca sehingga iklim menjadi tidak stabil serta meningkatnya suhu bumi dan permukaan air laut (Pertamina *Enegy Institute*, 2020). Penggunaan energi di Indonesia untuk sektor transportasi merupakan yang paling tinggi yakni sebesar 40%, dilanjutkan dengan sektor industri 36%, rumah tangga 16%, kegiatan komersial 6%, dan sektor lain sebesar 2% (Kementerian ESDM, 2018).

Terkait dengan kegiatan logistik, energi adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi kinerja dan biaya operasional sektor logistik. Energi yang digunakan dalam kegiatan logistik meliputi bahan bakar minyak (BBM), listrik, gas, dan sumber energi terbarukan. Energi ini dibutuhkan untuk menggerakkan moda transportasi, mengoperasikan fasilitas pergudangan dan distribusi, serta mendukung proses digitalisasi dan otomatisasi.

Rantai Logistik atau *Supply Chain* sebagai kumpulan para pelaku usaha yang terlibat dalam serangkaian proses bisnis dalam suatu rantai pasokan, Saat ini persaingannya bukan lagi antara perusahaan dengan perusahaan lainnya, tetapi antara *supply chain*

yang satu dengan *supply chain* yang lainnya (Jumady edy, Fajriah Yana, 2020). Penerapan strategi rantai pasok yang terimplementasi dalam *Green Supply Chain Management* (GSCM) menggeser paradigma era industri baru yang menuntut peran industri dalam menjaga lingkungan dengan mengurangi atau menghilangkan polusi dan limbah, GSCM mewajibkan kegiatan-kegiatan industri untuk meningkatkan keseimbangan antara kinerja dengan isu lingkungan yang melahirkan isu baru seperti penghematan penggunaan energi, dan pengurangan polusi dalam usaha peningkatan strategi daya saing. GSCM telah berkontribusi pada implementasi yang efektif dari eko-efisiensi, sumber energi terbarukan, dan pengembangan yang berkelanjutan dalam sistem supply chain, dalam kluster inovasi serta dalam jaringan industri yang terintegrasi. GSCM melibatkan pengintegrasian tujuan lingkungan dan ekonomi ke dalam manajemen strategi operasi rantai pasokan (Felipe *et al*, 2021)

Sejalan dengan hal di atas, strategi keberlanjutan dan ramah lingkungan telah beralih dari kesadaran menjadi aksi nyata di mata pembuat kebijakan pelabuhan dan komunitas pelabuhan, karena banyak pelabuhan yang terletak di dekat kota-kota di seluruh dunia. Untuk berkontribusi pada keberlanjutan dan perspektif hijau, target untuk mengurangi emisi karbon di perairan pelabuhan dan daerah pendukungnya telah direncanakan untuk dimasukkan ke dalam peraturan pemerintah (Acciaro *et al*, 2020). Pengurangan emisi adalah konsekuensi langsung dari efisiensi energi, elektrifikasi peralatan, penggunaan bahan bakar alternatif dan sumber energi terbarukan. Aspek-aspek ini, bersama dengan efisiensi operasional, merupakan bagian besar dari konsep pelabuhan generasi berikutnya (Hoda Davarzani *et al*, 2016). Di sisi lain, seiring dengan volume transportasi Petikemas yang terus tumbuh, sebagian besar pelabuhan menghadapi masalah kurangnya ruang di terminal pelabuhan serta kemacetan dalam sistem transportasi darat (Chen *et al*, 2021). Akibatnya, distribusi darat telah menjadi bagian yang sangat penting dari globalisasi, transportasi laut dan distribusi barang (Matthew *et al*, 2021).

Berdasarkan uraian diatas, maka dalam proses *Supply Chain* diperlukan suatu konsep konektivitas intra dan antar moda yang mampu memaksimalkan efektivitas pengangkutan berdasarkan prinsip keterpaduan dan menghubungkan pusat-pusat kegiatan wilayah serta memperluas pertumbuhan ekonomi melalui peningkatan aksesibilitas pusat-pusat pertumbuhan ekonomi ke wilayah belakang sehingga mampu mendukung penguatan konektivitas nasional. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan perencanaan *Dry port* yang dapat menunjang pertumbuhan

ekonomi melalui pengangkutan logistik dengan menggunakan Petikemas (Erica Varese, *et al*, 2020)

Dalam penelitian ini penulis mengharapkan pengembangan *Dry port* di Kabupaten Joneponto, Sulawesi Selatan yang dalam tahap pengembangan, dapat menghadirkan Pelabuhan penghubung yang dapat memudahkan proses rantai logistik yang ada. Penggunaan energi yang diperhitungkan berbasis *Supply Chain* di *Dry port* ini, diharapkan dapat menjadi acuan dalam mengembangkan Pelabuhan yang berbasis lingkungan dan berkelanjutan.

Penelitian Terdahulu

Dalam melihat efektivitas atau keberhasilan suatu sistem informasi, banyak sekali model teoritis yang diciptakan oleh para peneliti terdahulu. Tentu karena situasi, kondisi dan tujuan yang berbeda, menyebabkan berbagai macam variasi dalam penelitian. Peneliti mencoba menelaah penelitian – penelitian terdahulu guna membandingkan, melengkapi dan menjadi sumber rujukan, seperti terlampir pada tabel 1.1 berikut ini:

Tabel 1.1. Penelitian Terdahulu

Judul, Penulis, Tahun, Lokasi	Tujuan	Indikator	Hasil Penelitian
Konsep <i>Dry port</i> dan kontribusinya untuk logistik dan analisis terhadap dampak lingkungannya Mustafa Gani dan Arslanoglu Yasin 2024 Pelabuhan di Swedia, Brazil, Cina dan Turki	1. Menganalisis kontribusi <i>Dry port</i> terhadap keberlanjutan logistik, khususnya dampak lingkungan. 2. Menjelaskan peran <i>Dry port</i> dalam mengurangi kemacetan pelabuhan kota, mengalihkan fungsi logistik ke pedalaman. 3. Mendorong penggunaan transportasi ramah lingkungan seperti kereta api dalam sistem transportasi multimoda. 4. Menunjukkan bagaimana <i>Dry port</i> dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan mengurangi emisi.	Beberapa indikator yang menjadi fokus dalam analisis meliputi: 1. Reduksi emisi CO₂ dan gas rumah kaca (GHG). 2. Pengurangan kemacetan lalu lintas di pelabuhan kota. 3. Efisiensi logistik, seperti manajemen inventaris dan konsolidasi kargo. 4. Pemanfaatan moda transportasi ramah lingkungan (terutama kereta api). 5. Kualitas udara dan pengurangan kebisingan di area perkotaan.	1. <i>Dry port</i> terbukti mampu mengurangi emisi dengan mengalihkan pengangkutan dari truk ke kereta api. 2. Kemacetan pelabuhan kota dapat dikurangi karena penanganan kontainer dipindahkan ke pedalaman. 3. Efisiensi rantai pasok meningkat, terutama melalui konsolidasi dan manajemen logistik yang lebih baik. 4. Kualitas hidup masyarakat perkotaan membaik karena berkurangnya polusi dan lalu lintas dari truk logistik. 5. <i>Dry port</i> menjadi lokasi strategis untuk penerapan energi terbarukan, seperti panel surya atau turbin angin. 6. <i>Dry port</i> berpotensi menjadi solusi jangka panjang dalam menghadapi tantangan keberlanjutan sektor logistik global.
Analisis kelayakan eksperimental dan tekno-ekonomi dari teknologi energi terbarukan untuk Pelabuhan Jabal Ali di UEA Hisham M. Elnajjar, Ahmed S. Shehata, A.H. Abdelbaky	untuk menguji kelayakan penerapan potensi angin dan matahari di wilayah tersebut, dibantu dengan model simulasi menggunakan perangkat lunak HOMERTM, dari konsep pelabuhan hijau untuk Pelabuhan Jabal Ali di UEA	Empat skenario digunakan untuk mengetahui efektivitas sistem hibrida. 1. Jaringan listrik 2. Jaringan listrik dengan sistem tenaga surya, 3. Jaringan listrik dengan sistem angin	Sebuah prototipe model eksperimental dinilai serta potensi angin dan matahari di wilayah tersebut, dibantu dengan model simulasi menggunakan perangkat lunak simulasi HOMER. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem PV surya yang diterapkan pada sistem tersebut menghasilkan pengurangan biaya total sebesar 10%. Ketika sistem pembangkit listrik tenaga angin diterapkan, sistem ini mencapai pengurangan biaya sebesar 20,8%, sementara pembangkit listrik tenaga angin dan sistem PV surya mencapai pengurangan biaya sebesar 28,7%. Untuk pekerjaan di masa depan, sebuah model dapat diimplementasikan dengan menggunakan perangkat lunak

Judul, Penulis, Tahun, Lokasi	Tujuan	Indikator	Hasil Penelitian
Elbatran, M.F. Shehadeh 2021 Pelabuhan Jabel Ali di Uni Emirat Arab		4. Jaringan listrik dengan sistem tenaga matahari-angin	dinamika fluida komputasi untuk mensimulasikan perilaku turbin angin dan juga sistem PV surya untuk meningkatkan kinerja desain baru di Pelabuhan Jabel Ali. Selain itu, model eksperimental dapat digunakan sebagai unit yang sama persis dengan struktur skala penuh untuk mengukur daya output.
Penilaian Lingkungan Teknis terhadap Sistem Manajemen Energi di Pelabuhan Cerdas Hoang Phuong Nguyena, Nguyen Dang Khoa Phamb, Viet Duc Bui 2022 Pelabuhan di Belanda, Singapura, Tiongkok dan Vietnam	1. Meninjau dan menilai sistem manajemen energi di pelabuhan dalam kerangka pembangunan berkelanjutan. 2. Mengkaji peran teknologi Industri 4.0 (IoT, AI, Big Data) dalam mendukung efisiensi energi dan pengelolaan lingkungan pelabuhan. 3. Menjelaskan pendekatan teknologi yang digunakan pelabuhan dalam konteks efisiensi energi, pengurangan emisi, dan integrasi energi terbarukan. 4. Memberikan rekomendasi untuk strategi pengembangan pelabuhan berkelanjutan, khususnya dalam aspek energi.	Indikator atau area utama yang dinilai dalam penelitian ini meliputi: 1. Efisiensi konsumsi energi (direct dan indirect energy use). 2. Integrasi sumber energi terbarukan, seperti tenaga surya, angin, dan biodiesel. 3. Sistem manajemen energi (EMS) berbasis AI dan IoT. 4. Pengurangan emisi CO₂ dan polusi lingkungan. 5. Penerapan sistem otomatisasi dan digitalisasi pelabuhan, termasuk sistem navigasi, kontrol akses, dan pengenalan kendaraan/kontainer.	1. Pelabuhan terbukti meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi melalui sistem manajemen energi berbasis teknologi. 2. Port of Rotterdam, Singapore, dan Shanghai telah menerapkan sistem otomatisasi yang mengurangi waktu tunggu dan konsumsi energi hingga 70%. 3. Di Vietnam, sistem Smart Port berbasis AI (oleh Phenikaa MaaS) telah mengurangi waktu berhenti truk kontainer di gerbang pelabuhan hingga 80%. 4. Penerapan IoT dan AI memungkinkan pemantauan real-time terhadap suhu gudang, pergerakan kendaraan, dan kondisi alat berat, sehingga mengurangi pemborosan energi. 5. Penelitian menyimpulkan bahwa pilar energi dan lingkungan adalah kunci keberlanjutan pelabuhan dan perlu diprioritaskan, terutama di negara-negara berkembang. 6. Disarankan perlunya kebijakan dan perencanaan nasional untuk menyatukan sistem pelabuhan dalam satu jaringan cerdas yang terintegrasi.

Judul, Penulis, Tahun, Lokasi	Tujuan	Indikator	Hasil Penelitian
Langkah-langkah teknis dan operasional pelabuhan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan efisiensi energi Anas S. Alamoush, Fabio Ballini, Aykut I. Ölçer 2020 Pelabuhan utama di negara Eropa dan China	mengkaji dan mengkategorikan langkah-langkah teknis dan operasional pelabuhan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan efisiensi energi. Melalui tinjauan sistematis, baik langkah-langkah di sisi pelabuhan termasuk transportasi darat dan penghubung antara kapal-pelabuhan,	1. Pengukuran dari sisi Pelabuhan 2. Tindakan penghubung antara Pelabuhan-Kapal Energi terbarukan	Sebagai permulaan, langkah mitigasi perubahan iklim harus dimulai dengan identifikasi area (cakupan) dan sumber emisi yang harus disertakan. Selanjutnya, pelabuhan harus melakukan inventarisasi energi dan emisi yang pada akhirnya menyoroti penghasil emisi terbesar dan membangun <i>baseline</i> emisi GRK. Peluang untuk perbaikan dapat ditemukan, dan langkah-langkah teknis dan operasi dapat dipilih berdasarkan hasil inventarisasi, yang kemudian dapat dimasukkan (langkah-langkah) dalam strategi pengurangan emisi GRK. Mengingat kebutuhan mendesak untuk mengatasi perubahan iklim, langkah-langkah yang diidentifikasi dalam studi ini memiliki kapasitas tinggi untuk mengurangi emisi GRK Dari perspektif sisi pelabuhan, elektrifikasi, hibridisasi, dan langkah-langkah bahan bakar alternatif memiliki potensi besar untuk dekarbonisasi pelabuhan, terutama jika energi terbarukan dimanfaatkan. Meskipun, pemanfaatan energi terbarukan tampaknya masih marjinal, karena biaya dan kompleksitas teknologi, komitmen para pembuat kebijakan pelabuhan terhadap energi ramah lingkungan dapat memajukan implementasinya. Manajemen energi menjadi penting untuk mengatur elektrifikasi dan hibridisasi konsumen di satu sisi dan secara cerdas mengelola permintaan dan pasokan listrik dari energi terbarukan yang bersifat <i>intermiten</i> di sisi lain. Upaya-upaya tersebut dapat ditingkatkan dengan komitmen terhadap sertifikasi ISO 50001. Meskipun demikian, langkah-langkah efisiensi energi, misalnya lampu LED, menghasilkan manfaat ekonomi selain potensinya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Terdapat langkah-langkah operasional lainnya seperti integrasi dan kerja sama kota pelabuhan, dan kebijakan ramah lingkungan, misalnya pembelian dan penyimpanan serta pemanfaatan karbon, yang dapat memperluas dampak mitigasi perubahan iklim pelabuhan, yaitu menghasilkan pengurangan karbon yang signifikan dengan investasi yang lebih sedikit.

			Terkait dengan pelayaran dan transportasi darat (truk), analisis dalam studi ini mengamati bahwa pelabuhan dapat memainkan peran penting dalam mengubah perilaku pelayaran dan truk untuk pada akhirnya mengurangi emisi GRK dan meningkatkan efisiensi energi mereka dengan mengelola dan menerapkan langkah-langkah yang telah diidentifikasi.
Dry Port: hasil penelitian, tren, dan implikasi di masa depan Alena Khaslavskaya, Violeta Roso 2020 Dry Port di Eropa, Asia dan Amerika	untuk merangkum pengetahuan ilmiah saat ini tentang fenomena tersebut dan untuk mengidentifikasi hasil penelitian, tren, dan implikasi penelitian di masa depan	1. Keandalan dan keterukuran hasil 2. Pengkodean dan analisis	Temuan menunjukkan bahwa area penelitian sebagian besar diwakili oleh kasus-kasus kualitatif dan studi optimasi yang mencakup berbagai aspek pelabuhan kering. Contoh pelabuhan kering di seluruh dunia berbeda berdasarkan lokasi, fungsi, layanan, kepemilikan, dan tingkat kematangan. Meskipun area penelitian ini masih muda dan terpisah-pisah, lima area tematik utama diidentifikasi: perdebatan tentang konsep, dampak lingkungan, dampak ekonomi, dampak kinerja, dan pelabuhan kering dari perspektif jaringan Seratus dua publikasi yang terkait dengan pelabuhan kering diekstraksi dari <i>database Scopus dan Science Direct</i> dan ditinjau untuk mengidentifikasi tema penelitian utama, menilai kondisi pengetahuan ilmiah saat ini, dan menguraikan tren penelitian dan implikasi masa depan. Konsep pelabuhan kering telah mendapatkan perhatian yang signifikan di antara para peneliti di seluruh dunia, terutama karena potensinya untuk meningkatkan transportasi intermoda pedalaman, menghasilkan manfaat ekonomi, dan mengurangi dampak lingkungan. Selain penelitian yang terkait dengan pengembangan konsep pelabuhan kering itu sendiri, studi tentang dampak lingkungan, ekonomi, dan kinerja pelabuhan kering, serta pelabuhan kering dari perspektif jaringan, juga telah dilakukan. Berbagai metode telah digunakan, namun penelitian ini sebagian besar diwakili oleh kasus-kasus kualitatif dan pemodelan kuantitatif serta studi optimasi, dengan sangat sedikit publikasi yang didasarkan pada survei pengirim atau operator transportasi. Perhatian para peneliti ini sesuai dengan ketertarikan industri transportasi terhadap fenomena pelabuhan kering yang diwakili dalam berbagai bentuk di seluruh dunia, yang memenuhi tujuan yang berbeda untuk berbagai pemangku kepentingan. Oleh karena itu, konsep ini harus dipelajari lebih lanjut dengan memasukkan berbagai perspektif aktor

GAP Penelitian

Berdasarkan studi sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Gani dan Arslanoglu (2024) serta Khaslavskaya dan Roso (2020), telah mengkaji peran Dry Port dalam mengurangi kepadatan pelabuhan dan mendorong penggunaan moda transportasi ramah lingkungan. Kajian lain oleh Nguyen et al. (2022) maupun Elnajjar et al. (2021) lebih menitikberatkan pada aspek teknis, seperti manajemen energi dan penerapan sistem energi hibrida di pelabuhan-pelabuhan besar di negara maju. Namun demikian, masih terdapat keterbatasan dalam penelitian yang secara khusus membahas integrasi energi terbarukan dengan sistem rantai pasok dalam operasional *Dry Port*, khususnya pada wilayah berkembang seperti Sulawesi Selatan. Aspek seperti karakteristik geografis, kesiapan infrastruktur, serta keterhubungan antar moda dan kebijakan lokal belum banyak mendapat perhatian dalam studi-studi terdahulu.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengisi kekosongan tersebut melalui tiga pendekatan utama, yaitu:

1. Mengidentifikasi potensi strategis Kabupaten Jeneponto sebagai simpul logistik darat,
2. Menganalisis kebutuhan energi yang sesuai dengan profil operasional Dry Port,
3. Merumuskan model konsep Green Dry Port berbasis energi terbarukan yang terintegrasi dengan sistem logistik daerah.

Novelty Penelitian

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan pengembangan simpul logistik darat yang tidak hanya berorientasi pada efisiensi distribusi barang, tetapi juga pada keberlanjutan energi dan lingkungan. Selama ini, penelitian *Dry Port* di Indonesia umumnya berfokus pada aspek operasional logistik dan konektivitas transportasi, sementara kajian yang mengintegrasikan perencanaan *Dry Port* dengan analisis kebutuhan energi dan pemanfaatan energi terbarukan masih sangat terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini mengkonstruksikan Kabupaten Jeneponto sebagai simpul logistik darat (*Dry Port*) yang strategis dan berfungsi sebagai hub logistik regional yang terintegrasi dengan sistem rantai pasok daerah, serta dianalisis berdasarkan profil beban energi spesifik dari aktivitas operasionalnya. Selain itu, penelitian ini mengembangkan Model Konsep *Green Dry Port* berbasis energi terbarukan yang terintegrasi dengan sistem rantai pasok logistik daerah dan mengusulkan skenario net-zero emission untuk pelabuhan darat di kawasan timur Indonesia. Pendekatan integratif

antara sistem logistik, kebutuhan energi, dan energi terbarukan inilah yang menjadi kebaruan utama dalam penelitian ini.

2.1. Rumusan Permasalahan

Adanya peningkatan secara global terhadap peraturan tentang energi dan keberlanjutan perusahaan yang terlibat dalam logistik maritim, meningkatkan keberlanjutan lingkungan dengan menggunakan rantai transportasi multimoda, bahan bakar alternatif dalam transportasi, dan tuntutan keberlanjutan lingkungan serta menjawab persoalan proses *Supply Chain* dalam wilayah Sulawesi Selatan, maka beberapa pertanyaan penelitian (*research questions*) perlu dijawab dalam rumusan permasalahan ini, adalah:

1. Bagaimana optimalisasi potensi Kabupaten Jeneponto sebagai lokasi *dry port* dilihat dari ketersediaan infrastruktur, alur logistik, dan proyeksi kebutuhan energi?
2. Bagaimana pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan operasional *dry port* di Jeneponto?

2.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisa Potensi Kabupaten Jeneponto sebagai Lokasi *Dry Port* yang berfokus pada analisis infrastruktur yang tersedia, kelancaran alur logistik, serta proyeksi kebutuhan energi untuk mendukung pengembangan *Dry port*.
2. Pemanfaatan Energi Terbarukan untuk Operasional *Dry Port* yang menekankan pada strategi penggunaan sumber energi terbarukan (seperti PLTB atau PLTS) untuk mendukung operasional *dry port* yang efisien dan ramah lingkungan.

2.3. Batasan Masalah

Terkait dengan rumusan permasalahan yang diangkat pada penelitian ini dan untuk mencapai tujuan penelitian serta adanya kebaruan/*novelty* yang dihasilkan, maka, permasalahan penelitian ini akan difokuskan pada:

1. Potensi Propinsi Sulawesi Selatan utamanya Kabupaten Jeneponto, dalam pembangunan *Dry port* Sebagai Model Konektivitas dan Supply Chain Berbasis Lokasi Strategis seperti:

- a. Kabupaten Jeneponto memiliki potensi sebagai hub logistik selatan Sulsel yang terhubung dengan pelabuhan utama (seperti Makassar) dan daerah industri/pertanian.
 - b. skema integrasi multimoda (darat-laut) yang mempercepat distribusi komoditas lokal (seperti hasil pertanian, tambang, atau produk maritim).
 - c. Penggunaan teknologi digital (IoT, *blockchain*) untuk pelacakan rantai pasok (*real-time tracking*) guna mengurangi inefisiensi.
2. Integrasi Dry Port dengan Energi Terbarukan. Kebaruan dapat terletak pada konsep *Green Dry Port* yang mengoptimalkan energi terbarukan (surya, angin, biomassa atau hybrid) untuk operasional logistik, seperti:
 - a. Penggunaan *solar panel* untuk kebutuhan listrik gudang, penerangan, dan peralatan.
 - b. Pemanfaatan energi angin
 - c. Konsep *net-zero emission port* dengan mengurangi jejak karbon melalui energi bersih.

Dengan hasil-hasil ini, penelitian penggunaan energi berbasis *supply chain* di *Dry port* diharapkan dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi penggunaan energi di seluruh rantai pasokan, mengurangi biaya operasional, dan berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh Pelabuhan dan memberikan wacana baru tentang Pelabuhan yang ramah lingkungan.

2.4. Manfaat Penelitian

Penelitian penggunaan energi berbasis *supply chain* di *Dry port* bertujuan untuk mengidentifikasi cara-cara untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi dalam rantai pasokan di pelabuhan. Dengan demikian, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Identifikasi kebutuhan energi

Penelitian ini dapat membantu dalam mengidentifikasi kebutuhan energi di *Dry port* untuk mendorong efisiensi penggunaan energi di seluruh rantai pasokan. Hal ini akan membantu dalam mengevaluasi konsumsi energi saat ini dan membuat rekomendasi untuk mengurangi penggunaan energi.
2. Analisis rantai pasokan

Penelitian ini dapat membantu dalam menganalisis seluruh rantai pasokan di *Dry port* dan mengidentifikasi potensi penghematan energi. Ini dapat mencakup identifikasi metode pengangkutan yang lebih efisien, penggunaan peralatan

yang lebih hemat energi, dan peningkatan proses operasional yang mengurangi konsumsi energi.

3. Penggunaan teknologi

Penelitian ini dapat membantu dalam mengidentifikasi teknologi terbaru dan inovasi untuk mengurangi konsumsi energi di *Dry port*. Ini dapat mencakup penggunaan sistem energi terbarukan, penggunaan alat yang lebih efisien secara energi, dan pengembangan sistem otomatisasi untuk memantau dan mengelola penggunaan energi.

4. Pengurangan biaya

Penelitian ini dapat membantu dalam mengidentifikasi cara untuk mengurangi biaya penggunaan energi di *Dry port*. Hal ini dapat mencakup penghematan biaya bahan bakar, biaya perawatan peralatan, dan biaya operasional lainnya yang berkaitan dengan penggunaan energi.

5. Memberikan masukan kepada pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan dalam melakukan perencanaan untuk memudahkan aksesibilitas dan peningkatan pengangkutan hasil-hasil alam yang menjadi komoditas utama dari Provinsi Sulawesi Selatan.

6. Menambah wawasan ilmiah peneliti terkait dengan perencanaan model *Dry port*. Hasil perencanaan juga diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah bagi kegiatan perencanaan selanjutnya

BAB II KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN

2.1 Kerangka Konseptual

Energi

Energi merupakan faktor penting dalam mencapai pembangunan berkelanjutan (Khan et al., 2020). Energi dunia telah mengalami beberapa perubahan, sejak awal Sebagian besar masyarakat menggunakan biomassa seperti kayu bakar untuk memenuhi kebutuhan energinya, kemudian energi fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam yang dipicu oleh Revolusi Industri 1900-an. Peningkatan penggunaan energi fosil menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca, perubahan iklim, suhu bumi, dan naiknya permukaan air laut (Pertamina, 2020). Banyak peneliti telah menunjukkan bahwa emisi CO₂ merupakan kontribusi terbesar terhadap perubahan iklim yang terjadi antara tahun 1750 dan 2005 (Luo & Wu, 2016).

Visi bisnis ke depan, energi global akan bergeser ke koridor pengurangan emisi, seperti peningkatan kapasitas dan utilisasi pembangkit Energi Baru Terbarukan (EBT), pengurangan penggunaan energi fosil di semua sektor, dan penggunaan kendaraan listrik. Visi ini dikenal sebagai transisi energi. Beberapa negara-negara seperti Korea Selatan, Jepang dan Uni Eropa telah berkomitmen untuk net-zero emisi 2050 dan Tiongkok di tahun 2060 (IEA, 2021).

Perubahan mendasar dari energi fosil ke energi terbarukan akan berdampak penting dalam semua aspek kehidupan, seperti kondisi lingkungan, sosial dan ekonomi (Yang et al., 2021). Kemudian (Wang et al., 2021) meneliti hubungan dampak energi terbarukan terhadap pertumbuhan ekonomi China, yang menunjukkan secara empiris, bahwa tingkat pertumbuhan ekonomi juga berpengaruh terhadap tingkat penggunaan energi terbarukan. Demikian juga (Dogan et al., 2020) menggunakan metode ekonometrika untuk menganalisis dampak konsumsi energi terbarukan terhadap pertumbuhan ekonomi di negara-negara anggota *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD), yang menunjukkan bahwa pengaruh konsumsi energi terbarukan terhadap pertumbuhan ekonomi adalah positif untuk kuantil rendah dan menengah ke bawah, namun pengaruhnya menjadi negatif untuk kuantil menengah dan menengah ke atas.

Indonesia juga sangat konsen terhadap pengembangan penggunaan EBT. Terbukti pada peraturan pemerintah no. 79 tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional (KEN) dan peraturan presiden no.22 tahun 2017 tentang rencana umum energi nasional

(RUEN) memiliki target penggunaan EBT pada tahun 2025 dan 2050 masing masing sebesar 23% dan 31% dari total kebutuhan energi nasional, akan tetapi sampai realisasi tahun 2020 pangsa EBT baru mencapai 11,31% (KESDM, 2021).

Upaya peningkatan pangsa EBT selama ini tampaknya menghadapi tantangan serius, salah satunya harga EBT yang belum bersaing dengan bahan bakar fosil. Kemungkinan besar karena pengembangan EBT masih lambat, ketergantungan terhadap energi fosil, terutama minyak dan gas masih akan terus berlanjut. Berdasarkan uraian tersebut, penting untuk mempertimbangkan ketersediaan migas di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan energi, agar dapat berlanjut di masa mendatang.

Pelabuhan

Definisi Pelabuhan

UU No 17 Tahun 2008 dan Peraturan Pemerintah No 61 Tahun 2009 menyatakan bahwa: Pelabuhan adalah suatu kawasan tertentu yang terdiri atas daratan dan/atau perairan, yang digunakan sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan niaga, serta tempat kapal berlabuh, menaikkan dan menurunkan penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa dermaga dan tempat berlabuh yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan untuk kegiatan pelayaran dan pendukung pelabuhan, serta tempat untuk transfer intra dan antar moda.

Menurut Glen, D., & Strandenes, S. P. (2017), pelabuhan diartikan sebagai berikut: *“A port is a terminal and area within which vessels load or discharge cargo whether at berths, anchorages, buoys, or the like, and shall also include the usual places where vessels wait for their turn or are ordered or obliged to wait for their turn no matter the distance from that area. Usually it has an interface with other forms of transport and in so doing provides connecting services; or it is the left hand side of the ship/aircraft when facing forward.”*

Definisi tersebut menguatkan definisi sesuai regulasi nasional, yang ditunjukkan adanya tempat untuk menangani kapal bermanuver, bersandar, bongkar-muat dan menunggu pelayaran selanjutnya (Triatmodjo, 1996), serta dapat mempertemukan antar moda transportasi laut dan darat dalam satu jaringan (Zhang et al, 2021).

Kegiatan utama di pelabuhan dipilah menjadi dua kegiatan, yaitu kegiatan pengaturan oleh pemerintah dan kegiatan perusahaan oleh institusi bisnis (Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2009). Fungsi-fungsi tersebut diperuntukkan bagi kapal

dan kargo, (awak kapal dan penumpang). Untuk memperjelas pembagian fungsi tugas dan pelaksanaannya, berikut ini dapat dikemukakan sebagaimana gambar berikut.



Gambar 2.1. Pembagian Tugas Otoritas Pelabuhan dan Syahbandar
Sumber: Peraturan Pemerintah No.61 Tahun 2009

Gambar 2.1. menunjukkan bahwa pada saat kapal berada di pelabuhan dilayani oleh dua pelaku utama yaitu pemilik pelabuhan dan pengelola pelabuhan. Tugas Otoritas Pelabuhan adalah mengoordinasikan semua lembaga yang beroperasi di pelabuhan, yaitu. Badan Imigrasi, Badan Kesehatan Pelabuhan, Badan Karantina Hewan dan Tumbuhan, Badan Bea Cukai dan PT. Pelindo menyediakan pelayanan kapal dan barang. Pelayanan untuk kapal meliputi labuh, pandu, tunda, tambat, layanan kargo meliputi: bongkar muat, penyimpanan, konsolidasi mutan, dan pemuatan lanjutan. Pelindo adalah lembaga komersial sedangkan lembaga lainnya adalah lembaga pemerintah. Dari sini dapat disimpulkan bahwa peran otoritas pelabuhan adalah mengkoordinasikan “tugas darat” agar operasional berjalan lancar. Tugas Syahbandar adalah melakukan pengecekan laik laut kapal (secara fisik) dan awak kapalnya agar kapal tersebut memenuhi persyaratan keselamatan dari peraturan maritim internasional. organisasi (IMO). Jadi tugas syahbandar adalah “tugas laut”. Tugas dari masing-masing lembaga tersebut disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2.1. Tugas Institusi Utama di Pelabuhan
Sumber : PP 61/2009

INSTITUSI	TUGAS
Syahbandar	Mengawasi kelaiklautan kapal
Imigrasi	Mengawasi legalitas orang asing
Karantina	Mengawasi legalitas muatan hewan/tumbuhan
Bea Cukai	Mengawasi legalitas muatan ekspor/impor
Kesehatan	Mengawasi Kesehatan awak kapal dan penumpang
Pelindo	Melayani kapal dan barang

Peran Pelabuhan

Pelabuhan telah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat sepanjang sejarah. Berdasarkan penelitian arkeologi, dapat dikatakan bahwa penggunaan pelabuhan secara komersial telah ada sejak dulu. Selama kekaisaran Romawi, sekitar 3500 SM, bekas bangunan pelabuhan ini banyak dijumpai di Laut Tengah, Laut Merah dan Teluk Persia (Mandi, 2015). Belakangan, hasil penelitian Chakrabarti, 2017 menunjukkan bahwa orang India menggunakan pelabuhan Harrapan untuk berdagang dengan orang Mesopotamia pada tahun 2000 SM. Artinya pelabuhan telah sejak lama digunakan untuk pelayaran/perdagangan yang beroperasi dalam kehidupan sosial ekonomi (Yetty dkk, 2022).

Penduduk Nusantara (sebelum era Hindia Belanda) menggunakan pelabuhan untuk berdagang dengan bangsa lain bahkan sampai ke Afrika (Zuhdi, 2016). Begitu pula masyarakat Indonesia sejak kemerdekaan hingga saat ini, menggunakan pelabuhan sebagai infrastruktur transportasi laut untuk mendistribusikan barang antar pulau dan atau ke luar negeri. Pelabuhan berperan sebagai pusat distribusi barang (Zhang et al, 2021 dan Wahyuni, 2025), dimana terjadi perpindahan antar moda transportasi (Glavinovic, et al, 2023).

Kehadiran pelabuhan memudahkan penyebaran hasil produksi, karena tempat tersebut merupakan pusat distribusi (Martinez et al, 2025). Secara sistematis, pelabuhan menjadi objek publik di mana terjadi interaksi antara lembaga pendukung operasi pelabuhan (Notteboom, 2019). Menurut Peraturan Pemerintah No. 61 Tahun 2009, pelabuhan berperan sebagai penyaring terhadap orang asing dan barang yang dilarang masuk ke wilayah Indonesia. untuk orang asing, fungsi ini dilakukan oleh Kantor Imigrasi, dan untuk pengangkutan barang ekspor-impor dilakukan oleh kantor Pabean. Oleh

karena itu pelabuhan berperan sebagai benteng/penyangga terhadap keluar masuknya barang dan orang.

Pelabuhan sebagai fasilitas pelayaran berfungsi untuk melayani kapal, barang, dan penumpang. Sebagai pusat transportasi, kapal, barang dan penumpang, Pelabuhan juga membutuhkan layanan tersebut. Oleh karena itu, pelabuhan berperan sebagai pelayan masyarakat (layanan publik) yang memfasilitasi perdagangan laut pada khususnya (Zainal dkk, 2024).

Peran pelabuhan lainnya adalah untuk menutup kesenjangan antara produsen dan konsumen, karena pelabuhan memfasilitasi pelayaran untuk mengirimkan barang dari titik produsen ke konsumen (Martinez et al, 2025). Karena peran ini, perbedaan harga antara produsen dan konsumen diharapkan tidak terlalu besar/wajar.

Fungsi Pelabuhan

Pelabuhan sebagai bagian utama lalu lintas kapal (Veenstra, 2015) memiliki peran yang dominan, kinerja pelabuhan mempengaruhi produktivitas kapal dalam pelayaran. Menurut Peraturan Pemerintah No. 61 Tahun 2009 dan Wahyuni, 2025 pelabuhan mempunyai 4 fungsi, yaitu sebagai: *gateway*, *link*, *interface* dan *industrial entities*.

A. Gateway

Sebagai *gateway*, pelabuhan berfungsi sebagai pintu gerbang utama untuk masuk keluar orang dan barang dari dan ke pelabuhan (Martinez et al, 2025). Sebagai pintu utama, maka orang dan barang yang masuk-keluar dari dan ke pelabuhan tersebut (Sanchez and Wilmsmeier, 2019) menjalani persetujuan dari instansi pemerintah untuk memastikan legalitasnya. Pelabuhan berfungsi sebagai pintu gerbang yang memfasilitasi perdagangan suatu negara di benua tersebut. Jelas bahwa pelabuhan telah lama menjadi pintu utama perdagangan internasional.

B. Link

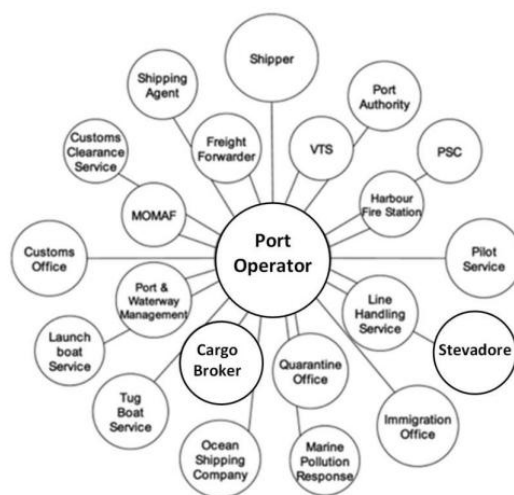
Sebagai *link*, pelabuhan memungkinkan pertukaran barang yang paling efisien antara moda transportasi darat (transportasi darat) dan moda transportasi laut (transportasi maritim) (Sanchez dan Wilmsmeier, 2019). Berdasarkan UNCTAD (1982), pelabuhan berfungsi sebagai penghubung yang menghubungkan jaringan transportasi atau mendistribusikan barang. untuk masuk dan keluar kawasan pabean secepat dan seefisien mungkin (Martinez, 2025).

C. Interface

Barang yang diangkut dengan kapal harus melewati kawasan pelabuhan sekurang-kurangnya dua kali, yaitu di pelabuhan muat dan pelabuhan bongkar (Wahyuni dkk, 2025). Perpindahan barang dari angkutan darat (truk) ke angkutan laut (kapal) terjadi di pelabuhan muat dan sebaliknya di pelabuhan bongkar. Pergerakan barang dengan berbagai moda transportasi disebut antarmoda. Setiap operasi penanganan kargo terdiri dari operasi kapal, operasi penanganan darat, operasi gudang/lapangan penumpukan dan pengiriman barang (Wahyuni, 2025). Memindahkan beban dengan alat angkat dan angkut (*lifting and moving equipment*).

D. Industry Entity

Pelabuhan dapat beroperasi secara efektif jika unit lain mendukungnya, karena pelabuhan merupakan kawasan industri (Martinez et al, 2025) yang terhubung dengan pelabuhan. Entitas tersebut meliputi perusahaan pelabuhan itu sendiri (operator pelabuhan), perusahaan bongkar muat, perusahaan ekspedisi, bank dll (Zhang et al, 2021). Notteboom dkk. (2019), memaparkan fasilitas pelabuhan adalah sistem yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2.2. Sistem Pelabuhan (Notteboom – 2019)

Gambar 2.2. menunjukkan bahwa dalam port service sistem terdiri dari institusi pemerintah dan institusi bisnis. *Shipper dan ocean shipping company* merupakan institusi bisnis, sedangkan *customs office dan immigration office* merupakan institusi

pemerintah / regulator. Menurut Yetty dkk (2022) pelabuhan merupakan kumpulan aktivitas, maka membahas pelabuhan harus dibatasi dari sudut pandang tertentu agar fokus.

Hirarki Pelabuhan

Hirarki pelabuhan terutama didasarkan pada jumlah barang yang ditangani dan infrastruktur pelabuhan. Berdasarkan pertimbangan tersebut, pelabuhan memiliki tiga tingkatan, yaitu pelabuhan utama, pelabuhan pengumpul dan pelabuhan pengumpan (Peraturan Pemerintah No. 61 Tahun 2009). Adapun definisi operasional masing-masing berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor Kp 432 Tahun 2017 tentang Rencana Induk Pelabuhan Nasional adalah sebagai berikut:

A. Pelabuhan Utama

Pelabuhan utama adalah pelabuhan yang tugas utamanya melayani angkutan laut, dalam dan luar negeri, *transshipment* angkutan laut, dalam dan luar negeri dalam jumlah banyak dan sebagai tempat keluar masuk penumpang dan/atau barang serta angkutan antar provinsi.

B. Pelabuhan Pengumpul

Pelabuhan pengumpul adalah pelabuhan yang fungsi pokoknya melayani kegiatan angkutan laut dalam negeri, dalam jumlah menengah dan sebagai tempat asal tujuan penumpang dan/atau barang serta angkutan penyeberangan dengan jangkauan pelayanan antar provinsi. Pelabuhan ini mengumpulkan muatan untuk dikirim ke pelabuhan utama.

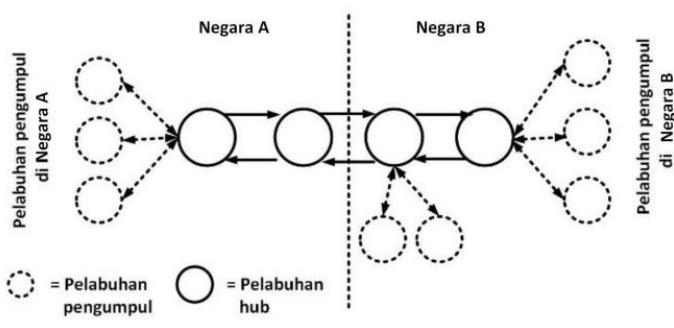
C. Pelabuhan Pengumpan

Pelabuhan pengumpan adalah pelabuhan yang tugas utamanya melayani kegiatan angkutan laut dalam negeri dalam skala terbatas. pelabuhan ini merupakan pintu masuk pelabuhan utama dan pelabuhan pengumpul, serta pintu keluar bagi lalu lintas penumpang dan/atau barang serta penyeberangan dengan pelayanan di provinsi (pengumpan regional) atau kabupaten (pengumpan lokal).

Pelabuhan pengumpan menangani bebannya saat masih mampu, dan jika tidak mampu, ia diumpankan (dikirim) ke pelabuhan pengumpul. Pelabuhan pengumpul akan menangani kiriman dari pelabuhan pengumpan dan jika tidak memungkinkan untuk membawanya (mengirim) ke pelabuhan utama. Pengertian “dikirim” berlaku bagi pemilik barang, dalam hal jumlah besar, tentu saja akan memilih pelabuhan yang sesuai, apakah

pengumpulan, pengumpul atau pelabuhan utama. Pemilik kargo mengetahui pilihan pelabuhan melalui pengirim (*cargo forwarding*) (Vazquez et al, 2024).

Berdasarkan pemikiran Gorbani (2022), hanya ada dua hirarki pelabuhan, yaitu pelabuhan pengumpul dan pelabuhan hub. Tugas pelabuhan pengumpul adalah mengirim barang ke pelabuhan hub suatu negara atau bahkan benua (misalnya Rotterdam di Eropa), setelah itu dikirim lagi dari Rotterdam ke pelabuhan Eropa tengah lainnya. Model seperti ini diharapkan suatu pelabuhan akan mampu untuk mengoptimalkan perannya. Penjelasan tentang hirarki pelabuhan ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2.3. Pelabuhan Pengumpul dan Pelabuhan Hub

Gambar 2.3. menunjukkan pengiriman muatan tidak antar pelabuhan pengumpul yang volumenya sedikit namun antar pelabuhan hub, yang mana di setiap pelabuhan hub dalam satu negara belum tentu mempunyai pelabuhan pengumpul sehingga relasinya antar pelabuhan hub. Pelabuhan hub memperoleh atau mengirim muatan dari dan ke pelabuhan pengumpul. Konsep tersebut diperkuat oleh pemikiran Rodrigue, Comtois, and Slack (2020), bahwa suatu pelabuhan sekarang cenderung mendekat ke pelabuhan yang lebih besar, sebagaimana ide *hub and spoke port*, untuk membangun jaringan dan memperbaiki efisiensi.

Dry port

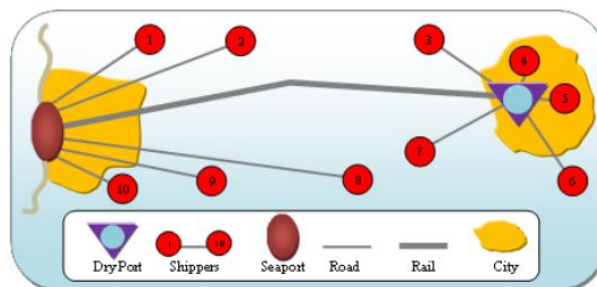
Dry port atau pelabuhan daratan adalah dermaga di darat yang fungsinya mirip dengan dermaga di pelabuhan laut. *Dry port* dapat dianggap sebagai “gerbang yang diperluas” ke pelabuhan laut (Monios et al., 2020). Konsolidasi muatan, penumpukan/ pergudangan dan dokumentasi muatan dilakukan di *Dry port*, kemudian dikirim dengan kereta api atau truk ke pelabuhan untuk selanjutnya dimuat ke kapal dan sebaliknya. Pada prinsipnya, *Dry port* digunakan karena persaingan antar pelabuhan,

sehingga pelabuhan memperpanjang gerbangnya untuk mendekatkan layanan pelabuhan kepada pengguna (Bustam, 2015).

Dry port merupakan suatu lokasi tertentu di daratan dengan batas-batas yang jelas dilengkapi dengan fasilitas bongkar muat, lapangan penumpukan dan gudang serta prasarana dan sarana angkutan barang. Perlakuan terhadap status barang seperti di pelabuhan (*Sea port*). Lokasi tersebut dihubungkan dengan pelabuhan melalui jaringan jalan/rel. *Dry port* didesain sebagai fasilitas yang membantu kerja pelabuhan dalam menangani barang kiriman berupa kontainer. Alur kegiatan yang diselenggarakan juga mengikuti alur kegiatan yang ada di Pelabuhan (Nini Apriani Rumata, Shirly Wunas, Mislih, 2015).

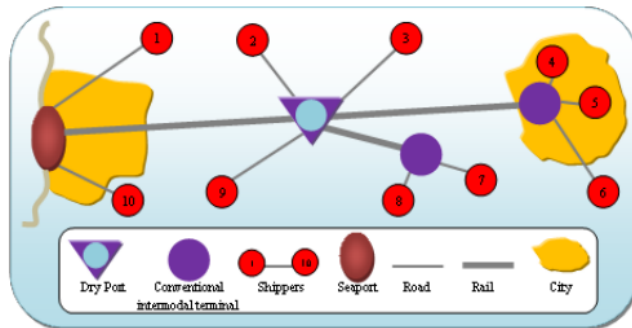
Di beberapa negara, *Dry port* terus dikembangkan karena mampu meningkatkan kinerja dan kapasitas pelabuhan, khususnya untuk angkutan barang. Selain meningkatkan kapasitas dan produktivitas pelabuhan, *Dry port* juga dapat mengurangi kemacetan, mengurangi resiko kecelakaan lalu lintas, mengurangi biaya pemeliharaan jalan, dampak kerusakan lingkungan yang rendah, berperan sebagai terminal Petikemas, serta memperluas akses pelabuhan ke area di luar *hinterland*-nya (Bustam, 2015). Di Indonesia sendiri, pemerintah melalui Cetak Biru Pengembangan Sistem Logistik Nasional (2012) telah merumuskan strategi untuk meningkatkan kinerja sistem logistik nasional diantaranya peningkatan infrastruktur transportasi multimoda dimana optimalisasi *Dry port* menjadi salah satu program yang direncanakan. Ditinjau dari pergerakan/pendistribusian barang melalui *Dry port* dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis pergerakan barang yaitu:

- A. Pergerakan/pendistribusian barang dari *Dry port* didistribusikan ke simpul transportasi disebut dengan *distance Dry port* (gambar 2.4).



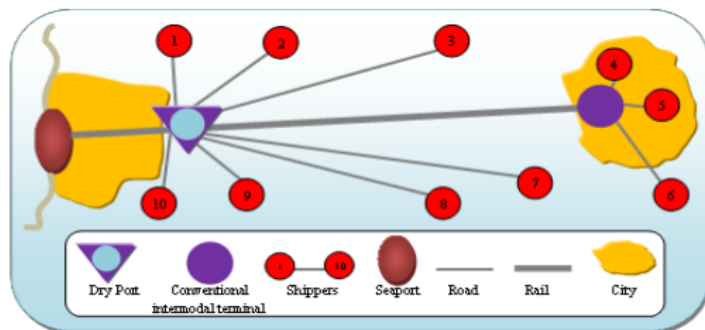
Gambar 2.4. *Distance Dry port* (Puslitbang manajemen transportasi multimoda, Kementerian Perhubungan, 2004)

- B. Pergerakan barang/pendistribusian dari *Dry port* asal langsung ke *Dry port* tujuan dengan memanfaatkan fungsi hinterland disebut dengan *midrange Dry port* (gambar 2.5).



Gambar 2.5. *Midrange Dry port* (Puslitbang manajemen transportasi multimoda, Kementerian Perhubungan, 2004)

- C. Pergerakan barang/pendistribusian dari *Dry port* sebagai input dari berbagai *feeder* terminal yang selanjutnya dilanjutkan didistribusikan ke simpul transportasi pelabuhan disebut dengan *close Dry port* (gambar 2.6).



Gambar 2.6. *Close Dry port* (Puslitbang manajemen transportasi multimoda, Kementerian Perhubungan, 2004)

Energi di *Dry port*

Pada dasarnya energi yang dipergunakan oleh *Dry port* terbagi menjadi 2 parameter utama, (Bakar et al, 2023), yaitu:

- A. Pembangkit Listrik
- B. Konsumsi Energi

Pasokan energi mengacu pada kegiatan yang terjadi di *Dry port* yang memerlukan konversi energi menjadi listrik. Penggunaan energi mengacu pada penggunaan listrik untuk *Dry port* dan kegiatan yang berhubungan dengan *Dry port*, seperti penanganan kargo dan proses industri, logistik, bongkar muat dan kegiatan administrasi. Penggunaan energi dapat di klasifikasikan menjadi:

- Energi yang dibutuhkan untuk aktivitas pelabuhan langsung, seperti terminal, jembatan, gedung administrasi, alat keselamatan, dan penerangan.
- Energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal (bahan bakar yang dikonsumsi dan listrik yang disediakan untuk kapal).
- Energi yang dibutuhkan untuk aktivitas yang terkait dengan pelabuhan dan yang disebabkan oleh pelabuhan, seperti kilang minyak, operasional kereta api, pabrik baja dan logam serta pariwisata.

Besaran energi yang diperlukan untuk pengoperasian *Dry port* sangat tergantung pada ukuran Pelabuhan, aktivitas yang dilakukan dan infrastruktur yang ada. Beberapa faktor yang mempengaruhi kebutuhan energi di pelabuhan meliputi:

A. Operasional kapal

Pelabuhan yang melayani banyak kapal besar dan aktivitas bongkar muat yang intensif akan memiliki kebutuhan energi yang lebih tinggi. Ini termasuk kebutuhan listrik untuk menyediakan tenaga bagi alat-alat berat, seperti derek dan alat angkat lainnya, serta sistem pencahayaan dan penerangan.

B. Pemanfaatan energi di darat

Selain operasional kapal, pelabuhan juga membutuhkan energi untuk mendukung berbagai fasilitas di darat, seperti kantor administrasi, gudang, area parkir, sistem pengolahan air dan limbah, sistem pendingin, dan lain sebagainya.

C. Transportasi

Pelabuhan biasanya memiliki kendaraan operasional, seperti truk dan forklift, yang membutuhkan energi untuk bergerak dan menjalankan fungsi operasionalnya.

D. Fasilitas pendukung

Pelabuhan modern juga sering dilengkapi dengan infrastruktur pendukung, seperti terminal penumpang, area parkir untuk pengunjung, restoran, toko, dan area publik lainnya. Fasilitas ini juga membutuhkan energi untuk beroperasi.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan observasi langsung ke *Dry port* yang sudah beroperasi untuk menentukan besaran energi yang di perlukan untuk mengoperasikan *Dry port* Jeneponto.

Energi Terbarukan dalam Infrastruktur Logistik dan Dry Port

1. Konsep dan Definisi Energi Terbarukan

Energi terbarukan merujuk pada sumber energi yang berasal dari sumber alam yang terus diperbarui, seperti cahaya matahari, angin, biomassa, dan energi gelombang laut, yang tidak habis dipakai dalam jangka waktu pendek dan memiliki jejak karbon yang rendah dibanding bahan bakar fosil. Dalam kerangka transisi energi sistemik, energi terbarukan memainkan peran strategis dalam dekarbonisasi sektor transportasi dan logistik, termasuk operasi pelabuhan dan terminal kargo, karena dapat mengurangi ketergantungan pada jaringan energi berbasis fosil serta menekan emisi gas rumah kaca. Penelitian di sektor maritim menegaskan bahwa penerapan energi terbarukan merupakan komponen kunci dalam mendukung efisiensi energi, keberlanjutan lingkungan, dan kontribusi terhadap target global pengurangan emisi (Yildiz et al, 2024)

2. Energi Terbarukan di Konteks Dry Port

Dry Port sebagai fasilitas logistik terpadu yang menghubungkan hinterland dengan pelabuhan laut memiliki kebutuhan energi yang signifikan untuk menjalankan fasilitas bongkar muat, penyimpanan, dan transportasi kontainer. Berbagai studi tentang pelabuhan menunjukkan bahwa integrasi energi terbarukan seperti PV (*fotovoltaic*), turbin angin, dan sistem penyimpanan energi membantu pelabuhan mengurangi ketergantungan pada generator diesel konvensional sekaligus meningkatkan kinerja energi keseluruhan. Dalam port besar, penerapan sistem energi terbarukan mampu menurunkan emisi karbon sekaligus menurunkan *levelized cost of energy* (LCOE) melalui kombinasi berbagai sumber terbarukan dan teknologi penyimpanan energi (Ahmed et al, 2024).

Penerapan teknologi seperti solar panel atap, turbin angin lepas pantai, dan bahkan potensi energi gelombang laut telah dicatat dalam konteks pelabuhan internasional sebagai opsi untuk menutupi beban energi operasional sambil mengurangi emisi. Konsep ini dapat diadaptasi untuk Dry Port dengan skala yang disesuaikan berdasarkan kebutuhan listrik tahunan dan intensitas energi per unit kargo (Jahanbakhsh et al, 2025)

3. Model Integrasi Energi Terbarukan

Model integrasi energi terbarukan dalam infrastruktur pelabuhan umumnya melibatkan beberapa arsitektur sistem yang dirancang untuk mengoptimalkan penyerapan energi bersih, stabilitas pasokan, dan efisiensi biaya. Salah satu

pendekatan yang banyak dibahas dalam literatur adalah penggunaan sistem energi hibrida (*Hybrid Renewable Energy Systems / HRES*) yang menggabungkan berbagai sumber terbarukan (mis. solar PV, turbin angin), penyimpanan energi (*energy storage systems / ESS*), serta *energy management systems* (EMS) yang mengatur aliran energi agar optimal dari sisi teknis maupun ekonomi. Integrasi ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada jaringan listrik utama, tetapi juga memperkuat ketahanan energi Dry Port terhadap fluktuasi harga energi fosil dan ketersediaan pasokan eksternal (Cholidis et al, 2025).

Selain itu, model integrasi multi energi menggabungkan sumber energi terbarukan dengan sistem inti energi lainnya seperti jaringan grid atau sumber cadangan, yang memungkinkan manajemen beban (*load management*) dan penggunaan energi dalam situasi variabel kondisi cuaca atau harga pasar energi. Pendekatan seperti ini biasanya dibarengi dengan penyimpanan energi di baterai atau hidrogen untuk menjamin ketersediaan pasokan ketika sumber terbarukan tidak menghasilkan energi (Yuan et al, 2024).

4. Tantangan dan Batasan Implementasi

Meskipun potensi energi terbarukan dalam konteks pelabuhan cukup besar, tantangan utama yang dihadapi mencakup aspek teknis, ekonomi, dan regulasi. Secara teknis, intermitensi energi terbarukan seperti solar dan angin memerlukan infrastruktur penyimpanan dan pengelolaan yang canggih agar pasokan stabil dapat dipenuhi. Dari sisi ekonomi, biaya investasi awal untuk teknologi terbarukan dan penyimpanan energi sering kali lebih tinggi dibanding pembangkit fosil, meskipun biaya operasi jangka panjang lebih menguntungkan. Aspek regulasi dan kebijakan juga berperan penting; tanpa insentif atau mekanisme pendukung seperti tarif *feed-in* atau kredit karbon, adopsi teknologi EBT dapat berjalan lambat.

Selain itu, integrasi energi terbarukan memerlukan perencanaan infrastruktur yang matang sehingga manfaatnya dapat diukur dalam penurunan emisi, pengurangan biaya energi tahunan, dan peningkatan ketahanan energi terhadap kondisi eksternal. Hal ini penting menjadi dasar strategi optimalisasi energi pada tahap perencanaan Dry Port (Yildiz et al, 2024).

Index Keterlibatan Energi Terbarukan Dalam Sistem *Dry Port*

Indeks Keterlibatan Energi Terbarukan merupakan ukuran kuantitatif yang menunjukkan sejauh mana sistem operasional *Dry Port* terintegrasi dengan sumber energi terbarukan. Indeks ini dirumuskan untuk mengukur proporsi kontribusi energi terbarukan terhadap total kebutuhan energi operasional dalam suatu periode tertentu. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai (Hashim, 2021):

$$REII = (\text{Total Energi Terbarukan yang Digunakan} / \text{Total Kebutuhan Energi Tahunan}) \times 100\%$$

Dimana:

- Energi terbarukan meliputi PLTB Tolo dan PLTS yang direncanakan.
- Total kebutuhan energi mengacu pada estimasi kebutuhan *dry port* per tahun.

Nilai index ini dapat di kategorikan menjadi:

Tabel 2.2. Index Keterlibatan Energi Terbarukan
Sumber : Green Port Performance Index (GPPI) 2025

Nilai Index	Kategori
Di bawah 25%	<i>Low Integration</i>
25 – 50 %	<i>Moderate Integration</i>
50 – 75 %	<i>High Integration</i>
Di atas 75 %	<i>Transformative Green Port</i>

Dampak Lingkungan

Sektor energi merupakan sektor penting karena selain sebagai penggerak pertumbuhan ekonomi, juga merupakan komoditas ekspor. Namun pertumbuhan ekonomi ini juga dapat berdampak negatif terhadap sumber daya alam seperti air, udara, dan tanah. Dampak negatif dapat bermanifestasi sebagai polusi dari penggunaan energi. Penggunaan energi mencemari lingkungan karena adanya limbah padat, limbah cair dan polutan yang dihasilkan dari pembakaran energi fosil seperti partikulat, SO₂, NO_x dan karbon dioksida (Allifah dkk, 2022).

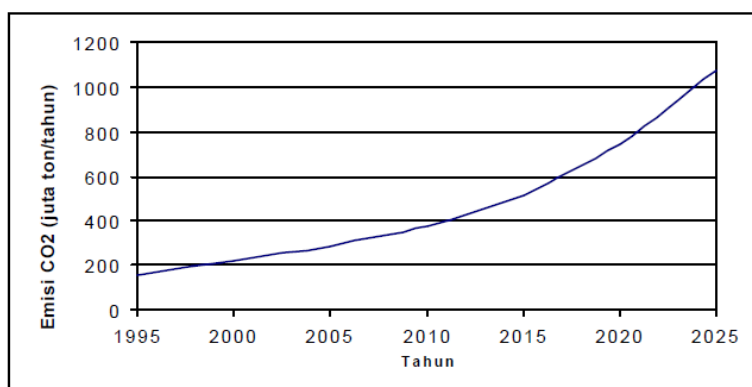
Setelah KTT United Nations Summit bulan Juni 1992 yang diadakan di Rio de Janeiro, isu pemanasan global mendapat perhatian dunia. Beberapa konferensi internasional diadakan setelah KTT tersebut dan hasil pentingnya adalah pertemuan tahunan ketiga COP (Konferensi Para Pihak) yang diadakan di Kyoto pada tahun 1997, yang diselenggarakan oleh UNFCCC (Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim).

Pertemuan tersebut mengadopsi "Protokol Kyoto". Perjanjian tersebut mewajibkan negara maju, yang dikenal sebagai negara Annex I, untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 5% antara tahun 2008 dan 2012, di bawah level tahun 1990. Menurut keputusan ini, banyak negara maju diperkirakan akan kehilangan tujuan pengurangan emisi negaranya. Oleh karena itu, muncullah sistem perdagangan emisi yang dapat diperdagangkan (izin emisi) memungkinkan negara berkembang untuk menjual emisi rendah ke negara maju dengan emisi berlebih.

Dampak Penggunaan Energi

Penggunaan energi fosil menghasilkan emisi seperti partikulat, SO₂, NO_x dan CO₂. Emisi partikel, sulfur dioksida dan nitrogen oksida adalah polutan yang berhubungan langsung dengan kesehatan manusia. Selain itu, masyarakat internasional juga sangat peduli terhadap isu lingkungan global seperti pemanasan global. Emisi karbon dioksida merupakan penyumbang terbesar pemanasan global. Emisi karbon dioksida tidak berhubungan langsung dengan Kesehatan (Liu et al, 2022).

Berdasarkan hasil proyeksi penggunaan energi, proyeksi emisi CO₂ dapat dibuat berdasarkan peraturan emisi yang dikeluarkan oleh IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Gambar 2.7 menunjukkan proyeksi emisi CO₂ dari penggunaan energi di Indonesia untuk periode 1995-2025. Pada tahun 1995, total emisi karbon dioksida adalah 156 juta ton per tahun, dan akan meningkat menjadi 1,077 miliar ton per tahun pada tahun 2025, rata-rata meningkat 6,6% per tahun dalam waktu 30 tahun (Setiawan, 2020)



Gambar 2.7. Proyeksi Emisi CO₂

Pemanasan Global

Efek rumah kaca adalah proses masuknya radiasi matahari, dan karena gas rumah kaca, radiasi tersebut terperangkap di atmosfer, sehingga meningkatkan suhu permukaan bumi. Gas rumah kaca inilah yang menyerap gelombang panas dari sinar matahari dari bumi. Gas rumah kaca yang penting adalah karbon dioksida, metana (CH_4), dinitrogen oksida (N_2O), dan klorofluorokarbon (CFC) (yang dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu: halofluorokarbon (HFC) dan perfluorokarbon (PFC) dan sulfur heksafluorida (SF_6). Penyumbang terbesar pemanasan global adalah CO_2 sebesar 61%, diikuti oleh CH_4 sebesar 15%, CFC sebesar 12%, N_2O sebesar 4%, dan sumber lainnya sebesar 8% (Hillary, 2020). Sumber utama emisi karbon dioksida adalah penggunaan energi dan penebangan hutan.

Radiasi matahari yang terperangkap menghasilkan panas seperti makhluk hidup di bumi. Efek ini sebenarnya tidak buruk. Efek inilah yang memungkinkan adanya kehidupan di bumi. Tanpa efek rumah kaca, suhu rata-rata permukaan bumi tidak akan mencapai 15°C seperti saat ini, melainkan -18°C . Masalahnya adalah jumlah gas rumah kaca meningkat dengan kecepatan yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan global. Peningkatan gas rumah kaca yang berlebihan ini menangkap lebih banyak radiasi daripada yang dibutuhkan kehidupan di bumi, yang menyebabkan fenomena yang dikenal sebagai pemanasan global. Dampak pemanasan global antara lain misalnya naiknya suhu permukaan air laut, perubahan pola iklim seperti curah hujan, perubahan frekuensi dan intensitas badai, serta naiknya permukaan air laut akibat mencairnya es kutub.

Daftar lengkap gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pemanasan global ditunjukkan pada Tabel 2.3. Setiap gas rumah kaca memiliki potensi pemanasan global (GWP) yang diukur sebanding dengan emisi CO_2 dengan nilai 1. Semakin tinggi GWP, semakin merusak.

Tabel 2.3. Tabel Gas Rumah Kaca dan Pemanasan Global

Nama	Rumus Kimia	GWP untuk 100 tahun
Carbon Dioxide	CO ₂	1
Methane	CH ₄	21
Nitrous Oxide	N ₂ O	310
Perfluoromethane	CF ₄	6500
Perfluoroethane	C ₂ F ₆	9200
Perfluorobutane	C ₄ F ₁₀	7000
Sulphur Hexafluoride	SF ₆	23900
HFC-23	CHF ₃	11700
HFC-32	CH ₂ F ₂	650
HFC-43-10	C ₅ H ₂ F ₁₀	1300
HFC-125	C ₂ HF ₅	2800
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1300
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃	3800
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	140
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	2900
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	6300
HFC-245ca	C ₃ H ₃ F ₅	560

Sumber: UNFCCC

Kecenderungan kebijakan pengelolaan energi ke depan akan dipandu oleh paradigma baru untuk menciptakan lingkungan yang sehat melalui program energi bersih. Oleh karena itu, Indonesia dalam Peraturan Pemerintah No.79 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) tahun 2014, bertujuan untuk meningkatkan proporsi EBT yang cukup besar. Pangsa EBT pada tahun 2025 dan 2050 adalah 23-31% dari total kebutuhan energi nasional. Namun, pada 2020 pangsa EBT hanya 11,31 persen. Dengan meningkatnya kebutuhan energi dan lambatnya pertumbuhan EBT, ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, terutama minyak dan gas bumi, menjadi sangat mungkin terjadi.

Selain itu, peramalan distribusi energi Indonesia ke depan tetap fokus pada energi migas berdasarkan skenario *Business as Usual* (BaU) dan *Current Policy* (CP). Meningkatnya permintaan berbanding terbalik dengan menurunnya persediaan dan produksi nasional. Pencapaian ketahanan dan kemandirian energi migas di masa mendatang akan menghadapi banyak tantangan yang memerlukan kebijakan dan strategi yang tepat, termasuk bagaimana menghadapi penurunan produksi migas. Penurunan alami sumur-sumur minyak tua dan rendahnya tingkat keberhasilan eksplorasi minyak dan gas. Ditambah lagi dengan permasalahan infrastruktur migas yang tidak terintegrasi sehingga mengakibatkan perbedaan harga migas antar daerah. Serta faktor ekonomi seperti inflasi dan nilai tukar rupiah.

Ke depan, pengelolaan energi migas tidak lepas dari berbagai tantangan internal dan eksternal. Tantangan yang ada diharapkan jangan dijadikan sebagai hambatan melainkan semangat baru untuk mencapai ketahanan dan kemandirian energi migas nasional dengan kebijakan dan strategi yang tepat. Tantangan ke depan antara lain penurunan produksi migas nasional akibat penurunan alami sumur-sumur tua dan dalam tingkat keberhasilan eksplorasi minyak dan gas. Data migas tahun 2020 menunjukkan sumur-sumur dangkal atau kedalaman di bawah 1000 meter, tempat sumur migas berada, hampir habis. Sekarang minyak harus diekstraksi pada ketinggian 5.000 m di atas permukaan laut. 90 persen cadangan migas di Indonesia bagian barat juga telah dieksplorasi, namun hanya tersisa sumur - sumur tua dengan kadar air tinggi atau komposisi air lebih tinggi dari komposisi minyak. Jadi kecenderungan eksplorasi migas ada di Indonesia bagian timur atau di lepas pantai. Kondisi geologis yang sulit, biaya tinggi, dan risiko tinggi membuat eksplorasi tidak optimal. Kondisi geologis Indonesia menghasilkan rata-rata tingkat keberhasilan survei kurang dari 50%. Tingkat keberhasilan yang rendah dalam pencarian sumber harus didukung oleh kegiatan pencarian yang aktif dengan tegas. Oleh karena itu, sektor hilir masih menjadi tantangan yang memerlukan perhatian lebih.

Tantangan berikutnya menyangkut kebijakan fiskal. Dalam hal ini, pemerintah sebenarnya memiliki kewenangan penuh untuk menetapkan kebijakan perpajakan, seperti model pengelolaan hulu migas, mengatur tingkat distribusi dan royalti, mengatur perpajakan migas dan melaksanakan peraturan lain yang mempengaruhi investasi di sektor minyak dan gas. Karena permintaan akan penelitian sangat besar, diperlukan langkah-langkah yang tepat untuk mencapai keseimbangan antara upaya peningkatan penerimaan pajak dan kemauan untuk berinvestasi. Ketika pemerintah melonggarkan kebijakan fiskal dengan harapan akan menimbulkan peningkatan investor dan pendapatan baru, negara sedang dalam resesi. Di sisi lain, Indonesia dapat menjadi tidak menarik bagi investor minyak dan gas jika pemerintah memperketat perpajakan, yang menyebabkan pendapatan pemerintah lebih tinggi dalam jangka pendek. Dalam jangka panjang, hal ini dapat berimplikasi pada keberlanjutan produksi migas. Indonesia memiliki sejarah perminyakan yang cukup panjang dan karena itu infrastrukturnya cukup memadai. Namun, kedaulatan energi Indonesia seringkali menjadi masalah. Daerah perbatasan negara ini seringkali tidak dapat diakses dalam hal infrastruktur, yang menyebabkan kelangkaan bahan bakar dan harga tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa permasalahan infrastruktur khususnya di daerah 3T yang belum terintegrasi (Terdepan, Terpencil dan Tertinggal) harus segera diatasi (Priandoyo, Anjar. 2016). Kemudian faktor

ekonomi seperti inflasi dan rupiah juga akan menjadi tantangan ke depan. Nilai tukar rupiah terhadap dolar sangat berpengaruh karena sebagian besar transaksi migas menggunakan mata uang dolar. Sebagai net importir minyak, tentu negara akan mengalami kerugian akibat nilai tukar yang tinggi, karena cadangan devisa semakin menipis sebagai pembayaran atas impor minyak.

Logistik Maritim

Menurut CSCMP (*Council of Supply Chain Management Professional, 2018*) logistik didefinisikan sebagai bagian dari manajemen rantai pasokan yang mengalir dan menyimpan barang, jasa, dan informasi terkait antara titik asal dan titik konsumsi untuk memenuhi kebutuhan klien profesional. Tujuannya adalah untuk meminimalkan biaya perusahaan dan memaksimalkan kepuasan pelanggan dengan mengoordinasikan aliran bahan dan informasi seefisien mungkin dan memberikan layanan kepada pelanggan tepat waktu dan dengan harga yang wajar.

Sebagai salah satu komponen utama sistem logistik, transportasi laut bertanggung jawab atas pergerakan dan penanganan barang melintasi lautan, sehingga menghubungkan jaringan transportasi yang luas antara produsen dan pelanggan. Dari sudut pandang ini, transportasi laut dapat dianggap sebagai bagian strategis dari sistem integrasi logistik. Berdasarkan kepentingan strategis transportasi laut, Gulmez mendefinisikan konsep logistik maritim sebagai suatu proses di mana pergerakan barang dan informasi yang berkaitan dengan transportasi laut direncanakan, dilaksanakan dan dikelola (Gulmez et al, 2021). Logistik maritim tidak hanya mencakup kegiatan yang berkaitan dengan transportasi laut seperti pengiriman, transportasi laut, transportasi kargo dan bongkar muat, tetapi juga layanan logistik lainnya seperti pergudangan, gudang, manajemen gudang, penyediaan pusat distribusi, kontrol kualitas, pengujian, perakitan, kemasan, kemas ulang, perbaikan, koneksi darat, dan penggunaan kembali.

Sistem logistik terdiri dari tiga elemen kunci yaitu pelayaran, pengoperasian pelabuhan/terminal dan pengiriman barang (Notteboom, 2021). Fungsi utama dari sistem distribusi adalah pergerakan. Pengiriman barang dari satu pelabuhan ke pelabuhan lainnya, dikategorikan pengiriman yang berhasil, jika mampu menyediakan layanan logistik lain untuk mendukung pengiriman dan arus logistik, mis. layanan penjemputan, pemberitahuan pengiriman, layanan perlakuan khusus untuk pelanggan "*Incoming/Outgoing Bill of Lading (B/L)*", pemantauan Petikemas dan informasi serta layanan antar moda adalah tugas utama operasi Pelabuhan/terminal memuat/membongkar kargo ke/dari kapal dan mempersiapkan kargo untuk dikirim ke

tujuan akhir dengan transportasi darat. Untuk memastikan bahwa kargo dikirim dengan lancar dan cepat ke tahap berikutnya dari sistem logistik, operasi pelabuhan / terminal dalam sistem logistik modern tidak hanya melibatkan pemuatan / pemuatan kargo ke / dari kapal, tetapi juga berbagai layanan bernilai tambah termasuk pergudangan, penyimpanan dan pengemasan dan pengaturan pedalaman (Kaur et al., 2020). Pengangkutan barang dengan pihak ketiga yang terlibat dalam proses pengangkutan laut untuk mengelola proses perdagangan internasional yang kompleks yang dikenal dengan pengiriman barang. *Freight Forwarder* adalah orang atau perusahaan yang menyelenggarakan pengangkutan barang atas nama penjual atau pembeli. Dalam banyak kasus, pengirim barang juga akan menggabungkan beberapa pengiriman kecil menjadi satu yang lebih besar untuk mengambil keuntungan dari tarif pengiriman yang lebih baik. Dalam kebanyakan kasus, perusahaan ekspedisi akan memikul tanggung jawab hukum sebagai pengangkut barang (Balci and Dogu, 2020).

Komponen logistik maritim

Untuk memahami masalah perutean dan perencanaan serta merumuskan model logistik maritim, kita perlu mempertimbangkan komponen utama yang tercantum dalam Tabel 2.4. Komponen utama tersebut dimodifikasi oleh Song, Z., & Jin, J. G. (2025) mempertimbangkan parameter tambahan seperti tipe kapal yang heterogen, kapal multi-lambung dan kapasitas penyimpanan pelabuhan. Seperti yang terlihat, komponen yang terdaftar hanyalah parameter dan batasan masalah yang paling penting yang harus dipertimbangkan. Ada atau tidak adanya komponen dalam model ditentukan oleh situasi tertentu yang mungkin memerlukan batasan tambahan yang tidak tercantum dalam Tabel 2.4, seperti jumlah minimum waktu bongkar muat atau kebutuhan waktu bongkar muat, terutama untuk instalasi produk yang berbeda. Sebagian besar masalah pengiriman harus mempertimbangkan sebagian besar komponen yang tercantum dalam tabel, yang membuat masalah menjadi sangat sulit.

Tabel 2.4. Komponen Utama Transportasi Maritim
(Song, Z., & Jin, J. G. (2025))

Kategori Utama	Komponen
Kargo	tipe dari kargo kuantitas masing-masing kargo pelabuhan muat untuk setiap tipe kargo pelabuhan kirim untuk setiap tipe kargo time-window constraints on load and delivery times
Pelabuhan	Jumlah pelabuhan Kedalaman navigasi air Jarak antar pelabuhan Lama muat dan bongkar untuk setiap tipe kargo Kapasitas simpat untuk setiap tipe kargo Fasilitas yang dibutuhkan untuk bongkar muat kargo tertentu
Kapal	kapasitas kompartemen jumlah kapal jenis (heterogen atau homogen) pembatasan port atau kanal kecepatan maksimum lokasi di awal horizon penjadwalan waktu ketersediaan
Ongkos	tarif sewa iuran pelabuhan dan kanal kapal menganggur dan biaya demurrage biaya operasi untuk kapal dalam armada - kru - Bahan bakar bunker - Pembilasan antar beban - perawatan dan perbaikan - biaya pelabuhan

Karakteristik Logistik Maritim

Li dan Lim, 2020 menunjukkan karakteristik logistik maritim, yang membuat rute dan jadwal transportasi maritim dengan cara yang berbeda dengan Transportasi darat.

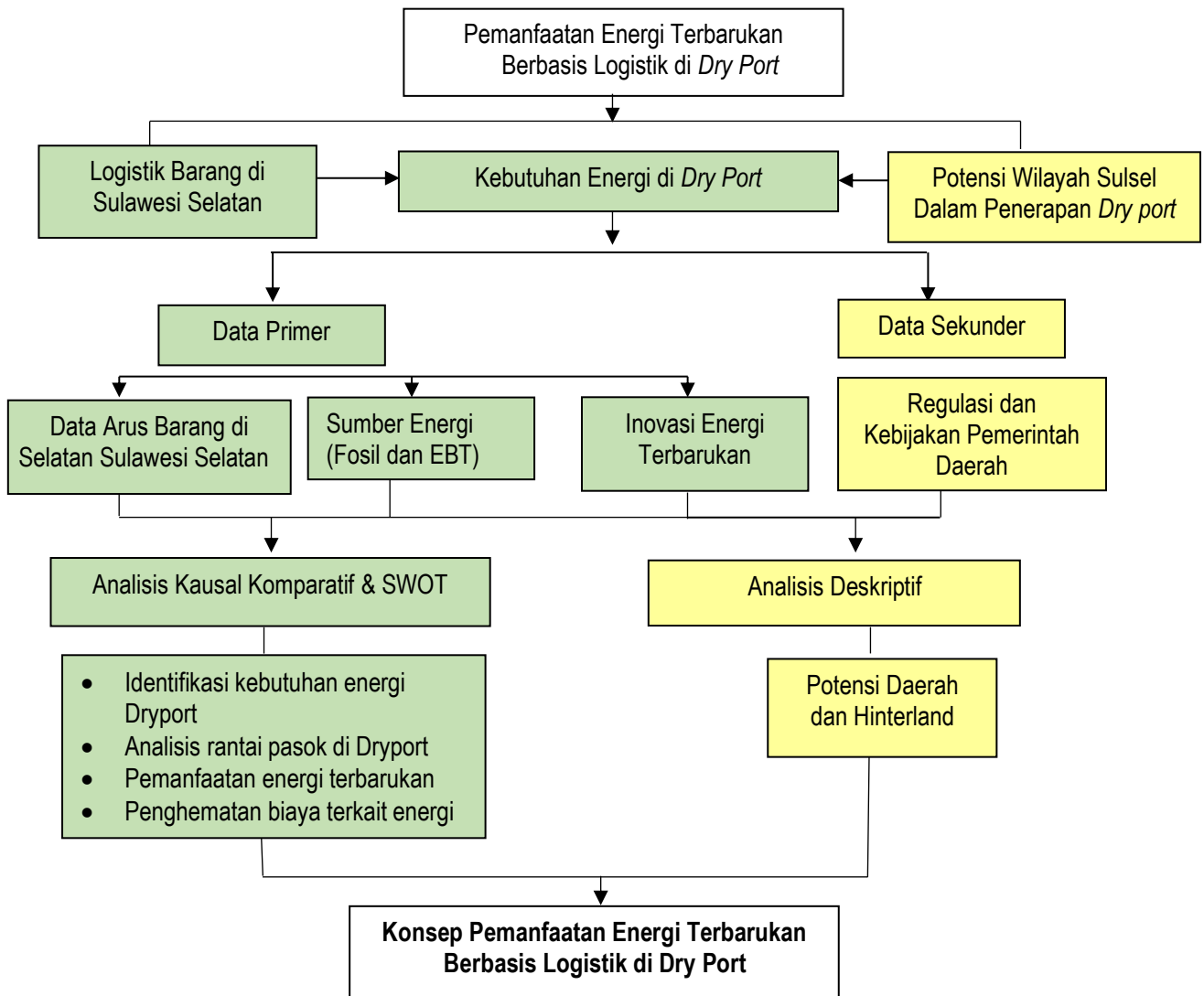
- A. Pelabuhan (simpul dalam jaringan transportasi) biasanya multifungsi, berfungsi sebagai titik pasokan, titik permintaan, pusat distribusi dan pusat antar moda, semua tergantung pada kargo, kapal, dan fasilitas pelabuhan.
- B. Dibandingkan dengan rute kendaraan, relatif sedikit kapal dan pelabuhan yang terlibat.
- C. Kapal cenderung melakukan perjalanan jarak jauh dengan kecepatan yang relatif rendah, dan mereka dapat melakukan perjalanan 24 jam sehari selama berminggu-minggu pada suatu waktu. Oleh karena itu, transportasi laut biasanya tidak memiliki cakrawala perencanaan yang kritis. Secara umum, solusi optimal

(rute dan jadwal) bervariasi sesuai dengan perubahan dalam horizon perencanaan, dan efek acak meningkat ketika horizon perencanaan memanjang. Merupakan standar untuk menetapkan cakrawala perencanaan sesuai dengan periode fiskal bisnis. Atau, seseorang dapat mempertimbangkan periode waktu yang bermakna atau menerapkan konsep horizon bergulir. Selain itu, kapal yang berbeda pada rute yang sama berbeda dalam kinerja.

- D. Transportasi laut mengalami ketidakpastian besar karena ketergantungannya yang relatif tinggi pada kondisi cuaca. Perkiraan waktu perjalanan dan biaya adalah masalah yang sulit dibandingkan dengan rute darat, karena angin, arus, dan kondisi cuaca mempengaruhi waktu perjalanan (karenanya, waktu perjalanan mungkin tidak sebanding dengan jarak perjalanan). Dalam kasus-kasus ekstrem, seorang kapten dapat memutuskan untuk mengubah rute atau bahkan untuk melabuhkan perjalanan di pelabuhan yang aman karena cuaca buruk.
- E. Perbedaan lain antara penjadwalan kapal dan kendaraan adalah bahwa dalam penjadwalan kapal, ukuran armada adalah faktor yang jauh lebih penting. Ini karena biaya pengoperasian satu kapal tambahan memiliki dampak yang jauh lebih besar pada solusi daripada satu kendaraan lagi.
- F. Kedalaman air pelabuhan juga memainkan peran penting dalam menentukan ukuran dan kapasitas kapal. Pelabuhan tertentu hanya dapat menerima kapal tertentu tergantung pada kedalaman air dan dermaga yang mereka miliki. Dalam perencanaan transportasi jangka panjang maritim biasanya set kapal biasanya ditugaskan ke pelabuhan tetap tertentu. Oleh karena itu operasi maritim memiliki rute yang tidak fleksibel karena sifat pelabuhan.

Kerangka Konseptual

Berdasarkan rumusan masalah penelitian yang telah dijelaskan dan berbagai kajian pustaka serta kajian dari penelitian sebelumnya, maka disusun suatu kerangka konseptual sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.8 sebagai berikut:



Gambar 2.8. Kerangka Konseptual Penelitian

Ket : : Penelitian 1
 : Penelitian 2

2.2 Hipotesis Penelitian

Beberapa contoh hipotesis penelitian yang berkaitan dengan penggunaan energi berbasis *supply chain* di Pelabuhan, adalah:

A. Hipotesis 1

Terdapat potensi penghematan energi yang signifikan dalam operasional *supply chain* di pelabuhan melalui penerapan teknologi yang lebih efisien.

Hipotesis ini mengasumsikan bahwa dengan mengadopsi teknologi yang lebih efisien, seperti penggunaan peralatan yang lebih hemat energi atau pengoptimalan penggunaan bahan bakar, pelabuhan dapat mengurangi konsumsi energi dalam proses *supply chain* mereka.

B. Hipotesis 2

Kebijakan dan praktik manajemen energi yang lebih baik dapat menghasilkan efisiensi energi yang lebih tinggi di pelabuhan.

Hipotesis ini berpendapat bahwa dengan menerapkan kebijakan yang mendukung penggunaan energi yang efisien dan mengadopsi praktik manajemen energi yang baik, pelabuhan dapat mengoptimalkan penggunaan energi dalam aktivitas *supply chain* mereka.

C. Hipotesis 3

Pemanfaatan sumber energi terbarukan dalam operasional *supply chain* di pelabuhan dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca.

Hipotesis ini berfokus pada penggunaan energi terbarukan, seperti energi surya atau energi angin, sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dalam memenuhi kebutuhan energi di pelabuhan. Hipotesis ini menyatakan bahwa dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan, pelabuhan dapat mengurangi dampak lingkungan dari operasional *supply chain* mereka.

Jenis dan Rancangan Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian dan pengembangan yang bersifat desain, yang meliputi penelitian deskriptif dan penelitian kausal komparatif. Tujuan dari kedua jenis penelitian ini adalah untuk memberikan penjelasan dan gambaran tentang berbagai fenomena yang ada dan membandingkannya dengan teori dan data yang ada dari lapangan dan pihak terkait. Fenomena tersebut dapat berupa bentuk dan karakteristik tempat penelitian, maupun

dalam berbagai perubahan berdasarkan fakta yang ada. Sedangkan berdasarkan jenis datanya penelitian merupakan gabungan dari penelitian secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif.

Penelitian Deskriptif

Menurut Martaria (2022) Penelitian Deskriptif adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variabel mandiri, baik satu variabel atau lebih (independen) tanpa membuat perbandingan, atau menghubungkan dengan variabel yang lain.

A. Pendekatan Kuantitatif

Menurut Ali (2022) metode penelitian kuantitatif merupakan penelitian empiris di mana data adalah dalam bentuk sesuatu yang dapat dihitung/angka. Penelitian kuantitatif memperhatikan pada pengumpulan dan analisis data dalam bentuk numerik.

B. Pendekatan Kualitatif

Saputra dan Sunarya (2024) menjelaskan bahwa penelitian kualitatif adalah salah satu prosedur penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa ucapan atau tulisan dan perilaku orang-orang yang diamati.

C. Penelitian Kausal Komparatif

Tujuan dari penelitian kausal komparatif adalah untuk mengetahui kemungkinan sebab dan akibat berdasarkan pengamatan dari efek yang ada dan menduga faktor sebagai penyebab melalui pengumpulan informasi tertentu.

Populasi, Besar Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel

Pemilihan responden dilaksanakan berdasarkan teknik purposive sampling dengan pertimbangan bahwa responden adalah pelaku yang berperan dalam kebijakan pengembangan daerah, sistem logistik daerah, pemangku kepentingan terkait penggunaan dan pemilihan jenis energi yang akan digunakan dalam lingkup *Dry Port*. Hasil dari data responden ini akan digunakan sebagai dasar Analisa deskriptif kualitatif dan analisis SWOT.

Sampel untuk Analisis Kualitatif

Menurut Maiss (2025) bahwa *Purposive sampling* adalah teknik sampling yang digunakan peneliti jika peneliti mempunyai pertimbangan-pertimbangan tertentu di dalam

pengambilan sampelnya atau penentuan sampel untuk tujuan tertentu. Teknik sampling kebetulan atau *accidental* sampling adalah teknik penentuan sampel berdasarkan faktor spontanitas, artinya siapa saja yang secara tidak sengaja bertemu dengan peneliti dan sesuai dengan karakteristik (ciri-cirinya), maka orang tersebut dapat digunakan sebagai sampel (responden). Sampel yang diambil berasal dari *stakeholder* yang paling memegang peranan dalam perencanaan pembangunan dan aktivitas logistik daerah.

Sampel untuk SWOT

Pemilihan responden dilakukan melalui *purposive sampling* yaitu. pilihan yang disengaja, mengingat responden adalah aktor pengembangan wilayah, swasta dan masyarakat. Responden ini adalah responden yang terlibat langsung atau yang cenderung memiliki keterampilan dan pemahaman yang relevan dengan masalah yang diteliti. Sehingga saat pengujian, derajat validitas responden hanya mengacu pada nilai yang konsisten dan tidak konsisten. SWOT yang digunakan terdiri dari dua jenis responden yaitu:

A. Responden analisis pengembangan dan logistik daerah

Responden kunci dalam analisis pengembangan dan logistik daerah ini terdiri atas 100 responden yang mewakili komponen masyarakat, pemerintah daerah dan akademisi.

B. Responden Analisis Penggunaan Energi di *Dry Port*

Responden kunci dalam analisis penggunaan dan pemilihan energi di *Dry Port* adalah:

- Komponen regulator penggunaan dan pemilihan energi di Pelabuhan yang diwakili oleh instansi terkait
- Komponen operator penggunaan dan pemilihan energi di Pelabuhan terkait
- Komponen pengguna energi di Pelabuhan Terkait
- Komponen akademisi terkait Pelabuhan, Logistik dan Energi

Variabel Penelitian

Menurut Sugiarto (2017), variabel penelitian adalah karakter yang dapat diobservasi dari unit amatan yang merupakan suatu pengenalan atau atribut dari sekelompok objek. Maksud dari variabel tersebut adalah terjadinya variasi antara objek yang satu dengan objek yang lainnya dalam kelompok tertentu.

Variabel Bebas

Potensi sumber energi terbarukan lokal, Teknologi efisiensi energi (elektrifikasi, smart grid), Dukungan kebijakan daerah.

Variabel Terikat

Kebutuhan energi operasional, Penghematan biaya energi, Pengurangan emisi CO₂, Tingkat penetrasi energi terbarukan.

Variabel Kontrol

Skala operasional (luas area, throughput TEU), Harga energi, Kebijakan tarif listrik.

Definisi Operasional

Beberapa definisi operasional yang terkait dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

A. *Dry Port*

Dry Port atau adalah sebuah fasilitas logistik yang berfungsi sebagai perantara untuk mengkoordinasikan pengiriman barang dan jasa melalui transportasi darat, terutama kereta api dan truk.

B. *Supply Chain*

Supply chain adalah sebuah sistem yang menghubungkan perusahaan dengan pemasok dan pelanggan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk atau jasa

C. *Hinterland*

Hinterland adalah tanah atau kabupaten di belakang batas-batas suatu pantai atau sungai

D. Terminal

Terminal adalah sebuah prasarana transportasi untuk keperluan menurunkan dan menaikkan penumpang, perpindahan intra dan/atau antar moda transportasi serta mengatur kedatangan dan pemberangkatan kendaraan umum.

E. Energi Fosil

Energi fosil merupakan energi yang berasal dari alam seperti fosil-fosil yang menghasilkan gas, batu bara dan minyak bumi, matahari, air, dan angin merupakan sumber energi yang sangat penting dalam kehidupan umat manusia karena sifatnya yang dapat menggerakkan berbagai hal di dunia.

F. Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan. Energi terbarukan juga bisa didefinisikan sebagai sumber energi yang berasal dari alam yang dapat digunakan dengan bebas, dapat diperbarui terus-menerus, dan tak terbatas.

Bahan Penelitian

Untuk melakukan penelitian penggunaan energi berbasis *supply chain* di pelabuhan, berikut adalah beberapa bahan yang dibutuhkan:

A. Sumber daya manusia

Peneliti, anggota tim penelitian, dan responden (petugas pelabuhan, manajemen pelabuhan, pengusaha, dll.).

B. Akses ke pelabuhan

Izin untuk mengakses pelabuhan yang akan diteliti.

C. Data dan informasi

Data penggunaan energi yang terkait dengan aktivitas *supply chain* di pelabuhan, seperti konsumsi energi peralatan dan mesin, pola distribusi barang, laporan operasional pelabuhan, dll.

D. Pertanyaan survey, wawancara dan kuisioner

Menyusun pertanyaan yang relevan untuk mendapatkan informasi yang diperlukan dari responden.

E. Perangkat pengukuran energi

Alat pengukur energi (misalnya, *kilowatt-hour meter*) untuk mengumpulkan data penggunaan energi secara akurat.

F. Komputer dan laptop

Digunakan untuk analisis data, pemrosesan statistik, dan penulisan laporan.

G. Perangkat lunak analisis data

Misalnya, Microsoft Excel, SPSS, atau perangkat lunak statistik lainnya untuk menganalisis data yang dikumpulkan.

H. Perangkat lunak simulasi

Jika diperlukan, perangkat lunak simulasi dapat digunakan untuk memodelkan dan menguji strategi penghematan energi di pelabuhan.

Instrumen Penelitian

Berikut adalah beberapa contoh instrumen penelitian yang dapat digunakan untuk menyelesaikan penelitian penggunaan energi berbasis *supply chain* di pelabuhan:

- A. Analisis data historis tentang penggunaan energi di pelabuhan yang dapat diperoleh dari catatan operasional pelabuhan atau sistem pemantauan energi yang ada.
- B. Laporan kegiatan pelabuhan, termasuk data penggunaan energi dan statistik operasional.
- C. Informasi tentang regulasi dan kebijakan terkait energi yang berlaku di pelabuhan.

Instrumen penelitian yang digunakan dibuat relevan dengan tujuan penelitian dan dapat menghasilkan data yang diperlukan untuk analisis penggunaan energi dalam *supply chain* di Pelabuhan.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Jeneponto, Propinsi Sulawesi Selatan, *Container Port* NPCT 1 Tanjung Priok, Jakarta, Samudra Indonesia *Container Port* di Jakarta dan Cikarang *Dry Port* Kabupaten Cikarang Propinsi Jawa Barat dengan berorientasi kepada potensi daerah Kabupaten Jeneponto sebagai wilayah pengembangan *Dry Port* dalam mendukung rantai logistik barang di wilayah selatan Propinsi Sulawesi Selatan dan penggunaan energi yang ada di *Dry Port* Jeneponto, Sulawesi Selatan.

Rencana *Dry Port* Kab. Jeneponto terletak di Desa Bontorappo, Kec. Tarowang, Kab. Jeneponto, *Container Port* NPCT 1 Tanjung Priok terletak di Jakarta, Samudra Indonesia *Container Port* juga berlokasi di Jakarta, sedangkan Cikarang *Dry Port* terletak di Cikarang, Jawa Barat, Indonesia. Secara administratif, Cikarang *Dry Port* berada di Desa Sukaresmi, Kecamatan Cikarang Selatan, Kabupaten Bekasi.

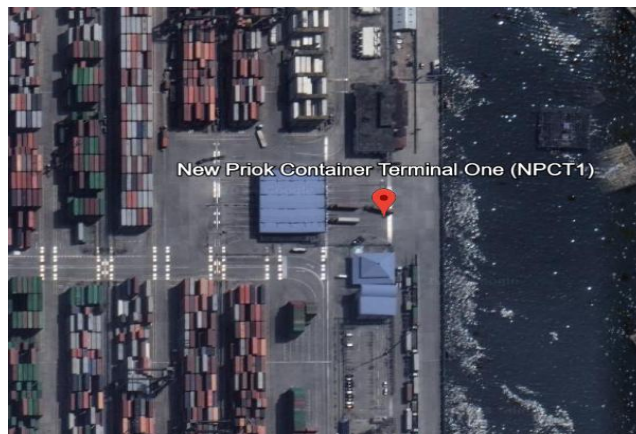
Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah selama kurang lebih 9 (sembilan bulan) terhitung mulai Agustus 2023 sampai April 2024.



Gambar 2.9. Kondisi Eksisting Rencana Lokasi *Dry Port* Jeneponto, Sulawesi Selatan



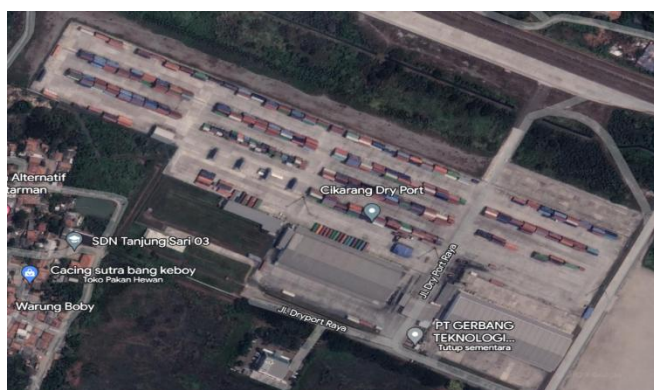
Gambar 2.10. Rencana Lokasi *Dry Port* Jeneponto, Sulawesi Selatan
Sumber (Google Earth 2024)



Gambar 2.11. Container Port NPCT 1, Jakarta
Sumber (Google Earth 2024)



Gambar 2.12. PT. Prima Nur Panurjwan (Samudra Indonesia Container Port)
Sumber (Google Earth 2024)



Gambar 2.13. Peta Lokasi Penelitian Cikarang Dry Port, Jawa Barat
Sumber (Google Earth 2024)

Tabel 2.5. *Time Schedule Penelitian*

Kegiatan	2023-2024								
	Agsts	Sept	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr
Bab I-IV									
Seminar Proposal									
Survey Lapangan									
Pengambilan Data di Instansi Terkait									
Analisa dan Komparasi Data									
Arahan Penelitian									
Kesimpulan dan Saran									

Prosedur Pengambilan dan Pengumpulan Data

Penelitian ini akan melibatkan pengambilan pengumpulan data terkait potensi wilayah Kabupaten Jeneponto dalam penerapan konsep *Dry Port* dan penggunaan energi di pelabuhan, termasuk konsumsi energi dari peralatan dan mesin yang digunakan dalam proses *supply chain*. Data ini akan dianalisis untuk mengidentifikasi potensi wilayah, *hinterland*, penghematan energi dan mengidentifikasi kebutuhan energi di *Dry Port*.

Prosedur pengambilan dan pengumpulan data akan dilaksanakan sebagai Berikut:

A. Survei

1. Kuesioner untuk mengumpulkan informasi tentang potensi daerah dan jenis peralatan yang digunakan di pelabuhan, seperti mesin bongkar muat, derek, *forklift*, truk, dll.
2. Pertanyaan terkait penggunaan energi peralatan, seperti konsumsi bahan bakar, penggunaan listrik, atau jenis energi yang digunakan.
3. Pertanyaan tentang proses operasional yang berkaitan dengan penggunaan energi, misalnya jadwal bongkar muat kapal, frekuensi pengisian bahan bakar, dan jam operasional peralatan.

B. Wawancara

1. Pedoman wawancara dengan petugas pelabuhan, manajemen pelabuhan, dan pihak terkait lainnya.

2. Pertanyaan terkait kebijakan dan praktik manajemen energi yang sedang dilakukan di pelabuhan.
 3. Pertanyaan tentang tantangan dan hambatan dalam mengoptimalkan penggunaan energi dalam *supply chain* di pelabuhan.
- C. Observasi langsung
1. Pengamatan langsung terhadap berbagai aktivitas *supply chain* di pelabuhan.
 2. Mencatat penggunaan energi peralatan dan mesin selama proses pemuatan, pembongkaran, pergudangan, dan transportasi internal.
 3. Pencatatan waktu dan durasi penggunaan energi peralatan untuk menghitung konsumsi energi total.

Adapun data-data yang akan di gunakan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah:

A. Data Primer

Data primer adalah informasi yang diperoleh dari sumber asli atau pertama. Data ini merupakan hasil pengamatan langsung di lapangan. Informasi utama yang diperlukan adalah:

1. Kondisi fisik lahan di Kabupaten Jeneponto
2. Kondisi sistem transportasi logistik di Sulawesi Selatan
3. Kondisi ketersediaan sumber dan jenis energi yang akan di gunakan di *Dry Port*
4. Kondisi lingkungan yang terkait penggunaan energi di *Dry Port*

B. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang telah tersedia sebelumnya, seperti data hasil penelitian dan kajian terkait penelitian ini. Adapun data sekunder yang dibutuhkan adalah:

1. Jumlah arus logistik barang di bagian selatan propinsi Sulawesi Selatan
2. Moda transportasi yang digunakan dalam sistem logistik di Sulawesi Selatan
3. Rencana Tata Ruang wilayah Sulawesi Selatan
4. Rencana induk pembangunan *Dry Port* di kab. Jeneponto
5. Infrastruktur logistik di Sulawesi Selatan
6. Ketersediaan sumber energi di Sulawesi Selatan
7. Energi yang di gunakan di *Dry Port*

Analisis Data

Hasil penelitian diolah dan dianalisis dengan menggunakan:

- A. Analisis deskriptif yang digunakan untuk meringkas, menggambarkan, dan menginterpretasikan data secara numerik maupun grafis. Tujuan utama dari analisis deskriptif adalah memberikan gambaran yang jelas tentang karakteristik utama dari data yang diamati.
- B. Analisis Kausal Komparatif, juga dikenal sebagai metode perbandingan kasual atau metode pembandingan, digunakan untuk menganalisis hubungan sebab-akibat antara variabel dengan membandingkan kelompok atau kasus yang berbeda. Metode ini bertujuan untuk mencari pola atau faktor yang mungkin menjadi penyebab perbedaan dalam variabel yang diamati.
- C. Metode SWOT (*Strenght Weakness Oppurtunity Tangible*) adalah sebuah teknik yang digunakan untuk melakukan analisis dan pengambilan keputusan terkait kekuatan, kelemahan, peluang dan tantangan dari suatu proyek Pembangunan.

Bagan Kerangka Operasional

Tabel 2.6. Bagan kerangka operasional

