



Analisis Transportasi dan Distribusi Energi di PT. Freeport Indonesia

Sangbua Dinsol Pirade

Universitas Kristen Indonesia, Indonesia

Email: 2305190011@ms.uki.ac.id

Keywords:

Energy Transportation; Electricity Distribution; PT. Freeport Indonesia; Steam Power Plant; High-Speed Power Plant; Papua

Abstract

This study analyzes the energy transportation and distribution system at PT. Freeport Indonesia, which operates in a remote area of Papua with extreme geographical conditions. The purpose of the study is to identify the energy transportation modes used, operational challenges, and the electrical energy distribution system of PT. Puncak Jaya Power. The study uses a qualitative descriptive method with a case study approach. Data were obtained through direct observation, a study of PT. Puncak Jaya Power's internal documents in 2024, and a literature study related to national energy regulations. The results show that PT. Freeport Indonesia uses six modes of energy transportation: pipelines, trucks, tankers, electric trains, belt conveyors, and helicopters. The main obstacles include difficult geographical terrain, extreme weather, and security factors in the red zone due to armed criminal groups. For electricity distribution, the company operates a dual-frequency system of 50 Hz and 60 Hz with a 230 kV SUTT along 118 km from Portsited to Tembagapura. PT. Puncak Jaya Power manages 3 PLTU units, 6 PLTD units, and 14 Dual Fuel Power Plant units with a total capacity of 401.75 MW. Research recommendations include optimizing belt conveyors, accelerating the transition to dual-fuel PLTMG, and implementing smart grid technology to increase efficiency and reduce carbon emissions in accordance with ESDM Regulation No. 12/2015.

Kata Kunci:

Transportasi Energi; Distribusi Listrik; PT. Freeport Indonesia; PLTU; SUTT; Papua

Abstrak

Penelitian ini menganalisis sistem transportasi dan distribusi energi di PT. Freeport Indonesia yang beroperasi di wilayah terpencil Papua dengan kondisi geografis ekstrem. Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi moda transportasi energi yang digunakan, tantangan operasional, serta sistem penyaluran energi listrik dari PT. Puncak Jaya Power. Penelitian menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Data diperoleh melalui observasi langsung, studi dokumen internal PT. Puncak Jaya Power tahun 2024, dan studi literatur terkait regulasi energi nasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PT. Freeport Indonesia menggunakan enam moda transportasi energi yaitu pipa, truck, kapal tanker, kereta listrik, konveyor belt, dan helikopter. Kendala utama meliputi medan geografis sulit, cuaca ekstrem, dan faktor keamanan di zona merah akibat kelompok kriminal bersenjata. Untuk distribusi listrik, perusahaan mengoperasikan sistem frekuensi ganda 50 Hz dan 60 Hz dengan SUTT 230 kV sepanjang 118 km dari Portsited ke Tembagapura. PT. Puncak Jaya Power mengelola 3 unit PLTU, 6 PLTD, dan 14 unit Dual Fuel Power Plant dengan total kapasitas 401,75 MW. Rekomendasi penelitian mencakup optimalisasi konveyor belt, percepatan transisi ke PLTMG dual fuel, dan penerapan teknologi smart grid untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi karbon sesuai Permen ESDM No. 12/2015.

PENDAHULUAN

Sistem transportasi merupakan gabungan dari dua definisi, yaitu sistem dan transportasi. Sistem adalah suatu bentuk keterikatan antara satu variabel dengan variabel lain dalam tatanan

yang terstruktur, sedangkan transportasi adalah suatu usaha untuk memindahkan, menggerakkan, mengangkut, atau mengalihkan orang atau barang dari suatu tempat ke tempat lain. Dalam konteks energi, transportasi menjadi tulang punggung penyaluran bahan bakar, listrik, dan sumber daya vital lainnya dari titik produksi menuju titik konsumsi (Inc., 2022; Kadir, 2010; Mineral, 2019; Power, 2024).

Sektor transportasi tumbuh dan berkembang seiring dengan peningkatan perekonomian nasional. Transportasi merupakan sarana penting bagi masyarakat modern untuk memperlancar mobilitas manusia dan barang (Marsudi, 2016; Mineral, 2015; Pabla, 2011). Tanpa sistem transportasi yang andal, kegiatan industri, perdagangan, dan pelayanan publik akan terhambat. Hal ini terutama berlaku pada sektor pertambangan yang membutuhkan pasokan energi kontinu dalam jumlah besar untuk operasional 24 jam.

Transportasi menciptakan dan meningkatkan tingkat aksesibilitas dari potensi-potensi sumber alam dan luas pasar (P. T. F. Indonesia, 2026a, 2026b). Sumber alam yang semula tidak dimanfaatkan akan terjangkau dan dapat diolah menjadi komoditas bernilai ekonomi. Di wilayah terpencil seperti Papua, peran transportasi energi menjadi krusial karena menentukan keberlangsungan operasional perusahaan sekaligus kesejahteraan masyarakat sekitar yang ikut memanfaatkan infrastruktur tersebut (Papua, 2023).

PT. Freeport Indonesia merupakan salah satu perusahaan tambang tembaga dan emas terbesar di dunia yang beroperasi di kawasan pegunungan Papua dengan elevasi mencapai 4.000 meter di atas permukaan laut. Kondisi geografis yang ekstrem, curah hujan tinggi, kabut tebal, serta risiko longsor dan gempa bumi menjadikan transportasi energi di wilayah ini sebagai tantangan multidimensi. Diperlukan kombinasi berbagai moda transportasi untuk memastikan pasokan bahan bakar fosil, gas, dan listrik tetap stabil (Stevenson & Grainger, 1994; Sullivan et al., 2019; Wartsila, n.d.).

Ketersediaan energi yang andal menjadi prasyarat mutlak bagi keberlanjutan produksi. Setiap gangguan pada rantai pasok energi dapat menyebabkan downtime pabrik pengolahan, smelter, dan fasilitas pendukung lain yang berdampak langsung pada kerugian miliaran rupiah per jam (K. E. dan S. D. M. R. Indonesia, 2009; Zuhail, 1995). Oleh karena itu, PT. Freeport Indonesia mengandalkan enam moda transportasi energi utama: pipa untuk slurry dan bahan bakar, truck untuk solar dan B30, kapal tanker untuk pengiriman dari luar Papua, kereta listrik untuk tambang bawah tanah, konveyor belt untuk batubara dan ore, serta helikopter untuk wilayah yang tidak terjangkau jalur darat.

Selain itu, penelitian mengenai sistem distribusi listrik pada perusahaan pertambangan di Indonesia masih terbatas pada aspek teknis pembangkit tanpa membahas keterkaitan antara moda transportasi energi, sistem transmisi, faktor keamanan, dan tantangan geografis secara terintegrasi. Penelitian Marsudi (2016) dan Pabla (2011) lebih banyak mengulas sistem pembangkitan dan transmisi listrik secara umum, sedangkan penelitian mengenai sistem frekuensi ganda 50 Hz dan 60 Hz pada area pertambangan terpencil masih sangat minim ditemukan dalam publikasi ilmiah nasional maupun internasional. Padahal, sistem frekuensi ganda yang diterapkan PT. Puncak Jaya Power merupakan bentuk adaptasi teknologi yang penting dalam mendukung operasional tambang modern dengan standar peralatan berbeda. Keterbatasan penelitian tersebut menunjukkan adanya kesenjangan ilmiah yang perlu dikaji lebih mendalam melalui pendekatan studi kasus pada PT. Freeport Indonesia.

Urgensi penelitian ini semakin meningkat seiring dengan tuntutan global terhadap transisi energi bersih dan efisiensi distribusi energi pada sektor industri. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2015 mewajibkan penggunaan biodiesel pada sektor energi dan industri untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Kebijakan tersebut mendorong perusahaan pertambangan untuk melakukan transformasi sistem energi melalui penggunaan pembangkit dual fuel dan teknologi smart grid yang lebih ramah lingkungan. Di sisi lain, kondisi geografis Papua yang sulit dijangkau menyebabkan distribusi energi menghadapi risiko tinggi berupa gangguan cuaca, keterbatasan akses transportasi, hingga ancaman keamanan pada wilayah tertentu. Jika sistem distribusi energi mengalami gangguan, maka aktivitas operasional tambang dapat terganggu dan berpotensi menyebabkan kerugian ekonomi yang besar bagi perusahaan maupun negara. Oleh sebab itu, diperlukan kajian komprehensif terkait sistem transportasi dan distribusi energi yang mampu mendukung keberlanjutan operasional industri pertambangan di wilayah ekstrem.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan integratif yang menggabungkan analisis moda transportasi energi, sistem distribusi listrik frekuensi ganda, serta tantangan geografis dan keamanan dalam satu kajian komprehensif. Penelitian ini tidak hanya membahas aspek teknis distribusi energi, tetapi juga mengevaluasi efisiensi operasional setiap moda transportasi berdasarkan fleksibilitas, dampak lingkungan, keamanan, jangkauan, dan efisiensi biaya. Selain itu, penelitian ini juga menyoroti implementasi transisi energi melalui penggunaan Dual Fuel Power Plant (DFPP) dan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) sebagai bagian dari strategi pengurangan emisi karbon di PT. Freeport Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini memberikan perspektif baru mengenai pengelolaan energi pada industri pertambangan modern di wilayah terpencil yang memiliki tantangan multidimensional.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem transportasi dan distribusi energi di PT. Freeport Indonesia, mengidentifikasi tantangan operasional yang dihadapi, serta mengevaluasi efektivitas sistem distribusi listrik yang diterapkan oleh PT. Puncak Jaya Power. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat teoritis berupa pengembangan kajian mengenai sistem distribusi energi pada kawasan pertambangan terpencil, serta manfaat praktis bagi perusahaan dalam meningkatkan efisiensi distribusi energi, memperkuat keandalan sistem transmisi listrik, dan mempercepat implementasi energi ramah lingkungan. Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi pemerintah dan industri pertambangan dalam merumuskan strategi pengelolaan energi berkelanjutan yang adaptif terhadap tantangan geografis, keamanan, dan transisi energi global.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus pada PT. Freeport Indonesia. Data yang digunakan terdiri dari data primer dan data sekunder yang diperoleh melalui tiga teknik pengumpulan data. Pertama, observasi dilakukan secara langsung terhadap sistem transportasi dan distribusi energi di area kerja PT. Freeport Indonesia, mulai dari wilayah lowland hingga highland, mencakup fasilitas PLTU, PLTD, dan DFPP yang dikelola PT. Puncak Jaya Power. Kedua, studi dokumen dilakukan dengan mengumpulkan data dari dokumen internal PT. Puncak Jaya Power tahun 2024, laporan operasional PT. Freeport Indonesia, serta publikasi resmi terkait infrastruktur kelistrikan dan transportasi energi. Ketiga,

studi literatur dilakukan dengan mengkaji jurnal, artikel ilmiah, dan regulasi pemerintah seperti Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2015 tentang pemanfaatan biodiesel. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan analisis komparatif untuk membandingkan keunggulan dan kelemahan setiap moda transportasi energi, yaitu pipa, truck, kapal tanker, kereta listrik, konveyor belt, dan helikopter, berdasarkan kriteria fleksibilitas, dampak lingkungan, jangkauan, efisiensi biaya, keamanan, dan kecepatan. Analisis teknis juga dilakukan terhadap sistem distribusi listrik frekuensi 50 Hz dan 60 Hz serta efisiensi jaringan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 230 kV dan 115 kV yang digunakan PT. Freeport Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Transportasi Energi

Ketersediaan energi merupakan elemen yang sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia, dan menjadi kebutuhan mutlak untuk menunjang pembangunan berkelanjutan. Tantangannya bagi Indonesia adalah bagaimana Indonesia bisa mengantisipasi ketergantungannya pada energi fosil dengan secara simultan juga mengembangkan sumber energi terbarukan.

Energi fosil Indonesia (batu bara, minyak bumi, dan gas alam) bukanlah energi terbarukan. Potensi energi terbarukan di Indonesia sangat berlimpah, dan potensinya berbeda-beda di setiap daerah. Pemanfaatan energi terbarukan yang masih terbatas perlu didorong lebih agresif dengan berbagai terobosan, seperti terobosan kebijakan, pendanaan, teknologi, dan sumber daya manusia, karena energi adalah hajat hidup kita semua dan energi terbarukan akan membuat pembangunan berkelanjutan menjadi lestari.

Dalam pengembangannya, walaupun energi terbarukan lebih ramah lingkungan dari pada energi fosil, tetap diperlukan adanya kerangka pengaman (*safeguard*) untuk memastikan dampak lingkungan dan jejak karbonnya minimal.

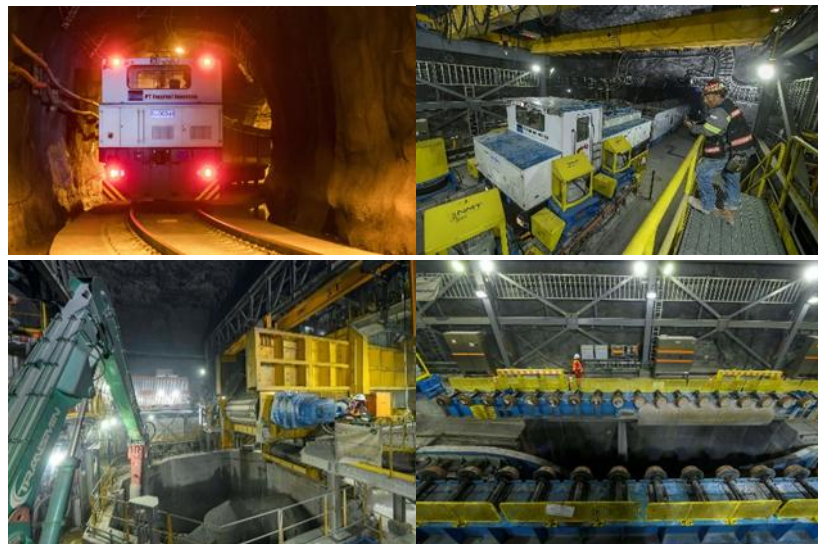
Untuk transportasi energi itu sendiri untuk di bagian bumi cendrawasih papua cukuplah sulit khusus dibagian pedalaman papua. Banyak tantangan dan kendala yang harus dihadapi untuk pendistribusian energi terkhusus minyak tanah, gas dan bahan bakar untuk kendaraan. Ada beberapa kendala yaitu akses jalan, keamanan, dan biaya. Contohnya adalah pendistribusian bahan bakar kendaraan, minyak tanah untuk kebutuhan rumah tangga, pendistribusian bahan makanan. Pendistribusian pasokan energi ke pedalaman harus menggunakan helikopter, pesawat cesna, dan truck. Pesawat cesna merupakan transportasi yang paling utama digunakan dalam mendistribusikan berbagai macam kebutuhan yang diinginkan seperti mendistribusikan bahan makanan, minyak tanah, bahan bakar kendaraan, dan untuk akomodasi parah warga untuk pergi berjualan ke kota dan juga untuk mengantar pasien yang dirujuk dari pedalaman ke kota.



Gambar 1. Pendistribusian material emergency menggunakan helicopter



Gambar 2. Pendistribusian Minyak menggunakan kapal Tanker



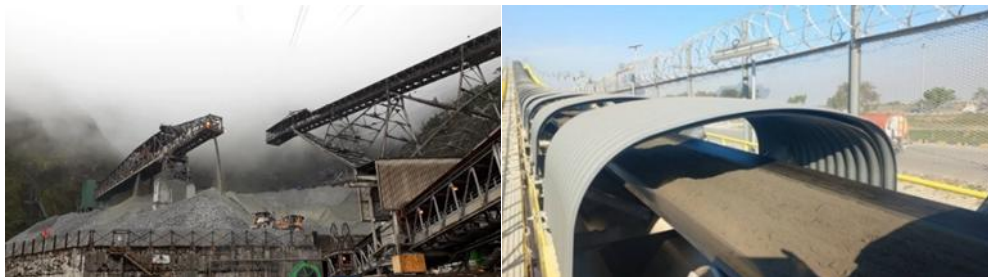
Gambar 3. Pendistribusian Bahan Batuan menggunakan kereta listrik bawah tanah



Gambar 4. Pendistribusian konsentrat milik PT. Freeport Indonesia menggunakan Kapal Mother Vessel (MV) Unitama Lily ke smelter baru Freeport di Gresik



Gambar 5. Pendistribusian konsentrat milik PT. Freeport Indonesia menggunakan pipa



Gambar 6. Pendistribusian konsentrat milik PT. Freeport Indonesia menggunakan Konveyor Belt



Gambar 7. Pendistribusian material ore milik PT. Freeport Indonesia menggunakan truck

Transformasi disektor transportasi merupakan cerminan dari perkembangan kebutuhan untuk menghadirkan solusi dari permasalahan yang ada. PT. Freeport Indonesia Bersama pemerintah daerah dan pemerintah pusat bekerja sama untuk membantu mewujudkan dan melaksanakan program pemerintah dengan cara membangun infrastruktur pembangunan agar perputaran ekonomi bisa membaik dan juga untuk transportasi khususnya di pedalaman papua bisa berjalan dengan lancar, baik itu dalam pendistribusian bahan bakar kendaraan, minyak tanah, dan bahan makanan. Namun ada beberapa kendala dan tantangan. Jalan yang menghubungkan antar provinsi sementara dalam proses pekerjaan dan juga disetiap daerah terpencil pemerintah membuat sebuah landasan pesawat terbang meski belum seperti landasan pesawat pada umumnya.

Berikut ini data-data alat transportasi energi yang ada PT. Freeport Indonesia :

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Moda Transportasi Energi di PT. Freeport Indonesia

Kriteri:	Pipa	Truck	Kapal Tanker / Kapal Tag Boat / Kapal Cargo	Kereta Listrik	Konveyor Belt	Helicopter
Fleksibilitas	Kelemahan: - Tidak fleksibel dalam hal rute - Membutuhkan infrastruktur tetap.	Keunggulan: - Sangat fleksibel - Bisa mencapai area terpencil.	Kelemahan: - Terbatas pada pelabuhan tertentu, - Tidak fleksibel di darat.	Kelemahan: Membutuhkan jalur khusus	Keunggulan: - Kapasitas angkut yang besar dan pengangkutan yang kontinyu Kelemahan: - Conveyor belt akan mengalami penurunan tingkat kinerjanya jika ada kerusakan seperti belt yang sobek. Meskipun ditambah sekalipun belt yang sobek tersebut, tingkat kinerja tetap menurun tidak sama seperti saat	Keunggulan: - Kapasitas angkut yang terbatas dan pengangkutan yang kontinyu

baru membeli.
 - Pemasangan untuk menyambungkan kedua ujung belt pada mesinnya tidak dapat dilakukan oleh sembarang orang atau orang awam, karena harus dilakukan oleh ahlinya yang mengerti cara pembongkaran dan pemasangan. Jika terlanjur dipasang oleh orang awam maka jika ada kesalahan akan berakibat fatal.

Lingkungan	Keunggulan : - Emisi lebih rendah dibanding modal darat, - Lebih sedikit gangguan permukaan. Kelemahan:	Kelemahan : Emisi karbon tinggi terutama dalam pengiriman jarak jauh.	Keunggulan: Volume besar mengurangi frekuensi pengiriman lebih sedikit polusi. Kelemahan: Risiko besar terhadap ekosistem laut jika terjadi tumpahan.	Keunggulan: Emisi lebih rendah dibanding truk untuk pengangkutan massal. Kelemahan: Dampak lingkungan terkait infrastruktur fisik yang luas.	Keunggulan: - Dibandingkan dengan kendaraan pengangkutan bermotor, konveyor sabuk memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah. - Hemat energi dan dapat	Keunggulan: an: - Emisi lebih rendah dibanding modal darat, - Lebih sedikit gangguan permukaan.
-------------------	--	--	--	---	---	---

	Risiko kebo- coran yang berpotensi merusak lingkungan.				ditenagai oleh sumber energi terbarukan, sehingga berkontrib- usi terhadap pengurang- an emisi gas rumah kaca dan mendorong praktik operasional berkelanjut- an	Kelemahan: Risiko ter- jatuh dan tergelincir berpotens- i merusak lingkunga- n.
Jangka- uan	Keunggulan: Ideal untuk pengangkutan jarak jauh. Kelemahan: Tidak efisien untuk area yang tidak memiliki jaringan pipa.	Keunggulan: Efisien untuk distribusi lokal. Kelemahan: Tidak efisien untuk jarak jauh atau volume besar.	Keunggulan: Jangkauan global untuk pengiriman antar benua. Kelemahan: Tergantung pada akses pelabuhan.	Keunggulan: Jangkauan luas dalam jarak jauh. Kelemahan: Terbatas pada rute dengan infrastruktur kereta yang ada.	Keunggulan: Ideal untuk pengangkutan jarak jauh.	Keunggulan: Ideal untuk pengangkutan jarak jauh.
Efisiensi Biaya	Keunggulan: - Biaya per volume lebih rendah - Transportasi jarak jauh yang hemat biaya. Kelemahan: Biaya tinggi untuk Pembangunan dan pemeliharaan awal.	Kelemahan: Biaya per volume lebih tinggi disbanding modal lainnya untuk jarak jauh.	Keunggulan: Hemat biaya untuk pengirim- an massal jarak jauh. Kelemahan: Biaya operasi- onal tinggi untuk muatan yang lebih kecil.	Keunggulan: Hemat biaya untuk jarak jauh dengan volume besar. Kelemahan: Memerlukan in- vestasi infrastruktur yang besar.	Keunggulan: Hemat biaya untuk jarak jauh dengan volume besar.	Keunggulan: Hemat biaya untuk jarak jauh dengan volume besar.
Keamanan	Keunggulan: Risiko kecil	Kelemahan: Risiko kecil	Keunggulan: Kapasitas be- sar	Keunggulan: Risiko kecelak- aan rendah	Keunggulan: - Risiko mengurangi	Keunggulan: an:

	akaan lebih rendah, sistem pemantauan terus menerus. Kelemahan: Risiko korosi atau pemeliharaan yang tepat.	elakaan lebih tinggi, terutama didaerah terpencil.	mengurangi jumlah pengiriman, meningkatkan keselamatan Kelemahan: Risiko tumpahan besar pada kecelakaan di laut.	dalam penanganan massal. Kelemahan: Risiko kegagalan perawatan infrastruktur yang bisa memicu kecelakaan.	i kecelakaan dan cedera. Kelemahan: Risiko kegagalan perawatan yang bisa memicu kecelakaan.	- Risiko mengurangi kecelakaan dan cedera. Kelemahan: Risiko kegagalan perawatan yang bisa memicu kecelakaan.
Kecepatan	Keunggulan: Transportasi berkelanjutan Kelemahan: Tidak fleksibel untuk rute baru.	Keunggulan: Fleksibel, cepat untuk distribusi lokal. Kelemahan: Tidak efisien untuk pengiriman jarak jauh atau volume besar.	Kelemahan: Relatif lambat untuk pengiriman Internasional jarak jauh.	Keunggulan: Relatif cepat untuk jarak jauh dengan pengiriman besar. Kelemahan: Membutuhkan waktu lebih lama untuk pengiriman dalam jumlah kecil.	Keunggulan: Fleksibel, cepat untuk distribusi lokal. Kelemahan: Membutuhkan waktu lebih lama untuk pengiriman dalam jumlah kecil.	Keunggulan: Fleksibel, cepat untuk distribusi lokal.

Tantangan yang dihadapi saat transportasi pendistribusian energi di PT. Freeport Indonesia, yang beroperasi di wilayah terpencil dan medan yang ekstrem di Papua, menghadapi beberapa kendala yang cukup kompleks. Sebagai perusahaan tambang besar dengan kebutuhan energi yang sangat tinggi, PT. Freeport Indonesia harus mengatasi berbagai tantangan dalam memastikan pasokan energi yang andal dan efisien. Berikut beberapa kendala utama yang dihadapi dalam pendistribusian energi di PT Freeport Indonesia yaitu :

1) Medan Geografis yang Sulit

Lokasi Terpencil dan Sulit Dijangkau dan Akses Terbatas.

2) Faktor Cuaca dan Alam

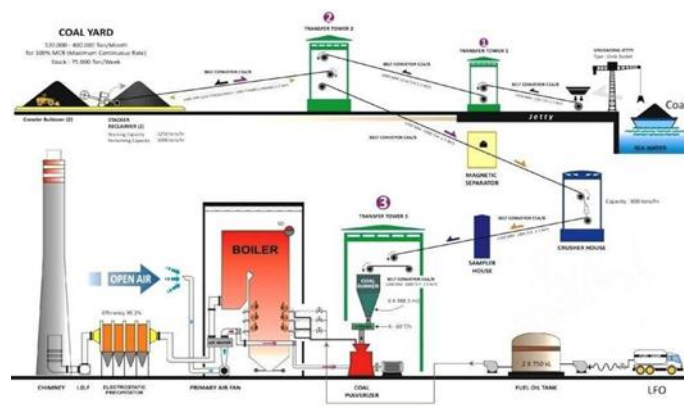
Curah Hujan Tinggi dan Tanah Longsor. Cuaca merupakan kendala terbesar

3) Faktor Keamanan

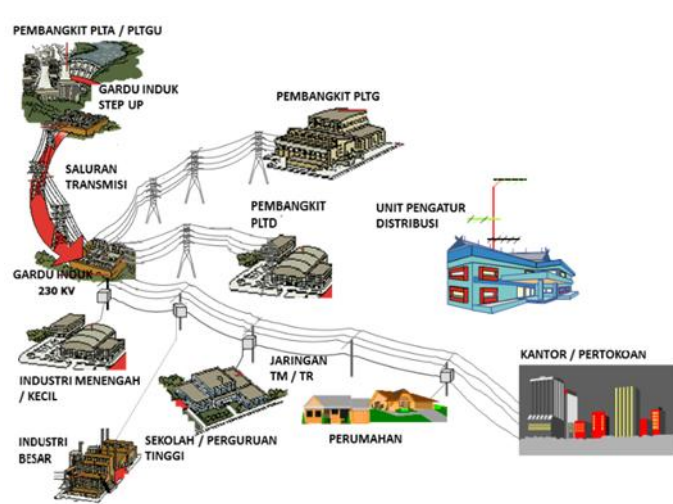
Untuk keamanan dipapua pedalaman masih dalam kondisi RED ZONE dikarenakan banyaknya anggota kelompok kriminal bersenjata (KKB) dipedalaman papua khususnya didaerah terpencil. Banyak terjadi kontak tembak pada saat pendistribusian bahan bakar kendaaraan, minyak tanah dan bahan makanan.

Analisis Distribusi Energi

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah jenis pembangkit listrik yang menggunakan uap panas untuk memutar turbin. Pembangkit ini umumnya menggunakan bahan bakar batu bara atau minyak. Di banyak negara, termasuk Indonesia, PLTU batu bara menjadi salah satu sumber utama pembangkit listrik. Namun, penggunaan batu bara sebagai bahan bakar utama menimbulkan berbagai isu lingkungan yang serius. 3 Unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di Portsite menggunakan batu bara yang dikirim oleh PT. Kaltim Prima Coal (KPC), PT. Indo Tembagaraya (ITM) dan PT. Arutmin Indonesia dan diangkut menggunakan kapal TB. Pomoko milik PT. Freeport Indonesia. Ketiga penyuplai Batu Bara Masuk 1 minggu sebanyak 3 kali. Jumlah Batubara yang diangkut yaitu 7000 Ton, setelah itu Jetty yang ada di dermaga akan mengangkat material dari kapal ke konveyor dan material yang ada dikonveyor diteruskan ke tempat penyimpanan batu bara.



Gambar 8. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga UAP (PLTU) PT. Freeport Indonesia



Gambar 9. Sistem Penyaluran Energi Listrik PT. Freeport Indonesia



Gambar 10. Sistem Operasi Penambangan dan Pemrosesan PT. Freeport Indonesia

PT. Freeport Indonesia saat ini menggunakan metode penambangan bawah tanah. Bijih yang diambil dari tambang diangkut ke pabrik untuk dihancurkan dan digiling menjadi partikel yang sangat halus. Kemudian dilanjutkan dengan proses flotasi menggunakan reagen berbasis alkohol dan kapur untuk memisahkan konsentrat yang mengandung mineral tembaga, emas, dan perak. Residu yang tidak memiliki nilai ekonomis (tailing) disalurkan melalui sungai ke daerah pengendapan di dataran rendah. Konsentrat dalam bentuk slurry disalurkan dari pabrik melalui pipa sepanjang 110 km ke pabrik pengeringan air di pelabuhan Amamapare. Setelah dikeringkan, konsentrat yang merupakan produk akhir PT. Freeport Indonesia dikirim ke smelter.

Di PT. Freeport Indonesia Penyuplai energi listrik dari PT. Puncak Jaya Power yang merupakan salah satu anak perusahaan *Operation and Managerment* dari Freeport McMoRan yang beroperasi pada bidang energi. PT. Puncak Jaya Power Pertama Kali didirikan pada tahun 1995, perusahaan ini bertanggung jawab untuk memproduksi dan mendistribusikan kebutuhan pasokan energi listrik untuk kepentingan seluruh pengoperasian pertambangan dan pabrik yang ada di area kerja PT. Freeport Indonesia baik di dataran rendah (*Lowland*) maupun dataran tinggi (*Hingland*). Menyesuaikan tempat pengoperasian PT. Freeport Indonesia lokasi operasional PT. Puncak Jaya Power dibagi menjadi 2 yakni di jalan LIP (*Light Industrial Park*) Kuala Kencana dan Tembagapura. LIP (*Light Industrial Park*) merupakan dataran rendah (*Lowland*) yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik untuk kantor dan Gedung dari PT. Freeport Indonesia, sedangkan PT. Puncak Jaya Power daerah tembagapura merupakan daerah dataran tinggi (*Hingland*) yang dialokasikan sebagai tempat operasional PT. Puncak Jaya Power untuk mendistribusikan dan menghasilkan energi listrik dengan domain frekuensi 60 Hz untuk mendukung kegiatan operasional tambang dari PT. Freeport Indonesia di tembagapura.

PT. Puncak Jaya Power menyediakan 2 system untuk pengoperasian pertambangan dan pabrik yang pertama adalah system dengan frekuensi 60 Hz yang digunakan untuk mendukung area kerja di daerah dataran tinggi (*Highland*) merupakan system paling domain yang dihasilkan oleh PT. Puncak Jaya Power untuk mendukung *mine and mill operation*. Selain itu PT. Puncak Jaya Power juga menghasilkan system dengan frekuensi 50 Hz yang digunakan untuk mendukung area kerja di daerah dataran rendah (*Lowland*) seperti Kota Kuala Kencana, LIP (*Light Industrial Park*) milepost 38/39, hangar dan juga *basecamp*. Untuk mendukung operasi PT. Freeport Indonesia, perusahaan ini mengelola beberapa unit pembangkit listrik. Berikut ini table 2 yang merangkum *unit generation* dari PT. Puncak Jaya Power.

Tabel 2. Unit Pembangkit dan Kapasitas Energi Listrik PT. Puncak Jaya Power

<i>No</i>	<i>Power Station</i>	<i>Number of Units</i>	<i>Firm Targer Capacity (MW)</i>
1	<i>Cool Plant (Nett)</i>	3	225
2	<i>Portsite Diesel</i>	6	4.4
3	<i>Duel Fuel Power Plant</i>	14	120
4	<i>Town Site Power Plant</i>	5	6
5	<i>Power Plant "A"</i>	8 x EMD 1.5 MW	10.8
		3 x CAT 3.9 MW	10.5
		3 x Wart 7.5 MW	6.75
6	<i>Power Plant " B "</i>	10	35.1
7	<i>Power Plant " C "</i>	20	70.2
Total		72	401.75

Sumber : Dokumen Internal PT. Puncak Jaya Power (2024)

1. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) atau *Cool Generation*

PT. Puncak Jaya Power mengelola 3 unit pembangkit listrik tenaga uap yang memenuhi permintaan pasokan energi listrik PT. Freeport Indonesia. *Cool Plant* ini merupakan unit pembangkit penghasil pasokan energi listrik terbanyak saat ini dari PT. Puncak Jaya Power dengan kapsitas target sebanyak 204 MW.

Tabel 3. Kapasitas Generator dan Tegangan Output PLTU PT. Freeport Indonesia

<i>Lokasi</i>	<i>Generator</i>	<i>Kapasitas (MW)</i>	<i>Teg. Output (kV)</i>
Pembangkit Listrik Tenaga UAP (PLTU) PT. Freeport Indonesia	3	75	13.8
		75	13.8
		75	13.8

Sumber : Dokumen Internal PT. Puncak Jaya Power (2024)

2. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) atau *Diesel Generation*

PT. Puncak Jaya Power juga mengelola sebanyak 6 *diesel generator* dengan system frekuensi 60 Hz. *Diesel Generator* ini memiliki kapasitas target sebanyak 4.4 MW, PT. Puncak Jaya Power bekerja sama dengan Pertamina untuk memenuhi bahan bakar dari *diesel generator*.

3. Pembangkit Listrik Tenaga Dual Fuel atau *Dual Fuel Power Plant (DFPP)*

4. Untuk mengaplikasikan transisi energi yang lebih rama terhadap lingkungan. Pemerintah berencana untuk menghentikan pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). PT. Puncak Jaya Power mulai beralih ke Pembangkit Listrik Tenaga *Dual Fuel* atau *Dual Fuel Power Plant* (DFPP) yang menggunakan 2 jenis bahan bakar yang berbeda yakni uap dan diesel. Hal ini dilakukan untuk menjalankan Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2015 mengenai pemanfaatan biodiesel minimal sebanyak 30% (B30). Untuk saat ini PT. Puncak Jaya Power sudah mengelola 14 unit Pembangkit Listrik Tenaga *Dual Fuel* atau *Dual Fuel Power Plant* (DFPP) dengan menggunakan campuran bahan bakar minyak dan biodiesel B40 dengan kapasitas target adalah 120 MW.

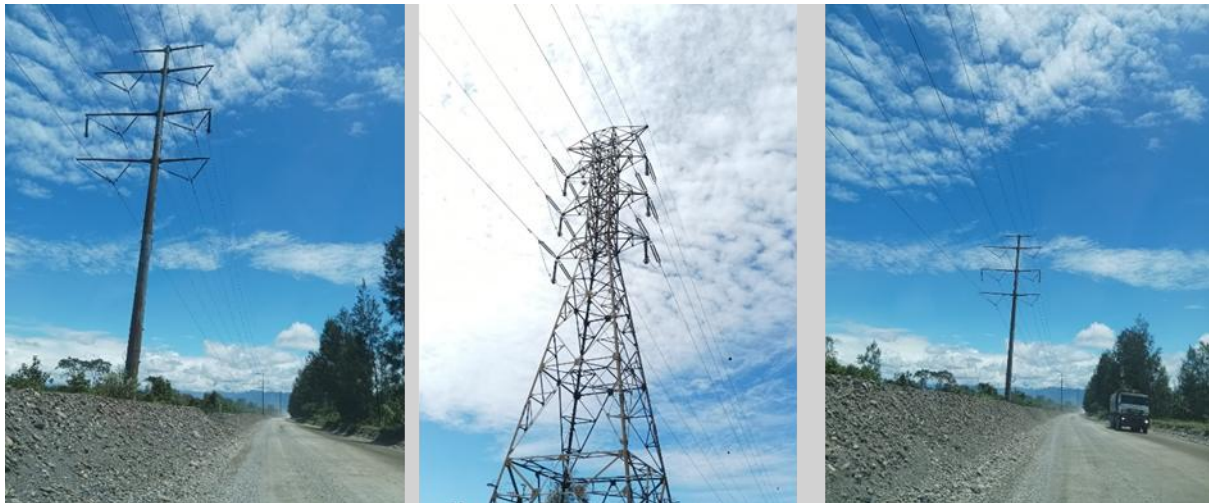
PT. Puncak Jaya Power menjalankan O&M pembangkit listrik tenaga batu bara dan pembangkit listrik berbahan bakar diesel untuk mendukung kegiatan pertambangan PT. Freeport Indonesia baik dalam sistem frekuensi listrik 50 Hz dan 60 Hz. Perusahaan mengelola delapan pembangkit listrik, transmisi saluran 230 kV redundan 111 km, dan transmisi saluran 115 kV pendek.



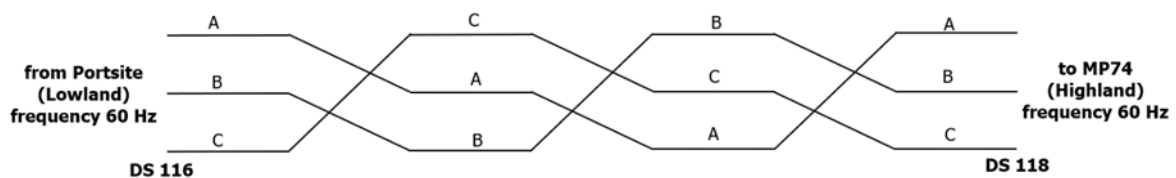
Gambar 11. Sistem Penyaluran Energi Listrik PT. Freeport Indonesia



Gambar 12. Sistem Penyaluran Energi Listrik PT. Freeport Indonesia (Portsite)



Gambar 13. Sistem Penyaluran Energi Listrik PT. Freeport Indonesia



**Gambar 14. Disposisi Jaringan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)
Sistem Underground Cable Penyaluran Energi Listrik PT. Freeport Indonesia**

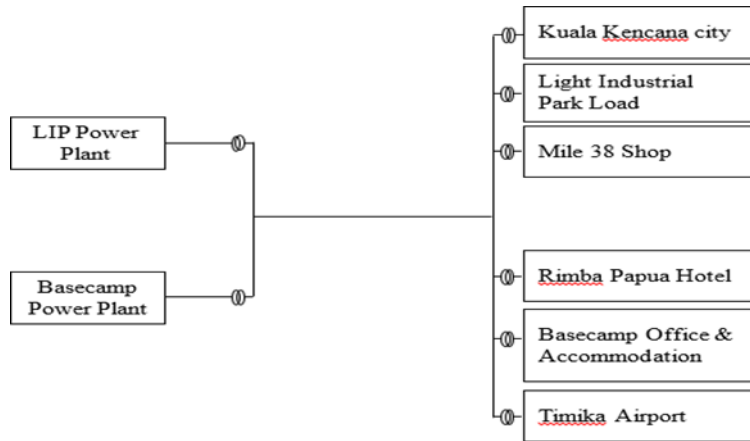
Dalam Sistem Penyaluran Energi Listrik PT. Freeport Indonesia dari Pembangkit (Porsite) area lowland menuju ke MP74 Tembagapura (Highland) Jaringan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) yang dimiliki oleh PT. Freeport Indonesia yaitu 230 kV. Dimana PT. Freeport Indonesia Menggunakan 3 Unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan kapasitas 75 MW. Dalam Proses Penyaluran Energi Listrik dari Pembangkit (Porsite) Lowland menuju MP74 memerlukan jarak yang begitu Panjang yaitu 118 km. Sepanjang Jalur Jaringan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dari Pembangkit (Porsite) Lowland menuju MP74 (Highland) akan di Desposisi di MP26 (DS 116).

Desposisi saluran transmisi merujuk pada pengaturan fisik atau tata letak dari saluran transmisi listrik yang digunakan untuk mengirimkan energi listrik dari pembangkit listrik ke pusat beban (konsumen) melalui jaringan tegangan tinggi. Saluran transmisi berfungsi sebagai infrastruktur vital untuk distribusi daya secara efisien dan handal di area yang luas. Sistem Penyaluran Energi Listrik PT. Freeport Indonesia dari Pembangkit (Porsite) area lowland menuju ke MP74 Tembagapura (Highland) menggunakan menara tower transmisi dan juga socket pole transmisi. Dimana penggunaan untuk menara tower transmisi digunakan pada saat penyebrangan antar sungai dan juga pada saat posisi tebing gunung yang juram, sedangkan penggunaan socket pole transmisi digunakan pada saat jalanan lurus dan tanjakan yang tidak terlalu curam.

Daya listrik untuk memenuhi kebutuhan operasional terbangun kapasitas pembangkitan sekitar 445MW listrik (250 MW kapasitas tetap) terdiri dari PLTU berbahan bakar batubara berkapasitas 195 MW di Porsite dan pembangkit diesel (terutama di pabrik pengolahan).

Jaringan distribusi memasok listrik dari PLTU menuju Pabrik Pengolahan. Salah satu mitra kerja menyediakan jasa pemeliharaan dan pengoperasian sarana pembangkit listrik kami.

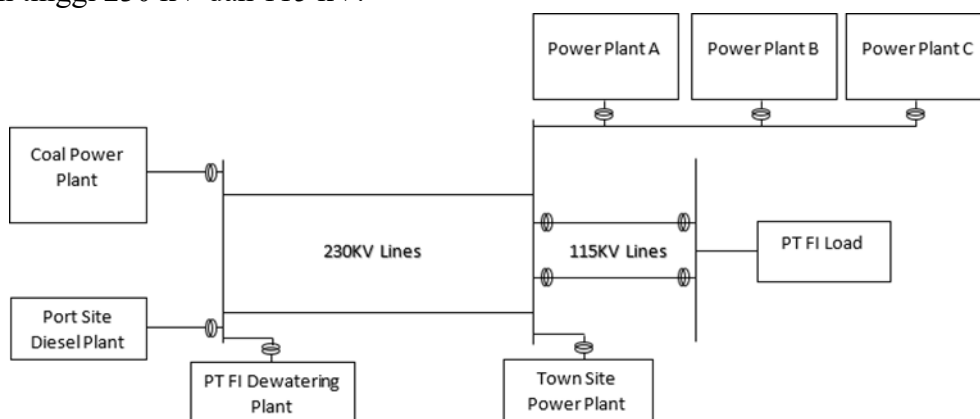
Diagram dasar kelistrikan untuk sistem 50 Hz ini ditunjukkan pada gambar 15 dibawah ini, metode koneksi ini juga memberikan kemampuan untuk masing-masing pembangkit listrik untuk pemeliharaan pemadaman yang direncanakan atau kondisi pemadaman yang tidak terduga.



Gambar 15. Diagram representasi jaringan system frekuensi 50 Hz.

Frekuensi sistem 50 Hz tersebut untuk memasok kantor dan akomodasi perusahaan di Kecamatan Kuala Kencana, fasilitas Light Industrial Park (LIP), fasilitas rekreasi dan olahraga, Hotel Shopping Rimba Papua, Bandara Timika serta fasilitas dan akomodasi serta perkantoran di *Basecamp* di Timika. Ada dua pembangkit listrik memasok sistem frekuensi listrik 50 hertz ini, yaitu Pembangkit Listrik LIP dan Pembangkit Listrik *Basecamp*.

Sistem frekuensi listrik 60 Hz memasok beban untuk area operasi penambangan PT. Freeport Indonesia dari area lokasi Pelabuhan hingga Grasberg. Ada enam pembangkit listrik dalam sistem frekuensi listrik 60 Hz ini bergabung menjadi satu jaringan. Saluran transmisi listrik memiliki saluran redundan untuk keandalan sistem transmisi, dan memiliki dua sistem tegangan tinggi 230 kV dan 115 kV.



Gambar 16. Diagram representasi jaringan transmisi system frekuensi 60 Hz

Sistem saluran transmisi listrik ini membutuhkan tegangan tinggi karena memiliki manfaat kehilangan listrik yang lebih rendah di sepanjang transmisi tegangan tinggi. Berdasarkan data perhitungan, daya listrik yang hilang pada saluran transmisi cukup rendah

dalam kisaran kurang dari 5%. Sumber tegangan yang dihasilkan dari Pabrik Batubara dan Pabrik Diesel situs Pelabuhan dari peningkatan 13,8 kV menjadi 230 kV di lokasi Pelabuhan Switchyard melalui jalur transmisi 230 kV sejauh 125 kilometer dari lokasi Pelabuhan hingga ujung switchyard lokasi pabrik. Diagram kelistrikan jaringan sistem 60 Hz yang ditunjukkan pada gambar 16 di atas.

Studi Kasus

Pada saat ini PT. Puncak Jaya Power sementara project membangun pembangkit baru yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) yang memakai dual fuel yaitu bahan bakar nabati (biofuel) dan gas. Sehingga hal ini akan sangat membantu dalam mengurangi emisi karbon dari bahan bakar fosil.

Project Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) sudah mulai dibangun ditahun 2021 sampai sekarang. Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG). Rekanan yang mengerjakannya yaitu dari Wartsila. Kemampuannya dalam menghasilkan emisi rendah dan jejak karbon yang berkurang dibandingkan dengan pembangkit listrik yang tidak fleksibel juga mendukung jalan Indonesia menuju masa depan yang lebih bersih.

Tantangan yang dihadapi adalah proses pembangunan yang agak sulit dikarenakan beberapa factor antara lain proses pengiriman material, cuaca selama di lokasi kerja, perluasan tempat lahan karena harus direklamasi.

Rekomendasi

Transportasi dan distribusi adalah dua komponen penting dalam rantai pasokan yang mempengaruhi efisiensi operasional dan kepuasan pelanggan. Meningkatkan efisiensi dan keandalan transportasi serta distribusi energi di Indonesia adalah langkah penting untuk mendukung pertumbuhan ekonomi dan memastikan ketersediaan energi yang stabil.

Teknologi baru yang dapat membantu meningkatkan efisiensi, mengurangi emisi dan memfasilitasi transisi ke sumber energi terbarukan antara lain teknologi penyimpanan energi, energi terbarukan dan smart grids dan internet of things (IoT)

Dengan langkah-langkah strategis tersebut, Indonesia dapat mencapai efisiensi dan keandalan yang lebih tinggi dalam transportasi dan distribusi energi, sekaligus mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sistem transportasi dan distribusi energi di PT. Freeport Indonesia memiliki peran yang sangat strategis dalam mendukung keberlangsungan operasional pertambangan di wilayah Papua yang memiliki kondisi geografis ekstrem. Perusahaan memanfaatkan berbagai moda transportasi energi seperti pipa, truck, kapal tanker, kereta listrik, konveyor belt, dan helikopter untuk menjamin kelancaran distribusi bahan bakar, material, dan energi listrik. Selain itu, PT. Puncak Jaya Power mengoperasikan sistem distribusi listrik frekuensi ganda 50 Hz dan 60 Hz dengan dukungan jaringan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 230 kV yang mampu mendukung kebutuhan operasional di wilayah lowland dan highland. Penelitian ini juga menemukan bahwa tantangan utama yang dihadapi meliputi medan geografis yang sulit, cuaca ekstrem, biaya distribusi tinggi, serta faktor keamanan di wilayah tertentu yang memengaruhi efektivitas distribusi energi. Di sisi

lain, implementasi pembangkit Dual Fuel Power Plant (DFPP) dan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) menunjukkan adanya upaya perusahaan dalam mendukung transisi energi bersih dan pengurangan emisi karbon. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan analisis kuantitatif terkait efisiensi biaya, tingkat emisi karbon, serta keandalan masing-masing moda transportasi energi dengan menggunakan pendekatan teknologi smart grid, Internet of Things (IoT), dan sistem monitoring berbasis digital guna meningkatkan efisiensi, keamanan, dan keberlanjutan distribusi energi pada industri pertambangan modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Inc., C. (2022). *Underground mining equipment: Electrification and automation trends*. Caterpillar Publication.
- Indonesia, K. E. dan S. D. M. R. (2009). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan*. Kementerian ESDM.
- Indonesia, P. T. F. (2026a). *Facts about Freeport Indonesia*. <https://ptfi.co.id/id/facts-about-freeport-indonesia>
- Indonesia, P. T. F. (2026b). *How we operate*. <https://ptfi.co.id/id/how-we-operate>
- Kadir, A. (2010). *Transmisi tenaga listrik*. Universitas Indonesia Press.
- Marsudi, D. (2016). *Pembangkitan energi listrik*. Erlangga.
- Mineral, K. E. dan S. D. (2015). *Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2015 tentang penyediaan, pemanfaatan dan tata niaga bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar lain*.
- Mineral, K. E. dan S. D. (2019). *Outlook energi Indonesia 2019*. Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-outlook-energi-indonesia-2019-bahasa-ind>
- Pabla, A. S. (2011). *Electric power distribution* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Papua, B. P. S. (2023). *Statistik transportasi Provinsi Papua*. BPS Provinsi Papua.
- Power, P. T. P. J. (2024). *Data unit generation dan sistem kelistrikan PT. Freeport Indonesia*. PT. Puncak Jaya Power.
- Stevenson, W. D., & Grainger, J. J. (1994). *Power system analysis*. McGraw-Hill.
- Sullivan, W. G., Wicks, E. M., & Koelling, C. P. (2019). *Engineering economy* (17th ed.). Pearson.
- Wartsila. (n.d.). *Pesanggaran Bali power plant reference*. <https://www.wartsila.com/energy/learn-more/references/utilities/pesanggaran-bali>
- Zuhal. (1995). *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. PT Gramedia Pustaka Utama.