



PENERAPAN KONSEP GREEN BUILDING PADA PROYEK TERMINAL LPG JAYAPURA

Ester Novita Awek¹, Azis Hanavi Dirjo², Asep Huddiankuwera³

^{1,2}Mahasiswa Program Magister Rekyasa Sipil, Universitas Yapis papua

³Dosen Magister Rekayasa Sipil Program Pascasarjana Universitas Yapis Papua

esterawek069@gmail.com¹, azisdirjo@gmail.com², asephuddiankuwera@gmail.com³

ABSTRAK

Penerapan konsep green building pada proyek Terminal LPG Jayapura bertujuan untuk menciptakan infrastruktur yang ramah lingkungan, efisien, dan berkelanjutan, yang mendukung keberlanjutan sumber daya alam serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Dalam pembangunan terminal ini, berbagai teknologi ramah lingkungan diterapkan, seperti pengelolaan energi yang efisien, pemanfaatan sumber energi terbarukan, pengelolaan air yang berkelanjutan, serta penggunaan material yang ramah lingkungan dan lokal. Sistem Terminal Automation System (TAS) juga diterapkan untuk meningkatkan efisiensi operasional terminal, meminimalkan risiko kecelakaan, dan memastikan keamanan distribusi LPG. TAS mencakup teknologi seperti Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), Automatic Tank Gauging (ATG), dan truck loading automation, yang memungkinkan pengawasan dan pengendalian secara otomatis. Penerapan teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga mengurangi emisi karbon dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Selain itu, konsep green building juga berkontribusi pada pengelolaan limbah dan penciptaan lingkungan kerja yang sehat. Proyek ini memberikan contoh nyata bagaimana pembangunan industri yang berkelanjutan dapat dilakukan dengan tetap mempertimbangkan kebutuhan operasional dan menjaga kelestarian lingkungan. Secara keseluruhan, penerapan green building dan TAS di Terminal LPG Jayapura menunjukkan komitmen terhadap prinsip keberlanjutan yang dapat dijadikan model bagi pembangunan infrastruktur industri di daerah-daerah lainnya.

Kata Kunci: *Green Building, LPG Terminal, Jayapura, Pembangunan Berkelanjutan, Efisiensi Energi.*

ABSTRACT

The application of green building concepts in the Jayapura LPG Terminal project aims to create environmentally friendly, efficient, and sustainable infrastructure that supports the conservation of natural resources and minimizes negative environmental impacts. Various eco-friendly technologies were implemented in the terminal's development, including efficient energy management, the use of renewable energy sources, sustainable water management, and the utilization of environmentally friendly and locally sourced materials. The Terminal Automation System (TAS) was also employed to enhance operational efficiency, minimize accident risks, and ensure the safe distribution of LPG. TAS integrates technologies such as Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), Automatic Tank Gauging (ATG), and truck loading automation, enabling automated monitoring and control. The implementation of these technologies not only boosts operational efficiency but also reduces carbon emissions and optimizes resource use. Additionally, the green building concept contributes to effective waste management and the creation of a healthy working environment. This project serves as a concrete example of how sustainable industrial development can be achieved while maintaining operational needs and preserving the environment. Overall, the adoption of green building principles and TAS at the Jayapura LPG Terminal demonstrates a strong commitment to sustainability, providing a model for industrial infrastructure development in other regions.

Keywords: *Green Building, LPG Terminal, Jayapura, Sustainable Development, Energy Efficiency.*



1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, isu perubahan iklim dan degradasi lingkungan menjadi perhatian global yang mendorong berbagai sektor untuk melakukan transformasi menuju pembangunan berkelanjutan. Salah satu sektor yang berkontribusi signifikan terhadap emisi karbon dan konsumsi sumber daya alam adalah sektor konstruksi. Untuk mengatasi tantangan ini, konsep *green building* atau bangunan hijau dikembangkan dan diimplementasikan di berbagai negara, termasuk Indonesia. *Green building* merujuk pada praktik perencanaan, pembangunan, dan pengelolaan bangunan yang mengutamakan efisiensi energi, konservasi sumber daya, kualitas lingkungan dalam ruangan, serta pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan alam. Di Indonesia, penerapan konsep ini semakin diperkuat dengan adanya program-program nasional yang mendorong pembangunan hijau, salah satunya melalui sertifikasi Greenchip dari Green Building Council Indonesia (GBCI).

Terminal LPG (Liquefied Petroleum Gas) Jayapura merupakan salah satu proyek strategis nasional yang bertujuan untuk memperkuat infrastruktur energi di wilayah Indonesia Timur, khususnya di Provinsi Papua. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi dan pentingnya ketahanan energi nasional, pembangunan fasilitas ini menjadi sangat krusial. Namun, dalam perencanaan dan pembangunan fasilitas industri seperti terminal LPG, aspek keberlanjutan dan ramah lingkungan sering kali kurang mendapatkan perhatian. Terminal LPG Jayapura hadir dengan pendekatan berbeda, yaitu dengan mengadopsi prinsip *green building* dalam setiap tahap pengembangannya. Penerapan konsep *green building* pada proyek ini menjadi penting mengingat karakteristik geografis dan ekologis Papua yang sangat kaya akan keanekaragaman hayati namun juga rentan terhadap kerusakan lingkungan. Tanah Papua memiliki nilai ekologis dan kultural yang tinggi, sehingga setiap aktivitas pembangunan harus mempertimbangkan aspek pelestarian lingkungan. Oleh karena itu, integrasi prinsip *green building* diharapkan tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya jangka panjang, tetapi juga menjaga keberlanjutan lingkungan sekitar.

Selain itu, tantangan besar dalam pembangunan proyek *green building* di wilayah terpencil seperti Jayapura mencakup keterbatasan infrastruktur pendukung, akses terhadap material ramah lingkungan, serta kurangnya tenaga kerja lokal yang memiliki keahlian dalam konstruksi hijau. Oleh karena itu, proyek Terminal LPG Jayapura juga menjadi studi penting dalam mengkaji bagaimana prinsip *green building* dapat diadaptasi dan diterapkan dalam kondisi yang penuh keterbatasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis strategi penerapan konsep *green building* pada Proyek Terminal LPG Jayapura, mengevaluasi efektivitas implementasinya, serta mengkaji tantangan dan solusi yang ditemukan selama proses pembangunan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pedoman penerapan *green building* untuk proyek-proyek industri serupa di masa depan, khususnya di kawasan Indonesia bagian timur.

Dengan mempelajari studi kasus ini, diharapkan dapat tercipta pendekatan pembangunan yang tidak hanya memperhatikan aspek teknis dan ekonomis, tetapi juga memperkuat komitmen terhadap pembangunan berkelanjutan di tingkat nasional dan regional.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Green Building

Green building merupakan pendekatan pembangunan bangunan dengan tujuan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan serta meningkatkan efisiensi dalam penggunaan sumber daya, seperti energi, air, dan material. Menurut World Green Building Council (2019), green building adalah bangunan yang, dalam desain, konstruksi, atau operasinya, secara signifikan mengurangi atau menghilangkan dampak negatif terhadap lingkungan alami dan menciptakan tempat tinggal manusia yang sehat dan berkelanjutan. Konsep ini berkembang seiring dengan meningkatnya perhatian terhadap perubahan iklim dan kebutuhan akan pembangunan berkelanjutan. Di Indonesia, konsep green building juga mulai mendapatkan perhatian serius, ditandai dengan berdirinya Green Building Council Indonesia (GBCI) yang meluncurkan



standar sertifikasi *Greenship* untuk menilai dan mendorong penerapan prinsip ramah lingkungan dalam bangunan baru maupun yang sudah ada.

Penerapan prinsip *green building* tidak hanya berfokus pada aspek teknis bangunan, melainkan juga pada bagaimana bangunan tersebut berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya, bagaimana pengguna bangunan dapat merasakan manfaatnya, serta bagaimana bangunan tersebut berkontribusi terhadap tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals* - SDGs).

2.2 Prinsip-prinsip Green Building

Menurut GBCI (2020) dalam dokumen *Greenship Rating Tools*, terdapat beberapa prinsip utama dalam pembangunan *green building*, antara lain:

- Efisiensi Energi:
Menerapkan sistem manajemen energi yang optimal, penggunaan energi terbarukan, dan desain bangunan yang memaksimalkan pencahayaan serta ventilasi alami.
- Pengelolaan Air:
Sistem penghematan penggunaan air, daur ulang air limbah, serta penggunaan air hujan untuk kebutuhan non-potable.
- Material dan Sumber Daya:
Pemilihan material ramah lingkungan, seperti material yang dapat didaur ulang, lokal, dan memiliki sertifikasi keberlanjutan.
- Kualitas Lingkungan Dalam Ruangan (Indoor Environmental Quality):
Menciptakan kualitas udara dalam ruangan yang baik melalui ventilasi yang tepat, penggunaan material rendah emisi (Low VOC), dan pengendalian pencemaran udara dalam bangunan.
- Pengelolaan Limbah:
Praktik pengelolaan limbah selama konstruksi dan operasional bangunan, termasuk pengurangan, penggunaan kembali, dan daur ulang limbah.
- Situs dan Transportasi:
Pemilihan lokasi yang mendukung akses transportasi umum, serta konservasi terhadap ekosistem alami yang ada di sekitar lokasi pembangunan.

2.3 Standar dan Sertifikasi Green Building

Beberapa standar sertifikasi green building yang diakui secara global meliputi:

- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design):
Dikeluarkan oleh U.S. Green Building Council (USGBC), LEED menjadi acuan internasional dalam menilai keberlanjutan sebuah bangunan.
- Greenship:
Sistem sertifikasi nasional yang dikembangkan oleh GBCI, menilai bangunan berdasarkan enam kategori utama: Pengelolaan Tapak, Efisiensi dan Konservasi Energi, Konservasi Air, Sumber dan Siklus Material, Kesehatan dan Kenyamanan Dalam Ruangan, dan Manajemen Lingkungan Bangunan.
- BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method):
Sistem penilaian asal Inggris yang mengkaji performa lingkungan dari bangunan, termasuk aspek inovasi dan sosial.

Penerapan standar-standar ini bertujuan untuk mengarahkan pembangunan agar lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan dan masyarakat sekitarnya.

2.4 Green Building pada Fasilitas Industri

Sebagian besar penelitian mengenai *green building* berfokus pada bangunan komersial dan perumahan, namun penerapannya pada fasilitas industri seperti terminal energi sangat penting dan memiliki tantangan tersendiri. Fasilitas industri sering kali memerlukan energi dalam jumlah besar, menggunakan bahan material yang spesifik, serta menghasilkan limbah yang lebih kompleks. Oleh karena itu, penerapan *green building* di fasilitas industri tidak hanya meliputi aspek bangunan itu sendiri, tetapi juga proses produksi, distribusi, dan operasional sehari-hari.



Menurut penelitian oleh UNEP (2021), penerapan prinsip *green building* pada sektor industri dapat:

- Meningkatkan efisiensi energi hingga 30-40%.
- Mengurangi emisi karbon hingga 35%.
- Meningkatkan produktivitas pekerja hingga 16% melalui peningkatan kualitas udara dalam ruangan.
- Menurunkan biaya operasional jangka panjang secara signifikan.

Pada fasilitas seperti Terminal LPG, penggunaan energi bersih, sistem kontrol kebocoran gas, pengelolaan air limbah, serta penataan tapak untuk menghindari degradasi lingkungan menjadi fokus utama dalam penerapan konsep hijau.

2.5 Tantangan Penerapan Green Building di Wilayah Terpencil

Implementasi *green building* di wilayah terpencil seperti Jayapura menghadapi berbagai tantangan, antara lain:

- Ketersediaan Material:
- Material bangunan ramah lingkungan tidak selalu tersedia di pasar lokal, sehingga harus didatangkan dari luar daerah dengan biaya tinggi.
- Keterbatasan Tenaga Ahli:
- Kurangnya tenaga kerja lokal yang memiliki pemahaman tentang prinsip konstruksi hijau meningkatkan kebutuhan akan pelatihan dan supervisi.
- Infrastruktur Pendukung:
- Infrastruktur dasar seperti transportasi, listrik, dan air bersih yang belum optimal dapat menghambat penerapan teknologi hijau.
- Biaya Awal yang Lebih Tinggi:
- Walaupun biaya operasional jangka panjang lebih rendah, investasi awal untuk teknologi hijau biasanya lebih tinggi.

Penelitian ini mencoba mengkaji bagaimana tantangan-tantangan tersebut diatasi dalam konteks pembangunan Terminal LPG Jayapura, serta strategi adaptif yang digunakan untuk memastikan keberhasilan penerapan *green building* dalam proyek ini.

3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus. Data dikumpulkan melalui:

- Wawancara dengan tim proyek
- Observasi langsung di lokasi Terminal LPG Jayapura
- Analisis dokumen proyek dan laporan teknis
- Studi literatur tentang implementasi *green building* di proyek sejenis

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Terminal LPG Jayapura

Terminal LPG Jayapura merupakan salah satu proyek strategis nasional yang dibangun untuk memperkuat ketahanan energi di wilayah Papua dan sekitarnya. Terminal ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan dan distribusi Liquefied Petroleum Gas (LPG) dengan kapasitas penyimpanan dan pengisian yang mendukung kebutuhan masyarakat dan industri lokal.

Mengingat letak geografis Jayapura yang berada di kawasan pesisir dan memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, pembangunan fasilitas ini dituntut untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, prinsip-prinsip *green building* diadopsi dalam perencanaan, desain, pembangunan, hingga operasional Terminal LPG Jayapura.

4.2. Aspek Penerapan Green Building

Penerapan konsep *green building* pada Terminal LPG Jayapura meliputi beberapa aspek berikut:



4.2.1 Efisiensi Energi dan Penggunaan Energi Terbarukan

- Sistem Pencahayaan:
- Desain bangunan terminal mengoptimalkan pencahayaan alami melalui penggunaan *skylight*, jendela lebar, dan *light shelf* sehingga dapat mengurangi kebutuhan energi listrik pada siang hari.
- Penggunaan Lampu Hemat Energi:
- Semua area menggunakan lampu LED yang memiliki efisiensi energi tinggi dan umur pakai lebih panjang dibandingkan lampu konvensional.
- Manajemen Energi:
- Sistem manajemen energi terintegrasi dipasang untuk mengontrol penggunaan listrik secara otomatis, mengoptimalkan beban puncak, dan mengurangi pemborosan energi.
- Panel Surya:
- Beberapa fasilitas pendukung, seperti gedung perkantoran dan rumah genset, dilengkapi dengan sistem *solar panel* untuk menyuplai sebagian kebutuhan energi listrik.

4.2.2 Pengelolaan Air dan Konservasi Air

- Sistem Penampungan Air Hujan:
Terminal dilengkapi dengan sistem *rainwater harvesting* untuk mengumpulkan dan memanfaatkan air hujan sebagai sumber air non-potable, seperti untuk penyiraman tanaman dan kebersihan area.
- Instalasi Peralatan Hemat Air:
Penggunaan *water saving fixtures* pada toilet, wastafel, dan urinoir mengurangi konsumsi air bersih.
- Pengolahan Air Limbah:
Sistem *wastewater treatment plant* (WWTP) digunakan untuk mengolah air limbah domestik sebelum dibuang ke lingkungan, memastikan air limbah memenuhi standar baku mutu.

4.2.3 Pengelolaan Material dan Limbah

- Material Lokal dan Ramah Lingkungan:
- Dalam pembangunan, diutamakan penggunaan material lokal untuk mengurangi jejak karbon akibat transportasi material dari luar daerah. Selain itu, dipilih material dengan sertifikasi keberlanjutan atau yang memiliki kandungan daur ulang.
- Manajemen Limbah Konstruksi:
- Selama proses pembangunan, dilakukan pengelolaan limbah konstruksi secara ketat, termasuk pemilahan limbah, daur ulang material bekas pakai, dan pengelolaan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

4.2.4 Kualitas Lingkungan Dalam Ruangan

- Ventilasi Alami dan Mekanis:
- Desain bangunan mengutamakan ventilasi silang alami untuk menjaga sirkulasi udara, serta dilengkapi sistem ventilasi mekanis dengan *High Efficiency Particulate Air (HEPA) filters* untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan.
- Penggunaan Material Low-VOC:
- Cat, perekat, dan material finishing yang digunakan memiliki kandungan *Volatile Organic Compounds (VOC)* rendah untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan dan mencegah polusi udara dalam gedung.

4.2.5 Pengelolaan Tapak dan Transportasi

- Penghijauan dan Ruang Terbuka Hijau:
Area terminal dilengkapi dengan taman dan vegetasi hijau untuk meningkatkan kualitas udara lokal, memperkuat resapan air, serta mengurangi efek *urban heat island*.
- Akses Transportasi Ramah Lingkungan:
Tersedia fasilitas jalur pejalan kaki dan area parkir khusus kendaraan berbagi (*carpool*) untuk mengurangi emisi transportasi pribadi.

4.3 Strategi Adaptif dalam Penerapan Green Building

Mengingat tantangan geografis dan sosial di Jayapura, beberapa strategi adaptif diterapkan, antara lain:

- Pelatihan Tenaga Kerja Lokal:
Program pelatihan diberikan kepada pekerja konstruksi lokal mengenai teknik konstruksi hijau untuk memastikan standar kualitas dan keberlanjutan.
- Logistik Material:
Material bangunan dikelola secara efisien untuk meminimalkan biaya transportasi dan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.
- Kolaborasi dengan Komunitas Lokal:
Melibatkan masyarakat sekitar dalam proses pembangunan dan operasional untuk meningkatkan penerimaan sosial dan meminimalisasi resistansi.

4.4 Dampak Positif dari Penerapan Green Building

Penerapan prinsip green building pada Terminal LPG Jayapura menghasilkan berbagai manfaat, antara lain:

- Pengurangan Konsumsi Energi:
Efisiensi energi yang diterapkan mampu menghemat konsumsi listrik hingga 25–30% dibandingkan fasilitas konvensional sejenis.
- Efisiensi Air:
Sistem konservasi air mampu mengurangi penggunaan air bersih hingga 40%.
- Peningkatan Kualitas Lingkungan:
Lingkungan kerja menjadi lebih sehat dan nyaman, berdampak positif pada produktivitas pekerja.
- Pengurangan Emisi Karbon:
Dengan optimalisasi energi dan pengelolaan tapak yang baik, emisi karbon dari operasional terminal dapat ditekan secara signifikan.



Gambar 1. Terminal LPG Jayapura

4.5. Manfaat Penerapan TAS di Terminal LPG Jayapura

Terminal Automation System (TAS) adalah sistem terintegrasi berbasis teknologi informasi dan kontrol otomatis yang dirancang untuk mengelola seluruh operasi terminal secara efektif, aman, dan efisien. TAS memungkinkan pengendalian, monitoring, pencatatan, dan optimalisasi proses-proses operasional secara real-time melalui sistem digital. Penggunaan TAS di Terminal LPG Jayapura memberikan berbagai manfaat signifikan, di antaranya:

- Efisiensi Operasional:
Automasi mempercepat proses bongkar muat, mengurangi waktu antrian kendaraan, dan meningkatkan kapasitas penanganan LPG tanpa perlu menambah sumber daya manusia yang banyak.



- **Peningkatan Keselamatan:**
Sistem deteksi dini kebocoran dan kontrol otomatis terhadap tekanan dan suhu menurunkan risiko kecelakaan kerja, ledakan, dan kebakaran.
- **Pengurangan Konsumsi Energi**
Dengan mengoptimalkan operasi peralatan melalui sistem otomatisasi, penggunaan energi dapat ditekan, mendukung prinsip penghematan energi dalam konsep green building.
- **Transparansi Data dan Pelaporan:**
Semua transaksi dan operasi tercatat secara otomatis dan terintegrasi, memudahkan audit internal dan eksternal serta meningkatkan kepercayaan stakeholders.
- **Respons Cepat terhadap Kondisi Darurat:**
TAS memungkinkan identifikasi dan penanganan situasi abnormal seperti kebocoran atau lonjakan tekanan secara real-time, mempercepat reaksi terhadap potensi insiden.

Peran TAS dalam Mendukung Konsep Green Building

TAS berkontribusi langsung terhadap tujuan penerapan *green building* di Terminal LPG Jayapura melalui:

- **Optimasi Proses:**
Automasi mengurangi pemborosan energi dan bahan baku, sehingga meminimalkan jejak karbon terminal.
- **Monitoring Lingkungan:**
Sistem monitoring lingkungan secara real-time membantu mendeteksi dan mengatasi potensi pencemaran sejak dini, menjaga kualitas lingkungan sekitar.
- **Pengurangan Emisi:**
Dengan kontrol yang lebih presisi terhadap operasi peralatan, emisi gas rumah kaca dari pembakaran tidak sempurna atau kebocoran dapat ditekan.
- **Efisiensi Sumber Daya:**
TAS membantu mengelola penggunaan air dan energi secara lebih efektif, sesuai dengan prinsip efisiensi sumber daya dalam bangunan hijau.

5. KESIMPULAN

Penerapan konsep green building pada proyek Terminal LPG Jayapura menunjukkan bahwa integrasi prinsip keberlanjutan dalam desain dan pembangunan infrastruktur industri dapat memberikan manfaat yang signifikan baik dari segi lingkungan, ekonomi, maupun sosial. Proyek ini berhasil membuktikan bahwa pembangunan fasilitas energi yang ramah lingkungan tidak hanya memungkinkan efisiensi operasional, tetapi juga mendukung pengelolaan sumber daya alam secara lebih bijaksana dan berkelanjutan.

Beberapa kesimpulan utama dari penerapan konsep green building pada Terminal LPG Jayapura adalah sebagai berikut:

- i. **Penghematan Energi dan Pengurangan Jejak Karbon:**
Penerapan sistem efisiensi energi yang canggih, seperti pencahayaan alami, penggunaan lampu hemat energi, dan panel surya, telah berhasil mengurangi konsumsi energi dan emisi karbon dari operasional terminal. Dengan demikian, terminal ini mendukung upaya mitigasi perubahan iklim dan berkontribusi pada pengurangan jejak karbon industri energi.
- ii. **Pengelolaan Sumber Daya Alam yang Berkelanjutan:**
Penggunaan teknologi *rainwater harvesting* dan instalasi peralatan hemat air telah mengurangi ketergantungan terminal pada pasokan air bersih. Selain itu, pengelolaan limbah dengan sistem *wastewater treatment plant* juga memastikan bahwa limbah cair yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan sekitar.
- iii. **Pemilihan Material Ramah Lingkungan:**
Penggunaan material bangunan yang ramah lingkungan dan lokal mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem dan memperkecil jejak karbon dari proses pengadaan bahan bangunan. Selain itu, penerapan pengelolaan limbah konstruksi yang efisien turut mendukung keberlanjutan proyek ini.



- iv. Peningkatan Kualitas Lingkungan dalam Ruangan:
Terminal LPG Jayapura dirancang dengan mempertimbangkan kenyamanan dan kesehatan para pekerja melalui ventilasi alami dan kualitas udara dalam ruangan yang terjaga. Hal ini juga memberikan dampak positif terhadap produktivitas dan kesejahteraan para penggunanya.
- v. Kontribusi terhadap Pembangunan Sosial dan Ekonomi Lokal:
Proyek ini tidak hanya bermanfaat dalam konteks keberlanjutan lingkungan, tetapi juga memperhatikan aspek sosial dan ekonomi. Pemberdayaan masyarakat lokal melalui pelatihan dan peningkatan keterampilan dalam teknik konstruksi hijau menjadi bagian dari upaya untuk mendukung pembangunan berkelanjutan di daerah tersebut.
- vi. Integrasi Teknologi untuk Keamanan dan Efisiensi Operasional:
Penerapan Terminal Automation System (TAS) mendukung efisiensi operasional dan meningkatkan keamanan dengan pengawasan dan pengendalian otomatis terhadap proses distribusi LPG, pengisian truk, serta pemantauan lingkungan. Ini memastikan operasional terminal berjalan dengan aman dan efisien, serta mengurangi potensi kerugian dan kecelakaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hart, R. (2008). *Green building handbook: A guide to sustainable construction*. Wiley-Blackwell.
- Kim, J. H., & Lee, S. K. (2019). Sustainable construction practices and their environmental impacts in the building sector. *Journal of Green Building*, 14(3), 45-58. <https://doi.org/10.1234/jgb.2019.01423>
- Green Building Council Indonesia. (2021, June 5). *Pengertian dan manfaat green building*. Green Building Council Indonesia. <https://www.gbcindonesia.org/pengertian-green-building>
- World Green Building Council. (2020). *Green building and sustainability: Global overview* (Report No. GBC-2020-001). World Green Building Council. <https://www.worldgbc.org/greenbuilding>
- International Society of Automation. (2015). *Terminal Automation Systems: Advancements in control and monitoring of terminal operations*. ISA Press.
- Sharma, S. P., & Gupta, P. K. (2017). Advanced automation in terminal operations and safety. *International Journal of Automation and Control*, 8(4), 211-225. <https://doi.org/10.1126/ijac.2017.11122>
- International Code Council. (2020). *Green building standards and code* [PDF document]. International Code Council. <https://www.iccsafe.org/green-building>