

Perancangan *Generic Enterprise Architecture Model* Untuk Manajemen Operasional Di Lingkungan Pelabuhan Di Indonesia: Studi Kasus PT Integrasi Logistik Cipta Solusi (ILCS)

Muhammad Daniel¹, Betty Purwandari², Riri Satria³, Prasetyo Adi Wibowo Putro⁴

muhammad.daniel23@ui.ac.id¹, bettyp@cs.ui.ac.id², rrsatria@ui.ac.id³

^{1,2,3} Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia

⁴ Laboratory of Cryptographic Software Engineering, Politeknik Siber dan Sandi Negara, Bogor, Indonesia

Informasi Artikel

Diterima : 13 Feb 2025
Direvisi : 24 Feb 2025
Disetujui : 28 Feb 2025

Kata Kunci

Arsitektur Enterprise,
Pelabuhan, TOGAF,
Transformasi Digital,
Interoperabilitas.

Abstrak

Pelabuhan merupakan tulang punggung perdagangan dan logistik di Indonesia yang mendukung integrasi dan efisiensi melalui transformasi digital. Namun, belum adanya kerangka arsitektur enterprise generik menyebabkan fragmentasi sistem dan proses, sehingga menghambat integrasi lintas pemangku kepentingan di sektor maritim. Penelitian ini bertujuan merancang model generik arsitektur enterprise bagi manajemen operasional pelabuhan di Indonesia dengan menggunakan framework TOGAF. Metodologi yang digunakan meliputi analisis kebutuhan, wawancara, studi dokumen, dan observasi. Ruang lingkup penelitian mencakup fase Preliminary hingga Technology Architecture dalam siklus ADM TOGAF. Hasil penelitian berupa rancangan arsitektur enterprise yang berfokus pada standar integrasi, efisiensi proses, dan interoperabilitas sistem. Model ini diharapkan dapat menjadi panduan strategis bagi PT Integrasi Logistik Cipta Solusi (ILCS) dalam menyelaraskan teknologi informasi dengan kebutuhan bisnis pelabuhan nasional.

Keywords

*Enterprise Architecture,
Ports, TOGAF, Digital
Transformation,
Interoperability.*

Abstract

Ports serve as the backbone of trade and Logistics in Indonesia, supporting integration and efficiency through digital transformation. However, the absence of a generic Enterprise Architecture framework has led to system and process fragmentation, hindering cross-Stakeholder integration within the maritime sector. This study aims to design a generic Enterprise Architecture model for port operational management in Indonesia using the TOGAF framework. The methodology employed includes needs analysis, interviews, document reviews, and observations. The scope of the research covers the Preliminary phase through the Technology Architecture phase within the TOGAF ADM cycle. The results of the study include an Enterprise Architecture design focused on integration standards, process efficiency, and system interoperability. This model is expected to serve as a strategic guide for PT Integrasi Logistik Cipta Solusi (ILCS) in aligning information technology with the business needs of national ports

A. Pendahuluan

Sebagai negara kepulauan terbesar dengan lebih dari 17.000 pulau, Indonesia sangat bergantung pada pelabuhan sebagai infrastruktur utama dalam perdagangan dan logistik. Efisiensi operasional pelabuhan menjadi faktor kunci dalam meningkatkan daya saing industri maritim nasional di pasar global. Namun, pelabuhan di Indonesia masih menghadapi tantangan besar, termasuk fragmentasi sistem teknologi informasi (TI). Fragmentasi ini terutama terjadi setelah merger PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo), yang menggabungkan empat perusahaan pelabuhan menjadi satu entitas besar pada tahun 2021. Masing-masing perusahaan sebelumnya mengelola pelabuhan dengan sistem TI yang berbeda, yang tidak terintegrasi satu sama lain[1].

Digitalisasi dan otomatisasi pelabuhan telah menjadi prioritas utama dalam modernisasi sektor kepelabuhanan. Inisiatif *National Logistics Ecosystem (NLE)* yang dicanangkan oleh Kementerian Keuangan bertujuan untuk mengintegrasikan sistem logistik nasional, meningkatkan transparansi, serta mempercepat pertukaran data antar berbagai pemangku kepentingan di seluruh ekosistem logistik Indonesia[2]. Di sisi lain, sistem *Inaportnet*, yang diinisiasi oleh Kementerian Perhubungan, telah diadopsi oleh lebih dari 50% pelabuhan di Indonesia untuk mempercepat proses administrasi, meningkatkan efisiensi operasional, dan memastikan kolaborasi antara otoritas pelabuhan, perusahaan pelayaran, dan penyedia logistik[3]. Meskipun demikian, implementasi sistem digitalisasi ini masih menghadapi hambatan, terutama terkait dengan fragmentasi sistem operasional antar pelabuhan, terutama pasca-merger Pelindo yang melibatkan integrasi berbagai infrastruktur dan sistem yang sebelumnya terpisah. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih sistematis dan terkoordinasi dalam standarisasi sistem dan integrasi antar pelabuhan agar digitalisasi dapat berjalan secara menyeluruh dan meningkatkan efisiensi operasional[1].

PT Integrasi Logistik Cipta Solusi (ILCS), anak perusahaan Pelindo, telah mengembangkan berbagai solusi berbasis TI seperti *Terminal Operating System (TOS)*, *platform* berbasis *cloud*, serta sistem pemantauan lalu lintas kapal berbasis *real-time*[4]. Namun, belum adanya model *Enterprise Architecture (EA)* yang terstandarisasi menyebabkan kesulitan dalam mengintegrasikan sistem TI di berbagai pelabuhan dengan infrastruktur yang berbeda-beda[1].

Sebagai solusi, *The Open Group Architecture Framework (TOGAF)* telah banyak digunakan dalam berbagai industri untuk menyelaraskan proses bisnis, sistem informasi, dan infrastruktur TI [5], [6], [7]. TOGAF menggunakan pendekatan *iteratif* melalui *Architecture Development Method (ADM)* untuk memastikan perancangan arsitektur yang terstruktur dari tahap perencanaan hingga implementasi[8]. Studi kasus di Pelabuhan Hamburg menunjukkan bahwa TOGAF dapat meningkatkan efisiensi operasional melalui pendekatan modular dan mendukung skalabilitas serta mendukung penerapan teknologi berbasis *Internet of Things (IoT)* dan *Artificial Intelligence (AI)*[9]. Implementasi serupa di pelabuhan

Rusia juga menunjukkan peningkatan interoperabilitas sistem dan transparansi operasional melalui integrasi berbasis *cloud* [10].

Dalam konteks pelabuhan Indonesia, *Generic Enterprise Architecture (Generic EA)* Model lebih relevan dibandingkan EA konvensional, karena dapat diterapkan di berbagai pelabuhan dengan tingkat infrastruktur yang berbeda[1]. *Generic EA* adalah kerangka arsitektur yang dapat digunakan oleh berbagai pelabuhan, dengan fleksibilitas dalam menyesuaikan sistem TI berdasarkan kebutuhan spesifik operasional dan infrastruktur teknologi yang tersedia[11]. Model ini menawarkan solusi fleksibel dalam menyelaraskan sistem TI yang terfragmentasi, meningkatkan interoperabilitas, serta mempercepat proses digitalisasi pelabuhan secara nasional.

Sebagai bagian dari transformasi digital, PT Pelindo mencanangkan inisiatif "*One Standard, One System, One Data*" untuk menciptakan keseragaman layanan dan pertukaran data antar pelabuhan[12]. Dengan menerapkan *Generic EA* dalam manajemen operasional, sistem yang digunakan di setiap pelabuhan dapat diseragamkan, memungkinkan integrasi data yang lebih baik, meningkatkan koordinasi antar pemangku kepentingan, serta mempercepat pengambilan keputusan berbasis data *real-time*[13]. Manajemen operasional pelabuhan mencakup berbagai aspek, termasuk optimalisasi layanan kapal dan kargo, pengelolaan rantai pasok logistik, serta efisiensi administrasi kepelabuhanan[14]. Dengan penerapan *Generic EA*, efisiensi operasional dapat ditingkatkan melalui sinkronisasi data yang lebih baik serta pengurangan redundansi dalam proses kerja[15].

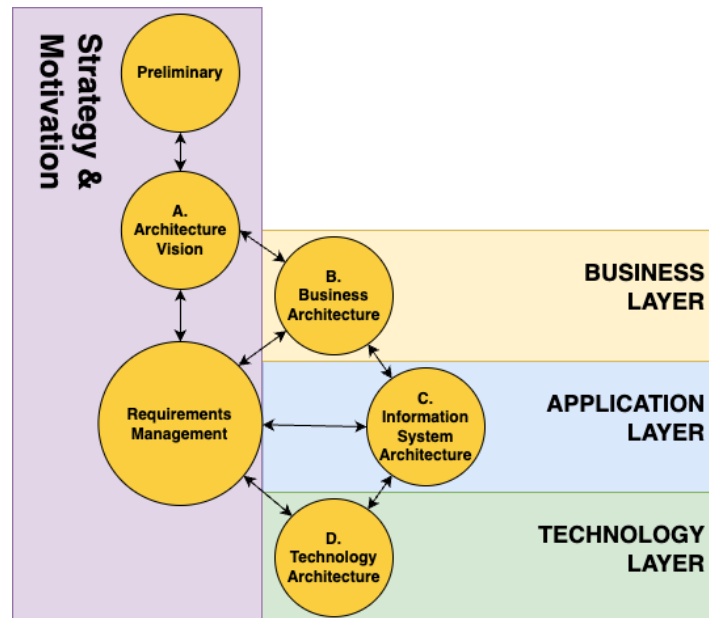
Penelitian ini berfokus pada perancangan *Generic Enterprise Architecture Model* untuk mendukung digitalisasi dan integrasi sistem operasional pelabuhan logistik di Indonesia, dengan studi kasus utama Pelabuhan Tanjung Priok, pelabuhan terbesar dan tersibuk di Indonesia. Model ini dirancang untuk meningkatkan interoperabilitas, efisiensi operasional, dan standarisasi sistem TI di seluruh jaringan pelabuhan nasional.

Penelitian ini menawarkan pendekatan baru dalam integrasi sistem informasi operasional pelabuhan di Indonesia *pasca-merger* PT Pelindo, dengan merancang model *Generic Enterprise Architecture (EA)* yang fleksibel dan dapat diadaptasi untuk berbagai pelabuhan. Berbeda dengan pendekatan EA konvensional, model ini mengutamakan standarisasi sistem TI yang mampu mengakomodasi perbedaan infrastruktur dan tingkat kematangan teknologi antar pelabuhan

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Enterprise Architecture (EA)* berbasis *The Open Group Architecture Framework (TOGAF)*[8] untuk merancang *Generic Enterprise Architecture Model* yang dapat diterapkan dalam manajemen operasional pelabuhan di Indonesia. Model ini dikembangkan berdasarkan siklus

Architecture Development Method (ADM) ditunjukkan dalam Gambar 1. yang mencakup identifikasi kebutuhan bisnis, perancangan arsitektur bisnis, sistem informasi, dan infrastruktur teknologi guna memastikan interoperabilitas antar sistem di lingkungan pelabuhan.



Gambar 1. Siklus TOGAF Architecture Development Method (ADM) [8]

Pemilihan TOGAF (*The Open Group Architecture Framework*) dalam penelitian ini didasarkan pada evaluasi terhadap tiga *framework Enterprise Architecture* yang cukup fleksibel untuk diimplementasikan di lingkungan pelabuhan, yaitu Zachman, TOGAF, dan Gartner EA *Framework*. Penelitian sebelumnya melakukan perbandingan terhadap ketiga *framework* ini berdasarkan kriteria operasional dan strategis[16][17]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa TOGAF muncul sebagai *framework* yang paling komprehensif dan adaptif karena keunggulannya dalam integrasi teknologi, penyelarasan bisnis dan TI, serta kemampuan untuk mengelola kompleksitas operasional yang tinggi.

Penelitian sebelumnya menggunakan beberapa kriteria evaluasi[16][17]. Kriteria-kriteria ini meliputi:

1. *Process Completeness*
2. *Taxonomy Completeness*
3. *Business Focus*
4. *Governance Guidance*
5. *Technology Integration*
6. *Vendor Neutrality*
7. *Time to Value*

Hasil perbandingan yang dilakukan[17] memberikan gambaran yang jelas bahwa TOGAF menduduki peringkat tertinggi dalam *Process Completeness*, *Technology Integration*, dan *Vendor Neutrality*, menjadikannya sebagai pilihan yang lebih tepat untuk merancang *Generic EA Model* di pelabuhan Indonesia yang membutuhkan integrasi sistem yang mendalam, dukungan terhadap transformasi digital, dan penyelarasan yang kuat antara tujuan bisnis dan teknologi.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode utama:

1. Wawancara dengan pemangku kepentingan di PT ILCS dan Pelindo, yang mencakup direktur utama ILCS dan divisi *Planning and Control* Pelindo, untuk memahami tantangan integrasi sistem dan kebutuhan bisnis operasional.
2. Studi dokumen, mencakup analisis terhadap laporan tahunan Pelindo dan ILCS, rencana strategis perusahaan, serta dokumen operasional terkait sistem informasi pelabuhan.
3. Observasi langsung di *Planning and Control Center* Pelindo guna memahami implementasi sistem saat ini serta mengidentifikasi potensi peningkatan efisiensi dan integrasi.

Analisis data dilakukan dengan pendekatan *gap analysis*, membandingkan kondisi *as-is* dengan kondisi *to-be* untuk mengidentifikasi kesenjangan dalam sistem yang ada. Model yang diusulkan dievaluasi dengan membandingkan referensi dari *Port Community Systems (PCS)*[18], *Smart Ports Maturity Model (SPMM)*[19], dan *Digital Twin Models*[20]. Validasi dilakukan melalui diskusi dengan para ahli di bidang teknologi informasi dan logistik pelabuhan guna memastikan efektivitas model dalam meningkatkan interoperabilitas sistem, efisiensi operasional, serta standarisasi proses bisnis di seluruh jaringan pelabuhan nasional.

Model arsitektur yang dikembangkan difokuskan pada empat domain utama yang dapat dilihat di Tabel 1. **Komponen Arsitektur Enterprise dalam Model yang Diusulkan.**

Tabel 1. Komponen Arsitektur Enterprise dalam Model yang Diusulkan

No	Domain Arsitektur	Proses
1	<i>Business Architecture</i>	Pemodelan proses bisnis dalam operasional Pelabuhan.
2	<i>Data Architecture</i>	Pengelolaan dan integrasi data untuk mendukung pengambilan Keputusan.
3	<i>Application Architecture</i>	Sistem informasi yang digunakan dalam layanan kepelabuhanan.
4	<i>Technology Architecture</i>	Infrastruktur teknologi yang mendukung sistem dan operasional.

Model yang dihasilkan diharapkan dapat diterapkan sebagai standar dalam pengelolaan sistem informasi di lingkungan pelabuhan, guna meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi fragmentasi sistem, serta mempercepat transformasi digital dalam sektor kepelabuhanan.

Arsitektur yang dikembangkan dalam penelitian ini mengikuti siklus Architecture Development Method (ADM) dari TOGAF, yang terdiri dari beberapa fase utama. Implementasi TOGAF ADM dalam perancangan Generic EA Model untuk pelabuhan di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2. **Fase – fase dalam TOGAF ADM** berikut:

Tabel 2. Fase – fase dalam TOGAF ADM

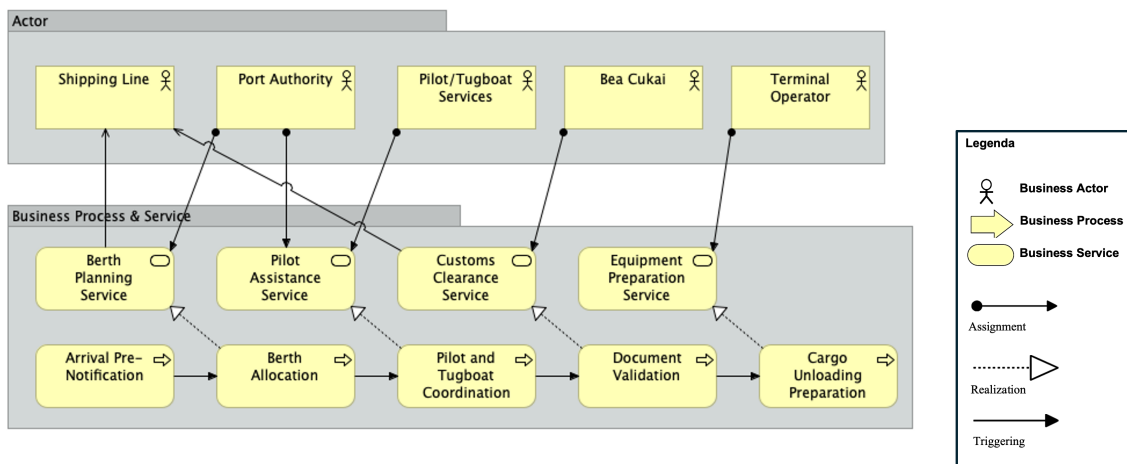
Fase	Input	Proses	Output
<i>Preliminary Phase</i>	Tujuan strategis, pemangku kepentingan, kebutuhan TI	Menetapkan visi, misi, ruang lingkup, prinsip arsitektur, dan tata kelola	Ruang lingkup organisasi, prinsip arsitektur, strategi EA
<i>Architecture Vision</i>	Hasil dari Preliminary Phase, kebutuhan operasional	Merumuskan visi arsitektur tingkat tinggi dan pemetaan pemangku kepentingan	Dokumen visi arsitektur, pemetaan pemangku kepentingan
<i>Business Architecture</i>	Dokumen visi arsitektur, proses bisnis pelabuhan	Pemetaan proses bisnis, identifikasi ketidakefisienan, dan analisis gap	Model arsitektur bisnis, analisis kesenjangan
<i>Information Systems Architecture</i>	Model arsitektur bisnis, kebutuhan informasi	Merancang arsitektur data dan aplikasi untuk mendukung proses bisnis	Model arsitektur data dan aplikasi
<i>Technology Architecture</i>	Arsitektur data dan aplikasi, infrastruktur TI	Merancang infrastruktur teknologi untuk mendukung sistem operasional	Arsitektur teknologi, validasi prinsip infrastruktur

C. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis dari wawancara dengan direktur utama ILCS menunjukkan target utama adalah standarisasi sistem operasional dan penerapan terminal *operating system*. Observasi juga mengungkapkan meskipun Inaportnet dan NLE sudah diterapkan, integrasi antar sistem belum optimal, menghambat pertukaran data real-time dan menurunkan efisiensi operasional. Model yang dikembangkan dalam penelitian ini mengusulkan *integrasi real-time antar sistem pelabuhan* dengan menggunakan *API Gateway* dan standar data berbasis *cloud computing*.

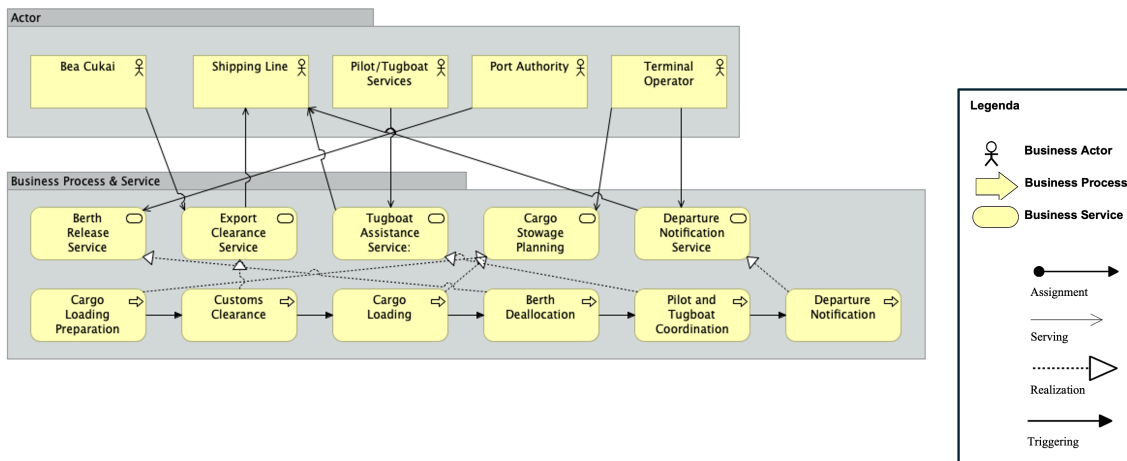
Pada layanan kapal, model ini memastikan bahwa proses *inbound* dan *outbound* dapat dilakukan secara otomatis melalui *Terminal Operating System (TOS)* yang terhubung dengan sistem manajemen logistik nasional. Sementara itu, untuk layanan barang, model ini mengadopsi pendekatan berbasis *National Logistics Ecosystem (NLE)* guna meningkatkan efisiensi pertukaran data antara pelabuhan, bea cukai, dan penyedia logistik.

Gambar 2 menunjukkan *Business Architecture* untuk layanan kapal dalam skenario *inbound*, di mana kapal yang datang harus melalui beberapa tahapan, termasuk pendaftaran melalui *Port Management System (PMS)*, persetujuan oleh otoritas pelabuhan, dan proses tambat di dermaga yang ditentukan.



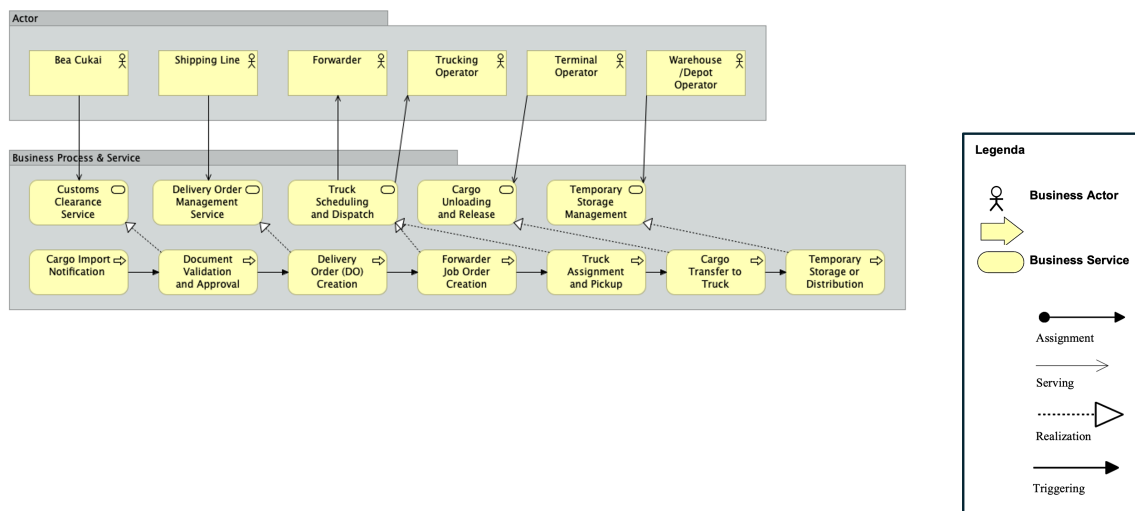
Gambar 2: *Business Architecture* Layanan Kapal (*Inbound*)

Gambar 3 menggambarkan *Business Architecture* layanan kapal dalam skenario *outbound*, yang melibatkan proses permohonan keberangkatan, pengecekan muatan, dan verifikasi dokumen sebelum kapal meninggalkan pelabuhan.

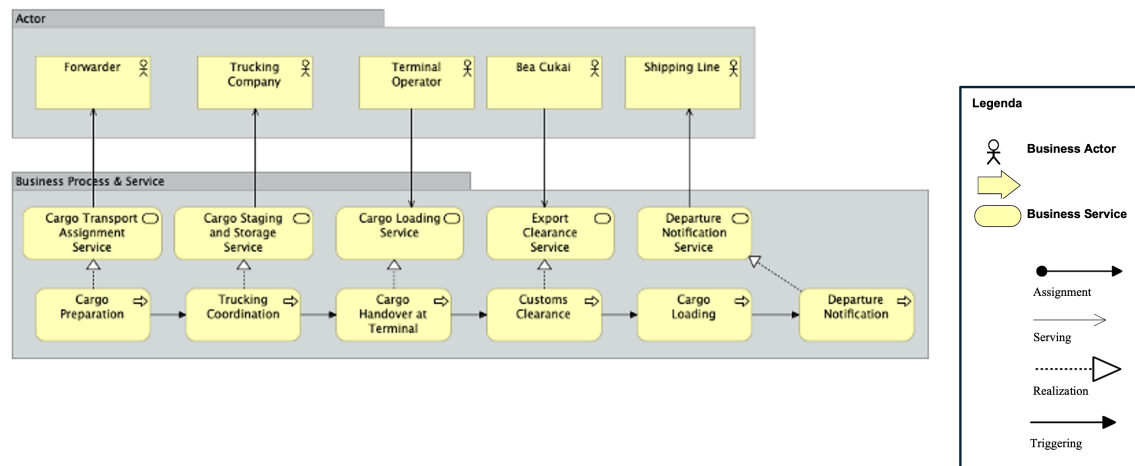


Gambar 3: *Business Architecture* Layanan Kapal (*Outbound*)

Pada layanan barang, sistem inbound dan outbound harus terintegrasi dengan sistem kepabeanan dan penyedia logistik untuk memastikan kelancaran distribusi. Gambar.4 dan Gambar 5 memperlihatkan arsitektur bisnis dalam pengelolaan layanan barang di pelabuhan.



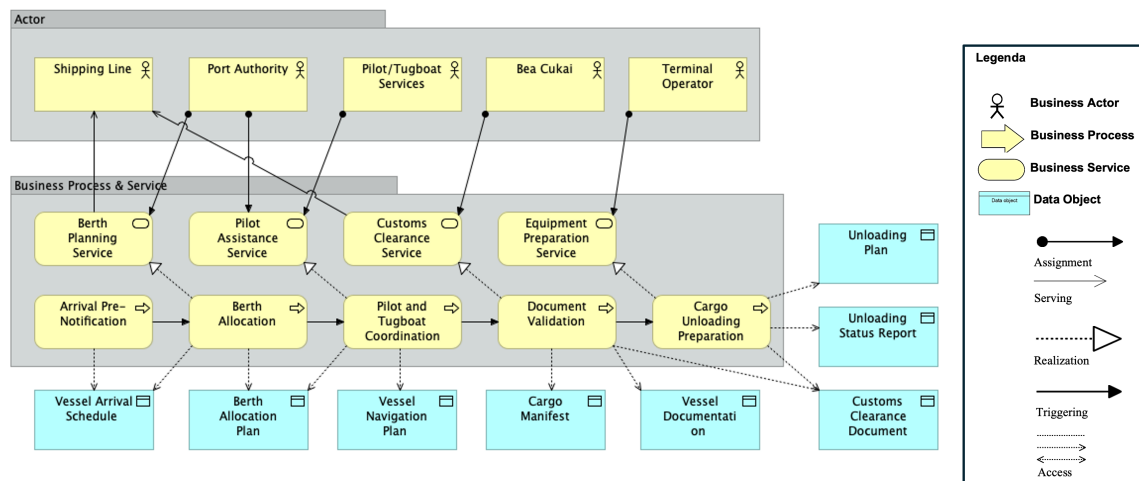
Gambar 4: *Business Architecture Layanan Barang (Inbound)*



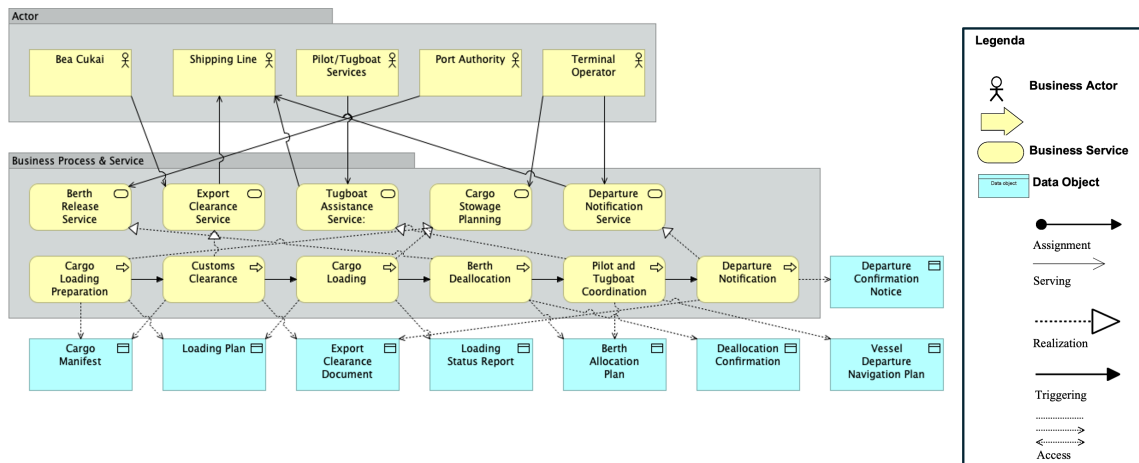
Gambar 5: *Business Architecture Layanan Barang (Outbound)*

Arsitektur data dalam sistem ini dirancang untuk mengoptimalkan pengelolaan informasi dengan model data yang terpusat dan interoperabel. Model ini bertujuan untuk menghilangkan fragmentasi data, meningkatkan akses real-time, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis analitik.

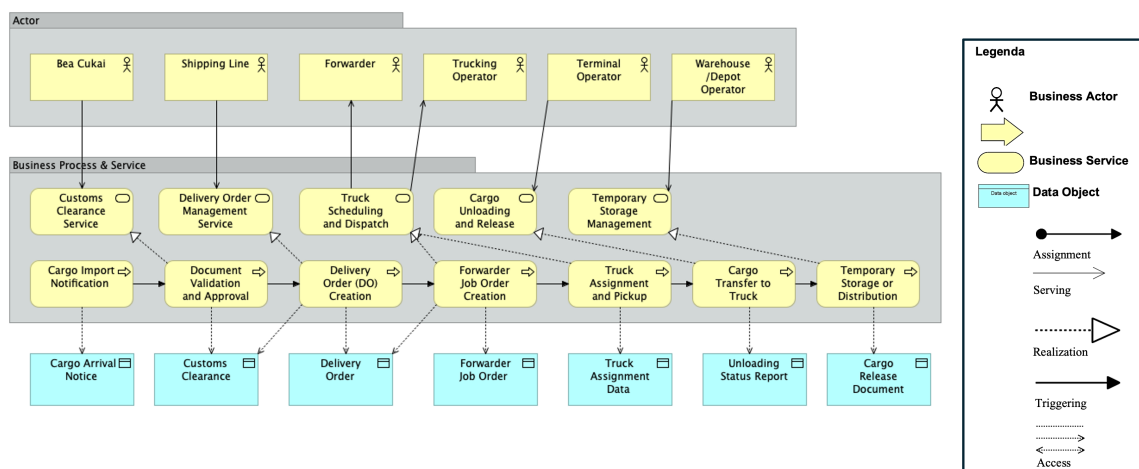
Struktur data yang diusulkan mencakup informasi kapal, muatan, status operasional, dan logistik, yang disajikan dalam Gambar 6 hingga Gambar 9



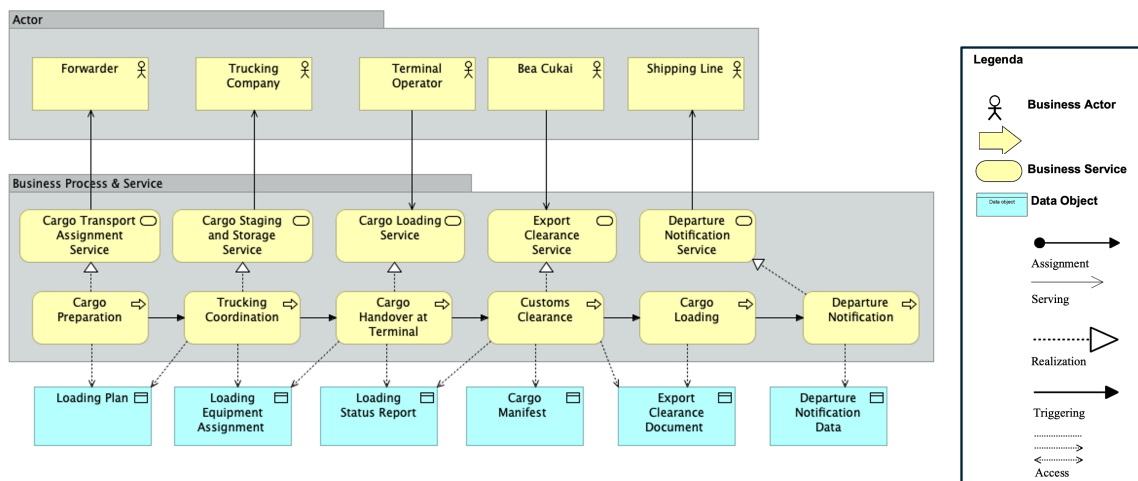
Gambar 6: Data Architecture Layanan Kapal (Inbound)



Gambar 7: Data Architecture Layanan Kapal (Outbound)



Gambar 8: Data Architecture Layanan Barang (Inbound)

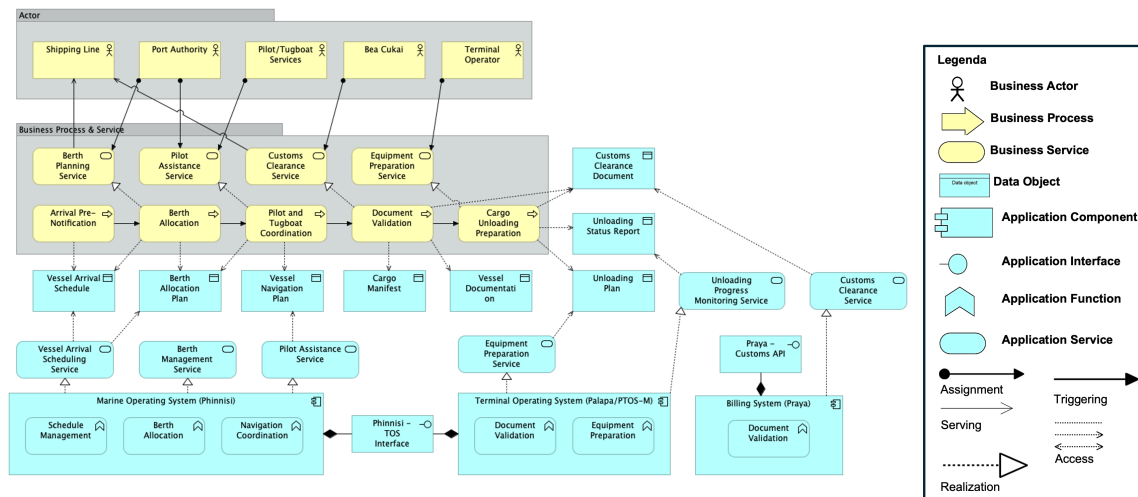


Gambar 9: Data Architecture Layanan Barang (Outbound)

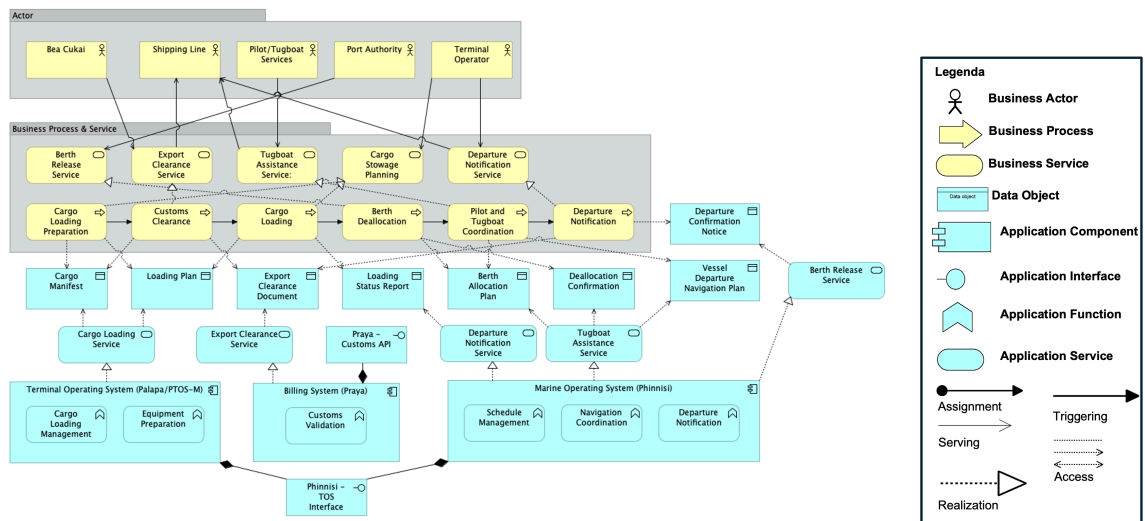
Arsitektur aplikasi terdiri dari berbagai platform digital yang mendukung proses bisnis pelabuhan. Aplikasi utama yang digunakan meliputi:

- *TOS Nusantara*: Mengelola aktivitas bongkar muat dan pergerakan barang.
- *Phinnisi*: Mengatur layanan kapal, tambat, dan dokumentasi.
- *PRAYA & PARAMA*: Mengelola billing dan administrasi pelanggan.
- *National Logistics Ecosystem (NLE)*: Menghubungkan sistem kepabeanan dengan ekosistem logistik nasional.

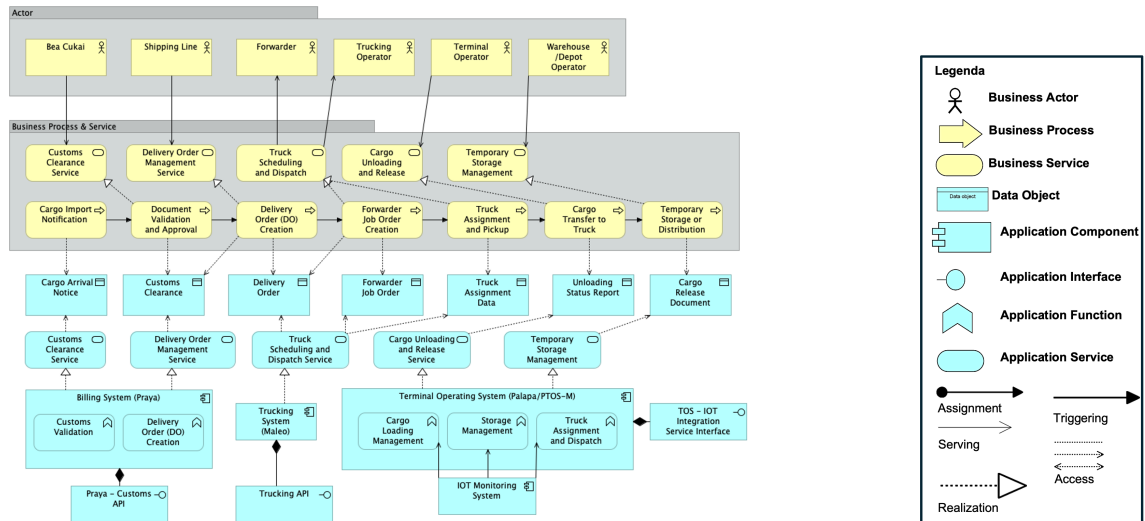
Struktur arsitektur aplikasi ini ditunjukkan dalam Gambar 10 hingga Gambar 13.



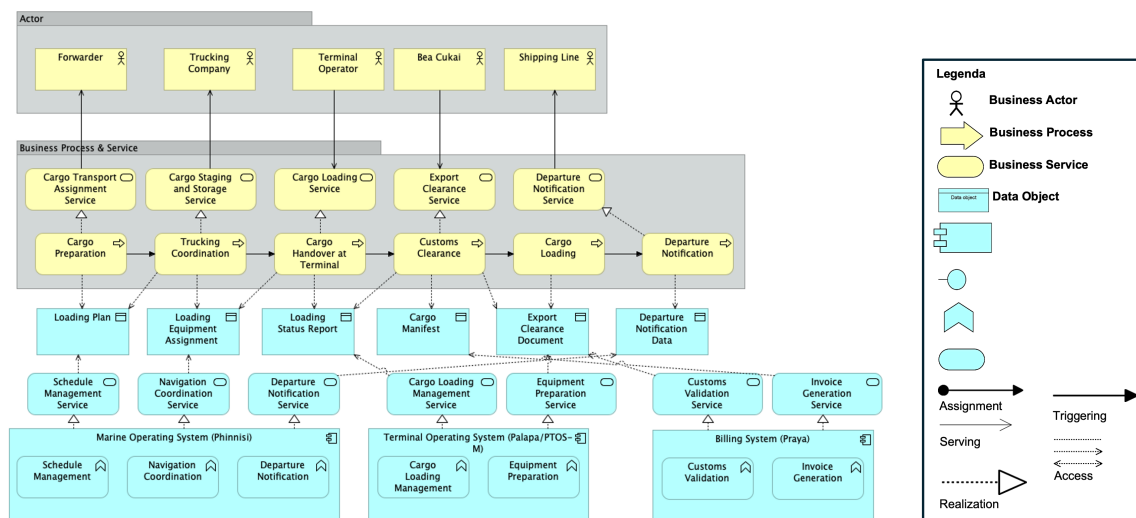
Gambar 10: Application Architecture Layanan Kapal (Inbound)



Gambar 11: Application Architecture Layanan Kapal (Outbound)



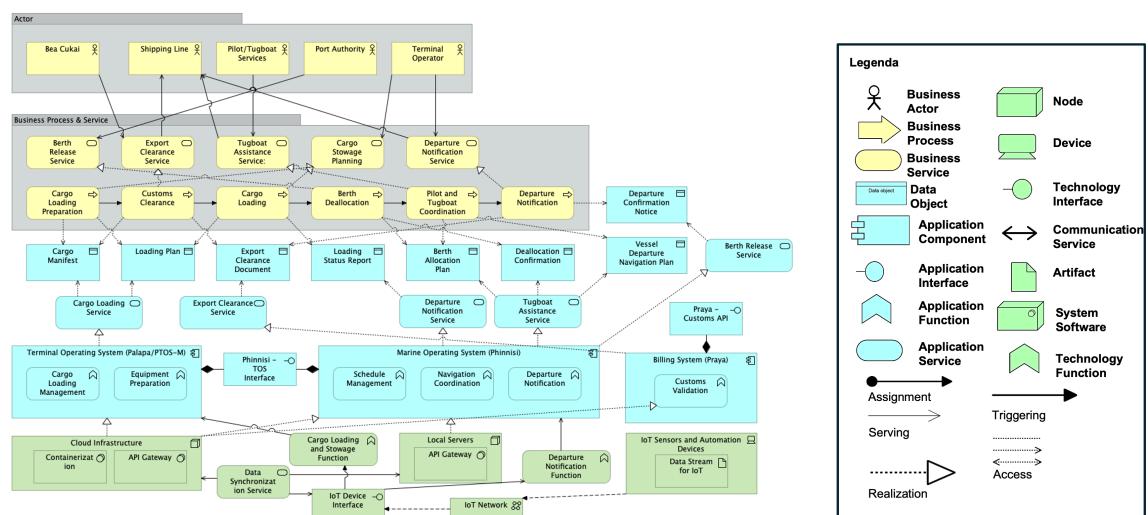
Gambar 12: Application Architecture Layanan Barang (Inbound)



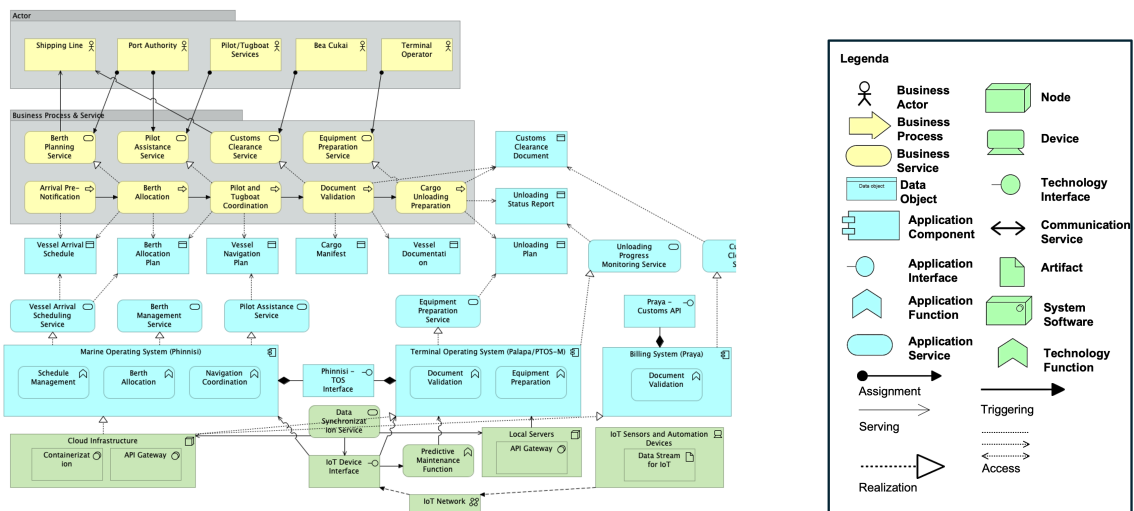
Gambar 13: Application Architecture Layanan Barang (Outbound)

Arsitektur teknologi yang diimplementasikan berbasis *cloud computing*, dengan pendekatan *hybrid cloud* untuk meningkatkan fleksibilitas dan skalabilitas sistem. *API Gateway* digunakan sebagai penghubung utama untuk memastikan interoperabilitas antar platform, memungkinkan integrasi sistem seperti TOS, sistem kepelabuhanan, dan sistem kepabeanan nasional.

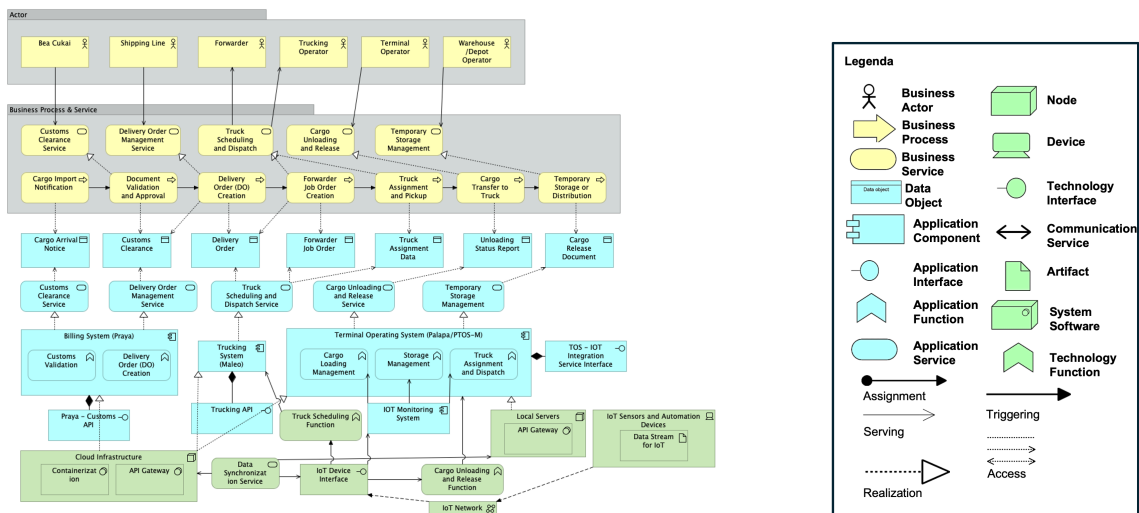
Gambar 14 hingga Gambar 17 menggambarkan bagaimana teknologi ini diterapkan dalam mendukung operasional layanan kapal dan barang.



Gambar 14: Technology Architecture Layanan Kapal (Inbound)



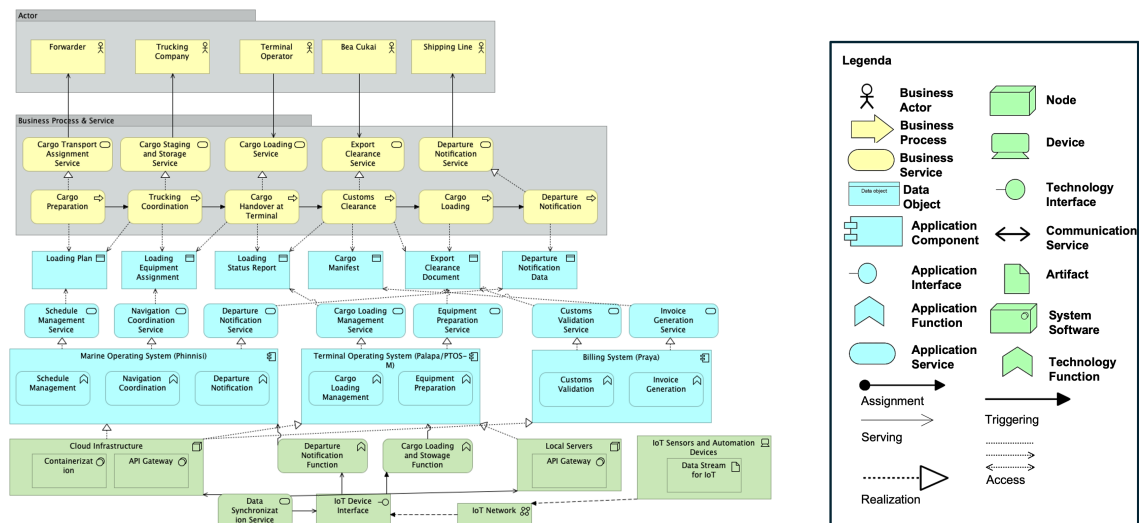
Gambar 15: Technology Architecture Layanan Kapal (Outbound)



Gambar 16: Technology Architecture Layanan Barang (Inbound)

Untuk meningkatkan efisiensi operasional, penelitian ini mengusulkan penerapan *Internet of Things (IoT)* dalam pemantauan peralatan bongkar muat dan pergerakan kapal. Sensor IoT yang dipasang pada peralatan operasional mendukung sistem *predictive maintenance*, mengurangi waktu henti (*downtime*) dan meningkatkan produktivitas pelabuhan. Selain itu, sistem *Automated Gate* dan *Automatic Number Plate Recognition (ANPR)* mempercepat alur logistik dengan meningkatkan akurasi pencatatan kendaraan dan barang.

Analisis data berbasis *Big Data* dan *Artificial Intelligence (AI)* diterapkan untuk mendukung pengambilan keputusan strategis. Dengan model prediktif berbasis *machine learning*, sistem dapat memproyeksikan lalu lintas kapal dan pergerakan barang, memungkinkan perencanaan slot tambat dan distribusi logistik yang lebih optimal.



Gambar 17: *Technology Architecture Layanan Barang (Outbound)*

Hasil evaluasi model menunjukkan bahwa model ini mengatasi kekurangan pada model referensi sebelumnya, seperti *Smart Ports Maturity Model (SPMM)* [21], *Port Community Systems (PCS)* 08/03/25 09.30.00, dan *Digital Twin Models* [20], yang belum dapat menyatukan sistem operasional antar pelabuhan. Model ini mengusulkan integrasi *real-time* antar sistem melalui *API Gateway* dan arsitektur data berbasis *cloud*, untuk meningkatkan interoperabilitas dan efisiensi operasional pelabuhan. Penerapan model ini berdampak pada peningkatan kolaborasi antar pemangku kepentingan, efisiensi proses bisnis, dan pengurangan fragmentasi pengelolaan data, sesuai dengan kebijakan nasional terkait digitalisasi dan integrasi sistem logistik.

Penelitian ini menghasilkan *Generic Enterprise Architecture (EA) Model* yang dirancang untuk meningkatkan integrasi, standarisasi, dan efisiensi operasional di pelabuhan Indonesia. Evaluasi model dilakukan dengan membandingkan komponen-komponen utama *Generic EA Model* dengan beberapa model referensi seperti *Smart Ports Maturity Model (SPMM)*, *Port Community Systems (PCS)*, dan *Digital Twin Models*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model ini dapat melengkapi dan memperkuat implementasi model-model tersebut dengan memberikan pengelolaan data terpusat, integrasi sistem secara *real-time*, serta pemantauan kinerja berbasis data. Model ini juga memungkinkan otomatisasi proses logistik dan pengelolaan kargo, yang mengurangi waktu tunggu kapal dan meningkatkan throughput pelabuhan.

Dampak dari penerapan *Generic EA Model* terhadap Pelindo terlihat pada setiap fase *TOGAF* yang digunakan dalam penelitian ini. Fase *Preliminary* memastikan keselarasan strategis TI dengan visi perusahaan, sedangkan fase *Architecture Vision* menyusun peta jalan transformasi digital dan memperkuat kolaborasi antar pemangku kepentingan. Fase *Business Architecture* dan *Information Systems*

Architecture menyelaraskan dan menyederhanakan proses bisnis, serta memastikan interoperabilitas sistem TI antar terminal pelabuhan. Fase *Technology Architecture* mendukung fleksibilitas dan skalabilitas infrastruktur melalui teknologi seperti *cloud computing* dan *Predictive Maintenance*.

Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, termasuk cakupan wilayah yang terbatas pada *Pelabuhan Tanjung Priok* dan keterbatasan dalam pengumpulan data yang hanya mencakup Jakarta. Selain itu, model ini belum diuji coba langsung di pelabuhan lain, sehingga efektivitasnya dalam skenario operasional nyata perlu divalidasi lebih lanjut. Keterbatasan lain adalah kurangnya regulasi yang mengatur standar interoperabilitas TI antar pelabuhan di Indonesia. Meskipun demikian, *Generic EA Model* memberikan kerangka yang kuat untuk mendukung transformasi digital pelabuhan dan dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam sektor maritim Indonesia.

D. Simpulan

Penelitian ini merancang *Generic Enterprise Architecture (Generic EA) Model* untuk meningkatkan efisiensi dan interoperabilitas manajemen operasional pelabuhan logistik di Indonesia. Studi kasus dilakukan di Pelabuhan Tanjung Priok sebagai model perwakilan.

Model ini berbasis The Open Group Architecture Framework (TOGAF) dan mencakup empat komponen utama:

- Arsitektur Bisnis – Standarisasi layanan kapal dan barang berbasis *TOS*, *cloud*, *IoT*, dan *AI*.
- Arsitektur Data – Integrasi melalui *Centralized Data Platform*, *Big Data Analytics*, dan *Blockchain*.
- Arsitektur Aplikasi – Penggunaan aplikasi *SaaS* yang mendukung interoperabilitas dengan *Inaportnet* dan *NLE*.
- Arsitektur Teknologi – Infrastruktur *cloud computing* yang fleksibel dengan dukungan *IoT*, *AI*, dan *Blockchain*.

Penelitian ini terbatas pada tahap perancangan tanpa implementasi langsung dan validasi hanya pada satu studi kasus. Untuk pengembangan lebih lanjut, uji coba di berbagai pelabuhan dan integrasi dengan ekosistem logistik global diperlukan guna meningkatkan daya saing pelabuhan Indonesia.

E. Referensi

- [1] Pelindo, "Annual Report Pelindo 2023," 2023.
- [2] Kementerian Keuangan Republik Indonesia, "National Logistics Ecosystem," Mar 2023. Diakses: 3 September 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.kemenkeu.go.id/informasi-publik/publikasi/berita-utama/National-Logistics-Ecosystem>

- [3] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, "Lebih dari 50 Persen Pelabuhan Gunakan Inaportnet, Menhub: Digitalisasi Layanan Dorong Peningkatan Daya Saing Logistik," Jan 2019. Diakses: 3 September 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://hubla.dephub.go.id/home/post/read/14612/lebih-dari-50-persen-pelabuhan-gunakan-inaportnet-menhub-digitalisasi-layanan-dorong-peningkatan-daya-saing-logistik>
- [4] PT Integrasi Logistik Cipta Solusi (ILCS), "Annual Report ILCS 2023," 2023.
- [5] A. S. Girsang dan A. Abimanyu, "Development of an Enterprise Architecture for Healthcare using TOGAF ADM," *Emerg. Sci. J.*, vol. 5, no. 3, hlm. 305–321, Jun 2021, doi: 10.28991/esj-2021-01278.
- [6] A. Nurrosyidah dan A. F. Rachmannullah, "A TOGAF-based Framework for the Enterprise Architecture Development of Smart Digital Port: A Case of Container Port in Indonesia," *J. Manuf. Enterp. Inf. Syst.*, vol. 2, no. 2, hlm. 1–7, 2024.
- [7] B. G. Sudarsono, J. S. Antouw, J. F. Andry, dan A. Sani, "Enterprise Architecture Landscape Using TOGAF Framework for Offshore Company," *TEST Eng. Manag.*, 2020.
- [8] The Open Group, "The TOGAF® Standard, Version 9.2," 2018.
- [9] N. Kapkaeva, A. Gurzhiy, S. Maydanova, dan A. Levina, "Digital Platform for Maritime Port Ecosystem: Port of Hamburg Case," *Transp. Res. Procedia*, vol. 54, hlm. 909–917, 2021, doi: 10.1016/j.trpro.2021.02.146.
- [10] A. A. Lepekhin, A. I. Levina, A. S. Dubgorn, J. Weigell, dan S. E. Kalyazina, "Digitalization of Seaports based on Enterprise Architecture approach," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 940, no. 1, hlm. 012023, Sep 2020, doi: 10.1088/1757-899X/940/1/012023.
- [11] S. Kotusev, *The practice of enterprise architecture: a modern approach to business and IT alignment*. Melbourne: SK Publishing, 2018.
- [12] PT Integrasi Logistik Cipta Solusi (ILCS), "RJPP ILCS 2025-2029," 2024.
- [13] J. Härtel, "Digital Transformation of Ports: A Status of the Port of Hamburg and the Port of Singapore," Bachelor's thesis, Hamburg University of Applied Sciences, Hamburg, Germany, 2016.
- [14] B. Y. Wedha, "Optimizing Transportation Logistics through Enterprise Architecture: A Case Study of Integrated Management Systems," *J. Comput. Netw. Archit. High Perform. Comput.*, vol. 5, no. 2, hlm. 693–702, Agu 2023, doi: 10.47709/cnahpc.v5i2.2779.
- [15] T. Inkinen, R. Helminen, dan J. Saarikoski, "Port Digitalization with Open Data: Challenges, Opportunities, and Integrations," *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.*, vol. 5, no. 2, hlm. 30, Jun 2019, doi: 10.3390/joitmc5020030.
- [16] R. Session dan J. deVadoss, "A Comparison of the Top Four Enterprise Architecture Approaches in 2014," *Microsoft Corp.*, 2014.
- [17] S. Kotusev, "A Comparison of the Top Four Enterprise Architecture Frameworks," *Br. Comput. Soc. BCS*, vol. 1, 2021.
- [18] European Port Community Systems Association (EPCSA), "How to Develop a Port Community System," European Port Community Systems Association (EPCSA), Brussels, Belgium, Technical Guide, 2020. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.epcsa.eu>

- [19] J. Chałampowicz dan A. Karaś, "Smart Ports Process Maturity Model – Theoretical Framework," 2024.
- [20] J. Neugebauer, L. Heilig, dan S. Voß, "Digital Twins in the Context of Seaports and Terminal Facilities," *Flex. Serv. Manuf. J.*, vol. 36, no. 3, hlm. 821–917, Sep 2024, doi: 10.1007/s10696-023-09515-9.
- [21] Y. Boullauazan, C. Sys, dan T. Vanelslander, "Developing and demonstrating a maturity model for smart ports," *Marit. Policy Manag.*, vol. 50, no. 4, hlm. 447–465, Mei 2023, doi: 10.1080/03088839.2022.2074161.