

Implementasi Sistem Pelacakan dan Penataan Peti Kemas pada Aktifitas Bongkar Muat Barang di Pelabuhan

Studi kasus : Pelabuhan Teluk Lamong Surabaya

¹Ari Wijayanti, ²Okkie Puspitorini, ³Nur Adi Siswandari, ⁴Haniah Mahmudah, ⁵Lucita Spica Arsasiwi

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknologi Elektro Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Jln. Raya ITS, Keputih Sukolilio Surabaya 60111 INDONESIA

¹ariw@pens.ac.id

Abstrak— Pelabuhan sebagai pintu masuk perdagangan dunia memiliki peranan penting sebagai pusat logistik yang mendukung sektor perekonomian. Untuk itu pelabuhan harus selalu berbenah untuk menghadapi permasalahan serta mengoptimalkan kinerja pelabuhan diberbagai sektor. Saatnya saat ini mengusung konsep pelabuhan ke dalam konsep *smart port* dengan memanfaatkan kemajuan teknologi komunikasi saat ini. Pada penelitian ini telah berhasil dibuat suatu aplikasi berbasis website untuk peletakan dan monitoring peti kemas di pelabuhan teluk lamong menggunakan RFID sebagai identifikasi peti kemas yang masuk ke pelabuhan. Berdasarkan parameter berat kapal, muatan kapal, agen pengirim, waktu kedatangan maka peletakan dan pelacakan peti kemas diatur menggunakan algoritma rule based. Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa peletakan RFID di peti kemas memiliki rata-rata waktu eksekusi 94.1 ms Jarak terjauh RFID terdeteksi adalah 4 cm. Algoritma rule based yang digunakan disini telah mampu melakukan tracking terhadap peti kemas dengan prioritas penumpukan dilakukan ke sumbu vertikal (z) dimana dipengaruhi faktor waktu input data peti kemas dan selisih berat peti kemas dalam satu tumpukan.

Kata kunci— Smart Port, Peti Kemas, Pelacakan, Algoritma Rule-based, RFID

Abstract— The port as the entrance to world trade has an important role as a logistics center that supports the economic sector. For this reason, the port must always improve to deal with problems and optimize port performance in various sectors. It is time now to bring the port concept into the smart port concept by utilizing current advances in communication technology. In this research, a website-based application has been successfully created for mapping and monitoring containers at the lamong bay port using RFID as an identification of containers entering the port. Based on the parameters of ship weight, shipload, shipping agent, arrival time, the placement and tracking of containers is regulated using a rule-based algorithm. Based on the test results, it can be seen that the laying of RFID in the container has an average execution time of 94.1 ms. The farthest distance the RFID is detected is 4 cm. The rule-based algorithm used here has been able to track containers with priority stacking done to the vertical axis (z) which is influenced by the container data input time factor and the difference in container weight in one stack.

Keywords— Smart Port, Container, Tracking, Rule-based Algorithm, RFID

I. PENDAHULUAN

Pelabuhan sebagai pintu masuk perdagangan dunia memiliki peranan penting sebagai pusat logistik yang mendukung sektor perekonomian. Pelabuhan harus selalu berbenah untuk menghadapi permasalahan serta mengoptimalkan kinerja pelabuhan diberbagai sektor. PelabMasalah-masalah yang timbul dipelabuhan seringkali kali terkait dengan operasional pelabuhan [1][2]. Berdasarkan data *Logistic Performance Index* (LPI) yang dirilis *World Bank*, pada tahun 2023 Indonesia berada diurutan ke-63 dari 139 negara yang di-benchmark oleh *World Bank* [3] dimana data LPI ini menunjukkan kinerja logistik suatu negara. Beberapa faktor yang mempengaruhi rendahnya LPI ini adalah dwelling time di pelabuhan yang masih tinggi, *bottleneck* di pelabuhan, sistem *Tracking & Tracing*, biaya logistik yang masih tinggi. Faktor-faktor ini mengakibatkan kinerja dan kompetensi logistik di Indonesia masih perlu untuk ditingkatkan dengan peningkatan pelayanan dan pemanfaatan teknologi yang memadai.

Saat ini Konsep *Smart Port* telah banyak menjadi proyek pengembangan pelabuhan di beberapa negara seperti aplikasi kapal pintar, Komtainer pintar, Manajemen energi pintar, transportasi pintar [4]. Konsep smart artinya melakukan otomatisasi segala operasional yang ada dan penggunaan sistem komunikasi untuk seluruh aktifitas di pelabuhan secara *real time* sehingga adanya integrasi seluruh kegiatan dan operasional di pelabuhan. Setiap *smartport* akan dilengkapi dengan penggunaan sensor, aktuator, peralatan nirkabel, dan

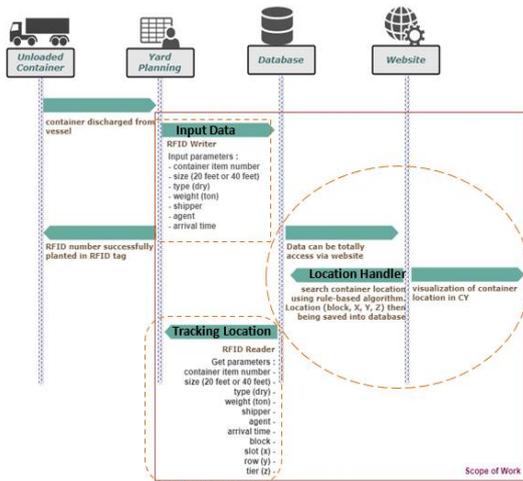
database pusat pemrosesan. Beberapa sensor digunakan untuk mengumpulkan data adalah sensor ultrasonik, sensor pencitraan, identifikasi frekuensi radio (RFID), dan radar sehingga seluruh operasional di pelabuhan dapat menjadi lebih efisien.

Beberapa penelitian telah dilakukan pada aplikasi smart port ini menggunakan Wireless Sensor Network berkaitan dengan monitoring dan tracking container di pelabuhan [5]-[8]. Ruckebusch [5] desain prototype untuk monitoring container yang terdiri dari sensor RM-090, modem GPRS berkemampuan GPS xtend fastrack airlink dengan memperhatikan kondisi lingkungan. Beberapa penelitian menginvestigasi penggunaan RFID pada bidang maritim[6][8]. Ngai dkk [8] menjelaskan penelitian dan pengembangan sistem prototipe RFID yang diintegrasikan dengan mobile commerce (m-commerce) di depo peti kemas untuk meningkatkan operasi sehari-hari dan mendukung manajemen lokasinya. Di sisi lain Mudra [9] menyelidiki kemampuan ringan protokol otentikasi RFID yang dapat digunakan di lingkungan maritim dengan mengevaluasinya protokol otentikasi dalam hal sistem enkripsi, metode otentikasi, dan resistensi terhadap berbagai serangan nirkabel. Rymarczyk[10] menerapkan algoritma Machine learning seperti Gradient Boosting, random forests, decision trees, RUS berbasis RFID untuk menaikkan efisiensi proses logistic di pelabuhan. Untuk penelitian yang lain membahas tentang permasalahan alokasi penyimpanan container dalam kegiatan bongkar muat di pelabuhan sehingga proses pemindahan peti kemas lebih efisien antara kapal dan area penyimpanan

[11][12]. Lee [11] mengajukan metode untuk optimasi model manajemen penyimpanan pada yard dan Setyo Nugroho[12] mengajukan model alokasi lapangan penumpukan bertujuan mengurangi jarak tempuh truk dalam kegiatan muat dan menyeimbangkan jumlah pada setiap blok menggunakan model Time Series Forecast. Pada penelitian ini dibuat aplikasi untuk pelacakan dan penempatan peti kemas yang dilengkapi RFID menggunakan algoritma rule based. Algoritma ini digunakan untuk menentukan peti kemas yang kosong berdasarkan pengelompokan tipe peti kemas sehingga meningkatkan efisiensi dan kinerja petugas dilapangan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Sistem yang dibuat ini bertujuan untuk mempermudah proses pencarian dan peletakan peti kemas kapal yang baru singgah di pelabuhan pada peti kemas yard menggunakan algoritma Rule based. Pada sistem ini menggunakan RFID sebagai id digital pada peti kemas yang akan dideteksi sistem pada server dan diolah untuk mendapatkan tata letak peti kemas yang lebih efisien. Data hasil pengolahan ini akan divisualisasikan di aplikasi android dan web. Adapun metode penelitian pada sistem ini di tunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Tracking Peti kemas

Pada Gambar 1, peti kemas yang sudah diturunkan dari kapal (*unloaded*) akan diregistrasi oleh petugas *yard planning*, kemudian data peti kemas tersebut diproses oleh *local server* untuk kemudian disimpan ke dalam *database*. Setelah peti kemas-peti kemas diberi id masing-masing, aplikasi di web akan melakukan proses peletakan peti kemas di *area container yard*. Teknik peletakan ini mengandalkan algoritma *Rule-Based* yang mengacu pada parameter-parameter yang dimiliki oleh peti kemas. Parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

1. Nomor series peti kemas
2. Ukuran → 40 feet, 20 feet
3. Berat → Level A : 0 - 10 ton; Level B : 11 – 20 ton; Level C : 21 – 25 ton; Level D : 26 – 35 ton.
4. *Block*, Dari 6 block di Terminal Teluk Lamong yang dialokasikan untuk penempatan peti kemas import internasional berjumlah 3 block, yakni block 1,2, dan 3.
5. Slot (x), Parameter ini digunakan untuk memberikan posisi letak penataan peti kemas menurut sumbu x.
6. Row (y), Parameter ini digunakan untuk memberikan posisi letak penataan peti kemas menurut sumbu y.

7. Tier (z), Parameter ini digunakan untuk memberikan posisi letak penataan peti kemas menurut sumbu z.

2.1. Database sistem

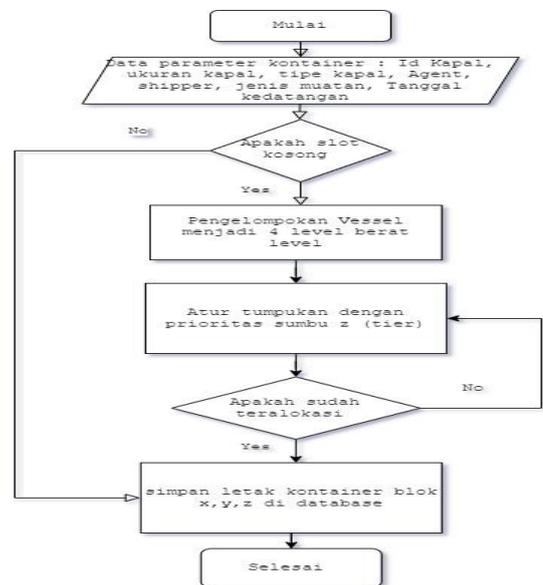
Data peti kemas selanjutnya akan dimasukkan dalam database. Database ini berisi data admin dalam tabel bernama 'admin', data peti kemas dalam tabel bernama 'import_container' yang mana terdiri dari parameter-parameter yang telah ditentukan. Tabel import_container berelasi dengan tabel yang bernama 'letak' dimana tabel ini ialah tabel yang menyimpan posisi peti kemas ketika sudah ditempatkan di yard seperti di tunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Database sistem Pelacakan Peti kemas beserta relasinya

2.2. Perencanaan Menu Location Handler dengan Algoritma Rule-Based

Menu *location handler* akan bekerja dalam menentukan bagaimana peti kemas-peti kemas seharusnya tersusun di *container yard*. Fungsi algoritma ini untuk mengatur agar tatanan dan posisi peti kemas menjadi terpola seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Setiap peti kemas akan di kelompokkan berdasarkan parameter yang ada dan diatur berdasarkan pengelompokan pada slot-slot yang kosong.

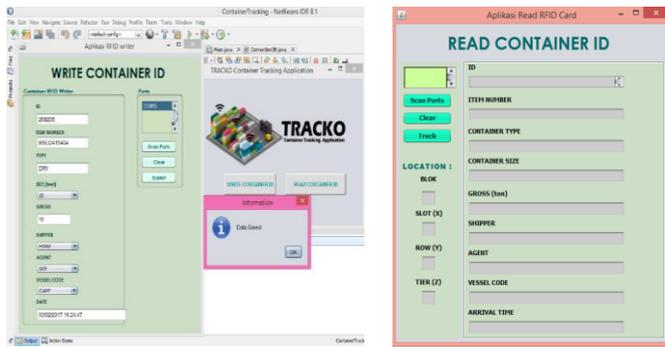


Gambar 3. Flowchart Peletakan Peti kemas Menggunakan Algoritma Rule Based

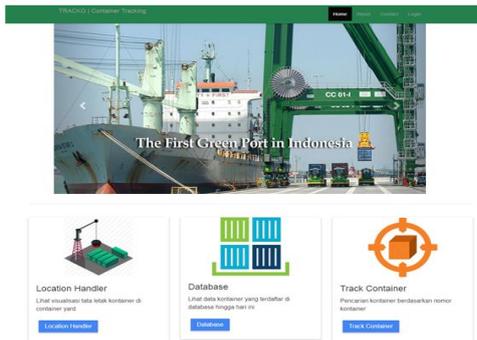
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Aplikasi sistem peletakan dan pencarian

Hasil perancangan sistem yang dibuat adalah aplikasi pelacakan *website* dan aplikasi java seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5.

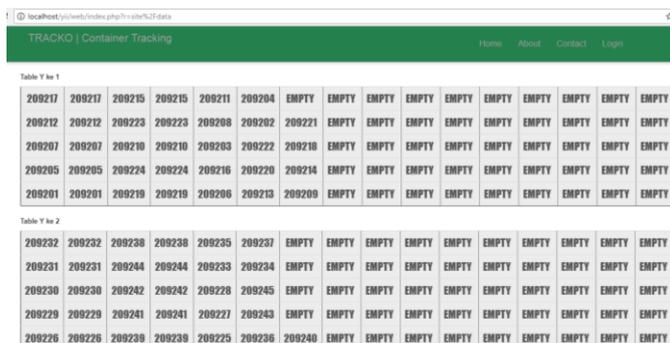


Gambar 4. Aplikasi write RFID berbasis Java

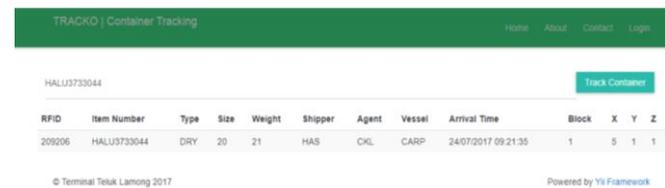


Gambar 5. Halaman menu utama pada website

Output dari implementasi algoritma *Rule-Based* yang dijalankan oleh menu *location handler* ini berupa visualisasi tumpukan peti kemas tiap row dalam satu blok seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Sedangkan Gambar 7 menunjukkan menu *track container* dapat membantu *user* dalam mencari data peti kemas yang sudah *unloading* di Terminal Teluk Lamong.



Gambar 6. Visualisasi peletakan peti kemas



Gambar 7. Tampilan halaman menu tracking container

B. Pengujian Sistem RFID

Pengujian dilakukan dengan melakukan uji jarak deteksi maksimum perangkat *RFID writer/reader* di empat sisi, yaitu : atas, kanan, kiri, dan bawah *rfid shield*. Hasil pengujian dicatat dalam tabel 1

Tabel 1. Hasil pengujian jarak deteksi *RFID Writer/Reader*

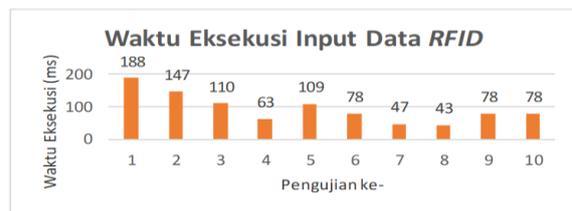
Posisi Deteksi	Jarak Maksimum
Atas	4 cm
Kanan	1,5 cm
Kiri	1,5 cm
Bawah	2 cm

Pengujian waktu eksekusi proses input data (*Write*) dilakukan dengan mencatat waktu eksekusi input data *unloaded container*, penyimpanan data pada *database* serta waktu yang dibutuhkan untuk menulis data peti kemas ke dalam *tag RFID*. Seperti ditunjukkan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Pengujian Waktu Eksekusi Input Data *RFID*

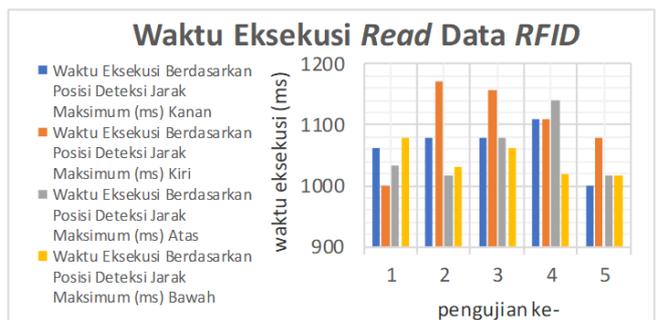
Pengujian ke-	RFID No	Waktu Eksekusi (ms)
1	209201	188
2	209202	147
3	209203	110
4	209204	63
5	209205	109
6	209206	78
7	209207	47
8	209208	43
9	209209	78
10	209210	78
Rata-rata		94.1

Dari sepuluh kali pengujian waktu eksekusi input data *RFID*, didapatkan rata-rata waktu eksekusi sebesar 94,1 ms. Data hasil pengujian ini kemudian disajikan dalam bentuk chart seperti pada Tabel 2



Gambar 8. Grafik Pengujian Waktu Eksekusi Input Data *RFID*

Pengujian waktu eksekusi proses tracking (*Read*) dilakukan dengan mencatat waktu eksekusi proses *get data* peti kemas berdasarkan jarak deteksi maksimum pada 4 sisi plat detektor *RFID reader*. Pengujian waktu eksekusi dilakukan sebanyak 5 kali untuk masing-masing sisi (kanan, kiri, atas, bawah). Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 9



Gambar 9. Pengujian Waktu Eksekusi Read Data *RFID*

Pengujian waktu eksekusi read data RFID berdasarkan posisi deteksi jarak maksimum diatas, didapatkan rata-rata waktu eksekusi sebesar 1065,8 ms untuk proses read di sisi kanan, sebesar 1103,4 ms untuk proses read di sisi kiri, sebesar 1057 ms untuk proses read di sisi atas, dan sebesar 1041,6 ms untuk proses read di sisi bawah. Waktu eksekusi rata-rata proses read jauh lebih lama dibanding proses write sebab komputasi yang terjadi dalam proses read data tidak sesederhana proses write. Proses get data peti kemas dilakukan dengan metode query inner join antara tabel 'import_container' dengan tabel 'letak'. Kedua tabel direlasikan dengan *primary key* 'rfid_no'.

C. Pengujian Algoritma Rule-Based

Pengujian ini menggunakan 2 skenario yaitu asumsi yard kosong, dan Yard Terisi Peti kemas

C.1. Skenario 1 : Asumsi Yard Kosong

Pada pengujian algoritma *rule-based* skenario 1 ini dilakukan dengan asumsi yard kosong (DFD level 0). Tampilan *container yard* sebelum terisi peti kemas ditunjukkan oleh Gambar 10. Pengujian dilakukan dengan input data peti kemas berjumlah 20 peti kemas dengan kode kapal (vessel) sama. Beberapa data peti kemas sebelum diproses fungsi *container handler* pada Tabel 3.

Table Y ke 1

EMPTY																			
EMPTY																			
EMPTY																			
EMPTY																			
EMPTY																			

Table Y ke 2

EMPTY																			
EMPTY																			
EMPTY																			
EMPTY																			
EMPTY																			

Gambar 10 Tampilan *container yard* kondisi empty

Tabel 3. Data peti kemas sebelum proses skenario 1

RFID Number	Item Number	Ukuran (feet)	Berat (ton)	Shipper	Agent	Vessel Code	Arrival Time
209201	YMLU3338504	40	26	CKS	HAS	CARP	24/07/2017 08:29:44
209202	TEMU2210104	20	7	CKL	HAS	CARP	24/07/2017 08:35:34
209203	MAGU5316721	20	12	EMC	SKR	CARP	24/07/2017 09:19:49
209204	SKLU0749238	20	4	CKL	CKL	CARP	24/07/2017 09:20:32
209205	SEGU1406204	40	31	CKL	CKL	CARP	24/07/2017 09:21:03
209206	HALU3733044	20	21	HAS	CKL	CARP	24/07/2017 09:21:35
209207	SKLU1588164	40	27	YML	CKL	CARP	24/07/2017 09:22:15
209208	TEMU5830768	20	14	HAS	HAS	CARP	24/07/2017 09:23:43
209209	CKLU2050856	20	9	EMC	CKL	CARP	24/07/2017 09:24:20
209210	TEMU5830768	40	23	CKL	HAS	CARP	24/07/2017 09:25:00

Data peti kemas yang sudah tersimpan di database kemudian diproses oleh sistem dengan algoritma *rule-based* sesuai dengan skenario 1 sehingga menghasilkan tampilan *container yard* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11

Table Y ke 1

209217	209217	EMPTY	EMPTY	209211	209209	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY
209212	209212	EMPTY	EMPTY	209208	209204	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY
209207	209207	209215	209215	209203	209202	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY
209205	209205	209210	209210	209216	209220	209218	EMPTY	EMPTY	EMPTY
209201	209201	209219	209219	209206	209213	209214	EMPTY	EMPTY	EMPTY

Gambar 11. Tampilan *container yard* setelah pengujian skenario 1

Pada tampilan peti kemas hasil penempatan peti kemas pada skenario 1 diatas, terlihat bahwa 20 data peti kemas yang masuk sebelumnya terdiri dari 8 peti kemas berukuran 40 feet dan 12 peti kemas berukuran 20 feet. Peti kemas berukuran 40 feet menempati 2 slot sedangkan peti kemas 20 feet menempati 1 slot. Peti kemas-peti kemas tersebut memiliki kode kapal (vessel) yang sama sehingga diletakkan pada row 1 seluruhnya. Jika diamati lebih rinci, contohnya, untuk 3 peti kemas dengan RFID 209219, 209210, dan 209215 yang menempati slot 3. Ketiga peti kemas tersebut memiliki identitas pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengamatan data peti kemas skenario 1

RFID Number	Item Number	Ukuran (feet)	Berat (ton)	Shipper	Agent	Vessel Code	Arrival Time
209219	TGHU6413441	40	28	SIT	CKL	CARP	24/07/2017 14:46:26
209210	TEMU5830768	40	23	CKL	HAS	CARP	24/07/2017 09:25:00
209215	TCNU8713174	40	19	SIT	HAS	CARP	24/07/2017 14:10:45

Peti kemas dengan nomor *RFID* 209219 menempati tumpukan pertama ($z=1$), peti kemas dengan nomor *RFID* 209210 menempati tumpukan kedua ($z=2$), serta peti kemas dengan nomor *RFID* 209215 menempati tumpukan ketiga ($z=3$). Hal ini dikarenakan selisih berat pada masing-masing peti kemas. Sistem akan meletakkan peti kemas yang lebih berat di tumpukan pertama, lalu akan ditumpuk dengan peti kemas yang selisih beratnya mendekati dengan berat peti kemas pada tumpukan pertama ($z=1$). Peti kemas dengan nomor *RFID* 209219 memiliki berat 28 ton (berat level D), peti kemas dengan nomor *RFID* 209210 memiliki berat 23 ton (berat level C), sedangkan peti kemas dengan nomor *RFID* 209210 memiliki berat 19 ton (berat level B). Oleh sebab itu, tatatan dari hasil penempatan peti kemas skenario 1 ini dirasa telah sesuai dengan algoritma *rule-based* yang ditentukan.

C.2. Skenario 2 : Asumsi Yard terisi

Pada pengujian algoritma *rule-based* skenario 1 ini dilakukan dengan asumsi yard terisi peti kemas 2 vessel. Pengujian dilakukan dengan input data peti kemas berjumlah 20 peti kemas dengan kode kapal (vessel) berbeda dari pengujian sebelumnya. Beberapa data peti kemas sebelum diproses fungsi *container handler* adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Data peti kemas sebelum pengujian skenario 3

RFID Number	Item Number	Ukuran (feet)	Berat (ton)	Shipper	Agent	Vessel Code	Arrival Time
209245	HALU8361019	20	12	CKL	HAS	NOVO	01/09/2017 11:15:45
209244	TCLU7235854	40	29	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:39:53
209243	TEMU2669475	20	16	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:37:50
209242	CAIU3737884	40	30	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:37:27
209241	CKLU4099120	40	29	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:36:31
209240	HALU3708627	20	8	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:35:13
209239	GLDU5000236	40	31	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:34:02
209238	YMLU8601486	40	25	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:33:30
209237	DFSU2351250	20	9	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:32:43
209236	CXDU1607448	20	19	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:31:38

Data peti kemas yang sudah tersimpan di database kemudian diproses oleh sistem dengan algoritma *rule-based* sehingga menghasilkan tampilan *container yard* seperti yang ditunjukkan pada gambar 12 .

Tabel Y ke 1

209217	209217	209215	209215	209211	209204	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY
209212	209212	209223	209223	209208	209202	209221	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY
209207	209207	209210	209210	209203	209222	209218	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY
209205	209205	209224	209224	209216	209220	209214	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY
209201	209201	209219	209219	209206	209213	209209	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY

Tabel Y ke 2

209232	209232	209238	209238	209235	209240	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY
209231	209231	209244	209244	209233	209237	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY
209230	209230	209242	209242	209228	209234	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY
209229	209229	209241	209241	209227	209243	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY
209226	209226	209239	209239	209225	209236	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY	EMPTY

Gambar 12. Tampilan container yard setelah pengujian skenario 3

Pada tampilan peti kemas hasil penempatan peti kemas pada skenario 3 diatas, terlihat bahwa 20 data peti kemas yang masuk sebelumnya terdiri dari 10 peti kemas berukuran 40 feet dan 10 peti kemas berukuran 20 feet. Peti kemas berukuran 40 feet menempati 2 slot sedangkan peti kemas 20 feet menempati 1 slot. Peti kemas-peti kemas tersebut memiliki kode kapal (vessel) yang berbeda dari peti kemas di row 1. Sesuai dengan *rule*, peti kemas yang memiliki kode kapal berbeda diletakkan pada row terpisah. Jika diamati lebih rinci, contohnya, untuk 5 peti kemas dengan *RFID* 209236, 209243, 209234, 209237, dan 209240 yang menempati slot 6 pada row 2. Kelima peti kemas tersebut memiliki identitas seperti ditunjukkan pada Tabel 6

Tabel 6. Data peti kemas amatan skenario 3

RFID Number	Item Number	Ukuran (feet)	Berat (ton)	Shipper	Agent	Vessel Code	Arrival Time
209236	CXDU1607448	20	19	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:31:38
209243	TEMU2669475	20	16	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:37:50
209234	CKLU3058548	20	9	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:16:35
209237	DFSU2351250	20	9	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:32:43
209240	HALU3708627	20	8	CKL	CKL	NOVO	25/07/2017 17:35:13

Peti kemas dengan nomor *RFID* 209236 menempati tumpukan pertama ($z=1$), peti kemas dengan nomor *RFID* 209243 menempati tumpukan kedua ($z=2$), peti kemas dengan nomor *RFID* 209234 menempati tumpukan ketiga ($z=3$), peti kemas dengan nomor *RFID* 209237 menempati tumpukan keempat ($z=4$), peti kemas dengan nomor *RFID* 209240 menempati tumpukan kelima ($z=5$). Peti kemas dengan nomor *RFID* 209236 memiliki berat 19 ton (berat level B), peti kemas dengan nomor *RFID* 209243 memiliki berat 16 ton (berat level B). Meskipun keduanya memiliki berat level B namun peti kemas dengan nomor *RFID* 209243 memiliki berat yang lebih ringan dibanding peti kemas dengan nomor *RFID* 209236. Diatasnya lagi kemudian terdapat peti kemas dengan nomor *RFID* 209234 memiliki berat 9 ton (berat level A), lalu peti kemas dengan nomor *RFID* 209237 memiliki berat 9 ton (berat level A), dan di tumpukan teratas terdapat peti kemas dengan nomor *RFID* 209240 memiliki berat 8 ton (berat level A). Ketiga peti kemas ini sama-sama memiliki berat level A namun yang membedakan antara satu dengan yang lain adalah Waktu input data pada sistem Selisih berat antar tumpukan

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa dapat diambil kesimpulan bahwa waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menginputkan data peti kemas ke *database* menggunakan *RFID* sekitar 94,1 ms. Proses pembacaan data dari *RFID tag* membutuhkan waktu 1065.8 ms jika dilakukan dari sisi kanan, 1103.4 ms jika dilakukan dari sisi kiri, 1057 ms jika dilakukan dari sisi atas, 1041,6 ms jika dilakukan dari sisi bawah sehingga dapat dilakukan dari ke empat sisi tersebut. Prioritas penumpukan dilakukan ke sumbu vertikal (z) dimana dipengaruhi faktor waktu input data peti kemas dan selisih berat peti kemas dalam satu tumpukan.

REFERENSI

- [1] Molavi, A., Lim, G.J & Race, B. (2019). A framework for building a smart port and smart port index. *International journal of sustainable transportation*. <https://doi.org/10.1080/15568318.2019.1610919> , 1-8.
- [2] Suprata, F. (2020). Analysing the cause of idle time in loading and unloading operation at indonesian international port container terminal: port of tanjung priok case study. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering* 847 012090, DOI: 10.1088/1757-899X/847/1/012090,1-8.
- [3] <https://ipi.worldbank.org/international/global..> , 8 oktober 2023
- [4] Hayder Ali Al-Fatlawi, Hassan Jassim Motlak, Smart ports: towards a high performance, increased productivity, and a better environment, *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, Vol. 13, No. 2, April 2023, pp. 1472~1482.
- [5] P. Ruckebusch, J. Hoebeke, E. De Poorter, and I. Moerman, "Smart container monitoring using custom-made WSN technology: from business case to prototype," *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, no. 1, Dec. 2018, doi: 10.1186/s13638-018-1024-6.
- [6] S Mahlknecht, SA Madani, in *2007 5th IEEE International Conference on Industrial Informatics*, 1. On architecture of low power wireless sensor networks for container tracking and monitoring applications (IEEEVienna, 2007), pp. 353–358.
- [7] K Lee, SP Choi, YS Moon, TH Kim, BH Lee, CS Kim, JJ Kim, HR Choi, in *16th International Conference on Advanced Communication Technology*. A study on the performance evaluation of container tracking device based on m2m (IEEESeoul, 2014), pp. 67–72.
- [8] E.W.T. Ngai ^a, T.C.E. Cheng ^b, S. Au ^c, Kee-hung Lai ^b Mobile commerce integrated with RFID technology in a container depot, *Decision Support Systems*, Volume 43, Issue 1, February 2007, Pages 62-76.
- [9] Glen Mudra 1,* , Hui Cui 2,* and Michael N. Johnstone 3, Survey: An Overview of Lightweight RFID Authentication Protocols Suitable for

- the Maritime Internet of Things, *Electronics* 2023, 12, 2990, . <https://doi.org/10.3390/electronics12132990>.
- [10] Paweł Rymarczyk¹ , Arkadiusz Małek² , Ryszard Nowak³ , Jacek Dziwulski⁴, Optimization of Logistics Processes of the Supply Chain Using RFID Technology, *European Research Studies Journal* Volume XXIV, Special Issue 2, 2021.
- [11] Loo Hay Lee . Ek Peng Chew . Kok Choon Tan . Yongbin Han, An optimization model for storage yard management in transshipment hubs, *Container Terminals and Cargo Systems* pp 107–129.
- [12] Setyo Nugroho*, Achmad Mustakim, Dwi Wahyu Baskara, Alwi Sina Khaqiqi, Optimasi Alokasi Lapangan Penumpukan Petikemas Ekspor Pelabuhan: Studi Kasus Terminal Peti Kemas Banjarmasin, *Jurnal Penelitian Transportasi Laut* Vol. 22 (2020) 67–78