

Perancangan Sistem Penumpukan Petikemas Pada Halaman Belakang Petikemas Di PT IPC Terminal Petikemas (Tpk) Dengan Metode Algoritma Genetika Untuk Meminimasi Biaya Penanganan Penumpukan Petikemas

1st Satrio Kurniawan W
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
satriokur@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Erlangga Bayu Setyawan
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
erlanggabs@telkomuniversity.ac.id

3rd Hardian Kokoh Pambudi
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
hkpambudi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— PT. IPC Terminal Petikemas merupakan Perusahaan yang bergerak dalam bidang pengelolaan terminal peti kemas. Perusahaan ini berlokasi di Panjang, Bandar Lampung. Terminal ini memegang peranan penting dalam distribusi poduk dari dan ke Pulau Sumatera. Terminal peti kemas merupakan salah satu pilar pendukung kinerja logistik yang baik, oleh karena itu terminal peti kemas harus memiliki kinerja yang optimal. Berdasarkan hasil pengamatan terminal peti kemas menunjukkan beberapa permasalahan salahsatunya ketidak seimbangan aktivitas gate in dan gate out yang berdampak capaian container throughput rendah yang disebabkan dari penumpukan container yang terlalu lama. Hal tersebut akan mempengaruhi pengiriman ke pelanggan sehingga perlu mengoptimalkan metode penataan container. Analisa dalam penelitian ini menggunakan algoritma genetika dengan software google colab. Algoritma genetika merupakan metode dalam penentuan urutan penataan container. Jumlah sample pada penelitian ini sebesar 300 container. Berdasarkan simulasi genetic alghorytm, menunjukkan hasil optimal pada turnamen ke dua puluh lima. Proses verifikasi dan validasi menunjukkan bahwa hasil simulasi GA dapat diterapkan di perusahaan. Setelah proses pengolahan, verifikasi dan validasi data dilakukan maka penghematan biaya sebesar 50,79% akan diperoleh perusahaan.

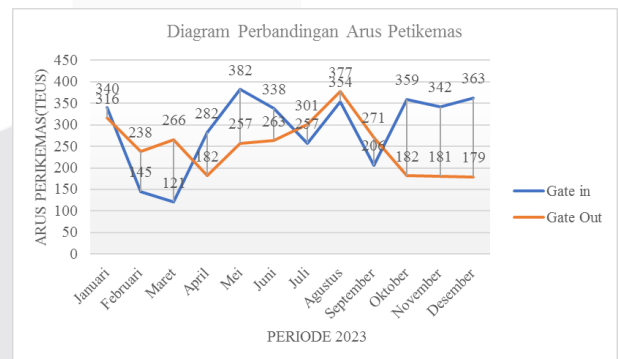
Kata kunci— genetic algorithym, terminal peti kemas, reshuffle.

I. PENDAHULUAN

Terminal peti kemas sangat berperan dalam sistem transportasi layanan logistik. Menurut Bartosiewicz (2015) sistem transportasi dalam sistem logistik meliputi aktivitas *shipping*, *cargo handling* dan *delivery*. Menurut Chen et al (2016) indikator kinerja peti kemas yang baik ditinjau dari empat hal yaitu (1) Ship traffic, (2) container throughput, (3) Facility utilization dan (4) Operation productivity. Ship traffic merupakan indikator yang mengukur jumlah kapal yang tiba pada periode tertentu, indikator ini menunjukkan keunggulan kompetitif Pelabuhan. Container throughput mengukur jumlah container yang terlayani dalam satu periode tertentu, indikator ini merupakan indikator terpenting dalam kinerja port. Container throughput sangat bermanfaat bagi Pelabuhan dalam merencanakan perkembangan pelabuhan pada masa yang akan datang. Pemanfaatan fasilitas (facility utilization) menunjukkan tingkat penggunaan fasilitas pelabuhan yang ditempati, indikator ini mengukur ketepatan strategi pengalokasian

container di dermaga. Produktivitas operasi merupakan indikator terakhir yang menunjukkan efisiensi penggunaan quary crane dalam menangani peti kemas.

PT. IPC Terminal Petikemas merupakan Perusahaan yang bergerak dalam bidang pengelolaan terminal peti kemas. Menurut laporan kinerja Perusahaan IPC, Pelabuhan peti kemas IPC Pajang Lampung terus mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa pengelola terminal peti kemas cabang Pajang, Lampung harus melakukan berbagai upaya peningkatan layanan. Berdasarkan acuan indikator kinerja terminal peti kemas pada penelitian Chen et al (2016), pelabuhan peti kemas IPC Panjang Lampung memiliki capaian container throughput yang rendah. Hal ini dapat dilihat dari ketidakseimbangan arus masuk dan keluar petikemas seperti pada Gambar I.1.

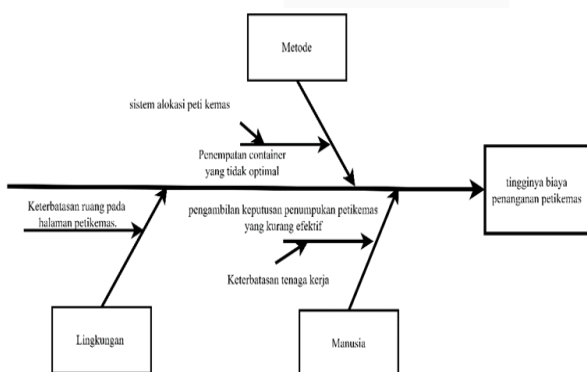


Gambar 1. Grafik Perbandingan Antara Arus Petikemas Gate Out Dan Gate In

Salah satu cara untuk meningkatkan kinerja container throughput Pelabuhan PT. IPC adalah meningkatkan efisiensi dari kegiatan bongkar muat dan penataan peti kemas transit (Pallis et al., 2007). Peningkatan efisiensi akan pada aktivitas bongkar muat akan meningkatkan kapasitas Pelabuhan. Kondisi Pelabuhan saat ini menunjukkan bahwa lapangan peti kemas (container yard) banyak digunakan untuk penumpukan peti kemas. Aktivitas ini perlu untuk diotimalkan karena menimbulkan aktivitas tambahan ketika proses pemuatan akan dilakukan.

Ketidakseimbangan antara arus gate in dan gate out telah meningkatkan kepadatan container yard, kepadatan container yard mengakibatkan waktu pengeluaran container menjadi panjang sehingga berdampak pada keterlambatan schedule pengiriman. Waktu pengeluaran container yang panjang menimbulkan kerugian bagi shipper (pihak pengeksport), consignee (pihak pengimpor), depot dan pelabuhan. Menurut (Situmorang, 2015). Penumpukan peti kemas menyebabkan terhambatnya kegiatan bongkar muat peti kemas, hal ini berdampak pada peningkatan biaya pelayaran dan biaya logistic lainnya. Dampak lain dari penumpukan peti kemas adalah customer PT IPC akan merasa tidak puas, sehingga mengancam keberlanjutan dari bisnis PT.IPC, oleh karena itu PT.IPC perlu untuk mengatasi persoalan kepadatan container dan lamanya waktu bongkar muat. Rasio biaya Normal Handling yang mencapai Rp118.680.000,00 hingga Rp255.990.000,00 dibandingkan dengan biaya Over Handling yang berkisar dari Rp186.327.600,00 hingga Rp381.425.100,00 menunjukkan bahwa penanganan yang berlebihan memiliki dampak signifikan pada biaya operasional. Fenomena ini memberikan gambaran bahwa pengelolaan alokasi peti kemas saat ini tidak mengoptimalkan efisiensi sumber daya, menyebabkan peningkatan biaya yang tidak sebanding dengan kebutuhan sebenarnya.

Gambar 2 menunjukkan analisis diagram tulang ikan yang bertujuan untuk mengetahui faktor yang menyebabkan munculnya aktivitas pembongkaran akibat metode peletakan container tidak optimal.



Gambar 2. Faktor Tingginya Biaya Penanganan Peti kemas

Algoritma Genetika (GA) merupakan metode untuk mengoptimalkan alat pencarian masalah sulit berdasarkan prinsip seleksi genetika. Selain digunakan untuk optimasi, ini juga melayani tujuan pembelajaran mesin dan untuk Penelitian dan pengembangan. Analisa dilakukan dengan analogi biologi untuk pembentukan kromosom dengan variabel seperti seleksi, persilangan dan mutasi bersama-sama membentuk operasi genetik yang pada awalnya dapat diterapkan pada populasi acak. Pada umumnya algoritma genetika bertujuan untuk menghasilkan solusi untuk generasi berturut-turut (Lambora et al, 2019). Oleh karena itu Genetic algorithm akan menjadi metode dalam optimasi penataan container pada terminal peti kemas Pelabuhan Panjang. Berdasarkan latar belakang diatas maka perlu adanya perbaikan sistem penumpukan petikemas yang mampu meminimalisir aktivitas bongkar muat container

yang tidak diperlukan, sehingga aktual biaya operasional dapat diminimalisir.

II. KAJIAN TEORI

A. Alokasi Peti Kemas

Menurut (Steenken D, 2004) literatur yang berfokus pada alokasi ruang selama *transshipment* Petikemas menekankan kekhasan penanganan peralatan. Penumpukan petikemas dapat mengurangi ruang penyimpanan yang dibutuhkan dengan demikian juga mengurangi upaya pengiriman rata-rata yang diperlukan. Sebaliknya, pekerjaan pemrosesan meningkat dalam kasus penumpukan. Oleh karena itu, ada *trade-off* antara konsumsi ruang penyimpanan dan pekerjaan pemrosesan yang diperlukan (Bd, 1993). Penulis bertujuan untuk menghitung ruang minimum yang diperlukan untuk kecepatan pengumpan tertentu. Selain itu, biaya yang minimal dapat dicapai untuk memaksimalkan ruang penyimpanan tertentu. Kedua angka tersebut untuk keputusan strategis. Tujuan utama alokasi kontainer adalah untuk memaksimalkan penggunaan ruang, mengoptimalkan biaya operasional, dan memastikan aksesibilitas kontainer yang efisien.

B. Layout

Tata letak harus didiskusikan untuk mendapatkan gambaran bagaimana tata letak perusahaan mempengaruhi optimalisasi di perusahaan tersebut. (Pramesti, 2019)

Lokasi perusahaan merupakan faktor lain yang mempengaruhi produktivitas perusahaan. Lokasi fasilitas produksi berdampak pada proses operasional perusahaan, terutama terkait dengan proses operasional atau produksi, salah satunya adalah perpindahan material dari satu unit ke unit lain hingga material tersebut menjadi produk jadi (Purnomo, 2013). Dengan demikian, penempatan atau penataan fasilitas produksi dan area kerja yang terencana dengan baik juga menentukan efisiensi dan menopang kelangsungan hidup atau keberhasilan industri tersebut. (Pratiwi, 2012).

C. Optimasi

Konsep optimasi dari sudut pandang matematis, optimasi adalah cara untuk mencapai nilai ekstrim dari nilai maksimum atau minimum dari beberapa fungsi dengan faktor pembatas (Supratman, 2016). Dua kondisi dalam permasalahan optimasi adalah Jika masalah yang akan dipecahkan dan dicari dimaksimalkan, keputusannya berbentuk maksimal dan sebaliknya. Optimalisasi hanyalah upaya mencari solusi terbaik (pengambilan keputusan) dari beberapa kemungkinan solusi. Oleh karena itu, ide optimisasi dapat diperluas dan dikembangkan lebih lanjut dalam konteks yang berbeda dari konteks sebelumnya dari sudut pandang metode yang berbeda (Subanar, 2017).

D. Algoritma Genetika

Algoritma genetika tidak hanya kuat tetapi juga mudah digunakan karena sebagian besar pekerjaan dapat dikapsulasi dalam satu komponen, mengharuskan pengguna untuk menentukan fungsi adaptasi yang digunakan untuk menentukan kualitas solusi. Menurut (Xiaoming Yang, 2015) algoritma genetika adalah algoritma heuristik yang terkenal, efisien dan kuat dalam memecahkan masalah alokasi ruang. (Azizi AB, 2003) menyatakan bahwa algoritma genetika yang diterapkan pada ruang pencarian seringkali terlalu besar untuk dicari secara menyeluruh. Menurut (Phatchara Sriphrabu, 2013) Algoritma Genetika dapat menyelesaikan penetapan posisi kontainer dan meminimalkan waktu pengangkatan kontainer. (Xie Xie, 2015) menyatakan bahwa algoritma genetika dapat meningkatkan efisiensi crane dan meminimalkan perombakan di area penumpukan.

Beberapa istilah penting dalam algoritma genetika (Katoch et al., 2021):

- 1.Gen dalam algoritma genetika memiliki makna sebuah nilai yang menunjukkan basic dari pembentukan waktu tertentu. Nilai biner, float, karakter, integer ataupun kombinasi merupakan wujud dari gen dalam algoritma genetika.
- 2.Kromosom menunjukkan nilai yang berasal dari gabungan dari beberapa nilai gen
- 3.Individu dalam algoritma genetika menunjukkan keadaan dari salah satu solusi persoalan. Beberapa persoalan juga menunjukkan bahwa solusi dari persoalan berupa kromosom itu sendiri.
- 4.Populasi merupakan sebutan dari beberapa individu yang diproses Bersama dalam proses evolusi.
- 5.Generasi merupakan istilah bagi satu siklus evolusi (iterasi) dalam algoritma genetika.

III. METODE

Metodologi penelitiannya menggunakan algoritma genetika dengan dengan software google colab. Penelitian yang akan dilakukan adalah menerapkan sistem penumpukan peti kemas yang efisiensi pada PT IPC Terminal Petikemas di Panjang, Bandar Lampung, untuk mengurangi biaya penanganan petikemas yang berlebihan dengan menggunakan pendekatan algoritma genetika dengan tahapan penelitian sebagai berikut.

a. Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan merupakan tahap perencanaan penelitian yang akan dilakukan. Tahap ini meliputi beberapa seperti studi pustaka, studi lapangan, identifikasi dan perumusan masalah, serta penetapan tujuan penelitian.

b. Pengumpulan Data

Data - data yang dibutuhkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

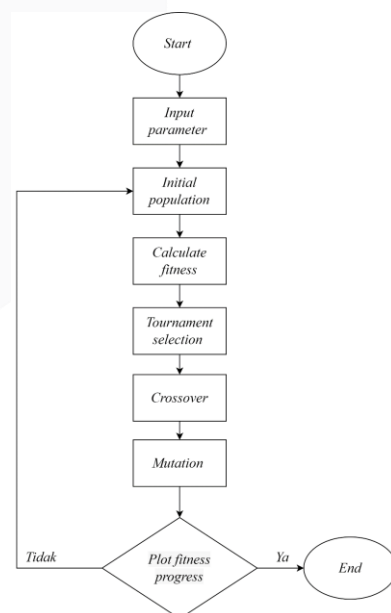
Tabel 1. Data yang dibutuhkan

Jenis Data	Data yang dikumpulkan	Sumber
Sekunder	Data jumlah peti kemas	Pihak Terminal Petikemas
	Data Kapasitas lapangan penumpukan petikemas	
	Data biaya penanganan petikemas kondisi awal	

c. Pengolahan data

Pengolahan data ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

- 1.Penentuan data petikemas yang masuk guna memperkirakan kapasitas yang ada guna menentukan utilitas yang baik dan efisien.
- 2.Penentuan biaya penanganan dan alokasi petikemas lapangan penumpukan peti kemas yang baik dimasa yang akan datang dengan metode Algoritma genetika. Proses pembuatan kode pemograman untuk perancangan penempatan petikemas sesuai dengan tempat petikemas yang optimal ini dilakukan menggunakan software google colab online. Algoritma genetika 8 tahapan dilakukan dalam proses yang harus dilakukan untuk perancangan alokasi petikemas seperti yang ada pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Perancangan Algoritma Genetika

Langkah awal dari fungsi genetic_algorithm adalah menginisialisasi populasi awal. Selama kurang dari 25 generasi, algoritma melakukan seleksi orangtua

menggunakan metode turnamen. Pada metode ini, beberapa individu dipilih secara acak dari populasi untuk bersaing, dan individu terbaik di antara mereka dipilih sebagai orangtua. Setelah itu, pasangan anak dihasilkan melalui proses *crossover*, di mana bagian-bagian genetik dari dua orangtua digabungkan untuk menciptakan anak baru. Terakhir, proses mutasi diterapkan pada anak-anak tersebut, yaitu mengubah beberapa bagian genetik secara acak. Proses ini menghasilkan populasi anak yang kemudian akan menjadi populasi utama pada generasi berikutnya. Setelah semua iterasi selesai, fungsi mengembalikan populasi hasil akhir.

Setelah mendapatkan populasi terbaik dari algoritma genetika dengan menggunakan fungsi `genetic_algorithm`, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai kecocokan (*fitness*) terbaik dari individu pertama dalam populasi terbaik. Nilai kecocokan ini mengukur seberapa baik individu tersebut dalam menyelesaikan masalah yang ingin diselesaikan. Individu dengan nilai kecocokan yang lebih tinggi dianggap lebih baik dalam konteks permasalahan yang diberikan.

Setelah mendapatkan nilai kecocokan terbaik, kodingan melanjutkan dengan menghitung biaya terendah. Caranya adalah dengan membagi nilai kecocokan terbaik dengan biaya penanganan kontainer. Hasil dari algoritma ini disajikan dalam tiga output: *gen-gen* terbaik yang ditemukan melalui algoritma genetika, nilai kecocokan terbaik (nilai maksimum dari semua individu), dan biaya minimum yang dapat dicapai dengan menggunakan *gen-gen* tersebut. Gambar 4 menunjukkan proses running algoritma genetika.

```
[12] #genetic_algorithm
def genetic_algorithm():
    population = initialize_population(population_size)
    generations = 0
    while generations < 25:
        parents = tournament_selection(population)
        next_population = []
        for i in range(0, population_size, 2):
            parent1 = parents[i]
            parent2 = parents[i + 1]
            child1, child2 = crossover(parent1, parent2)
            child1 = mutation(child1)
            child2 = mutation(child2)
            next_population.extend([child1, child2])
        population = next_population
        generations += 1
    return population

[13] # Menjalankan GA dan mencetak hasil terbaik
best_genes = genetic_algorithm()
max_fitness = calculate_fitness(best_genes[0])
min_cost = max_fitness / container_handling_cost

print("Best genes in GA:", best_genes[0])
print("Maximum Fitness =", max_fitness)
print("Minimum Cost =", min_cost)
```

Gambar 4. Menjalankan Algoritma Genetika Dan Mencetak Hasil Terbaik

d. Tahap Analisis

Pada tahap ini dilakukan analisis hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan. Tahap analisis

ini terdiri dari (1) analisis perbandingan kondisi penataan container saat ini dengan usulan penataan hasil olahan algoritma genetika dan (2) analisis sensitivitas apabila parameter simulasi dilakukan perubahan.

e. Tahap Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap terakhir pada penelitian yang dilakukan. Bagian kesimpulan merupakan rangkuman dari hasil pengolahan data serta analisis yang telah dilakukan dan menjawab dari perumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah dibuat pada tahap pendahuluan. Bagian saran berisikan masukan kepada penulis jika akan melakukan penelitian dengan topik yang serupa selanjutnya agar penelitian dapat lebih baik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Perancangan Peti Kemas

Pada hasil ini Perancangan berbasis Algoritma Genetika, Nilai *fitness* dan biaya versus jumlah generasi juga telah ditunjukkan pada Gambar 5. Jika menambah atau mengurangi ukuran populasi Algoritma Genetika maka jumlah kontainer juga akan bertambah atau berkurang. Setelah mencapai nilai *fitness* maksimum 300 dari 300 (100%) pada generasi ke 25. Nilai ini menunjukkan akurasi dan efisiensi yang tinggi dari algoritma genetika untuk memecahkan masalah ini dengan cara yang baik dan memberikan solusi optimal terbaik. Pada masalah ini, penulis memiliki 300 kontainer untuk penyimpanan dan 30 tumpukan dengan 4 tingkatan. Solusi ini menunjukkan bahwa semua tumpukan ditumpuk kontainer dengan benar tanpa perombakan.

```
Best genes in GA: [31, 155, 30, 11, 242, 2, 67, 53, 204, 56, 90, 182,
8, 9, 79, 107, 96, 60, 19, 113, 21, 203, 99, 40, 104, 58, 92, 168, 93,
71, 175, 62, 17, 143, 234, 43, 28, 152, 233, 44, 68, 13, 241, 210, 29,
10, 257, 137, 72, 118, 132, 49, 38, 164, 171, 23, 181, 144, 172, 154,
6, 247, 130, 183, 36, 80, 195, 101, 122, 177, 263, 20, 216, 162, 1,
180, 273, 193, 126, 61, 91, 147, 208, 224, 253, 50, 190, 212, 4, 45,
158, 75, 39, 151, 109, 12, 170, 78, 63, 196, 89, 16, 59, 138, 65, 3,
157, 250, 116, 248, 119, 174, 161, 191, 213, 220, 46, 184, 146, 199,
283, 123, 35, 110, 244, 160, 26, 185, 198, 187, 18, 278, 54, 48, 25,
235, 222, 120, 207, 211, 14, 33, 127, 94, 7, 209, 98, 173, 169, 86, 22,
142, 64, 129, 141, 37, 277, 69, 42, 102, 81, 105, 279, 274, 57, 200,
74, 32, 295, 87, 296, 85, 240, 66, 34, 188, 268, 282, 73, 84, 27, 97,
150, 259, 202, 76, 124, 206, 103, 115, 163, 176, 201, 41, 194, 128, 55,
214, 125, 83, 270, 77, 148, 136, 232, 290, 192, 218, 51, 47, 258, 189,
249, 112, 197, 134, 179, 266, 88, 15, 167, 52, 139, 166, 111, 219, 106,
217, 288, 24, 289, 265, 70, 237, 229, 236, 223, 135, 275, 117, 5, 100,
284, 165, 108, 153, 276, 82, 281, 149, 255, 145, 95, 264, 228, 261,
178, 269, 140, 286, 251, 131, 205, 133, 287, 243, 227, 114, 215, 226,
245, 238, 221, 260, 230, 159, 294, 239, 225, 121, 298, 156, 292, 252,
271, 254, 267, 293, 246, 186, 231, 291, 300, 256, 272, 280, 299, 297,
285, 262]
Maximum Fitness = 1525700
Minimum Cost = 15257.0
```

Gambar 5. Nilai *fitness* dan biaya

Hasil yang diperoleh dari perancangan dengan menggunakan GA dan kontainer telah menetapkan lokasi terbaik di blok halaman. Parameter pada penelitian ini meliputi *container id*, *row*, *stack*, *tier*, *incoming container & slot*. Ringkasan dari setiap parameter seperti pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil diatas menjelaskan bahwa dengan meminimasi pergerakan dan penangan petikemas dapat mengakibatkan minimasi biaya sebesar 50,79%. Setelah menerapkan algoritma Genetika, penulis berhasil mengoptimalkan penumpukan kontainer di *yard*. Hasil optimal ini mencakup urutan penempatan kontainer yang mengurangi pergerakan yang tidak produktif dan mengoptimalkan biaya penanganan. Hasil penumpukan Peti kemas optimal seperti pada Tabel 4.

Tabel 2. Ringkasan Parameter

Parameter	Type data	Definisi
Container id	Integer	Nomor yang dialokasikan sebagai identitas container
Row	Integer	Jumlah baris
Stack	Integer	Total tumpukan kolom
Tier	Integer	Tinggi maksimum dari tumpukan kolom
Incoming container	Integer	Jumlah stacking container berdasarkan populasi GA
Slot	Integer	Jumlah slot di pelabuhan
Biaya	Number	Total biaya yang dikeluarkan
Fitness	Integer	Nilai kebugaran

Tabel 4. Hasil Penumpukan Petikemas

Stacking Number	Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 4
1	31	155	30	11
2	242	2	67	53
3	204	56	90	182
4	8	9	79	107
5	96	60	19	113
6	21	203	99	40
7	104	58	92	168
8	93	71	175	62
9	17	143	234	43
10	28	152	233	44
11	68	13	241	210
12	29	10	257	137
13	72	118	132	49
14	38	164	171	23
15	181	144	172	154
16	6	247	130	183
17	36	80	195	101
18	122	177	263	20
19	216	162	1	180
20	273	193	126	61
21	91	147	208	224
22	253	50	190	212
23	4	45	158	75
24	39	151	109	12
25	170	78	63	196
26	89	16	59	138
27	65	3	157	250
28	116	248	119	174
29	161	191	213	220
30	46	184	146	199

b. Analisis Perbandingan Kondisi Awal dengan Kondisi Usulan

Kondisi awal permasalahan di Terminal Petikemas Panjang adalah tentang bagaimana mengelola penumpukan kontainer di area yard agar dapat menghindari pergerakan petikemas yang tidak produktif dan mengurangi biaya penanganan. Pada kondisi ini, penempatan kontainer di area yard dilakukan berdasarkan urutan kedatangan tanpa mempertimbangkan waktu pengiriman dan tingkat pergeseran yang dapat terjadi. Tabel 3 menunjukkan hasil perbandingan kondisi awal dengan hasil usulan.

Tabel 3. Perbandingan kondisi awal dengan kondisi Usulan

Bulan	Biaya awal	Biaya optimal	Hasil biaya optimal
Juni	Rp 484.235.100	\$15.257 / Rp 238.309.000	Rp 245.926.100

c. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas adalah analisis yang dilakukan untuk menguji pengaruh perubahan parameter terhadap solusi optimal. Pada penelitian ini analisis sensitivitas bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter tinggi tumpukan tier dalam mempengaruhi besarnya *container handling cost*. Analisis sensitivitas dilakukan dengan beberapa skenario berikut.

Tabel 5. Hasil Analisis Sensitivitas

Presentase	Tinggi Tier	Biaya Penanganan
-20%	2	\$17755/Rp 273.249.450,00
-10%	3	\$17112/Rp 263.353.680,00
Kondisi optimal	4	\$16207/ Rp 253.147.667,55
10%	5	\$17165/Rp 264.169.350,00
20%	6	\$17428/Rp 268.216.920,00

Hasil analisis sensitivitas dengan parameter tinggi tier menunjukkan bahwa parameter tinggi tier akan mempengaruhi besarnya biaya. Ketika tinggi tier berada dibawah kondisi optimal akan menimbulkan biaya tinggi karena akan memperluas penggunaan lahan sehingga berpengaruh pada peningkatan pergerakan yang tidak produktif dan biaya penanganan. Pada kondisi tinggi tier diturunkan 10% hingga 20% akan berdampak pada makin banyaknya tumpukan sehingga biaya akan semakin tinggi dan lahan semakin banyak digunakan. Sedangkan jika semakin tinggi maka aktivitas pengangkutan juga akan bertambah dan berpengaruh pada biaya.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini, beberapa kesimpulan penting dapat diambil. Pertama, melalui penerapan algoritma genetika, optimalisasi penumpukan kontainer di Terminal Petikemas Panjang berhasil dicapai. Hasilnya mencakup penempatan kontainer yang mengurangi pergerakan tidak produktif dan mengoptimalkan biaya penanganan, dengan potensi penghematan biaya sebesar Rp.245.926.100., atau 50,79%. Kedua, analisis sensitivitas terhadap parameter algoritma genetika menunjukkan bahwa peningkatan jumlah populasi, tingkat crossover, dan mutasi optimal dapat meningkatkan hasil algoritma, namun dengan batasan tertentu di mana peningkatan ini tidak lagi signifikan. Ukuran turnamen optimal adalah sekitar 5, dengan hasil optimal dicapai pada generasi ke-25. Terakhir, solusi yang dihasilkan dari algoritma genetika mencapai nilai kecocokan maksimum 300 dari 300 (100%) pada generasi ke-25. Hal ini menunjukkan tingkat akurasi dan efisiensi yang tinggi dalam menyelesaikan masalah penumpukan kontainer di

Terminal Petikemas Panjang, di mana semua kontainer ditumpuk secara efisien tanpa perlu dilakukan perombakan.

REFERENSI

- [1]. ABBAS, F. (2016). Intelligent Container Stacking System. sweden: Digitala Vetenskapliga Arkivet. Diambil kembali dari Digitala Vetenskapliga Arkivet.
- [2]. Al'Ghifary, A., Aurachman, R., & Setyawan, E. B. (2021). Minimasi Total Biaya Persediaan Dengan Teknik Lot Sizing Algoritma Wagner Whitin Material Pendukung Komponen Fuselage Helikopter H225M Di PT XYZ. *eProceedings of Engineering*, 8(6).
- [3]. Al Kausar, R., Aurachman, R., & Setyawan, E. B. (2021). Evaluation Of Perodic Review To Reduce Overstock Using System Dynamic. *eProceedings of Engineering*, 8(5).
- [4]. Angelica, J., Puspita, I. A., & Setyawan, E. B. (2020). Perancangan Percepatan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Perbandingan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Pembangunan Di Pt Xyz. *eProceedings of Engineering*, 7(2).
- [5]. Azizi AB, A. &. (2003). Container stacking and retrieval prototype simulation using genetic algorithms. *Journal Teknologi*, 38(A), Universiti Teknologi Malaysia, 61-74.
- [6]. Bd, T.-I. M. (1993). Storage space vs handling work in container terminals. *Transp Res Part B Methodol*, 13–32.
- [7]. Birahmatika, B., Aurachman, R., & Setyawan, E. B. (2021). Usulan Kebijakan Persediaan Perishable Goods Untuk Meminimasi Total Biaya Persediaan Dengan Mempertimbangkan Kesegaran Produk Menggunakan Pendekatan Periodic Review (r, s, s) Pada Umkm Kacang Rebus. *eProceedings of Engineering*, 8(5).
- [8]. Böse, J. W. (2011). *Handbook of Terminal* (Vol. 49). New York Dordrecht Heidelberg London: Springer.
- [9]. Cahyani, N. A. T., Puspita, I. A., & Setyawan, E. B. (2020). Perancangan Percepatan Jadwal Dengan Resource Constrained Project Scheduling Problem (rcpsp) Untuk Mengoptimasi Biaya Dan Waktu Pada Proyek Pemasangan Fiber To The Home (ftth) Desa Batujaya, Majalengka Di Pt Xyz. *eProceedings of Engineering*, 7(2).
- [10]. Chamchang, P., & Niyomdech, H. (2021). Impact of service policies on terminal gate efficiency: a simulation approach. *Cogent Business and Management*, 8(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2021.1975955>
- [11]. Chen, L., Zhang, D., Ma, X., Wang, L., Li, S., Wu, Z. and Pan, G. (2016), "Container Port Performance Measurement and Comparison Leveraging Ship GPS Traces and Maritime Open Data", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 17 No. 5, pp. 1227–1242.
- [12]. Chulasoh, B. S., & Setyawan, E. B. (2019, March). Container Loading Problem in Multiple Heterogeneous Large Object Placement Problem to Minimize Delivery Delays. In 2018 International Conference on Industrial Enterprise and System Engineering (ICoIESE 2018) (pp. 353-357). Atlantis Press.

- [13]. Damayanti, D. D., Astuti, M. D., Setyawan, E. B., & Ramdani, A. F. (2020, December). Assembly Line Balancing Using Genetic Algorithm Method to Minimize Number of Working Stations: A Case Study in Car Manufacturing. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1007, No. 1, p. 012099). IOP Publishing.
- [14]. Damayanti, D. D., Novitasari, N., Setyawan, E. B., & Muttaqin, P. S. (2022). Intelligent warehouse picking improvement model for e-logistics warehouse using single picker routing problem and wave picking. JOIV: International Journal on Informatics Visualization, 6(2), 418-426.
- [15]. Damayanti, D. D., Setyawan, E. B., Andrawina, L., & Santosa, B. (2018). Warehouse picking model for single picker routing problem in multi dimensional warehouse layout using genetic algorithm approach to minimize delay. In Recent Advances on Soft Computing and Data Mining: Proceedings of the Third International Conference on Soft Computing and Data Mining (SCDM 2018), Johor, Malaysia, February 06-07, 2018 (pp. 124-134). Springer International Publishing.
- [16]. Dayama, N. R., Ernst, A., Krishnamoorthy, M., Narayanan, V., & Rangaraj, N. (2017). New models and algorithms for the container stack rearrangement problem by yard cranes in maritime ports. EURO Journal on Transportation and Logistics, 6(4), 307-348. <https://doi.org/10.1007/s13676-016-0098->
- [17]. Eliiyi, C. G. (2014). Trip allocation and stacking policies at a container terminal. Transportation Research Procedia 3, 565-573.
- [18]. Erlangga, S. B., Yunita, A., & Satriana, S. R. (2022). Development of Automatic Real Time Inventory Monitoring System using RFID Technology in Warehouse. JOIV: International Journal on Informatics Visualization, 6(3), 636-642.
- [19]. Günther, K. H.-O. (2007). Container Terminals and Cargo Systems. Berlin: Springer.
- [20]. Habibi, N. A., Ridwan, A. Y., & Setyawan, E. B. (2020, December). Determination of minimum trucks and routes used in the case of municipal solid waste transportation in Bandung City with greedy algorithm. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1007, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.
- [21]. Habibi, N. A., Ridwan, A. Y., & Setyawan, E. B. (2020). Penugasan Kendaraan Pd Kebersihan Kota Bandung Wilayah Bandung Selatan Menggunakan Algoritma Greedy Dengan Local Search Pada Waste Collection Vehicle Routing Problem With Intermediate Facilities (wcvrpif) Untuk Meningkatkan Pelayanan Pengangkutan Sampah. eProceedings of Engineering, 7(2).
- [22]. Hutagalung, I. R. (2013). Perencanaan Kebutuhan Kapasitas Produksi pada PT Xyz. e-Jurnal Teknik Industri FT USU, 15-23.
- [23]. Idfi, G., Yulistyorini, A., Rahayuningsih, T., Dewi, V. A. K., & Setyawan, E. (2021, September). The forecasting model of discharge at Brantas sub-basin using autoregressive integrated moving average (ARIMA) and decomposition methods. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 847, No. 1, p. 012029). IOP Publishing.
- [24]. Lu, L. C. (2012). The storage location assignment problem for outbound containers in a maritime terminal,. Int. J. Production Economics, 135, 73-80.
- [25]. mabrori. (2015, juni 9). OP Instruksikan Semua Pihak Jaga Batasan Kapasitas Peti Kemas di Priok. Diambil kembali dari [ekonomi.bisnis.com: https://ekonomi.bisnis.com/read/20150609/98/441678/op-instruksikan-semua-pihak-jaga-batasan-kapasitas-peti-kemas-di-priok](https://ekonomi.bisnis.com/read/20150609/98/441678/op-instruksikan-semua-pihak-jaga-batasan-kapasitas-peti-kemas-di-priok)
- [26]. McNickle, H. G. (2005). Management Science: Decision - making through systems thinking. Christchurch, New Zealand.
- [27]. Muttaqin, P. S., Setyawan, E. B., & Novitasari, N. (2020). Masalah Rute Kendaraan Heterogen, Waktu Jendela, Produk dan Penyimpanan Majemuk Serta Mempertimbangkan Faktor Emisi Kendaraan. KAIZEN: Management Systems & Industrial Engineering Journal, 3(1), 35-41.
- [28]. Muttaqin, P. S., Novitasari, N., & Setyawan, E. B. (2023). Risk Management Analysis in Container Yard Development Projects in Eastern Indonesia. MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering, 5(1), 173-186.
- [29]. Muttaqin, P. S., Novitasari, N., & Setyawan, E. B. (2023). Factors Influencing Readiness towards Halal Logistics among Food and Beverages Industry in the Era of E-Commerce in Indonesia. JOIV: International Journal on Informatics Visualization, 7(3), 781-787.
- [30]. Muttaqin, P. S., Setyawan, E. B., Novitasari, N., Sumargo, S., Nurdiansyah, Y., Bilqisti, D. R., & Rafly, M. (2023). PENDAMPINGAN KEGIATAN PEMETAAN KOMODITAS PERTANIAN DI KABUPATEN BANDUNG BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS. Community Service and Engagement Proceeding, 3(1), 322-326.
- [31]. Nugraha, A. W. (2017). Analisis Kapasitas Produksi pada PT. Mount Dreams Indonesia dengan Metode Rought Cut Capacity Planning (RCCP). Jurnal Teknik Mesin,, 135-142.
- [32]. Novitasari, N., & Setyawan, E. B. (2019, November). Decision Making in Inventory Policy Determination for Each Echelon to Stabilize Capsicum Frutescens Price and Increase Farmers Share Value Using Discrete Event Simulation. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1381, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.
- [33]. Novitasari, N., Setyawan, E. B., & Muttaqin, P. S. (2020). Rancangan Racking Selection Model dan Desain Warehouse untuk Meningkatkan Kapasitas Pada E-Fulfillment Center. KAIZEN: Management Systems & Industrial Engineering Journal, 3(1), 25-34.
- [34]. Paripurna, T. C., Saragih, N. I., & Setyawan, E. B. (2023). Perancangan Kebijakan Persediaan Bahan Baku dengan Menggunakan Metode EOQ Multi-Item dan Lagrange Multiplier Untuk Meminimasi Biaya Persediaan Bahan Baku di PT XYZ. eProceedings of Engineering, 10(3).

- [35]. Phatchara Sriphrabu, K. S. (2013). A solution of the container stacking problem by genetic algorithm. *International Journal of Engineering and Technology*, vol. 5, 45-49.
- [36]. Pramesti, M. S. (2019). Perencanaan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi Keripik Nangka dan Usulan Keselamatan Kesehatan Kerja di UMKM Duta Fruit Chips, Kabupaten Malang. *Jurnal Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian*, 150-164.
- [37]. Pratiwi, I. M. (2012). Perancangan Tata Letak Fasilitas di Industri Tahu Menggunakan Blockpan. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, XI(2), 102-112. doi:doi:http://journals.ums.ac.id/index.php/jiti/article/view/772
- [38]. Putri, C. C. (2017). Pengaruh Desain dan Kualitas Produk Terhadap Kepuasan Konsumen Melalui Kepuasan Pembelian Laptop Asus. *Jurnal Manajemen Dewantara*, 110-122.
- [39]. Ricardianto, P., Lermatan, E. E., Thamrin, M., Abdurachman, E., Subagyo, H., Priadi, A. A., Sirait, D., Wahyuni, T. I. E., Kosman, R. A., & Endri, E. (2022). Impact of loading and unloading productivity on service user satisfaction. *Uncertain Supply Chain Management*, 10(3), 845–854. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2022.3.010>
- [40]. Sandita, B. H., Ridwan, A. Y., & Setyawan, E. B. (2024, January). Designing procurement performance measurement system in engineer to order manufacturing company using SCOR and fuzzy AHP method. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2951, No. 1). AIP Publishing.
- [41]. Setyawan, E., Martasari, C., Ainurrasjid, A., & Basuki, N. (2014). Optimasi Enzim Retriksi (Ecori, Hindiii, Tasi) Dalam Metode Caps (Cleaved Amplified Polymorphics Sequence) Dengan Menggunakan Marka Mtssr Untuk Identifikasi Genetik Populasi Jeruk F1 Hasil Fusi Protoplasma (Doctoral dissertation, Brawijaya University).
- [42]. Setyawan, E. B., Damayanti, D. D., & Kamil, A. A. (2018, December). Multi-criteria Mathematical Model for Partial Double Track Railway Scheduling in Urban Rail Network. In *2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 1416-1420). IEEE.
- [43]. Setyawan, E. B., & Damayanti, D. D. (2018, April). Integrated railway timetable scheduling optimization model and rescheduling recovery optimization model: A systematic literature review. In *2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)* (pp. 226-230). IEEE.
- [44]. Setyawan, E. B., & Novitasari, N. (2019, November). Indonesian High-Speed Railway Optimization Planning for Better Decentralized Supply Chain Implementation to Support e-Logistic Last Miles Distribution. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1381, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.
- [45]. Setyawan, E. B., Novitasari, N., & Muttaqin, P. S. (2020, April). Multi-variable forecasting model using ARIMA (P, Q, N) method to project number of population in Bandung, Indonesia. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 830, No. 3, p. 032088). IOP Publishing.
- [46]. Setyawan, E. B., Novitasari, N., & Muttaqin, P. S. (2020). Prediksi Volatilitas Harga Jual Produk Pada E-Commerce untuk Independent Stockashtic Data Menggunakan Simulasi Monte Carlo. *KAIZEN: Management Systems & Industrial Engineering Journal*, 3(1), 42-49.
- [47]. Sourabh Katoch, S. S. (2021). A review on genetic algorithm: past, present, and future. 8092-8818.
- [48]. Steenken D, V. S. (2004). Container terminal operation and operations research. a classification and literature review, 1–49.
- [49]. Subanar. (2017). Kajian terhadap Beberapa Metode Optimasi (Survey of Optimization Methods). *Jurnal Informatika*, 45. doi:doi:10.30595/juita.v5i1.1872
- [50]. Supratman, J. (2016). Perencanaan Optimasi Produksi Produk Freezer dan Showcase di PT FPS. *Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem & Teknik Industri*, 323.
- [51]. Wei Jiang, Y. D. (2011). Simulation study on reshuffling problem in logistics operations of a container terminal yard. 291-296.
- [52]. Wijaya, H., Ridwan, A. Y., & Setyawan, E. B. (2020). Simulasi Sistem Bongkar Kereta Batu Bara Pt. Kalog Untuk Meminimasi Waktu Tunggu Kereta Di Stasiun Kertapati. *eProceedings of Engineering*, 7(2).
- [53]. Wijaya, H., Ridwan, A. Y., & Setyawan, E. B. (2022). Designing simulation model for minimizing coal train unloading time: A case study of Kereta Api Logistik Company. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1212, No. 1, p. 012049). IOP Publishing.
- [54]. Xiaoming Yang, N. Z. (2015). An intelligent storage determining method for inbound containers in container terminal. *Journal of Coastal Research* 73, 197-204.
- [55]. Yulistiyorini, A., & Sugandi, R. M. (2020). Aplikasi Algoritma Genetika dalam Optimasi Penugasan Pekerja pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Sistem dan Informatika (JSI)*, 12(1), 24-30.
- [56]. Yulistiyorini, A., Sugandi, R. M., & Setyawan, E. (2019, November). The application of fuzzy logic for profit optimization to contractor project cash flow. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 669, No. 1, p. 012060). IOP Publishing.
- [57]. Zhang, D., & Lu, L. (2019). Port performance evaluation based on AIS data: A case study of the Port of Shanghai. *Journal of Transport Geography*, 81, 102541.
- [58]. Zhang, X., Wang, M., & Zhao, S. (2019). Research on Real-Time Measurement Method of Terminal Operation Efficiency Based on RFID Technology. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2019, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2019/3195872>
- [59]. Zhang, Y., & Jiang, Y. (2015). Study on Shuffling Decision-Making in Container Yard Operations. *Proceedings of the 2015 International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS '15)*, 233–238. <https://doi.org/10.1145/2808456.2808504>