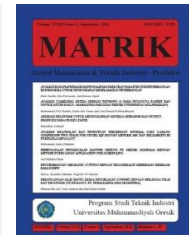




MATRIK

Jurnal Manajemen dan Teknik Industri-Produksi

Journal homepage: <http://www.journal.umg.ac.id/index.php/matriks>



Analisis Performansi Algoritma *Grey Wolf Optimizer* dan Algoritma Genetika untuk Model Persediaan Multi Supplier Multi *Buyer* dengan Pertimbangan Biaya Transportasi

Sri Kurnia Dwi Budi Maulana¹, Erwin Widodo^{2*}, dan Ibnu Hisyam³

Departemen Teknik Sistem dan Industri, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia
erwin@ie.its.ac.id

*corresponding author

INFO ARTIKEL

doi: 10.350587/Matrik
v23i2.5282

Jejak Artikel :

Upload artikel

8 Februari 2023

Revisi

2 Maret 2023

Publish

24 Maret 2023

Kata Kunci : Optimasi, Persediaan, Algoritma Metaheuristik, Vendor Managed Inventory (VMI), Algoritma Gray Wolf Optimizer, Algoritma Genetika

ABSTRAK

Pengendalian persediaan terintegrasi perlu dilakukan banyak pertimbangan terkait batasan yang ada untuk menemukan nilai optimal. Hal ini merupakan hal yang tidak mudah bila dilakukan perhitungan secara manual. Dengan adanya algoritma metaheuristik sebagai alat optimasi, dapat membantu untuk menemukan keputusan optimal. Model persediaan yang digunakan adalah Multi-Supplier Multi-Buyer (MSMB), dimana fungsi objektifnya adalah untuk memaksimalkan Joint Total Profit (JTP). Biaya transportasi untuk pengiriman bahan baku dari supplier dan produk jadi ke buyer dipertimbangkan secara eksplisit ke dalam model. Penelitian ini mengusulkan Algoritma Grey Wolf Optimizer (GWO) dan Algoritma Genetika (GA) yang diklaim pada penelitian lain terkait optimasi persediaan dapat memberikan performa yang baik. Analisis dalam penelitian ini menggunakan studi kasus pada perusahaan skala mikro yang disertai analisis sensitivitas dan perbandingan hasil optimasi antar algoritma. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biaya transportasi memiliki pengaruh besar terhadap Joint Total Profit (JTP), dan GWO memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan GA dalam mengoptimasi model persediaan MSMB.



1. Pendahuluan

Persediaan memiliki dampak besar pada total profit yang akan didapatkan. Kurang tepatnya pengendalian persediaan dapat menyebabkan tingginya biaya operasional. Beberapa pendekatan telah digunakan untuk mengatasi permasalahan persediaan untuk meningkatkan kinerja operasional, seperti *continuous replenishment*, *continuous partnerships*, *quick response*, dan juga model persediaan terintegrasi [1]. Dalam hal ini keputusan persediaan terintegrasi adalah *Vendor Managed Inventory* (VMI), dimana model yang mengintegrasikan persediaan *Vendor* dan *Buyer*. Ada semakin banyak literatur yang mengakui pentingnya pengendalian persediaan [2]. Baru – baru ini, para peneliti telah menunjukkan minat yang meningkat pada permasalahan persediaan, khususnya model persediaan terintegrasi [3, 4]. Adapun model VMI yang seringkali dibahas adalah *Integrated Single Vendor Single Buyer Inventory Problem* (I-SVSB-IP) [5, 6].

Model I-SVSB-IP merupakan model persediaan terintegrasi dimana tingkat persediaan *Vendor* dan *Buyer* dilakukan pengendalian secara terpusat oleh pihak *Vendor*. Model tersebut telah dikembangkan lebih lanjut oleh beberapa peneliti seperti SVSB *multi production* dan *rework* [6], SVSB dengan *stochastic demand*, SVSB untuk kasus produk makanan [5], SVSB dengan pertimbangan aktivitas logistik [7]. Namun, literatur saat ini masih minim pembahasan terkait model persediaan terintegrasi *Multi-Supplier Multi-Buyer* (MSMB), sehingga model MSMB untuk permasalahan persediaan perlu dibahas lebih lanjut. Adapun beberapa variabel juga telah diakomodasi ke dalam model persediaan terintegrasi seperti *quality degradation*, *deterioration rate*, *perishable item*, diskon [8], *emisi* [9], *backorder* [10, 11], *shortage* [12], dan transportasi [13]. Biaya transportasi untuk pengiriman bahan baku dari *supplier* dan produk jadi ke *buyer* tidak dipertimbangkan secara eksplisit ke dalam objektif model. Kenyataannya, biaya logistik merupakan biaya

terbesar dalam *supply chain* [9, 14], sehingga perlu menjadi prioritas untuk dipertimbangkan ke dalam model. Lebih lanjut, beberapa algoritma optimasi, dalam hal ini algoritma metaheuristik, telah diaplikasikan untuk permasalahan persediaan, seperti *Genetic Algorithm* [5], *Particle Swarm Optimization*, *Simulated Annealing*, *Gray Wolf Optimizer* [15, 16], dan *Evolutionary Algorithm*. Adapun, algoritma *Gray Wolf Optimizer* telah mampu mengatasi *location-inventory-routing problem* [13]. Oleh karena itu, peneliti termotivasi untuk mengembangkan algoritma *Gray Wolf Optimizer* dalam permasalahan persediaan terintegrasi (VMI).

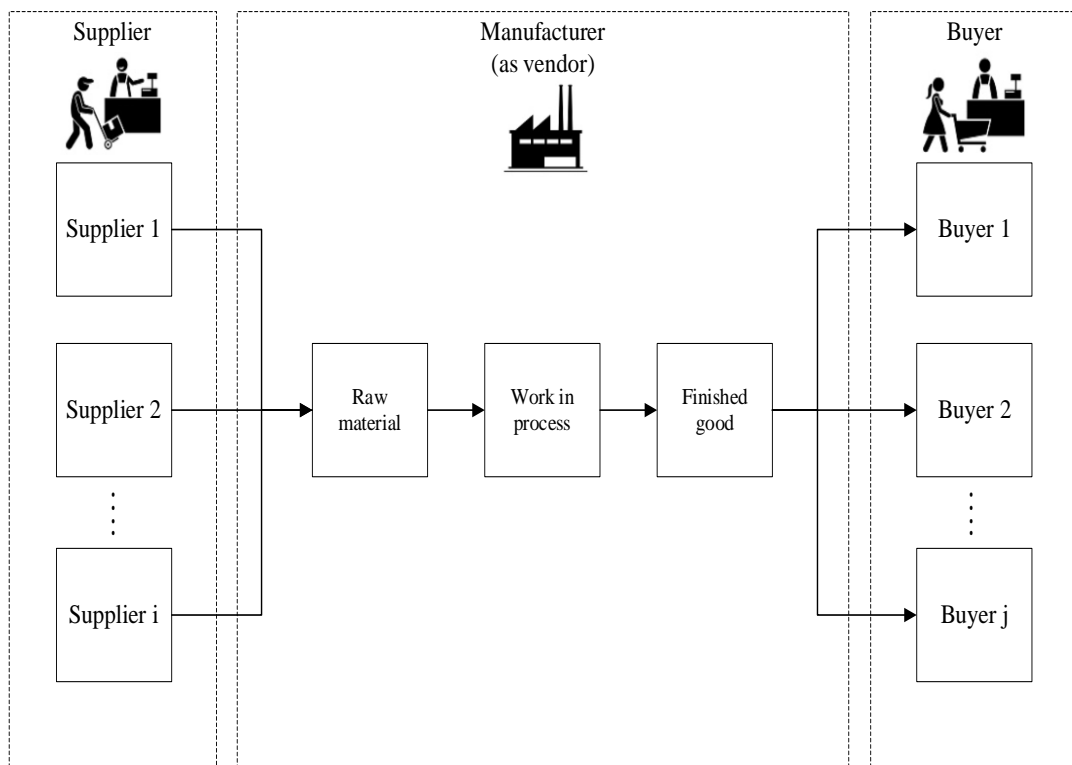
Melalui era serba teknologi, khususnya di bidang sistem informasi, hal ini membuat VMI semakin *reliable* untuk digunakan. Oleh karena itu, perlu adanya pembahasan lebih lanjut mengenai model persediaan terintegrasi tersebut. Berdasarkan uraian sebelumnya, dapat dikatakan bahwa model VMI dengan *Multi-Supplier Multi-Buyer* perlu dibahas lebih lanjut. Mengacu pada model persediaan terintegrasi oleh Fauza, et al. [5] yang meneliti *single-vendor single-buyer* (SVSB) dan *multi-buyer* (SVMB), kemudian dikembangkan model tersebut menjadi *Multi-Supplier Multi-Buyer* (MSMB) yang mengakomodasi biaya transportasi secara eksplisit dan persediaan barang setengah jadi atau *work in process*. Pengembangan model tersebut mengacu pada kasus bahwa suatu *manufacturing* biasanya *disupply* oleh beberapa *supplier* untuk beberapa jenis bahan baku maupun untuk satu jenis bahan baku [4], dimana di dalam modelnya terdapat tiga tingkat persediaan yaitu bahan baku, barang setengah jadi, dan produk jadi, yang kemudian dilakukan uji performansi antara algoritma *Gray Wolf Optimizer* dan algoritma Genetika. Dengan begitu, penelitian ini memberikan kontribusi berupa model baru yaitu *Integrated Multi-Supplier Multi-Buyer Inventory Problem* (I-MSMB-IP) yang mengakomodasi biaya transportasi, dan hasil uji performa optimasi menggunakan algoritma *Gray Wolf Optimizer* dan algoritma Genetika.

2. Metode Penelitian

2.1. Karakteristik Sistem

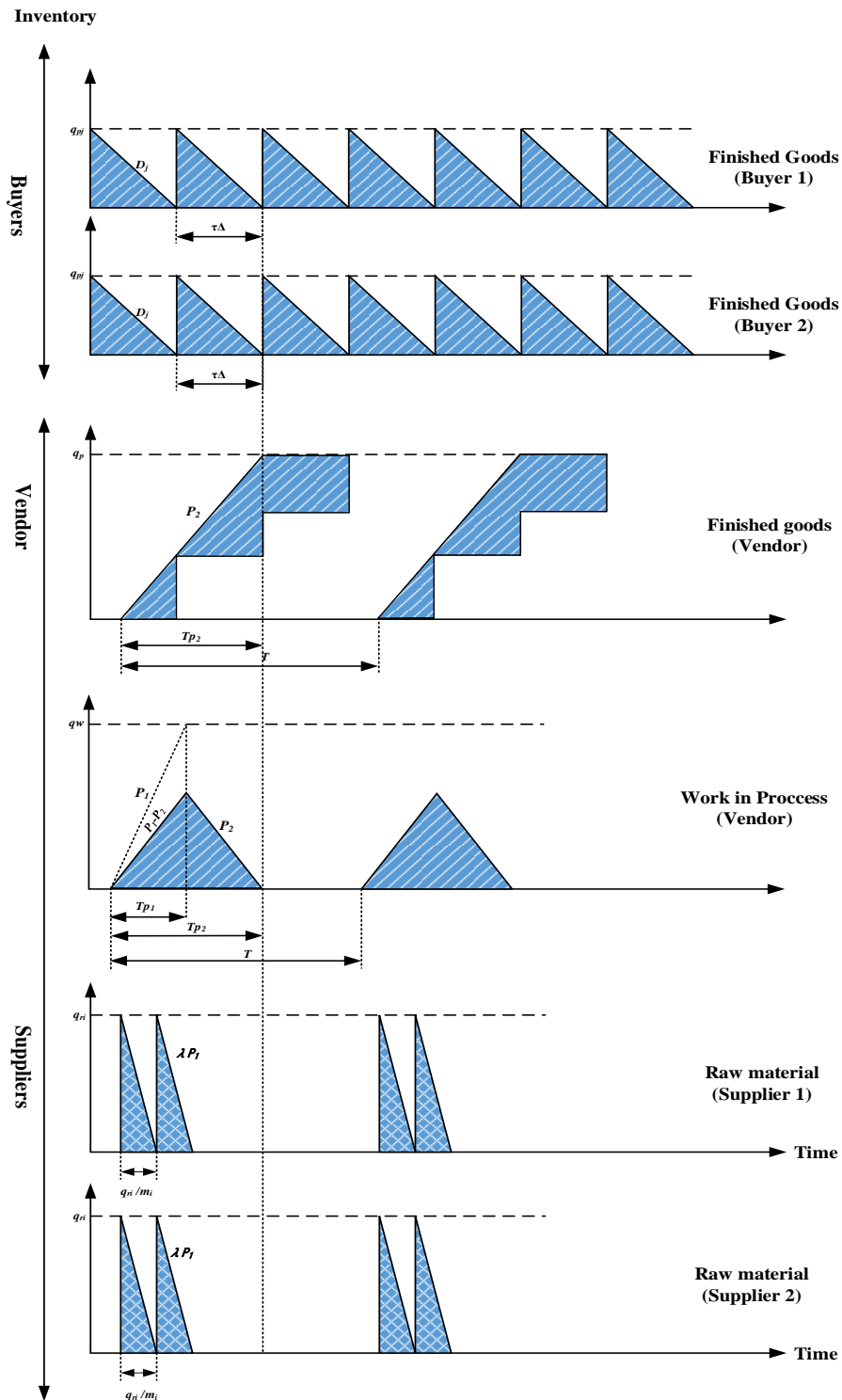
Pada penelitian ini, subjek penelitian adalah perusahaan ritel yang bergerak di bidang tekstil, dimana produknya adalah pakaian dan aksesoris anak. Ada banyak model produk, namun dalam penelitian ini difokuskan pada satu produk yaitu produk "Turban anak" sebagai subjek penelitian. Adapun bahan baku produk tersebut disuplai dari beberapa *supplier*, kemudian diproses menjadi barang setengah jadi (WIP) dan diproses lagi menjadi produk jadi (*finished goods*). Setelah itu, produk jadi

yang siap jual didistribusikan ke beberapa *buyer*. Dalam hal ini *buyer* yang dimaksud adalah mitra konsinyasi atau toko ritel. Berdasarkan pengamatan di lapangan, VMI diterapkan perusahaan (sebagai *vendor*) dengan cara melakukan pemesanan bahan baku ke beberapa *supplier* dengan mempertimbangkan kapasitas produksi *supplier*, dan mendistribusikan produk jadi ke beberapa *buyer* dengan mempertimbangkan tingkat permintaan di setiap *buyer*. Adapun gambaran sistem *supply chain* yang ada adalah seperti gambar berikut Gambar 1



Gambar 1. Gambaran Sistem *Supply Chain* Perusahaan

Dan berikut Gambar 2 adalah skema persediaan dalam model *Multi Supplier Multi Buyer* (MSMB).



Gambar 2 Skema Persediaan MSMB

Dalam sistem *supply chain* tersebut, bahan baku yang dimaksud adalah produk turban yang belum dipasang bahan pelengkap yaitu aksesoris bunga. Kemudian WIP adalah produk turban yang sudah dipasang aksesoris bunga. Pemasangan aksesoris tersebut diproses sendiri oleh *manufacturer / vendor*

menggunakan 1 tenaga kerja sesuai kapasitasnya. Dan untuk produk jadi yang dimaksud adalah produk turban yang sudah dipasang aksesoris bunga dan juga dikemas. Setiap 1 unit produk jadi dilakukan pengemasan dengan memasang karton dan juga plastik.

Adapun pengemasan diproses oleh 1 tenaga kerja sesuai dengan kapasitasnya.

2.2. Asumsi

Asumsi yang dibuat dalam permasalahan ini adalah : 1) Algoritma metaheuristik yang digunakan adalah Algoritma *Grey Wolf Optimizer* dan Algoritma Genetika yang diklaim penelitian lain memiliki performansi baik dalam mengoptimasi kasus persediaan. 2) Kualitas bahan baku dan produk jadi menurun seiring waktu. 3) *Production rate* dan *demand rate* konstan. 4) *Lead time* pengiriman diabaikan. 5) *Shortage* dan *backorder* tidak diperbolehkan. 6) Seluruh biaya dalam model diketahui dan konstan.

PO_i : laju produksi bahan baku di setiap *supplier i* (unit/bulan)

P_1 : laju produksi untuk memproduksi WIP (unit/bulan)

P_2 : laju produksi untuk memproduksi produk jadi (unit/bulan)

D_j : jumlah permintaan produk jadi pada *buyer j* (unit/bulan)

c_{sale} : Harga jual produk jadi dari *vendor* ke *buyer* (rupiah/unit)

c_1 : harga bahan baku (rupiah/unit)

c_2 : biaya pemrosesan bahan baku menjadi WIP (rupiah/unit)

c_3 : biaya pemrosesan produk jadi (rupiah/unit)

A_1 : biaya tetap untuk pengadaan bahan baku (rupiah/pesanan)

A_2 : biaya tetap untuk pengiriman produk jadi (rupiah/kirim)

dr_i : jarak *supplier i* ke *vendor* (km)

dp_j : jarak *vendor* ke *buyer j* (km)

β_{rp} : harga bahan bakar yang digunakan untuk transportasi (rupiah/liter)

vr : konsumsi bahan bakar untuk pengadaan bahan baku (km/liter)

vp : konsumsi bahan bakar untuk pengiriman produk jadi (km/liter)

S_1 : biaya pemasangan untuk memproses WIP (rupiah/bulan)

S_2 : biaya pemasangan untuk memproses produk jadi (rupiah/bulan)

H_1 : biaya penyimpanan bahan baku (rupiah/unit/bulan)

H_2 : biaya penyimpanan WIP (rupiah/unit/bulan)

H_3 : biaya penyimpanan produk jadi (rupiah/unit/bulan)

I_1 : rata-rata persediaan bahan baku (unit)

I_2 : rata-rata persediaan WIP (unit)

I_3 : rata-rata persediaan produk jadi (unit)

τ_{Δ} : interval pengiriman produk jadi

pr : harga produk (rupiah/unit)

q_{ri} : kuantitas pemesanan bahan baku di *supplier i* (unit)

q_{pj} : kuantitas pengiriman produk jadi ke *buyer j* (unit)

TC_1 : total biaya persediaan bahan baku di *vendor* (rupiah/bulan)

TC_2 : total biaya persediaan WIP di *vendor* (rupiah/bulan)

TC_3 : total biaya persediaan produk jadi di *vendor* dan *buyer* (rupiah/bulan)

JTR : *joint total revenue* sistem persediaan terintegrasi (rupiah/bulan)

JTP : *joint total profit* sistem persediaan terintegrasi (rupiah/bulan)

i : *Supplier i* ($i = 1, 2, \dots, M$)

j : *Buyer j* ($j = 1, 2, \dots, N$)

m_i : frekuensi pemesanan bahan baku di *supplier i* (kali/pesanan)

n_j : frekuensi pengiriman produk jadi ke *buyer j* (kali/pengiriman)

T : waktu siklus produksi (bulan)

2.3. Model Matematis

Manufaktur/*vendor* melakukan pengadaan bahan baku dari *supplier* dengan kuantitas q_{ri} dan frekuensi m_i sehingga siklus pengadaan adalah q_{ri}/m_i . Laju produksi/pemrosesan WIP dinotasikan P_1 . Bahan baku diproses dengan laju produksi WIP P_1 . Selama waktu produksi T_{p1} . Kemudian WIP diproses dengan laju produksi P_2 sehingga menjadi produk jadi. Setelah itu, produk jadi dikirim ke tiap *buyer j* sebanyak n_j kali. Sehingga, siklus pemesanan produk jadi tiap *buyer* sama dengan q_{pj}/D_j atau T/n_j atau τ_{Δ} . Berikut adalah formula untuk menentukan rata

– rata persediaan yaitu bahan baku (I_1), WIP (I_2) produk jadi (I_3) sebagai berikut:

$$I_1(m_i, T) = \sum_{i=1}^M \frac{P_{0i}^2 T}{2m_i P_{0i}} \dots\dots\dots(1)$$

$$I_2(T) = \frac{\sum_{j=1}^N D_j (P_1 - P_2) \sum_{j=1}^N D_j T}{2P_1 P_2} \dots\dots\dots(2)$$

$$I_3(n_j, T) = \sum_{j=1}^N D_j \sum_{l=1}^j \frac{D_l T}{n_j P_2} - \frac{T}{2} \sum_{j=1}^N D_j \left(1 - \frac{D_j}{P_2} - \frac{1}{n_j}\right) \dots\dots\dots(3)$$

Total biaya persediaan bahan baku ($TC_1(m_i, T)$) merupakan penjumlahan dari biaya pembelian di setiap *supplier*, biaya transportasi pengadaan di setiap *supplier*, dan biaya penyimpanan sebagai berikut:

$$TC_1(m_i, T) = \sum_{i=1}^M c_1 q r_i m_i + \sum_{i=1}^M \left(A_1 + 2 \frac{dr_i}{v_r} \beta_{rp} \right) \frac{m_i}{T} + H_1 I_1(m_i, T) \dots\dots\dots(4)$$

Total biaya persediaan WIP ($TC_2(n_j, T)$) terdiri dari biaya pemrosesan, biaya pemasangan, dan biaya penyimpanan sebagai berikut:

$$TC_2(T) = c_2 P_1 + S_1 T + H_1 I_2(T) \dots\dots\dots(5)$$

Total biaya persediaan produk jadi ($TC_3(n_j, T)$) terdiri dari biaya pemrosesan, biaya pemasangan, biaya penyimpanan, penjualan, dan transportasi ke tiap *buyer* sebagai berikut:

$$TC_3(n_j, T) = \sum_{j=1}^N c_3 P_2 + S_2 T + H_3 I_3(n_j, T) + \sum_{j=1}^N c_{sale} D_j + \sum_{j=1}^N \left(A_2 + 2 \frac{dp_j}{v_p} \beta_{rp} \right) \frac{n_j}{T} \dots\dots(6)$$

Joint total revenue sistem persediaan terintegrasi ($JTR(T, n)$) adalah total pendapatan manufaktur dan pendapatan *buyer* yang dapat dihitung sebagai berikut:

$$JTR(n_j, T) = \sum_{j=1}^N c_{sale} D_j + \sum_{j=1}^N \frac{D_j}{T} pr \dots\dots(7)$$

Maka *joint total profit* sistem persediaan terintegrasi dapat dihitung dengan mengurangkan total biaya sistem bahan baku, produk jadi di manufaktur, dan produk jadi di *buyer* terhadap total pendapatan sistem, sehingga total profit sistem sebagai berikut:

Maksimasi :

$$JTP(m_i, T, n_j) = JTR(T, n) - \left(TC_1(m_i, T) + TC_2(T) + TC_3(n_j, T) \right) \dots\dots\dots(8)$$

- Adapun fungsi pembatas :
- $P \geq D$;(9)
 - $T > 0$;(10)
 - $m_i, n_j > 0$ (bilangan bulat) ;(11)

Persamaan (9) memastikan bahwa tingkat produksi mampu memenuhi semua permintaan. Dan untuk persamaan (10) dan (11) memastikan bahwa variable keputusan tidak bernilai nol.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Uji numerik

Data *supply chain* meliputi data – data terkait tingkat permintaan, kapasitas produksi, dan juga transportasi.

Tabel 1. Data *Supply Chain*

Parameter	Nilai	Keterangan
P_{01}	800 unit/bulan	laju produksi bahan baku supplier 1
P_{02}	1.000 unit/bulan	laju produksi bahan baku supplier 2
P_{03}	1.200 unit/bulan	laju produksi bahan baku supplier 3
P_1	3.000 unit/bulan	laju produksi untuk memproduksi WIP
P_2	2.500 unit/bulan	laju produksi untuk memproduksi produk jadi
D_1	1.000 unit/bulan	jumlah permintaan produk jadi pada buyer 1
D_2	700 unit/bulan	jumlah permintaan produk jadi pada buyer 2
D_3	800 unit/bulan	jumlah permintaan produk jadi pada buyer 3
dr_1	200 km	jarak supplier 1 ke vendor
dr_2	150 km	jarak supplier 2 ke vendor
dr_3	300 km	jarak supplier 3 ke vendor
dp_1	300 km	jarak vendor ke buyer 1
dp_2	250 km	jarak vendor ke buyer 2
dp_3	150 km	jarak vendor ke buyer 3
vr	13 km/liter	konsumsi bahan bakar untuk

Parameter	Nilai	Keterangan
		pengadaan bahan baku
vp	13 km/liter	konsumsi bahan bakar untuk pengiriman produk jadi

Data biaya yang telah dikumpulkan meliputi biaya pembelian, biaya pemrosesan, biaya transportasi, biaya pemasangan, harga produk, dan juga biaya penyimpanan.

Tabel 2. Data Biaya

Parameter	Nilai	Keterangan
c_{sale}	Rp. 28.500 /unit	biaya pembelian produk jadi dari buyer ke vendor
pr	Rp. 33.000 /unit	harga produk
c_1	Rp. 5.000 /unit	biaya pembelian bahan baku ke supplier
c_2	Rp. 2.200 /unit	biaya pemrosesan bahan baku menjadi WIP
c_3	Rp. 2.000 /unit	biaya untuk memproses produk jadi
S_1	Rp. 1.500.000 /bulan	biaya pemasangan untuk memproses WIP
S_2	Rp. 1.500.000 /bulan	biaya pemasangan untuk memproses produk
A_1	Rp. 250.000 /pesanan	biaya tetap untuk transportasi pengadaan bahan baku
A_2	Rp. 250.000 /kiriman	biaya tetap untuk transportasi pengiriman produk jadi
β_{rp}	Rp. 10.000 /liter	harga bahan bakar untuk transportasi
H_1	Rp. 1.400 /unit/bulan	biaya penyimpanan bahan baku
H_2	Rp. 860 /unit/bulan	biaya penyimpanan WIP
H_3	Rp. 4.400 /unit/bulan	biaya penyimpanan produk jadi

3.2. Analisis Performansi

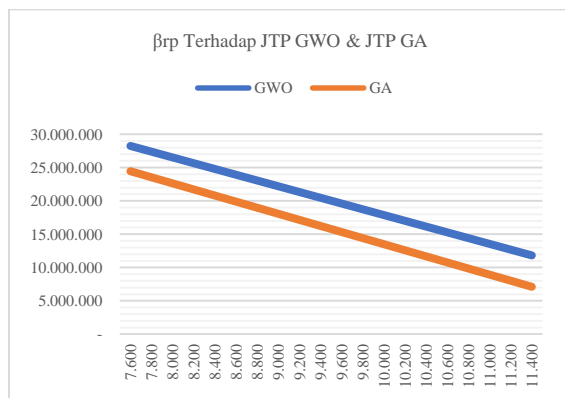
Berdasarkan pengolahan data, dapat diketahui bahwa performansi kecepatan komputasi kedua algoritma tidak jauh berbeda yaitu GWO lebih cepat 0.148 detik daripada GA. Kecepatan komputasi algoritma dipengaruhi oleh parameter jumlah populasi dan iterasi yang digunakan. Adapun dalam penelitian ini parameter jumlah populasi dan iterasi untuk kedua algoritma adalah sama, sehingga kecepatan komputasi pun tidak jauh berbeda.

Tabel 3. performansi antar algoritma

Run	GWO		GA	
	Computing Time	JTP	Computing Time	JTP
1	1.079	12,083,107	1.268	11,682,332
2	1.074	12,902,665	1.246	8,286,417
3	1.060	15,287,612	1.229	6,925,233
4	1.096	12,248,511	1.248	7,221,319
5	1.071	12,834,273	1.211	16,287,965
6	1.071	13,655,957	1.267	16,187,325
7	1.073	11,384,485	1.276	10,594,405
8	1.058	12,892,286	1.277	8,418,990
9	1.075	18,528,612	1.273	14,553,329
10	1.067	10,497,527	1.213	25,583,942
11	1.051	10,679,853	1.179	10,616,459
12	1.097	15,136,408	1.214	17,617,143
13	1.085	14,441,545	1.278	11,942,910
14	1.059	16,916,333	1.194	7,726,199
15	1.096	10,525,328	1.151	14,945,487
16	1.107	12,980,152	1.203	12,261,344
17	1.056	12,332,358	1.155	24,678,098
18	1.096	13,211,710	1.254	10,649,247
19	1.105	15,155,270	1.177	18,538,549
20	1.099	17,841,922	1.217	10,167,617
Average	1.079	13,576,796	1.227	13,244,216
stdev	0.017	2,257,972	0.040	5,207,831

Namun performansi JTP menunjukkan perbedaan yang jauh. Perbedaan performansi JTP tersebut disebabkan oleh ketidakstabilan proses optimasi. Proses optimasi pada Algoritma GWO terbilang cukup stabil daripada GA dimana dinyatakan oleh standard deviasi sebesar Rp.2.257.972 atau 17% dari nilai rata-rata, yang mana lebih kecil daripada algoritma GA sebesar Rp.5.207.831 atau 39% dari nilai rata-rata. Hal tersebut dapat diartikan bahwa nilai – nilai hasil optimasi menggunakan GA terlalu bervariasi atau semakin tidak akurat. Dengan melihat performa kecepatan komputasi dan fungsi tujuan JTP, maka dapat dikatakan bahwa algoritma GWO memiliki performa cukup stabil jika menggunakan parameter jumlah populasi sebanyak 100 dan iterasi sebanyak 200. Sedangkan, performa GA kurang stabil pada populasi sebanyak 100 dan iterasi sebanyak 200.

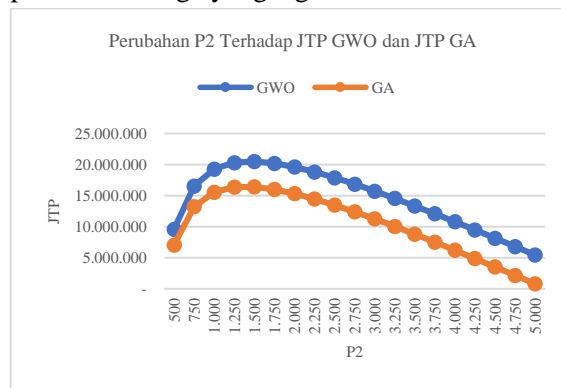
3.3. Analisis Sensitivitas



Gambar 3. Grafik Pengaruh Perubahan Harga Bahan Bakar (β_{rp}) terhadap JTP GWO dan JTP GA

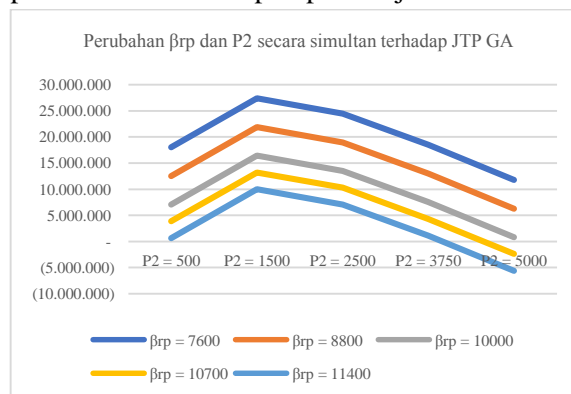
Gambar 3 menjelaskan bahwa semakin besar β_{rp} maka akan memperbesar biaya transportasi akibat pembelian bahan bakar, sehingga JTP semakin menurun. Adapun kenaikan harga bahan bakar setiap Rp.200 mengakibatkan kenaikan biaya pada sebesar Rp.437.480 atau sebesar 1.21% dari total biaya transportasi bahan baku, dan Rp.428.902 atau sebesar 1.25% dari total biaya transportasi produk jadi. Sehingga mengakibatkan penurunan JTP sebesar Rp.864.893 atau 4.47% setiap kenaikan harga bahan bakar Rp.200. Sehingga perusahaan diharapkan untuk mempertimbangkan fluktuasi harga bahan

bakar, dan juga mempertimbangkan pembelian bahan bakar melalui pom atau pengecer karena perbedaan harga yang signifikan.



Gambar 4. Grafik Perubahan Laju Produksi (P_2) Terhadap JTP GWO dan JTP GA

Berdasarkan Gambar 4, nilai P_2 optimal adalah pada 1500 dimana nilai 500 sampai 1500 terjadi kenaikan JTP dan nilai 1500 sampai 5000 terjadi penurunan JTP. Hal tersebut terjadi karena semakin kecil laju produksi P_2 maka persediaan WIP akan terjadi penumpukan, dan semakin besar laju produksi P_2 maka akan semakin besar penumpukan persediaan produk jadi karena tidak seimbang dengan permintaan yang ada. Sehingga seharusnya P_2 diatur untuk tidak kurang dari atau melebihi 1500. Hal ini dapat meminimalisir biaya akibat penumpukan persediaan WIP maupun produk jadi.



Gambar 5. Grafik Perubahan Harga Bahan Bakar (β_{rp}) dan Laju Produksi Produk Jadi (P_2) Terhadap JTP GA

Berdasarkan Gambar 5 perubahan harga bahan bakar (β_{rp}) dan laju produksi (P_2) yang dilakukan secara simultan, dapat dilihat bahwa untuk kedua algoritma (GWO dan GA) nilai optimal adalah pada harga bahan bakar (β_{rp}) Rp.7600/liter dan Laju Produksi Produk Jadi

(P₂) 1500 unit. Dengan begitu, dapat diartikan bahwa dalam permasalahan persediaan *Multi Supplier Multi Buyer* (MSMB) optimalisasi fungsi tujuan JTP adalah melalui minimasi biaya transportasi dan biaya penyimpanan akibat penumpukan persediaan.

4. Kesimpulan dan Saran

Pada setting parameter default, performansi algoritma *grey wolf optimizer* (GWO) memberikan hasil yang lebih baik dibanding algoritma genetika (GA) dalam mengoptimalkan permasalahan persediaan *Multi Supplier Multi Buyer* (MSMB). Berdasarkan analisis sensitivitas, dapat diketahui beberapa hal yaitu apabila harga bahan bakar untuk transportasi (β_{rp}) diubah menjadi lebih rendah maka JTP semakin meningkat, dan sebaliknya apabila diubah menjadi lebih tinggi maka JTP semakin menurun. Dan apabila laju produksi produk jadi (P₂) diubah, maka JTP yang paling optimal P₂ adalah 1500. Kenaikan atau penurunan JTP tersebut akibat penumpukan persediaan WIP maupun produk jadi yang disebabkan pengaturan laju produksi produk jadi. Apabila harga bahan bakar untuk transportasi (β_{rp}) dan laju produksi produk jadi (P₂) diubah secara simultan maka JTP yang paling optimal adalah pada nilai P₂ sebesar 1500 dan β_{rp} sebesar 7600, yang artinya adalah meminimasi biaya penyimpanan persediaan dan biaya transportasi.

Model persediaan MSMB dikembangkan lebih lanjut dengan mempertimbangkan tingkat permintaan yang stokastik, konsumsi bahan bakar transportasi yang lebih detail, dan juga mempertimbangkan perbedaan kapasitas *supply* oleh *supplier* bahan baku. Model persediaan MSMB dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan studi kasus skala yang lebih besar agar manfaat dari performa algoritma dapat diketahui lebih baik lagi.

5. Daftar Pustaka

- [1] D. M. Utama, S. K. D. B. Maulana, T. Baroto, and S. K. Dewi, "Optimizing
- [2] D. M. Utama, I. Santoso, Y. Hendrawan, and W. A. P. Dania, "Integrated procurement-production inventory model in supply chain: A systematic review," *Operations Research Perspectives*, vol. 9, p. 100221, 2022/01/01/ 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.orp.2022.100221>.
- [3] A. Gharaei, M. Karimi, and S. A. Hoseini Shekarabi, "Joint Economic Lot-sizing in Multi-product Multi-level Integrated Supply Chains: Generalized Benders Decomposition," *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, vol. 7, no. 4, pp. 309-325, 2020/10/01 2020, doi: <https://doi.org/10.1080/23302674.2019.1585595>.
- [4] S. Ghourchiany and M. Khakzar, "A multi-product inventory management model in a three-level supply chain with multiple members at each level," *Uncertain Supply Chain Management*, vol. 7, pp. 109-120, 01/01 2019, doi: <http://doi.org/10.5267/j.uscm.2018.4.001>.
- [5] G. Fauza, H. Prasetyo, N. K. Dania, and B. S. Amanto, "Development of food inventory model in an integrated vendor-buyer system: Case study in food industry," in *AIP Conference Proceedings*, 2018, vol. 1977, no. 1: AIP Publishing LLC, p. 020053, doi: <https://doi.org/10.1063/1.5042909>.
- [6] T. Sekar and R. Uthayakumar, "A production inventory model for single vendor single buyer integrated demand with multiple production setups and rework," *Uncertain Supply Chain Management*, vol. 6, no. 1, pp. 75-90, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.5267/j.uscm.2017.6.001>.
- [7] I. D. Wangsa, S. Tiwari, H. M. Wee, and S. Reong, "A sustainable vendor-buyer inventory system considering

- transportation, loading and unloading activities," *Journal of Cleaner Production*, vol. 271, p. 122120, 2020/10/20/ 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122120>.
- [8] M. A. Kaasgari, D. M. Imani, and M. Mahmoodjanloo, "Optimizing a vendor managed inventory (VMI) supply chain for perishable products by considering discount: Two calibrated meta-heuristic algorithms," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 103, no. C, pp. 227–241, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.11.013>.
- [9] D. M. Utama, D. S. Widodo, M. F. Ibrahim, K. Hidayat, and S. K. Dewi, "The Sustainable Economic Order Quantity Model: A Model Consider Transportation, Warehouse, Emission Carbon Costs, and Capacity Limits," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1569, p. 022095, 2020/07 2020, doi: <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/2/022095>.
- [10] S. Khalilpourazari, S. H. R. Pasandideh, and S. T. A. Niaki, "Optimizing a multi-item economic order quantity problem with imperfect items, inspection errors, and backorders," *Soft Computing*, vol. 23, no. 22, pp. 11671-11698, 2019/11/01 2019, doi: <http://doi.org/10.1007/s00500-018-03718-1>.
- [11] S. Khalilpourazari and S. H. R. Pasandideh, "Multi-objective optimization of multi-item EOQ model with partial backordering and defective batches and stochastic constraints using MOWCA and MOGWO," *Operational Research*, vol. 20, no. 3, pp. 1729-1761, 2020/09/01 2018, doi: <http://doi.org/10.1007/s12351-018-0397-y>.
- [12] A. H. Nobil, L. E. Cárdenas–Barrón, and E. Nobil, "Optimal and simple algorithms to solve integrated procurement-production-inventory problem without/with shortage," *RAIRO-Operations Research*, vol. 52, no. 3, pp. 755-778, 2018, doi: <https://doi.org/10.1051/ro/2017067>.
- [13] N. Manavizadeh, M. Shaabani, and s. aghamohamadi, "Designing a green location routing inventory problem considering transportation risks and time window: a case study," (in en), *Journal of Industrial and Systems Engineering*, vol. 12, no. 4, pp. 27-56, 2019. [Online]. Available: http://www.jise.ir/article_96020.html.
- [14] H. Tarhini, M. Karam, and M. Y. Jaber, "An integrated single-vendor multi-buyer production inventory model with transshipments between buyers," *International Journal of Production Economics*, vol. 225, p. 107568, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107568>.
- [15] L. R. Rodrigues and J. P. P. Gomes, "A Bi-Objective Grey Wolf Optimizer With A Dynamic Number of Leaders Applied to Spare Parts Stock Level Optimization Problems," vol. 53, p. 135221, 2021.
- [16] A. Alejo-Reyes, E. Cuevas, A. Rodríguez, A. Mendoza, and E. Olivares-Benitez, "An improved grey wolf optimizer for a supplier selection and order quantity allocation problem," *Mathematics*, vol. 8, no. 9, p. 1457, 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/math8091457>.