

SISTEM MANAJEMEN INVENTORY MENGGUNAKAN ALGORITMA DIFFERENTIAL EVOLUTION

Daniel Alexander Octavianus Turang⁽¹⁾, Sri Rahayu Astari⁽²⁾

⁽¹⁾ Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Bontang

⁽²⁾ Teknik Informatika, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

e-mail : daniel.alexanderot@gmail.com⁽¹⁾, tarisrtari@gmail.com⁽²⁾

Abstrak

Pengelolaan persediaan produk digunakan dalam memenuhi kebutuhan pelanggan yang bertujuan mengatasi kompleksitas industri makanan yang menuntut adanya respon yang cepat dan efektif. Sistem inventori yang dibangun bertujuan untuk memantau bahan baku produk sesuai dengan kebutuhan. Algoritma yang digunakan adalah Algoritma Differential Evolution (DE). Penerapan algoritma DE memberikan perhitungan data bahan baku, data persediaan produk, dan data penjualan. Data penjualan dan persediaan tersebut dihitung untuk mengetahui perkiraan safety stock dan reorder point sehingga dapat ditentukan status posisi persediaan bahan baku. Dengan adanya sistem inventori, tingkat persediaan produk dapat dijaga, sehingga jumlah persediaan yang harus dipenuhi dapat segera diketahui dengan tepat.

Kata Kunci : Manajemen Inventory, Bahan Baku, Algoritma Differential Evolution, Safety Stock, Reorder Point.

1. PENDAHULUAN

Dinamisnya perubahan pasar menuntut proses bisnis yang kompleks. Kompleksitas bisnis dibutuhkan untuk menghadapi perubahan setiap harinya, tindakan bisnis apa yang dapat memprediksi dan mempersiapkan bisnis untuk setiap perubahan (Sahay dan Ranjan, 2008). Proses manufaktur membutuhkan banyak tahapan yang tidak seketika dan sifat bisnis yang penuh dengan ketidakpastian, maka inventori dilihat sebagai suatu keharusan untuk memenuhi permintaan pelanggan. Tingkat permintaan yang lebih tinggi dari inventori mengakibatkan peningkatan respon, tetapi mengurangi efisiensi biaya yang berhubungan dengan inventori. Komponen penting dari hal ini adalah sistem inventori (Pazhani dkk., 2016). Sejalan dengan perkembangan teknologi dimana pertukaran informasi semakin cepat dan semakin murah, proses bisnis khususnya untuk mengontrol inventori dapat berkembang dengan pesat.

Vendor Managed Inventory (VMI) merupakan salah satu bentuk manajemen inventori dalam konsep *supply chain* yang saat ini banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan besar pada bidang industri. VMI berfungsi untuk mengontrol manajemen persediaan dari mulai pembelian hingga stok gudang. VMI mampu melakukan pengurangan biaya yang terkait dengan pemesanan, persediaan, transportasi di daerah yang berbeda seperti perencanaan produksi, tingkat layanan, ekuitas pelanggan, akurasi prediksi dll (Mateen dan Chatterjee, 2015). Dalam VMI, bagian *purchasing* perusahaan bertugas untuk menentukan kapan pembelian bahan baku dilaksanakan, berapa jumlah pembelian yang dilihat dari jumlah pemesanan oleh metode optimasi, diantaranya yaitu *simulated annealing*, *tabu search*, algoritma genetika dan algoritma *differential evolution*.

Algoritma *differential evolution* (DE) merupakan algoritma optimasi terbaru pengembangan dari algoritma genetika. Prinsipnya berdasarkan analogi evolusi dengan proses inisialisasi, proses mutasi, proses pindah silang dan proses seleksi (Karaboga dan Okdem, 2004). Algoritma DE merupakan metode *lot sizing* yang digunakan untuk menghitung jumlah pemesanan dan periode pemesanan dengan tujuan mencapai biaya yang optimal dan mencapai efisiensi dari perusahaan (Schulz, 2011). Keunggulan dari algoritma DE yaitu berstruktur sederhana, mudah dalam mengimplementasikan, cepat mencapai solusi dan bersifat tangguh (memiliki standar deviasi kecil). DE didukung dengan *Material Requirement Planning* yang merupakan metode untuk menentukan kebutuhan bahan baku yang diperlukan serta mengatur kapan pemesanan dilaksanakan (Schulz, 2011). Jadi, pentingnya algoritma DE dan MRP yaitu untuk tercapainya optimalisasi dan efisiensi khususnya pada *supply chain* persediaan bahan baku industri.

Bahan baku merupakan bagian penting dalam perusahaan khususnya perusahaan industri makanan. Proses produksi tidak akan berjalan apabila tidak tersedianya bahan baku. Bahan baku adalah sesuatu yang digunakan untuk menghasilkan suatu bahan jadi, bahan pasti menjadi satu dengan bahan jadi (Rad dkk., 2014). Ketersediaan bahan baku mempengaruhi proses produksi sehingga mempengaruhi pendapatan suatu perusahaan. Pada penelitian ini akan dibahas tentang persediaan bahan baku pada PT. XYZ sebagai perusahaan industri makanan yang menghasilkan produk makanan. Pengadaan bahan baku diperkirakan oleh PT. XYZ dengan melihat jumlah permintaan dari konsumen dan banyaknya stok yang masih tersedia. Permasalahan yang sering muncul yaitu persediaan bahan baku. Banyaknya jumlah pemesanan pada masing-masing konsumen dan banyaknya varian produk yang dipesan membuat perusahaan ini mengalami kesulitan dan pengaturan pembelian bahan baku, sebab bahan baku yang dibutuhkan tidak hanya satu melainkan beberapa jenis yang diproses untuk

menghasilkan suatu produk. Apabila persediaan bahan baku terhambat, maka proses produksi pada perusahaan juga akan terhambat, hal ini mengakibatkan terhentinya proses produksi sehingga akan terjadi keterlambatan dalam penyelesaian suatu produk.

Penelitian ini menghasilkan konsep perhitungan mengenai manajemen *inventory*, khususnya terkait optimalisasi persediaan persediaan bahan baku yang berdasarkan permintaan pelanggan, waktu pemesanan, jumlah persediaan bahan baku pada stok yang tersedia dengan menggunakan algoritma DE dengan pendekatan *Material Requirement Planning* (MRP).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kondisi global saat ini menuntut kesadaran akan biaya dan kompetitif, perusahaan berusaha memproduksi dan menyalurkan produknya dengan efisien. Inventori dilihat sebagai suatu keharusan karena banyaknya tahapan pada proses manufaktur hingga ritel dan ketidakpastian sifat bisnis. Penerapan model *nonlinear programming* dapat menentukan kebijakan optimal untuk inventori dalam SC dan alokasi permintaan pada pemasok, pendekatan ini menghasilkan penghematan biaya yang besar terkait inventori (Pazhani dkk., 2016). Kebijakan yang optimal juga dilakukan untuk memantau inventori yang fluktuatif mengikuti perubahan permintaan pasar, mengamati kondisi lingkungan yang tetap dan dinamis, puas tidaknya pelanggan akan ketersediaan produk dan tahan tidaknya produk di pasar (Alamri dkk., 2016).

Dalam SCM, koordinasi kebijakan inventori menjadi suatu masalah besar. VMI memberikan hak penuh kepada pemasok untuk mengontrol inventori dan mengatur jumlah inventori produk bagi ritel. VMI melakukan transparansi data berupa data penjualan dan level stok kepada pemasok (Gronalt dan Rauch, 2008). Penerapan sistem penunjang keputusan pada VMI, menghasilkan keuntungan berupa perkembangan dramatis *level* pelayanan pelanggan serta peningkatan signifikan pada pergantian inventori (Achabal dkk., 2000). VMI merespon dengan cepat dan efisien dalam memenuhi kebutuhan pelanggan serta menjadi faktor penentu untuk kelangsungan hidup dan pengembangan bisnis. Analisis dari parameter-parameter yang terlibat di dalam SC menghasilkan fungsi VMI yang dapat mengurangi biaya pemesanan, persediaan, transportasi di daerah yang berbeda seperti perencanaan produksi, tingkat layanan, ekuitas pelanggan, akurasi prediksi (Mateen dan Chatterjee, 2015).

Algoritma Differential Evolution merupakan salah satu metode metaheuristic VMI yang digunakan untuk penyelesaian masalah optimasi dan efisiensi pada proses produksi. Algoritma DE melakukan langkah seleksi pada permasalahan kompleks bahan baku yang digunakan dalam proses produksi dan melakukan perbandingan pada masing-masing bahan baku sehingga diperoleh hasil yang optimal (Schulz, 2011). Persediaan bahan baku menjadi hal yang mendasar pada perusahaan makanan, karena permintaan yang dinamis dan ketersediaan bahan baku dapat menimbulkan masalah bengkaknya biaya yang dikeluarkan. Algoritma DE dapat digunakan sebagai metode pemecahan masalah pada optimasi biaya persediaan bahan baku. Algoritma ini berfungsi untuk menekan biaya persediaan sehingga menghasilkan biaya persediaan yang optimal (Parsopoulos, 2015).

3. METODE PENELITIAN

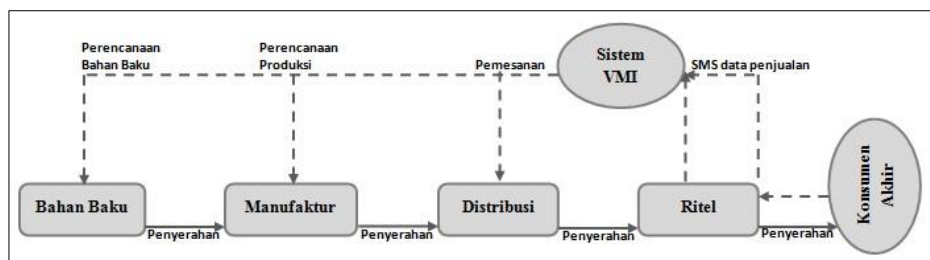
Metode penelitian untuk inventori yaitu dengan menggunakan metode *Rapid Application Development* sebagai metode yang digunakan untuk pembangunan sistem informasi. Adapun tahapan-tahapan penelitian sebagai berikut :

3.1 Perencanaan

Penelitian diawali dengan menentukan tema dan tujuan masalah berdasarkan permasalahan yang terjadi yaitu persediaan bahan baku pada perusahaan makanan, selanjutnya melakukan studi literatur sebagai landasan penelitian. Studi literatur dilakukan terkait dengan *supply chain* perusahaan industri makanan dan algoritma DE.

3.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini, dilakukan investigasi variable pada optimasi persediaan bahan baku. Variable ini menjadi dasar untuk membangun sistem inventori persediaan bahan baku pada industri makanan yang optimal. Variable pada VMI berupa arus informasi dan material pada *supply chain* industri makanan yang berdasarkan pada jurnal (Gronalt dan Rauch, 2008) yang kemudian dilakukan pemodelan secara lengkap pada *supply chain* industri makanan yang terdapat pada gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Pemodelan Sistem Persediaan Bahan Baku

Penerapan VMI dalam industri makanan, informasi bahan baku dapat diketahui secara langsung oleh perusahaan sehingga pengadaan dapat lebih mudah dan cepat. Perusahaan dapat mengendalikan persediaan bahan baku agar tidak terjadi kekurangan maupun kelebihan pada stok yang dapat mengakibatkan kerugian karena tingginya biaya yang harus dikeluarkan.

3.3 Pengumpulan Data

Data utama yang diperlukan berupa data pemesanan, data pembelian bahan baku dan data stok persediaan bahan baku pada PT. XYZ. Data yang digunakan merupakan data untuk menghasilkan produk berupa bumbu, sehingga data pemesanan dapat dideskripsikan sebagai data pemesanan bumbu atau data penjualan. Gambaran bentuk data pemesanan dapat dilihat pada Tabel 1. Arti kode P merupakan kode produk sedangkan T1 hingga Tn merupakan periode pemesanan dalam bulan. Pada produk bumbu P, perusahaan menggunakan beberapa komponen bahan baku dasar. Persediaan bahan baku dasar merupakan data yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk bumbu jadi. Adapun data persediaan bahan baku dasar dapat dilihat pada Tabel 2. Arti kode A1 hingga A5 merupakan kode bahan baku sedangkan T1 hingga Tn merupakan jumlah bahan baku yang tersedia dalam setiap bulan. Data persediaan diperoleh dari perubahan jumlah persediaan yang terjadi akibat dari proses produksi dan akan bertambah apabila dilakukan pembelian bahan baku kembali. Data pembelian bahan baku dasar dapat dilihat pada Tabel 3. Data pembelian diperoleh karena kurangnya data persediaan sehingga dibutuhkan pembelian bahan baku sebagai bahan untuk proses produksi yang akan dijual kepada *customer*. Arti kode PA₁ sampai PA₅ merupakan jumlah pembelian bahan baku sedangkan T1 hingga Tn merupakan jumlah pembelian bahan baku setiap bulan.

Tabel 1. Gambaran data pemesanan customer

	P
T1	
T2	
T3	
Tn	

Tabel 2. Gambaran Data Persediaan

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
T1					
T2					
T3					
Tn					

Tabel 3. Gambaran Data Pembelian Bahan Baku

	PA ₁	PA ₂	PA ₃	PA ₄	PA ₅
T1					
T2					
T3					
Tn					

3.4 Pengolahan dan Analisis Data

Pada tahap ini, data persediaan diolah menggunakan perhitungan *Safety Stock* dan *Reorder Point* untuk mendapatkan perkiraan jumlah stok aman dan perkiraan jumlah minimal untuk dilakukan pembelian stok

kembali. Sedangkan perhitungan biaya persediaan didapatkan dari data pembelian menggunakan Algoritma *Differential Evolution* untuk hasil total biaya pembelian yang optimal.

a. Perhitungan perkiraan jumlah kebutuhan bahan baku proses produksi

Perkiraan kebutuhan produksi dilakukan untuk menghitung kebutuhan bahan baku, waktu pengerjaan dan biaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu produk, biaya tersebut meliputi biaya pembelian bahan baku, biaya penyimpanan, biaya produksi. Hal tersebut dibutuhkan dalam persiapan produksi sesuai dengan kebutuhan dan permintaan pelanggan. Jumlah produk mempengaruhi jumlah kebutuhan bahan baku yang diperlukan untuk memproduksi sejumlah produk bumbu jadi. Sesuai dengan studi kasus di perusahaan makanan PT. XYZ, maka didapatkan kriteria perhitungan perkiraan kebutuhan sumber daya produksi sebagai berikut :

1. Produk bumbu yang dihasilkan terdiri dari beberapa bahan baku penyusun yaitu bahan baku utama dan bahan baku pelengkap.
2. Kebutuhan bahan baku utama dan bahan baku pelengkap diperoleh berdasarkan perhitungan presentase struktur produk.
3. Kebutuhan pelengkap produk berupa bahan baku yang memiliki presentase struktur dibawah 50%.

Berdasarkan kriteria perhitungan, pentingnya mengetahui komponen bahan baku untuk suatu produk sehingga dapat menghasilkan perhitungan kebutuhan bahan baku meliputi bahan baku yang utama dan bahan baku pelengkap. Tabel 4 hingga 7 menunjukkan komponen atau struktur bahan baku yang digunakan hingga menghasilkan produk.

Tabel 4. Struktur Produk QCE

Level Komponen	Komponen	Jumlah	Sumber
0	Black pepper powder	1	Buat
1	Lada hitam biji	0,8	Beli
1	Menir lada hitam	0,2	Beli

Tabel 5. Struktur Produk QDE

Level Komponen	Komponen	Jumlah	Sumber
0	Pepper powder	1	Buat
1	Lada Putih biji	0,8	Beli
1	Menir lada putih	0,2	Beli

Tabel 6. Struktur Produk QDB

Level Komponen	Komponen	Jumlah	Sumber
0	Spicy	1	Buat
1	Cabe merah	0,6	Beli
1	Cabe rawit putih	0,4	Beli

Tabel 7. Struktur Produk QDL

Level Komponen	Komponen	Jumlah	Sumber
0	Seasoned	1	Buat
1	Beras	1	Beli

Sebagaimana kriteria diatas, bahan baku utama meliputi lada putih, lada hitam, cabe merah dan beras, sedangkan bahan baku pelengkap meliputi menir lada putih, menir lada hitam, cabe rawit putih, maka dapat dilakukan perhitungan jumlah kebutuhan bahan utama dan bahan pelengkap seperti pada persamaan 1 dan 2.

$$Q^M = m \cdot d \tag{1}$$

$$Q^R = r \cdot d \tag{2}$$

Q^M menunjukkan jumlah total bahan baku utama produk, m menunjukkan jumlah kebutuhan bahan baku utama dan d menunjukkan jumlah produk yang harus diproduksi. Q^R menunjukkan jumlah total bahan baku pelengkap produk, r menunjukkan jumlah kebutuhan bahan pelengkap per satuan produk dan d menunjukkan jumlah produk yang harus dihasilkan.

b. Perhitungan perkiraan stok aman

Perkiraan stok aman produk dilakukan untuk mengantisipasi kebutuhan sesuai dengan penjualan yang senantiasa dilakukan. Perkiraan stok aman tersebut menggunakan perhitungan *safety stock* yang berhubungan dengan waktu dan jumlah penjualan yang tidak konstan. Perhitungan *safety stock* berdasarkan standar deviasi permintaan, *service level* dan *safety time*, maka pemodelan perkiraan *safety stock* berdasarkan standar deviasi permintaan pada Persamaan 3, *service level* pada Persamaan 4 dan *safety stock* pada Persamaan 5 (Schulz, 2011).

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum(X-X')^2}{N}} \quad (3)$$

$$Z = \frac{\text{Jumlah permintaan terpenuhi}}{\text{Total permintaan}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Safety stock} = \sigma_d \times Z \quad (5)$$

σ_d merupakan standar deviasi permintaan produk dihitung dalam periode N. Dimana X merupakan pemakaian bahan baku sesungguhnya, X' merupakan perkiraan pemakaian. Sedangkan nilai z merupakan *service level* perusahaan yang dapat dilihat pada tabel distribusi normal (misal Z = 95% yang memiliki nilai 1,94 ini berarti tingkat pelayanan sebesar 95% dari permintaan atau dengan kata lain penjagaan terhadap kemungkinan terjadinya *stock out* hanya 5%). Dari nilai standar deviasi dan *service level* pada perusahaan maka *safety stock* dapat dihitung.

c. Perhitungan perkiraan pembaharuan persediaan

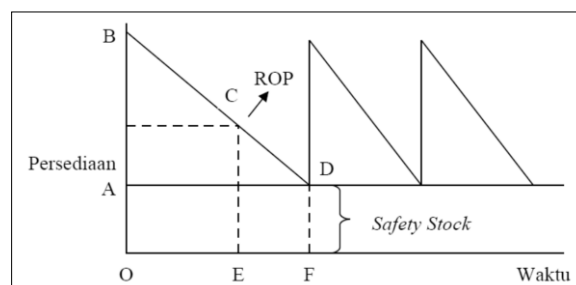
Perkiraan pembaruan jumlah persediaan dilakukan untuk memenuhi kebutuhan akan permintaan menggunakan *reorder point* (ROP). Perubahan stok akan dilakukan jika posisi stok terkini lebih kecil dibandingkan dengan ROP dan selanjutnya akan dilakukan pembelian bahan baku sejumlah selisih antara posisi stok terkini dengan stok yang dibutuhkan. Sebagaimana pada bagian dasar teori, perhitungan *reorder point* berdasarkan rata-rata permintaan pemesanan produk dalam periode waktu tertentu ditambah dengan *safety stock*, kemudian akan dilakukan pembaharuan stok berdasarkan jumlah *level reorder* yang harus dicapai menggunakan Persamaan 6 dan *reorder point* pada Persamaan 7.

$$d = \frac{P}{t} \quad (6)$$

P merupakan total persediaan pada waktu t yang menghasilkan rata-rata permintaan yang dinotasikan pada d. LT merupakan masa tenggang atau masa tunggu (*lead time*) ketika bahan baku yang tersedia mengalami kekurangan sehingga perusahaan harus melakukan pembelian kembali, waktu antara pemesanan pembelian bahan baku sampai pengisian persediaan bahan baku pada stok disebut dengan *lead time* (LT).

$$\text{ROP} = d.LT + \text{Safety Stock} \quad (7)$$

ROP digunakan untuk menggantikan persediaan bahan baku yang telah digunakan dengan bahan baku baru yang dipesan untuk mengisi stok bahan baku ketika mencapai titik rendah persediaan. Hubungan antara *safety stock*, *lead time* dan *reorder point* diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara *Safety stock*, *Lead time* dan ROP

Pada Gambar 2, posisi AB merupakan jumlah persediaan bahan baku, C merupakan ROP, D merupakan saat dimana bahan baku yang dibeli tiba dan EF merupakan *lead time* atau waktu tunggu saat pemesanan pembelian bahan baku sampai dengan sampainya bahan baku ke stok persediaan.

d. Perhitungan perkiraan total biaya

Biaya yang diperhitungkan untuk persediaan bahan baku pada PT. XYZ meliputi biaya pembelian dan biaya penyimpanan bahan baku yang digunakan. Sesuai dengan studi kasus di perusahaan industri makanan PT. XYZ maka besarnya perkiraan total biaya didapatkan sebagai berikut :

1. Masing-masing bahan baku baik bahan baku utama maupun pelengkap memiliki harga pembelian dan biaya pembelian yang berbeda karena didapatkan dari daerah yang berbeda.
2. Besarnya pembelian bahan baku ditentukan oleh besarnya permintaan produk bumbu jadi pelanggan.
3. Jumlah pemesanan produk bumbu jadi dari pelanggan untuk setiap bulan dengan jumlah yang tetap dilakukan untuk satu periode dimana satu periode adalah 6 bulan.
4. Biaya pemesanan meliputi biaya administrasi, biaya telpon
5. Biaya pembelian (*setup cost*) meliputi biaya pemesanan, biaya pengiriman/transport, biaya bahan baku yang dibeli. Biaya pemesanan terdiri dari biaya administrasi pesan dan biaya *clearence*.
6. Biaya penyimpanan (*holding cost*) meliputi biaya kerusakan dan kehilangan sejumlah 1% dari harga beli bahan baku, biaya penanganan persediaan yaitu biaya upah karyawan sejumlah 0,5% dari harga beli bahan baku, biaya fasilitas penyimpanan yaitu biaya listrik, biaya utilitas sejumlah 0,5% dari harga beli bahan baku. sehingga total biaya penyimpanan sebesar 2% dari harga beli bahan baku.
7. Total biaya didapatkan dari penjumlahan biaya pembelian bahan baku, biaya pemesanan dan biaya penyimpanan

Sebagaimana paparan di atas, maka perhitungan total biaya persediaan dinyatakan pada persamaan 8 dan berdasarkan persamaan 9.

$$\text{Min } C(x) = \sum_{t=1}^T K^R \gamma_t^R + K^M \gamma_t^M + h^R Y_t^R + h^M Y_t^M \quad (8)$$

$$\gamma_t^R = \begin{cases} 1, & \text{jika } Z_t^R > 0, \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad \gamma_t^M = \begin{cases} 1, & \text{jika } Z_t^M > 0, \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (9)$$

Persamaan 8 menunjukkan adanya minimalisasi *cost* yang dinotasikan pada $\text{min } C$ (*cost*) pada satu periode waktu t dengan ketetapan $t=1,2,3...T$. h^M merupakan *holding cost* untuk bahan baku utama yang digunakan untuk proses produksi; h^R merupakan *holding cost* untuk bahan baku pelengkap; Z_t^M jumlah kebutuhan bahan baku utama yang akan diproduksi per periode t ; Z_t^R jumlah kebutuhan bahan baku pelengkap pada periode t ; K^M *setup cost* bahan baku utama; K^R *setup cost* bahan baku pelengkap; Y_t^R merupakan persediaan pengaman bahan baku pelengkap pada periode t ; Y_t^M merupakan persediaan pengaman bahan baku utama pada periode t dan γ_t^M merupakan jumlah kebutuhan bahan baku utama yang harus dibeli pada periode t . γ_t^R merupakan jumlah kebutuhan bahan baku pelengkap yang harus dibeli pada periode t .

e. Perhitungan optimasi biaya

Sebagaimana kriteria di atas, maka dapat dilakukan perhitungan biaya persediaan bahan baku yang paling optimal dengan meminimalisasi nilai C (*cost*) yang diperoleh dari persamaan 8 untuk proses produksi menggunakan algoritma DE yang dapat dilihat pada persamaan 10 sampai persamaan 14. Pada algoritma DE terdapat tahap inialisasi atau tahap awal untuk menentukan parameter kontrol dan populasi awal. Parameter kontrol dilakukan dengan tahap mutasi, rekombinasi (*crossover*) dan seleksi. Populasi merupakan jumlah total biaya yang akan digunakan sehingga penentuan populasi awal yaitu penentuan biaya terkait dengan optimasi persediaan bahan baku yang meliputi biaya pembelian bahan baku utama, biaya pembelian bahan baku pelengkap, biaya penyimpanan bahan baku utama, biaya penyimpanan bahan baku pelengkap. Sehingga dinyatakan dalam S.

$$S = \{X_1, X_2, \dots, X_N\} \quad (10)$$

$$X \subset \mathbb{R}^n,$$

$$\mathbf{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})^T \in X, \quad i \in I = \{1, 2, \dots, N\} \quad (11)$$

S merupakan nilai populasi, dalam hal ini populasi merupakan kumpulan bahan baku mentah yang dibutuhkan. Dimana N merupakan jumlah populasi. X merupakan suatu variabel biaya persediaan bahan baku yang digunakan, sehingga X_1, X_2 sampai dengan X_N merupakan biaya bahan baku utama maupun bahan baku pelengkap antara lain biaya pembelian, biaya pemesanan, dan biaya penyimpanan. Sedangkan i merupakan periode waktu selama 30 hari. Sehingga X_{i1} merupakan jumlah bahan baku mentah suatu variabel per bulan. Setelah menentukan jumlah populasi atau jumlah bahan baku yang diperlukan, maka diperoleh perhitungan algoritma DE dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mutasi

Variabel yang tidak digunakan akan mengalami mutasi. Proses ini melibatkan umumnya tiga variabel yang dipilih secara acak. Proses mutasi yang digunakan pada persamaan 12 merupakan proses mutasi berdasarkan formula proses mutasi DE2.

$$(DE2) : v_i = x_1(t) + F(x_2(t) - x_3(t)) \quad (12)$$

V_i merupakan vektor mutasi atau pada formula tersebut dapat dinyatakan dengan x_1 , F merupakan parameter kontrol mutasi (0,1) dan x_1, x_2, x_3 merupakan variabel biaya bahan baku yang dipilih secara acak dan t merupakan jumlah iterasi.

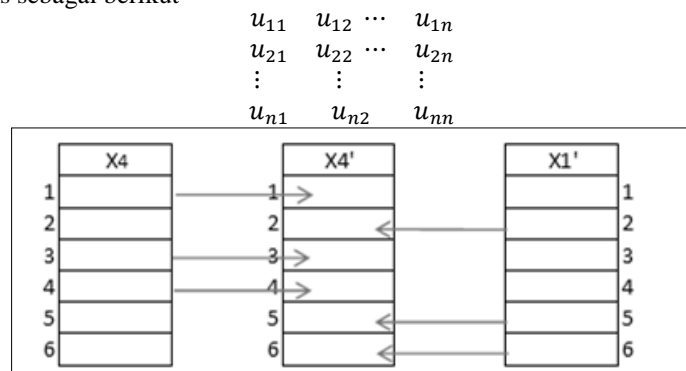
2. Rekombinasi (Crossover)

Rekombinasi atau pindah silang bertujuan untuk memperoleh keanekaragaman hasil biaya produk jadi dengan mengawinkan atau menggabungkan bahan baku mentah dengan produk jadi hasil produksi sebelumnya. Produk $v_i (x_1)$ dikawinkan dengan vektor bahan baku x_4 menggunakan operasi pindah silang untuk menghasilkan jumlah bahan baku trial produksi yang dinotasikan dengan u_i pada persamaan 13 yang didapatkan dari persamaan 14.

$$U_i = (u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{in}) \quad (13)$$

$$u_{ij} \begin{cases} v_{ij} & \text{if } R \leq CR \text{ or } j=RI(j) \\ x_{ij} & \text{lainnya,} \end{cases} \quad (14)$$

Gen trial diwariskan dari x_1 dan x_4 melalui faktor pindah silang (CR) dinyatakan pada gambar 3 yang dinyatakan pada matriks sebagai berikut



Gambar 3. Proses Rekombinasi atau Pindah Silang

3. Seleksi

Seleksi merupakan tahap terakhir. Vektor bahan baku trial u_i dibandingkan kembali dengan hasil turunan x_1 dan dihasilkan yang terbaik pada jumlah keseluruhan bahan baku yang dibutuhkan dalam satu produk jadi. Apabila belum mendapatkan jumlah dan komponen bahan baku baru, maka iterasi tetap berlangsung dan dilakukan sampai jumlah bahan baku yang optimal didapatkan.

3.5 Analisa dan Perancangan Sistem

a. Desain dan Analisa Sistem

Bentuk desain dari sistem yang dimodalkan sesuai dengan desain penelitian ini yaitu membangun sistem manajemen inventori pada perusahaan industri makanan PT. XYZ dengan menggunakan VMI. Jumlah persediaan bahan baku dan waktu pemesanan yang tepat dapat menghasilkan biaya yang dikeluarkan perusahaan efisien. Perubahan jumlah persediaan bahan baku karena banyaknya permintaan produk jadi pelanggan setiap bulan dalam satu periode. Data perubahan ini yang menjadi *input* sistem yang kemudian diproses menjadi *output* berupa informasi biaya persediaan bahan baku.

1. *Input* merupakan proses *input* data yang berupa rangkaian aktivitas yang dilakukan oleh admin.

Admin memiliki akses *input* data master berupa data bahan baku, data pembelian bahan baku, data permintaan produk serta dapat melakukan perhitungan kebutuhan bahan baku sehingga menghasilkan data kebutuhan bahan baku. Admin juga memiliki akses *input* data permintaan bahan baku dari pelanggan untuk kemudian dimasukkan sebagai bahan perhitungan kebutuhan bahan baku untuk dilakukan pembelian dan proses produksi.

2. *Process* merupakan proses-proses yang berjalan pada sistem. Pengiriman data permintaan diterima, selanjutnya diolah dengan perhitungan *safety stock* dan ROP.
3. *Output* merupakan informasi dari sistem yang berasal dari pengolahan sistem. *Output* yang dihasilkan berupa informasi persediaan bahan baku, jumlah kebutuhan bahan baku untuk mengetahui kapan dan besarnya bahan baku yang harus dibeli pada produk yang harus diproduksi pada satu target waktu serta untuk menghasilkan informasi biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk menekan atau mengoptimalkan biaya persediaan.

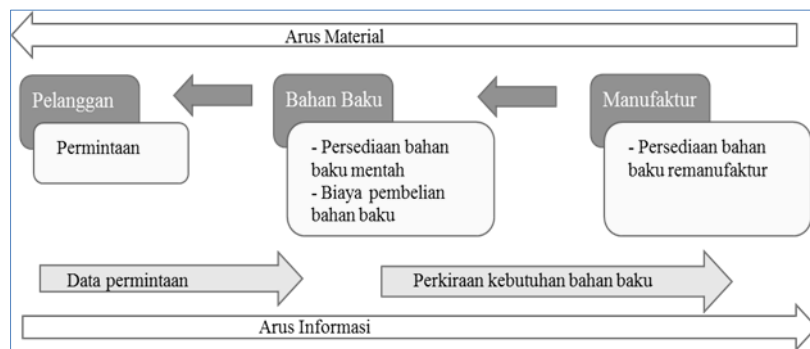
b. Perancangan Sistem

Merancang perangkat lunak yang akan dibuat berdasarkan hasil analisis. Tujuan dari tahap perancangan ini adalah mengefektifkan dan mengefisiensikan proses pengembangan perangkat lunak.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

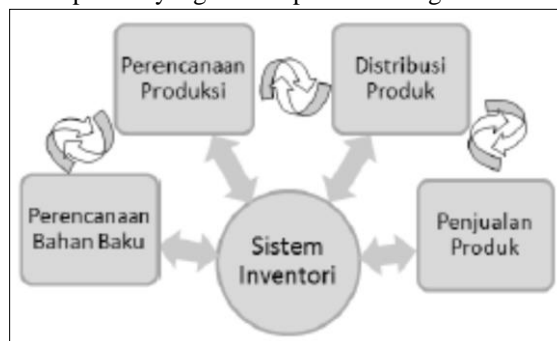
4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian berupa sistem inventori bahan baku berupa informasi persediaan bahan baku dan penggunaan algoritma DE untuk meminimalkan biaya persediaan. Model *supply chain* inventori pada PT. XYZ digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Model *supply chain*

Sistem inventori digunakan untuk mengelola input informasi mengenai inventori secara keseluruhan diberikan pada Gambar 5. Aliran perkiraan kebutuhan bahan baku, perkiraan kebutuhan produksi, permintaan pelanggan sampai dengan distribusi produk yang telah dipesan terintegrasi.



Gambar 5. Aliran aktivitas *supply chain* persediaan bahan baku

4.2 Implementasi Sistem

Aplikasi sistem inventori bahan baku pada industri makanan PT. XYZ menggunakan *Vendor Managed Inventory* terdapat beberapa menu dan *tag* menu. Implementasi sistem inventori sebagai berikut :

Dalam tahapan proses ini dimulai dengan memasukkan bahan baku yang terlihat pada Gambar 6, dan memasukkan kebutuhan bahan baku pada suatu produk berupa jenis bahan baku mentah beserta jumlah prosentase yang dibutuhkan untuk mendapatkan per satuan produk yang terlihat pada Gambar 7. Setiap produk memiliki kebutuhan produk yang berbeda jenis bahan baku dan jumlah prosentasenya. Produk terlihat pada Gambar 8.

No	Kode	Nama Bahan	Jenis	Aksi
1	B01	Lada putih	Utama	[View] [Edit]
2	B02	Lada hitam	Utama	[View] [Edit]
3	B03	Cabe merah	Utama	[View] [Edit]
4	B04	Beras	Utama	[View] [Edit]
5	B05	Menir lada putih	Pelengkap	[View] [Edit]
6	B06	Menir lada hitam	Pelengkap	[View] [Edit]
7	B07	Cabe rawit putih	Pelengkap	[View] [Edit]

Gambar 6. Daftar Bahan Baku

No	Bahan	Jumlah (prosentase)
1	Lada putih	80
2	Lada hitam	
3	Cabe merah	
4	Beras	
5	Menir lada putih	20
6	Menir lada hitam	
7	Cabe rawit putih	

Gambar 7. Perencanaan Bahan Baku

No	Kode	Nama Produk	Detail	Aksi
1	P01	QCE	black pepper powder	[View] [Edit] [Bahan]
2	P02	QDE	pepper powder	[View] [Edit] [Bahan]
3	P03	QDB	spicy	[View] [Edit] [Bahan]
4	P04	QDL	seasoned flour	[View] [Edit] [Bahan]

Gambar 8. Daftar Produk

Proses selanjutnya adalah masuk ke pencatatan jumlah produk dan bahan baku pada gudang yaitu melakukan masukan perubahan pada persediaan bahan baku seperti pada Gambar 9. Tahapan ini merupakan tahapan lanjutan dari pemantauan terhadap persediaan bahan baku berupa stok aman produk melalui perhitungan *safety stock*, kapan dilakukan pembelian kembali melalui perhitungan *reorder point* serta jumlah yang harus dibeli melalui perhitungan algoritma *differential evolution* berdasarkan *input* data permintaan yang dikirimkan oleh pelanggan.

Tahap selanjutnya yaitu menghitung jumlah biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk produk yang dihasilkan seperti pada Gambar 10. Perhitungan total biaya terdiri dari biaya pembelian, biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Biaya pembelian diperoleh dari jumlah bahan baku yang akan dibeli dikalikan dengan harga bahan baku per kg, biaya pemesanan diperoleh dari biaya-biaya yang dikeluarkan perusahaan yaitu biaya

transport, biaya jasa angkut, sedangkan biaya penyimpanan diperoleh dari biaya gedung, biaya operasional. Optimasi biaya diperoleh dari perhitungan model matematika dengan melihat biaya untuk manufaktur dan remanufaktur. Pembelian dilakukan dalam setiap periode 6 bulan, data yang telah masuk akan masuk rekap pembelian seperti yang terlihat pada Gambar 11.

No	Tanggal	QCE			QDE			QDB			QDL			Aksi
		D	P	S	D	P	S	D	P	S	D	P	S	
1	Mei-2018	0	10	0	12	10	2	10	10	0	15	10	5	
2	Apr-2018	6	5	1	5	5	0	4	5	0	3	5	0	
3	Mar-2018	4	4	0	5	5	0	5	6	0	5	7	0	
4	Feb-2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	
5	Jan-2018	15	0	15	9	0	9	10	0	10	0	0	0	
6	Des-2017	12	5	7	10	5	5	15	5	10	10	5	5	
7	Nop-2017	1	0	1	2	0	2	4	0	4	5	0	5	
8	Okt-2017	20	7	13	21	6	15	25	5	20	15	4	11	
9	Sep-2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	35	15	

Gambar 9. Persediaan Bahan Baku

No	Bahan	Harga	Nama Produk	Komposisi (kg)	Jml Kebutuhan	Jml Produk	Biaya Pesanan	Biaya Transport	k	p	f	Total Biaya
1	Lada putih	135000	QCE	80	36	28.8	1350	38.880	38.880	38.880	38.880	4,043,520
2	Menir lada putih	60000	QCE	20	36	7.2	600	4.320	4.320	4.320	4.320	449,280
3	Lada hitam	120000	QDE	80	34	27.2	1200	32.640	32.640	32.640	32.640	3,394,560
4	Menir lada hitam	50000	QDE	20	34	6.8	500	3.400	3.400	3.400	3.400	353,600
5	Cabe merah	24000	QDB	60	22	13.2	240	3.168	3.168	3.168	3.168	329,472
6	Cabe rawit putih	20000	QDB	40	22	8.8	200	1.760	1.760	1.760	1.760	183,040
7	Beras	10000	QDL	100	21	21	100	2.100	2.100	2.100	2.100	218,400
Total Biaya												8,971,872

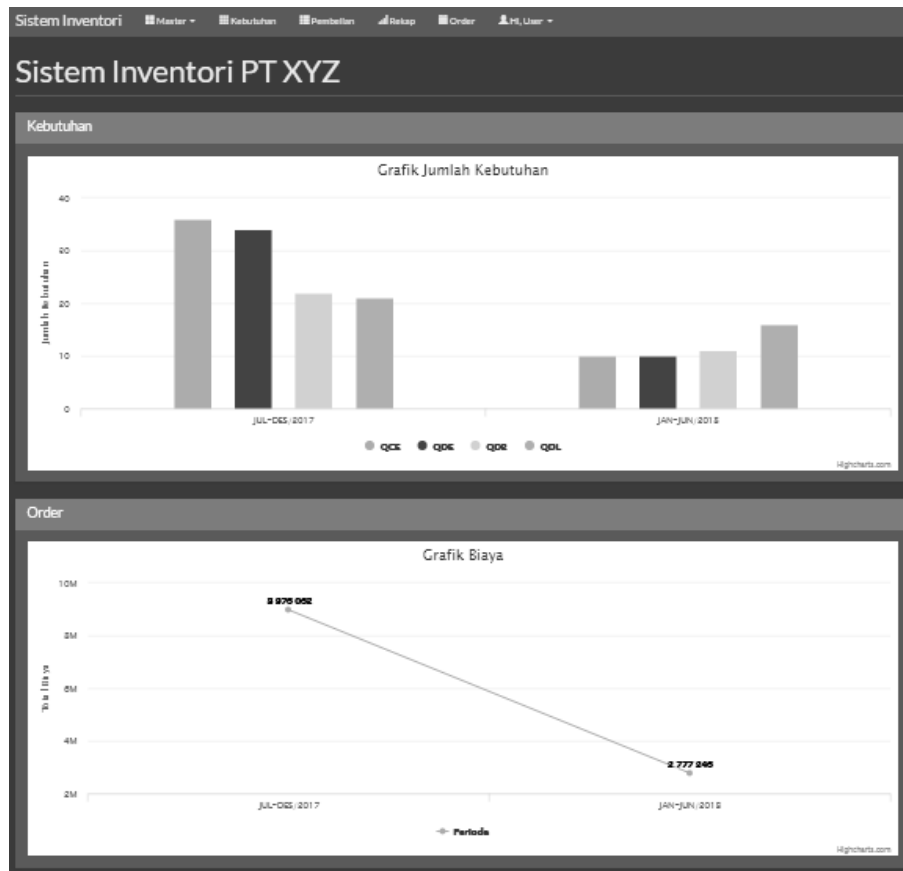
Gambar 10. Perhitungan pembelian bahan baku

No	Kode Bulan	Kode Order	Tanggal Order	Total Biaya	Aksi
1	JAN-JUN/2018	ORD-201805-001	2018-05-10	2,777,246	Detail
2	JUL-DES/2017	ORD-201805-002	2018-05-14	8,976,062	Detail

Gambar 11. Perhitungan pembelian bahan baku

Hasil perhitungan persediaan bahan baku berdasarkan data permintaan. Hasil perhitungan persediaan bahan baku juga mempengaruhi biaya yang harus dikeluarkan, sehingga dapat dilakukan perhitungan efisiensi biaya berdasarkan jumlah yang harus dibeli dan biaya penyimpanan pada gudang. Sedangkan menu *dashboard* pada halaman utama seperti yang diberikan pada Gambar 12 menyediakan informasi mengenai grafik produk

yang memberikan informasi produk mana yang sedang tinggi permintaannya serta grafik keuangan perusahaan yang memberikan informasi biaya pengeluaran perusahaan.



Gambar 12. Menu Dashboard

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian menunjukkan bahwa sistem inventori menggunakan algoritma *Differential Evolution* dapat digunakan untuk memantau persediaan bahan baku produk sesuai dengan kebutuhan pasar. Hal ini memberikan keuntungan bagi perusahaan dalam ketersediaan produk seperti yang ditunjukkan pada pengelolaan persediaan yang menghasilkan tingkat ketersediaan produk. *Safety stock* dilakukan sesuai kebutuhan dengan melihat kondisi dari persediaan dan permintaan produk sehingga dapat mengurangi resiko penumpukan bahan baku maupun kekurangan bahan baku. Sedangkan, tingkat kecepatan distribusi bahan baku akan mempengaruhi produksi dan persiapan bahan baku melalui perencanaan perkiraan kebutuhan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya produksi. Data persediaan bahan baku dan permintaan produk yang dikelola dalam sistem inventori menghasilkan sistem yang dapat memantau persediaan bahan baku secara *realtime* dan tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Achabal, D., McIntyre, S., Smith S., & Kalyanam, K., 2000. A decision support system for vendor managed inventory. *Journal of Retailing* 76 (4). pp 430-454.
- Alamri, A.A., Harris, I., & Syntetos, A.A., 2016. Efficient Inventory Control for Imperfect Quality Items. *European Journal of Operational Research* 254 (1), pp. 1-31.
- Gronalt, M. & Rauch, P., 2008. Vendor managed inventory in wood processing industries –a case study. *Silva Fennica* 42 (1), pp. 101-114.
- Karaboga, D., & Okdem, S., 2004. A Simple and Global Optimization Algorithm for Engineering Problems : Differential Evolution Algorithm. *TurkJ. Elec. Engin*, vol 12, no.1, pp. 53.

- Mateen, S., & Chatterjee, A.K., 2015. Vendor managed inventory for single vendor multi retailer supply chains. *International Journal of Decision Support Systems* 70, pp. 31-41.
- Parsopoulos, K.E., Konstantaras, I., & Skouri, C., 2015. Metaheuristic optimization for the Single-Item Dynamic Lot Sizing Problem with Returns and Remanufacturing. *Computers & Industrial Engineering* 83, pp. 307–315.
- Pazhani, S., Ventur, J.A., & Mendoza, A., 2016. A Serial Inventory System with Supplier Selection and Order Quantity Allocation considering Transportation Costs. *Applied Mathematical Modelling* 40(1), pp. 612-634.
- Rad, R.H., Razmi, J., Sangari, M.S., & Ebrahimi, Z.F., 2014. Optimizing an integrated vendor-managed inventory system for a single-vendor two- buyer supply chain with determining weighting factor for vendor's ordering cost. *International Journal of Production Economics* 153, pp. 295-308.
- Sahay, B.S., & Ranjan J., 2008. Real time business intelligence in supply chain analytics. *Information Management and Computer Security* 16(1), pp. 28-48.
- Schulz, T., 2011. A new silver-meal based heuristic for the single-item dynamic lot sizing problem with returns and remanufacturing. *International Journal of Production Research* 49(9), pp. 2519–2533.