

# Sistem Otomasi Rute Order Picking Pada Gudang dengan Metode Simulated Annealing

Stienley Nagata C  
Program Studi Informatika  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121 – 131  
Surabaya, 60236

Telp. (031) - 2983455, Fax. (031) -  
8417658

C14180025@john.petra.ac.id

Andreas Handojo  
Program Studi Informatika  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121 – 131  
Surabaya, 60236

Telp. (031) - 2983455, Fax. (031) -  
8417658

handojo@petra.ac.id

Tanti Octavia  
Program Studi Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121 – 131  
Surabaya, 60236

Telp. (031) - 2983455, Fax. (031) -  
8417658

tanti@petra.ac.id

## ABSTRAK

*Order Picking* adalah proses untuk melakukan seleksi terhadap beberapa barang dan mengambilnya dari tempat barang tersebut disimpan kemudian dilakukan proses *sorting* untuk dapat memenuhi *order* yang dimiliki oleh pembeli. Proses *order picking* adalah proses yang paling mahal di dalam sistem pergudangan, hal ini dikarenakan *order picking* membutuhkan tenaga kerja yang sangat banyak. *Order Picking* yang dilakukan secara manual membutuhkan biaya sekitar 55% dari total biaya yang dibutuhkan di dalam pergudangan. Oleh karena itu, *Order picking* merupakan bagian yang tepat untuk dioptimalkan dalam rangka peningkatan kinerja pergudangan.

Pada skripsi ini telah dirancang aplikasi berbasis *web* yang akan memecahkan permasalahan-permasalahan di atas antara lain untuk menampilkan rute terpendek dalam melakukan *order picking* dengan menggunakan metode *simulated annealing*. Selain itu sistem aplikasi juga akan dilengkapi dengan alat *hardware* yaitu *RFID Reader* yang berfungsi untuk melakukan deteksi terhadap barang jika ada yang diambil dan di letakkan di dalam rak. Hasil yang didapatkan adalah masalah routing dapat diselesaikan algoritma *simulated annealing* dengan tingkat penurunan rata-rata sebesar 51.5 % untuk 100 data, 35.5 % untuk 500 data dan 28.1% untuk 1000 data dengan parameter yang telah ditetapkan sebelumnya. *RFID Reader* memiliki akurasi sebesar 40% untuk melakukan pembacaan barang di dalam rak. Dikarenakan sinyal antara 1 tag bertabrakan dengan tag yang lainnya.

**Kata Kunci:** Pergudangan, *Order Picking*, *Simulated Annealing Algorithm*, Optimasi Jarak, *RFID Reader*.

## ABSTRACT

*Order Picking* is a process to make a selection from products and picking them up from the place that products are stored and then sort the products out to fulfill the customer orders. *Order picking* process is the most expensive activity in the warehouse. The reason is *order picking* needs a lot of workforce and if *order picking* done manually it will cost as much as 55 % of the total cost of the warehouse. That's why *order picking* is the correct part to be optimize to make warehouse become more effective and efficient.

In this thesis, a web based application designed to solve all the problems above, which includes showing the shortest route to be pick for orders picking with *simulated annealing* method. Other than that, the application will be included with a hardware named *RFID reader* which can detect product placement and pickup from the shelf. The result of this thesis showed that *simulated annealing*

*algorithm* able to reduce the range that are needed to order picking as much as 51.57058354 % for 100 data, 35.56569879 % for 500 data and 28.18222784% for 1000 data with fixed parameters. For the *RFID reader* it have the accuracy of 40% for reading products on the shelf. This is because the signals from tags clashing with each other which make the reader unable to read all of them.

**Keywords:** Warehouses, *Order Picking*, *Simulated Annealing Algorithm*, Range Optimization, *RFID Reader*.

## 1. PENDAHULUAN

Pergudangan adalah salah satu faktor terpenting di dalam *supply chain* [7]. Perusahaan harus dapat melakukan proses-proses di dalam Gudang secara maksimal dan efektif agar *supply chain* tidak terganggu. Aktivitas utama yang terjadi dalam pergudangan adalah keluar masuknya barang serta lokasi penempatan barang dan rute untuk melakukan pengambilan dari barang. Faktor human error tentu saja dapat terjadi bahkan kepada pekerja yang telah mengerjakannya secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama. Hal ini dapat menimbulkan kerugian terhadap perusahaan secara biaya dan waktu baik dikarenakan ketidaksiapan sehingga tidak sesuai stok barang yang tercatat dengan yang ada ataupun dikarenakan kesengajaan itu sendiri [1].

*Order Picking* adalah proses untuk melakukan seleksi terhadap beberapa barang dan mengambilnya dari tempat barang tersebut disimpan kemudian dilakukan proses *sorting* untuk dapat memenuhi *order* yang dimiliki oleh pembeli. Proses *order picking* adalah proses yang paling mahal di dalam sistem pergudangan, hal ini dikarenakan *order picking* membutuhkan tenaga kerja yang sangat banyak. *Order Picking* yang dilakukan secara manual membutuhkan biaya sekitar 55% dari total biaya yang dibutuhkan di dalam pergudangan [2]. Oleh karena itu, *order picking* merupakan bagian yang tepat untuk dioptimalkan dalam rangka peningkatan kinerja pergudangan. Masalah yang sering timbul dalam *order picking* pada pergudangan adalah ketidakefisienan dalam pengambilan barang. Masalah tersebut dapat timbul antara lain dikarenakan penggunaan alat angkut barang ataupun pengambilan rute jalan yang tidak optimal. Hal ini mengakibatkan waktu serta biaya yang lebih besar untuk melakukan *order picking*.

*Simulated Annealing (SA)* adalah metode yang digunakan untuk melakukan optimasi terhadap masalah yang hendak diselesaikan. Metode ini terinspirasi dari kejadian yang terjadi pada saat proses *annealing* atau proses pengerasan terhadap pada besi [3]. Pada saat suhu didalam parameter *simulated annealing* masihlah tinggi. Maka fungsi tetap akan menerima solusi-solusi yang bukanlah

merupakan solusi terbaik. Hal ini memungkinkan untuk memilih solusi yang lebih buruk dari solusi yang dimiliki saat ini. Itulah yang membedakan *simulated annealing* dengan *local search algorithm* yang lainnya. Dimana jika algoritma lainnya seperti *Hill Climbing Algorithm* akan cenderung untuk terperangkap di dalam local optimum dikarenakan disekitarnya tidak ada solusi yang lebih baik. Lalu ketika suhu secara perlahan turun menuju titik pengerasan maka solusi yang terpilih adalah solusi yang lebih baik dari solusi yang dimiliki saat ini.

Sistem ini akan memudahkan perusahaan untuk dapat melihat aktifitas keluar masuknya barang di dalam pergudangan serta mengawasi jumlah stok barang yang dimiliki. Selain itu aplikasi ini juga dapat memberitahukan dimanakah lokasi dari barang yang dicari dan memberikan rute tercepat untuk dapat mengambil barang yang diinginkan sehingga mempersingkat waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pengambilan barang. Sistem juga akan memberitahukan jika terdapat barang yang memiliki *stock* yang akan habis dan memberikan rute terbaik untuk dapat melakukan *restock* dari barang tersebut. Sistem akan menggunakan *RFID* dimana berfungsi sebagai alat sensor untuk setiap barang yang ada di dalam gudang dan akan dapat mendeteksi barang-barang yang diletakkan ke dalam rak maupun di ambil dari rak tersebut. Hal ini akan memperkecil kesalahan yang terjadi dalam pencatatan dari stok barang yang dimiliki. lalu data yang didapatkan dari *RFID reader* akan disambungkan oleh *arduino* agar data yang didapatkan dapat dikirim kedalam *database* dan dapat dikelola melalui *website*.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1. Warehouse Management

Pergudangan adalah salah satu bagian terpenting di dalam *supply chains*. Kinerja dari pergudangan sangatlah dipengaruhi oleh cara manajemen dari gudang tersebut. Tidak semua gudang memerlukan sistem manajemen yang terlalu kompleks. Contohnya adalah ketika ada gudang yang memiliki demand yang tidak pasti dan kita melakukan manajemen dengan menggunakan parameter yang terlalu kompleks maka sistem seperti ini justru tidak akan terlalu membantu meningkatkan kinerja gudang dan justru merupakan pemborosan uang. Sistem harus memiliki *level* manajemen yang sesuai dengan yang dibutuhkan oleh gudang [4].

### 2.2 Warehouse Automation System

Sistem yang terotomasi memiliki perang yang sangat penting penting di dalam dunia industri. Jika desain otomasi dapat dirancang dengan baik, hal tersebut akan memberikan dampak yang baik yaitu dengan butuhnya biaya yang lebih sedikit dan dapat mencapai target secara lebih mudah [5]. Selain dari keunggulan-keunggulan tersebut sistem yang terotomasi juga dapat memberikan keunggulan lainnya yaitu dengan tingkat keamanan yang tinggi. Namun sistem yang telah terotomasi juga memiliki kelemahan yaitu fleksibilitas.

### 2.3 Design and Optimization of Order Picking System

*Order Picking* adalah proses untuk memilih beberapa barang dan membawa barang-barang tersebut keluar dari tempat pergudangan dan mengirimkannya terhadap pembeli yang membutuhkannya [2]. Pada umumnya jika *picking order* dilakukan secara manual maka hal tersebut akan menimbulkan biaya dan waktu yang cukup besar bagi perusahaan. Maka dari itu otomasi dari rute *picking order* akan membantu dalam optimasi dan mengurangi biaya dan waktu yang dibutuhkan.

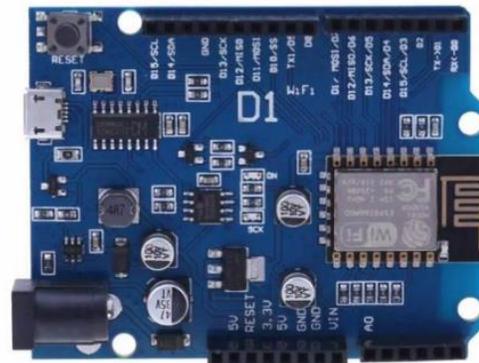
### 2.4 Warehouse Efficiency Improvement Using RFID

*Radio Frequency Identification (RFID)* adalah salah satu solusi yang dapat memecahkan masalah inventori yang ada di dalam pergudangan. *RFID* juga dapat menyelesaikan permasalahan lainnya seperti penempatan barang yang salah sehingga dapat membuat tingkat kepuasan dari pembeli menurun. Selain itu juga terdapat beberapa masalah lainnya seperti pencurian, pembusukan barang, penipuan dan kerusakan barang [1]. Dengan adanya *RFID* diharapkan akan dapat mengurangi timbulnya permasalahan-permasalahan tersebut di dalam pergudangan.

### 2.5 Warehouse Automation System Using IoT

*IoT* memiliki tingkat perkembangan yang sangat cepat, komponen elektronik dilengkapi dengan modul yang memungkinkan untuk dapat terhubung dengan jaringan internet. *IoT* memiliki potensi yang cukup baik dikarenakan dapat dikendalikan melalui jarak yang cukup jauh dengan tingkat kemudahan yang cukup baik[6]. Hal ini memudahkan dilakukannya monitor terhadap objek yang diinginkan sesuai dengan rangkaian modul yang telah dimiliki.

### 2.6 Arduino Wemos D1



Gambar 1. Arduino Wemos D1

*Wemos* adalah salah satu *board* yang di miliki oleh *arduino* untuk kepentingan *IOT* [8]. *Arduino wemos D1* digunakan sebagai *microcontroller* yang dapat diprogram untuk menjalankan perintah tertentu dan menyampaikan perintah tersebut terhadap *actuator* atau sensor dan perangkat lainnya yang tersambung dengan *Arduino*. *Arduino wemos D1* juga sudah memiliki modul *wifi* yang terintegrasi dengan *board* sehingga tidak diperlukan modul *wifi* eksternal untuk menyambungkan dengan koneksi internet. Hal ini tentunya sangat memudahkan para pengguna yang ingin membuat sistem dengan memanfaatkan *IOT*. Alat dari *Arduino* dapat dilihat pada Gambar 1.

## 2.7 RFID Reader



Gambar 2. RFID Reader

RFID Reader merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk melakukan pembacaan terhadap *rfid tag*, *card* ataupun bentuk yang lainnya. RFID Reader dapat di manfaatkan untuk melakukan pengawasan terhadap barang yang di miliki dengan cara menempelkan *tag* terhadap barang yang di miliki. Kemudian RFID reader akan melakukan pembacaan untuk mengetahui barang yang tersedia. Peningkatan keamanan terhadap barang akan mempengaruhi *cost* yang dibutuhkan oleh gudang [1]. Alat dari RFID reader dapat dilihat pada Gambar 2.

## 2.8 Manhattan Distance

Heuristic adalah Teknik yang digunakan untuk memecahkan permasalahan dimana goal dari permasalahan tersebut telah diketahui secara penuh maupun Sebagian. Heuristic dapat diaplikasikan ke dalam permasalahan seperti pembuatan keputusan, mencari rute terpendek dan sebagainya [8].

$$d(x, y) = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (1)$$

X = Titik pertama dari data

$x_i$  = titik pertama dari data pertama

Y = Titik Kedua dari data

$x_j$  = titik pertama dari data kedua

i = Data pertama

$y_i$  = titik kedua dari data pertama

j = Data kedua

$y_j$  = titik kedua dari data kedua

## 2.9 Simulated Annealing Algorithm

Simulated Annealing (SA) adalah salah satu metode metaheuristic yang dikenal untuk dapat melakukan optimasi. SA terinspirasi dari proses pengerasan yang terjadi terhadap besi. Dimana besi akan dipanaskan terlebih dahulu sehingga berubah bentuk menjadi cair, kemudian besi akan didinginkan secara perlahan agar dapat terjadi pengkristalan dan besi pun akan mengeras. SA mencari energi minimum yang dapat dilakukan agar besi dapat menjadi tahap *Crystal* dan bukanlah *Metastable* yang dapat terjadi ketika terdapat perubahan suhu secara tiba-tiba sehingga energi yang dibutuhkan pun menjadi lebih besar. Simulated Annealing memiliki kemampuan untuk dapat memberikan hasil optimal didalam state space yang luas. Dimana Population-Based Algorithm bukanlah solusi yang layak untuk digunakan dikarenakan banyaknya memori yang akan dibutuhkan [3].

Masalah yang timbul tersebut akan diatasi dengan algoritma *simulated annealing* dimana terdapat parameter tambahan yaitu suhu. Pada saat suhu dalam keadaan panas maka fungsi akan menerima solusi lainnya walaupun solusi tersebut bukanlah solusi yang lebih baik dari saat ini. Namun ketika suhu secara perlahan akan menjadi lebih dingin, maka parameter pun akan menjadi diperketat. Dan solusi yang akan diterima oleh fungsi hanyalah solusi yang terbaik saja. Hal tersebut dapat digambarkan di dalam fungsi ini.

$$\Pr\{\text{accept } j\} = \begin{cases} 1 & \text{if } f(j) < f(i) \\ e^{-\frac{f(i)-f(j)}{c}} & \text{else.} \end{cases} \quad (2)$$

## 3. DESAIN SISTEM

### 3.1 Analisis Permasalahan

Order Picking merupakan salah satu aktivitas yang paling memakan biaya serta waktu di dalam pergudangan. Order picking yang dilakukan secara manual dilakukan dengan cara pemberian nota pembelian barang terhadap staf yang bertugas di dalam gudang. Nota tersebut berisikan barang apa saja dan jumlah yang harus diambil. Staf akan mengurutkan nota tersebut berdasarkan urutan pembelian dari pembeli. Kemudian nota akan diserahkan kepada staf yang bertugas untuk melakukan order picking dari rak. Barang akan diambil menggunakan alat angkut yang tersedia ataupun menggunakan tenaga orang. Pengambilan barang dimulai dari barang yang memiliki jarak terdekat terlebih dahulu hingga barang yang memiliki jarak terjauh. Jika order picking tidak dapat dilakukan dalam satu kali perjalanan. Maka staf akan kembali terlebih dahulu dan melakukan order picking untuk barang yang tersisa.

Masalah yang ditimbulkan oleh proses order picking dan pencatatan barang secara manual adalah kurangnya efisiensi dan efektifitas waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk setiap proses order picking dan tingkat keamanan yang kurang untuk setiap barang yang diletakkan ke dalam rak. Jika terdapat kesalahan maka tentu saja proses order picking dilakukan ulang yang akan menguras biaya dan waktu. Serta kesalahan dalam pencatatan barang atau kurangnya proses monitor terhadap barang yang berada di dalam rak dapat mengakibatkan perusahaan dihadapkan dengan resiko kehilangan barang yang dimiliki ataupun salahnya proses perhitungan stock. Sebagai salah satu proses yang paling memakan biaya dan waktu, tentu saja order picking harus dapat dilakukan secara efisien dan efektif sebisa mungkin untuk menekan semua biaya dan tenaga yang dikeluarkan..

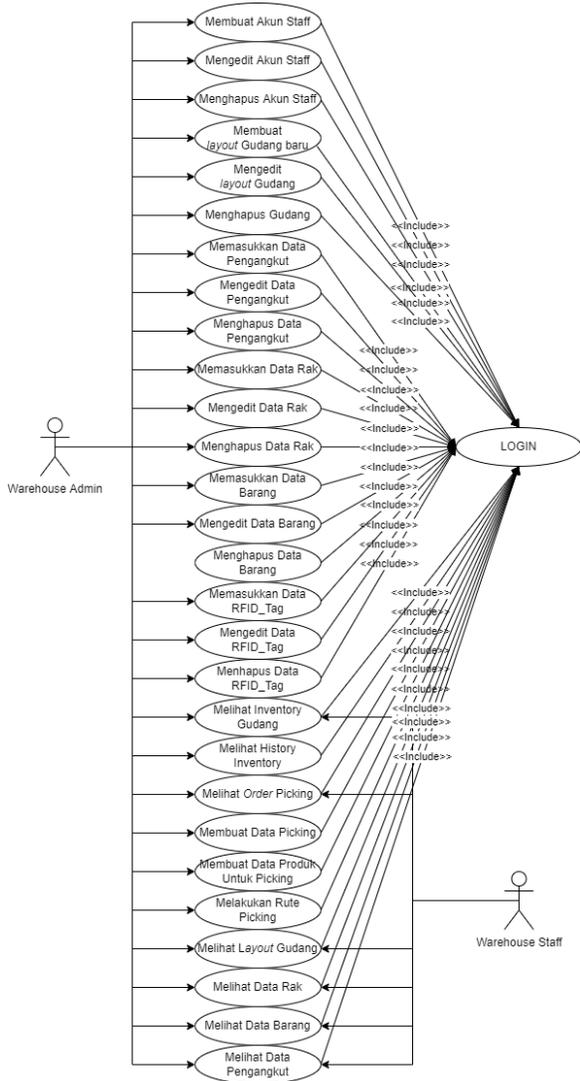
### 3.2 Analisis Kebutuhan

Efisiensi adalah sebuah kebutuhan yang sangat penting di dalam pergudangan. Hal tersebut dibutuhkan untuk dapat memaksimalkan penggunaan sumber daya yang dimiliki baik itu sumber daya manusia, uang, maupun waktu. Sistem yang terkomputerisasi adalah suatu kebutuhan yang dimiliki oleh perusahaan yang dapat meningkatkan efisien biaya dan waktu dalam melakukan proses order picking dalam gudang. Sistem akan dapat menampilkan denah tata letak dari gudang dan menampilkan rute terdekat untuk dapat melakukan order picking dari barang yang ingin untuk diambil. Selain itu sistem juga dapat memanfaatkan sistem untuk dapat melakukan pengawasan terhadap barang- barang yang telah letakkan di dalam rak untuk mengurangi adanya resiko salah dalam pencatatan barang atau adanya barang yang hilang dengan memanfaatkan perangkat hardware yaitu RFID reader. Selain fitur-fitur tersebut, sistem juga akan memiliki beberapa fitur lainnya untuk membantu manajemen terhadap gudang. Seperti

daftar dari gudang, staf, produk dan alat angkut yang dimiliki untuk dapat memantau secara lebih optimal.

### 3.3 Desain Sistem

Terdapat dua tipe pengguna yang ada di dalam sistem ini. Setiap pengguna memiliki fitur yang berbeda-beda. Contohnya adalah untuk pengguna berjenis admin memiliki akses terhadap semua fitur yang dimiliki oleh sistem. Sedangkan untuk pengguna berjenis staf hanya dapat mengakses fitur tertentu saja.



Gambar 3. Use Case Diagram

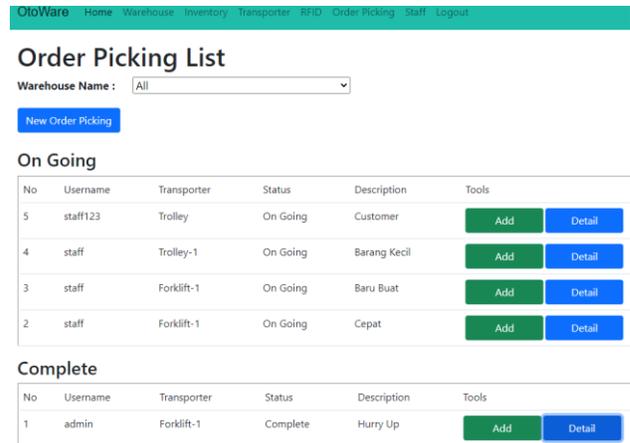
Gambar 3 menunjukkan gambar dari use case diagram yang dimiliki oleh sistem. Fitur-fitur dapat diakses ketika kedua jenis pengguna telah melakukan login kedalam sistem. Pengguna berjenis admin dapat mengakses semua fitur yang dimiliki oleh sistem, sedangkan pengguna berjenis staf hanya dapat mengakses beberapa fitur saja. Hal ini dilakukan untuk menjaga keamanan informasi dan data dari perusahaan.

## 4. PENGUJIAN SISTEM

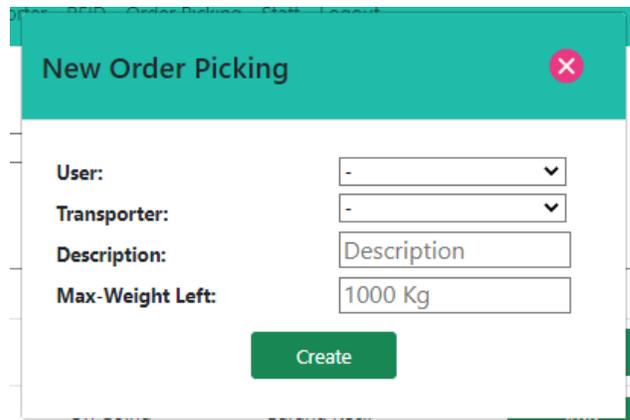
### 4.1 Pengujian Aplikasi

Untuk dapat melakukan atau menggunakan fitur *routing* maka pengguna harus memiliki terlebih dahulu akun *website*, gudang beserta rute dan raknya, alat transportasi, staff pengerja barang yang ingin di angkut. Jika sudah memiliki semua hal tersebut maka pengguna dapat melakukan Langkah-langkah berikut ini.

Pengguna perlu membuat *order picking* terlebih dahulu yang dapat di lakukan pada halaman *order picking*. Pengguna dapat memilih fitur *create new order picking* dimana pengguna dapat mengisi *form*. Gambar dari halaman *order picking* dan *form create new order picking* dapat di lihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Halaman Order Picking



Gambar 5. Form Create New Order Picking

Kemudian pengguna dapat memasukkan barang yang ingin di angkut ke dalam proses *order picking* dengan menekan fitur tombol *add*. Gambar dari *form add order picking product* dapat di lihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Form Add Order Picking Product

Pengguna dapat memasukkan data dari produk yang diinginkan, cara pengambilan yang diinginkan yaitu *fifo* atau *nearest product*. Kemudian pengguna dapat menekan tombol *find item* terlebih dahulu barulah pengguna dapat menekan tombol *add*.

Untuk dapat melakukan proses routing maka pengguna dapat memilih fitur detail dari *orderpicking* kemudian menekan tombol *generate routes*. Form *order picking detail* dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7. Form order picking detail

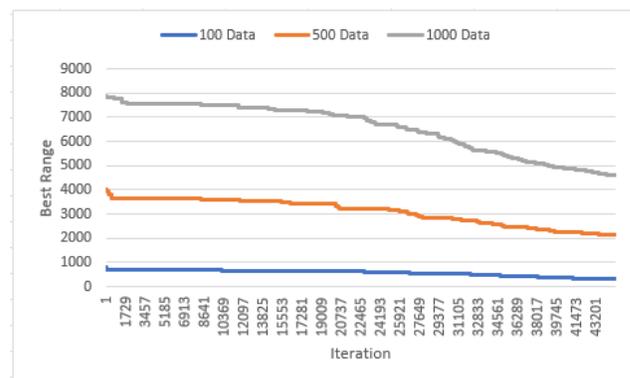
Kemudian Pengguna dapat memasuki halaman dari *routing history* untuk dapat melihat rute yang telah dibuat. Tampilan dari rute yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 8.

Gambar 8. Routing History Detail

## 4.2 Pengujian Algoritma

### 4.2.1 Uji Coba Algoritma

Pengujian algoritma di lakukan dengan menggunakan variasi parameter terhadap 3 jumlah data yang berbeda. Data yang disediakan berjumlah 100, 500 dan 1000. Dan parameter yang digunakan adalah suhu maksimum, iterasi dan *cooling rate* dengan masing-masing memiliki 3 variasi yang menjadi total percobaan adalah sebanyak 81 percobaan. Hasil dari percobaan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Line Chart Hasil Uji Coba Algoritma *Simulated Annealing*

Berdasarkan hasil dari percobaan yang telah dilakukan dan data yang tertera Gambar 9 Maka dapat disimpulkan bahwa algoritma *Simulated Annealing* dapat menghasilkan hasil yang cukup bagus dan dapat mencapai hasil yang optimal jika parameter yang

ditetapkan sesuai dengan kasus yang di gunakan. Dimana parameter yang lebih besar menghasilkan hasil yang lebih bagus dari parameter kecil begitu pula dengan *computational time* yang diperlukan dimana parameter lebih besar akan membutuhkan *computational time* yang lebih besar dari parameter yang lebih kecil.

### 4.3 Pengujian Perangkat

Pengujian perangkat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan meletakkan beberapa perangkat pada jarak yang sama dengan tujuan untuk melihat berapa jumlah *tag* yang dapat dibaca oleh *rfid reader* secara bersamaan dan pada percobaan yang kedua adalah untuk mendapatkan jarak baca maksimum dari *rfid reader*. Sedangkan hasil dari percobaan dapat di lihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Uji Coba Akurasi *RFID Reader 1*

Jarak (Meter )	Tag Tersedia (Pcs)	Tag Terbaca (Pcs)	Waktu Uji Coba (Menit )
1	5	2	10
2	5	2	10
3	5	1	10

Tabel 2. Hasil Uji Coba Akurasi *RFID Reader 2*

Jarak ( meter / m )	Tag Tersedia (Pcs)	Tag Terbaca (Pcs)
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	1	1
6	1	1
7	1	0
8	1	0

Kesimpulan yang didapatkan adalah *RFID reader* dapat melakukan pembacaan dengan jarak yang jauh jika posisi antara reader dengan tag ditempatkan dengan tepat. Namun walaupun begitu *RFID reader* tetap kesulitan untuk melakukan pembacaan terhadap beberapa tag secara sekaligus walaupun *RFID reader* memiliki kecepatan membaca yang tinggi. Hal ini di karenakan sinyal antara 1 tag dengan tag yang lainnya bertabrakan sehingga *RFID reader* hanya berhasil membaca tag tertentu saja dan bukan lah seluruhnya.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan kita dapat menyimpulkan beberapa hal terhadap *website* yang telah dibuat dan perangkat yang di rangkai. Berikut merupakan beberapa kesimpulan yang di dapatkan.

1. Algoritma Simulated Annealing dapat digunakan untuk kasus pemilihan rute terpendek pada masalah pemilihan *order picking route*.
2. Semakin besar data atau masalah yang dihadapi maka parameter yang dibutuhkan semakin besar pula agar dapat mendapatkan rute yang lebih bagus.
3. Semakin besar parameter yang digunakan maka semakin besar pula *computational time* yang dibutuhkan.

4. Setiap parameter akan mempengaruhi iterasi yang akan dilakukan oleh sistem. Walaupun parameter “iterasi” berjumlah sama namun jika parameter suhu maksimum dan *cooling rate* berbeda maka akan menghasilkan jumlah iterasi yang berbeda pula. Sehingga dibutuhkan keseimbangan di antara ketiga untuk menghasilkan hasil yang maksimal.

5. Parameter yang lebih besar tidak dapat menjamin seluruhnya bahwa akan menghasilkan hasil yang lebih baik. Hal ini dikarenakan terdapat faktor random di dalamnya seperti penentuan solusi awal. Namun akan menghasilkan hasil yang lebih bagus dan penurunan jarak yang lebih tinggi secara rata-rata.

6. Dengan jumlah parameter yang sama, data yang memiliki jumlah kecil akan mencapai fase stabil secara lebih cepat jika dibandingkan dengan parameter yang sama dengan jumlah data yang lebih besar.

8. *RFID Reader* dapat melakukan pembacaan secara jauh yaitu sampai dengan jarak 6 meter. Namun penempatan yang tepat antara reader dengan tag di butuhkan. Untuk melakukan pembacaan dengan jarak yang jauh akan lebih sulit dari pada jarak yang mudah.

9. Walaupun *RFID reader* dapat membaca tag dengan jarak yang jauh dan memiliki waktu pembacaan yang cepat. Namun *RFID reader* tetap kesulitan untuk melakukan pembacaan terhadap beberapa tag secara sekaligus . Percobaan menunjukan bahwa reader hanya dapat membaca 2 dari 5 tag sehingga memiliki akurasi sebesar 40 % . Hal tersebut dikarenakan sinyal antara 1 tag dengan tag yang lainnya bertabrakan sehingga reader hanya dapat membaca tag tertentu saja dan tidak bisa membaca semua tag yang dimiliki.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut merupakan saran yang dapat digunakan guna meningkatkan penelitian selanjutnya.

1. Dalam penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode lain seperti Dijkstra dan Bellman-ford Algorithm dan membandingkan di antara kedua metode tersebut manakah metode yang lebih baik dalam melakukan routing dalam kasus order picking.
2. Memperhatikan volume dari barang dengan volume dari rak untuk melihat apakah barang dapat di letakkan di dalam rak atau tidak.
3. Dalam penelitian selanjutnya dapat menggunakan active tag sehingga dapat melihat lokasi barang secara langsung.
4. Dapat meletakkan active tag pada alat angkut yang di miliki sehingga dapat mengetahui lokasi langsung dari alat angkut.
5. Dapat meletakkan *RFID Reader* pada pengangkut untuk melihat barang yang sedang di angkut.
6. Dapat menggunakan *RFID Reader* dengan merk yang berbeda dan lebih kuat agar dapat melakukan pembacaan dengan lebih bagus.
7. Menggunakan beberapa jenis microcontroller untuk melihat apakah perbedaan kekuatan dari microcontroller mempengaruhi kemampuan rfid reader untuk dapat melakukan pembacaan barang terhadap rak..

## 6. REFERENCES

- [1] Biswal, A.D. , Jenamani ,M. & Kumar, S.K. (2018). Warehouse Efficiency Improvement Using RFID in A Huminitarian Supply Chain: Implications for Indian Food Security System, Transportation Research Part E, Vol 109, pp 205-224.
- [2] Bottani, E. , Volpi A. & Montanari R. (2019). Design and Optimization of Order Picking Systems: An Integrated Procedure and Two Case Studies, Computers & Industrial Engineering, Vol 137.
- [3] Delahaye, D., Chaimatanan, S., & Mongeau,. M. (2019). Simulated Annealing From basics to applications. In Handbook of metaheuristics (PP 1-35). Springer, Cham.
- [4] Faber, N., De Koster, R. B., & Smidts, A. (2017). Survival of the fittest: the impact Of fit between warehouse management structure and warehouse context on warehouse performance, International Journal of Production Research , 56(1-2), 120-139.
- [5] Kurnia, Y. & Jeksen, L.S (2019, April). Prototype of Warehouses Automation System Using Arduino Mega 2560 Microcontroller Based on Internet of Things, vol. 1, no. 3, pp. 122-128.
- [6] Kusuma, T., & Mulis, M. T. (2018). Perancangan Sistem Monitoring Infus Berbasis Mikrokontroler Wemos D1 R2. Konferensi Nasional Sistem Informasi (KNSI) 2018.
- [7] Sharma, S. K., & Kumar, S. (2016). Comparative analysis of Manhattan and Euclidean distance metrics using A\* algorithm. J. Res. Eng. Appl. Sci, 1(4), 196-198.
- [8] Tesoriero, R., Gallud, J.A., Lozano, M., & Penichet, V.M.R (2008). Using Active and Passive RFID Technology to Support Indoor Location-Aware Systems, IEE Transactions on Consumer Electronics, Vol 54, No2.