

**PENGARUH PENERAPAN ABC ANALYSIS
DAN ATURAN PENUGASAN KIVA ROBOT
TERHADAP EFISIENSI AKTIVITAS ORDER PICKING
DI SMART WAREHOUSE**

LAPORAN KERJA PRAKTIK

**Oleh:
Faris Ahmad Saifuddin
102416023**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LOGISTIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS PERTAMINA
AGUSTUS 2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Kerja Praktik ini diajukan oleh,

Nama : Faris Ahmad Saifuddin
NIM : 102416023
Program Studi : Teknik Logistik
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perusahaan/Institusi : National Taiwan University Science and Technology
Tanggal Pelaksanaan KP : 4 Juni 2019 – 25 Agustus 2019

dengan judul:

PENGARUH PENERAPAN ABC ANALYSIS DAN ATURAN PENUGASAN KIVA ROBOT TERHADAP EFISIENSI AKTIVITAS ORDER PICKING DI SMART WAREHOUSE

Telah disetujui dan disahkan pada:

Hari

Tanggal

Dosen Pembimbing,

Disetujui oleh,

Pembimbing Instansi,

Ferani Eva Zulvia, Ph.D.
NIP. 116112

Anindhita Dewabharata, M.T., MBA
NIP.

Kepala Program Studi,

Dr. Eng. Iwan Soekarno, S.T., M.Eng
NIP. 116128

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Penulis mendapatkan kesempatan dan kemudahan untuk menyelesaikan laporan kerja praktik yang berjudul “Pengaruh Penerapan ABC Analysis dan Aturan Penugasan Kiva Robot Terhadap Efisiensi Aktivitas Order Picking di Smart Warehouse”. Sholawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Laporan kerja praktik ini disusun untuk memenuhi salah satu mata kuliah Program Studi Teknik Logistik. Dalam kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Iwan Sukarno, S.T, M.Eng selaku Kepala Program Studi Teknik Logistik Universitas Pertamina yang telah memberi izin dalam pelaksanaan kerja praktik ini.
2. Ferani Eva Zulvia, Ph.D. selaku dosen pembimbing kerja praktik.
3. Anindhita Dewabharata, M.T., MBA, selaku supervisor selama mengikuti program *internship* di National Taiwan University Science and Technology.
4. Prof. Shuo Yan Chou, pengawas kegiatan *internship* di National Taiwan University Science and Technology.
5. Semua pihak yang telah membantu sehingga tersusunnya Laporan Kerja Praktik ini.

Penulis berharap Laporan Kerja Praktik ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Penulis menyadari bahwa Laporan Kerja Praktik ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu Penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun agar Penulis dapat memperbaiki dan menghasilkan tulisan yang lebih baik di masa yang akan datang.

Jakarta, 20 Oktober 2019



Faris Ahmad Saifuddin

ABSTRAK

Aktivitas *order picking* merupakan salah satu kegiatan di gudang yang memerlukan biaya paling besar dibanding aktivitas lain, yaitu sebesar 55% dari keseluruhan biaya. Ditambah lagi dengan tren penjualan barang melalui layanan *e-commerce*, hal ini akan membuat aktivitas *order picking* menjadi semakin sibuk, khususnya pada gudang *e-commerce*. Atas dasar ini, diperlukan strategi penanganan yang efektif dan efisien pada aktivitas *order picking* serta didukung dengan penyusunan tata letak yang baik. Dari permasalahan tersebut, maka digunakanlah Kiva Robot sebagai alat penanganan material karena dapat meminimalisir kesalahan manusia dan meningkatkan produktivitas. Selain itu, penelitian ini juga menerapkan strategi *ABC inventory analysis* untuk mengoptimalkan peletakan *pod* di area penyimpanan dan penggunaan algoritma *Breadth First Search* (BFS) sebagai strategi dalam menemukan rute Kiva Robot dalam menjalankan aktivitasnya. Dari penerapan strategi tersebut, dihasilkan bahwa total waktu yang diperlukan oleh Kiva Robot untuk memenuhi pesanan adalah 57 menit 42 detik, dengan masing-masing Kiva 1 dan Kiva 2 sebesar 29 menit 48 detik dan 27 menit 54 detik. Selain itu pembagian tugas antara Kiva 1 dan Kiva 2 serta *picking station* 1 dan *picking station* 2 juga merata. Dengan begitu strategi *ABC inventory analysis* dan algoritma BFS dinilai baik untuk diterapkan di *smart warehouse*.

Kata Kunci: Kiva Robot, *ABC Inventory Analysis*, *Breadth First Search*

ABSTRACT

Order picking activity is one of the activities in the warehouse that requires the highest cost compared to other activities, which is 55% of the total cost. Coupled with the trend of selling goods through e-commerce services, this will make order picking activities even busier, especially in e-commerce warehouses. On this basis, effective and efficient handling strategies are needed for order picking activities and are supported by a good layout. From these problems, Kiva Robot is used as a material handling tool because it can minimize human error and increase productivity. Also, this research applies the ABC inventory analysis strategy to optimize the placement of pods in the storage area and the use of the Breadth-First Search (BFS) algorithm as a strategy in path finding the Kiva Robot in carrying out its activities. From the implementation of this strategy, it was produced that the total time needed by Kiva Robot to fulfill orders was 57 minutes 42 seconds, with Kiva 1 and Kiva 2 respectively 29 minutes 48 seconds and 27 minutes 54 seconds. Besides, the division of tasks between Kiva 1 and Kiva 2 and picking station 1 and picking station 2 are also evenly distributed. With so ABC inventory analysis strategy and BFS algorithm are considered good to be applied in smart warehouses.

Keyword: Kiva Robot, ABC Inventory Analysis, Breadth First Search

Diindungi Undang-Undang

© Copyright of Universitas Pertamina

DAFTAR ISI

LAPORAN KERJA PRAKTIK	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Kerja Praktik	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
BAB 2 Gambaran Umum Instansi	7
2.1 Profil Instansi	7
2.1.1 Sejarah National Taiwan University Science and Technology	7
2.1.2 Gambaran Departemen <i>Industrial Management</i> (MA)	8
BAB 3 Landasan Teori	11
3.1 Kiva Robot	11
3.2 Penerapan Teknologi Kiva Robot	11
3.3 Gudang	12
3.3.1 Fungsi Gudang	14
3.3.2 Kebijakan Penyimpanan dalam Gudang	13
3.4 Algoritma <i>Breadth First Search</i> (BFS)	14
3.5 Produktivitas <i>Order Picking</i>	16
3.6 Simulasi	16
BAB 4 Studi Kasus	19
4.1 Gambaran Umum Penelitian	19
4.2 Fokus Penelitian	19
BAB 5 Hasil Kerja Praktik	21
5.1 Pengumpulan Data	21
5.1.1 Data Permintaan Produk	21

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Data Permintaan Produk A, B, dan C	22
Tabel 2 Rekapitulasi Permintaan Produk A, B, dan C	23
Tabel 3 Kedekatan Node Pesanan Nomor 8	28
Tabel 4 Hubungan Antar <i>Node</i>	28
Tabel 5 Alternatif Jalur Kiva Robot	29
Tabel 6 Total Waktu Kiva Bekerja	33
Tabel 7 Total Waktu Kiva Bekerja (lanjutan)	34
Tabel 8 Waktu Kiva Melayani Pesanan	35
Tabel 9 Waktu Kiva Melayani Pesanan (lanjutan)	36
Tabel 10 Data Pelayanan Pesanan Masuk	37
Tabel 11 Data Pelayanan Pesanan Masuk	38
Tabel 12 Rekapitulasi Data Pelayanan Pesanan	39

2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

DAFTAR GAMBAR

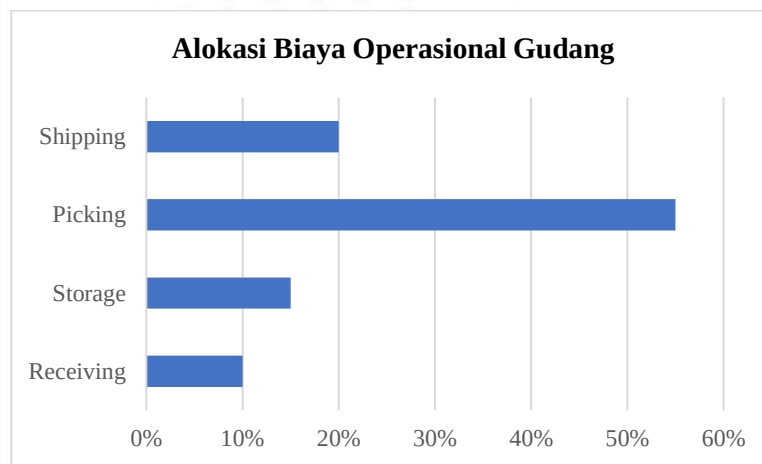
Gambar 1	Alokasi Biaya Operasional Gudang.....	1
Gambar 2	Tren Penjualan Barang di <i>E-commerce</i> (Statista, 2016).....	2
Gambar 3	Diagram Alir Penelitian.....	4
Gambar 4	Logo Taiwan Tech.....	7
Gambar 5	<i>Former President</i>	8
Gambar 6	Logo Departemen <i>Industrial Management</i>	8
Gambar 7	<i>Development Strategies</i>	9
Gambar 8	Kiva Robot Mengangkut Buku ke <i>Picker</i>	12
Gambar 9	Konsep <i>Goods-to-picker</i>	12
Gambar 10	Algoritma Pencarian <i>Breadth First Search</i>	14
Gambar 11	<i>Pseudocode</i> Algoritma <i>Breadth First Search</i>	15
Gambar 12	Proses Uji Simulasi.....	17
Gambar 13	Interaksi antara Net Logo dan Python	19
Gambar 14	Referensi <i>Layout</i> Gudang	20
Gambar 15	<i>Layout</i> Gudang yang Pada Penelitian	20
Gambar 16	<i>Coding</i> Pesanan Masuk di Python	21
Gambar 17	<i>Layout</i> Gudang.....	23
Gambar 18	Persentase Permintaan Produk A, B, dan C.....	24
Gambar 19	<i>Layout</i> Area Penyimpanan Dengan <i>ABC Inventory Analysis</i>	24
Gambar 20	<i>Flow Chart</i> Proses Pemenuhan Pesanan Menggunakan Kiva Robot	26
Gambar 21	Arah Gerak Kiva Robot	27
Gambar 22	Lokasi Pod Pesanan Nomor 8.....	27
Gambar 23	Kemungkinan <i>Node</i> yang Dapat Dilalui Kiva Robot.....	27
Gambar 24	Diagram Pohon Keterkaitan Antar <i>Node</i>	29
Gambar 25	<i>Direction Vector Breadth First Search</i>	29
Gambar 26	Aplikasi <i>Direction Vector Breadth First Search</i> Dalam Penentuan Jalur	30
Gambar 27	Rute Menuju Pod yang Dilalui Kiva Robot.....	30
Gambar 28	Rute Menuju Stasiun <i>Order Picking</i> yang Dilalui Kiva Robot	31



BAB 1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Gudang merupakan entitas yang penting dalam sistem rantai pasok sebuah perusahaan. Fasilitas ini merupakan sektor yang harus diperhatikan oleh para pemangku kepentingan untuk mendukung kesuksesan dalam menjalankan proses bisnis perusahaan. Para pelaku usaha menganggap bahwa aktivitas yang ada di dalam gudang merupakan pengendali biaya logistik secara keseluruhan (Dukic & Opetuk, 2008). Ada berbagai macam aktivitas yang ada di gudang, seperti: *receiving*, *put away*, *order picking*, *packing*, *cross docking*, dan *shipping* (Tompkins et al, 2003). Dari berbagai aktivitas tersebut, *order picking* adalah aktivitas yang memerlukan alokasi biaya paling tinggi dibanding dengan aktivitas lain. Dari total biaya operasional gudang, sebesar 55% harus dialokasikan untuk aktivitas *order picking* (Theys et al, 2010).



Gambar 1 Alokasi Biaya Operasional Gudang

Agar dapat memaksimalkan produktivitas aktivitas *order picking*, diperlukan metode yang tepat untuk diimplementasikan di gudang. Sebagian besar gudang masih menggunakan cara konvensional dengan metode *pick to part*. Dengan menggunakan metode ini, produktivitas *order picking* hanya mencapai 74,9%. Parameter yang diperhatikan dalam mengukur tingkat produktivitas *order picking* adalah dengan melihat nilai *pick rate*, yaitu rata-rata dari produk yang dapat di-*pick* per jam (Manikas & Terry, 2010). Salah satu langkah yang harus ditempuh untuk meningkatkan produktivitas pada aktivitas *order picking* adalah dengan mengurangi waktu tempuh, melalui meminimalkan waktu perjalanan untuk menuju ke stasiun *order picking* (Frazelle, 2017).

Penanganan material yang dilakukan oleh manusia dinilai sulit untuk dikembangkan, karena memiliki kemungkinan untuk terjadi kecelakaan kerja/*human error* yang dapat berdampak terhadap waktu pemenuhan pesanan dan efektifitas pemindahan barang. Memasuki era industri 4.0, muncul berbagai alternatif untuk mengatasi permasalahan *material handling* pada aktivitas *order picking*. Salah satunya dengan dikembangkan model robot *line follower Automated Guide Vehicle (AGV)*. Teknologi ini sudah mulai digunakan di perusahaan *e-commerce*, Amazon, sejak tahun 2017. Pihak perusahaan

mengklaim bahwa penggunaan robot sebagai alat penanganan material dapat menghemat anggaran sebesar 22 juta dollar setiap tahunnya.



Gambar 2 Tren Penjualan Barang di E-commerce (Statista, 2016)

Pertumbuhan penjualan melalui kanal *e-commerce* mengalami eskalasi yang signifikan. Kondisi tersebut membuat aktivitas di gudang *e-commerce* semakin sibuk, khususnya *throughput material handling* dalam melakukan aktivitas *order picking*. Tren bisnis *e-commerce* ini harus diimbangi dengan pemilihan metode yang tepat dalam melakukan *order picking*. Cara konvensional atau *pick to part* yang biasanya digunakan dinilai memiliki tiga inefisiensi utama, diantaranya adalah tidak *scalable*, tidak mampu memenuhi permintaan ketika puncak *demand*, dan alur pengambilan barang yang berurutan. Jika tetap menggunakan cara konvensional, maka perusahaan *e-commerce* akan kesulitan memenuhi pesanan ketika permintaan berada pada kondisi puncak dan akan berdampak langsung dengan *customer satisfaction level*. Atas dasar inilah yang membuat sebagian perusahaan *e-commerce* dunia mulai mengganti cara konvensional dengan *Robotic Mobile Fulfillment System* (RMFS). RMFS merupakan paradigma baru yang mengintegrasikan antara aktivitas *picking*, *packing*, dan *shipping* yang dapat meningkatkan produktifitas dan *throughput capacity* gudang. Amazon merupakan perusahaan yang menjadi pionir dalam penggunaan RMFS melalui Kiva System yang dimilikinya. Untuk saat ini, ada beberapa model RMFS yang sudah dikembangkan, seperti Carry Pick (Swisslog), Butler (Grey Orange), Racrew (Hitachi), dan Suning mulai menerapkan RMFS.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui strategi terbaik dalam menciptakan efisiensi di *smart warehouse*. Peningkatan efisiensi dilakukan dengan menerapkan penugasan terhadap Kiva dengan melakukan *routing heuristic* dengan mempertimbangkan jarak dan waktu terpendek. Penerapan strategi alokasi penyimpanan juga dikembangkan dalam penelitian ini. Selain itu juga menerapkan beberapa aturan menggunakan metode heuristic guna memberikan alternatif dalam pengoperasian gudang.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah berdasarkan topik penelitian yang diangkat:

1. Bagaimana cara kerja *Robotic Mobile Fulfillment System* (RMFS) menggunakan Kiva system?
2. Apa masalah yang akan dihadapi dalam pengoperasian Kiva Robot pada proses *order picking*?
3. Apa metode yang dapat digunakan dalam menentukan jalur perjalanan bagi Kiva Robot dari sebuah titik ke titik lainnya?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin didapatkan dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui cara kerja *Robotic Mobile Fulfillment System* (RMFS) menggunakan Kiva System.
2. Mengidentifikasi permasalahan yang ada dalam pengoperasian Kiva Robot dalam proses *order picking*.
3. Mengetahui metode yang dapat digunakan untuk menentukan jalur perjalanan bagi Kiva Robot.

1.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Kerja Praktik

Pelaksanaan kerja praktik dilakukan pada:

Waktu : 4 Juli 2019 – 26 Agustus 2019

Lokasi : National Taiwan University of Science and Technology (NTUST), No. 43,
Section 4, Keelung Rd, Da'an District, Taipei City, Taiwan 106

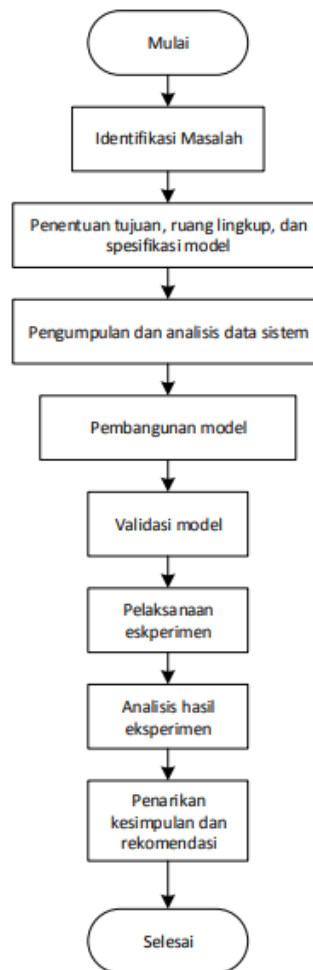
1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya fokus pada aktivitas *order picking* dengan menggunakan Kiva Robot.
2. Optimasi pada simulasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python.
3. Perhitungan waktu pelayanan dan waktu operasi Kiva Robot menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*.

1.6 Metodologi Penelitian

Berikut merupakan diagram alir prosedur penelitian yang digunakan:



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

Adapun detail model simulasi yang dibangun, meliputi:

1. Ruang lingkup dan spesifikasi model
Ruang lingkup berkaitan dengan elemen yang ada pada sistem. Penentuan didasarkan pada aktivitas sistem yang berhubungan dengan tujuan simulasi. Aktivitas yang ada pada penelitian kali ini adalah:
 - a. Kiva robot melakukan pengambilan *pod* yang ada di area penyimpanan.
 - b. Kiva robot memilih stasiun *order picking* yang sesuai dengan pesanan.
 - c. Kiva robot melakukan pengembalian *pod* ke area penyimpanan
2. Pengumpulan data
3. Data diperlukan untuk meningkatkan kualitas hasil dari simulasi yang dilakukan. Dalam penelitian ini, data yang digunakan merupakan data penjualan. Pemilihan data yang digunakan berdasarkan dengan kebutuhan model simulasi.



4. Pembangunan model

Model yang dibangun dibuat berdasarkan ruang lingkup simulasi. Simulasi dibuat secara berkala dan disempurnakan disetiap perulangannya. Hingga pada akhirnya model dapat dioperasikan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

5. Validasi model

Validasi model bertujuan untuk menilai apakah simulasi yang dibangun dapat merepresentasikan sistem nyata yang ada. Validasi dilakukan dengan membandingkan dengan studi literatur.

6. Pelaksanaan eksperimen

Eksperimen dilakukan berdasarkan kemungkinan skenario yang akan terjadi di dunia nyata. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang akan digunakan untuk mengevaluasi strategi yang diterapkan. Optimasi dalam pencarian jalur menggunakan perangkat lunak Python.

7. Presentasi hasil

Pada tahap presentasi hasil simulasi, data yang dihasilkan dianalisis untuk dijadikan dasar sebagai pengambilan kesimpulan. Sehingga kesimpulan tersebut dapat dipertimbangkan dalam pembentukan strategi operasi.



BAB 2 Gambaran Umum Instansi

2.1 Profil Instansi

2.1.1 Sejarah National Taiwan University Science and Technology

National Taiwan University Science and Technology (NTUST) didirikan pada 1 Agustus 1974, sebagai National Taiwan Institute of Technology (NTIT). NTIT adalah lembaga pendidikan tinggi pertama dalam sistem pendidikan teknis dan kejuruan Taiwan. Dengan memperluas sistem ini ke tingkat tertinggi, NTIT bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam menghadapi perkembangan ekonomi dan industri yang berkembang pesat. Sehingga, pada tahun 1979 dan 1982, NTIT menambahkan program magister dan doktoral.



Gambar 4 Logo Taiwan Tech

Pada 1 Agustus 1997, NTIT ditingkatkan statusnya menjadi universitas dan mengubah namanya menjadi National Taiwan University Science and Technology, atau dikenal sebagai Taiwan Tech. Setelah tiga puluh tahun berdiri, Taiwan Tech terbagi menjadi enam fakultas, diantaranya adalah teknik listrik dan komputer, manajemen, desain, seni liberal & ilmu sosial dan ilmu terapan.

Taiwan Tech memiliki lima kampus, kampus utama berada di Taipei dan kampus-kampus lainnya berada di Tu-Cheng, Keelung, Gong-Guan, dan Chupei, dengan luas total adalah 29,44 hektar. Jumlah mahasiswa saat ini berjumlah 5.605 mahasiswa sarjana dan 4.902 mahasiswa pascasarjana. Visi kami adalah untuk membangun Taiwan Tech menjadi universitas riset terapan berkelas internasional yang menghasilkan lulusan yang memiliki keahlian teknologi tinggi dan manajemen dengan kemampuan untuk bersaing di tingkat global, sehingga mendukung pertumbuhan masa depan bangsa dan masyarakat Taiwan.

Tujuan besar Taiwan Tech adalah untuk mengembangkan berbagai keahlian dari berbagai bidang, seperti keahlian inovatif, teknologi terintegrasi, dan pendidikan holistik pada platform *intelligent green building technology and creative design* sambil merekrut profesor internasional untuk membantu dalam mencapai tujuan tersebut. Hal ini akan dapat menginspirasi pengembangan seluruh universitas, lembaga akademis dan penelitian di Taiwan, serta industri lokal dalam meningkatkan kemampuan nasional kita untuk bersaing secara global.



Dr. Li-An Chen
Aug. 1974 - Jan. 1978



Dr. Gau-Wen Mau
Feb. 1978 - Jul. 1981



Dr. Yen-Ping Shih
Aug. 1981 - Jul. 1990



Dr. Ching-Tien Liou
Aug. 1990 - Jul. 2000



Dr. Shi-Shuenn Chen
Aug. 2000 - Dec. 2000



Dr. Shun-Tyan Chen
Dec. 2000 - Jan. 2005



Dr. Shi-Shuenn Chen
Feb. 2005 - Jan. 2013



Dr. Ching-Jong Liao
Feb. 2013 - present

Gambar 5 Former President

2.1.2 Gambaran Departemen *Industrial Management* (MA)

Departemen *Industrial Management* (IM) adalah salah satu departemen yang ada di National Taiwan University Science and Technology. Didirikan pada tahun 1974 dan telah berjalan selama lebih dari empat puluh tahun. Misi dari departemen ini adalah untuk mengajar dan melakukan penelitian terkait aplikasi manajemen industri dalam bidang sains dan teknologi. Kemudian untuk melatih orang untuk memenuhi tuntutan perusahaan dalam bidang operasional dan manajemen efisiensi, serta informasi dan globalisasi.



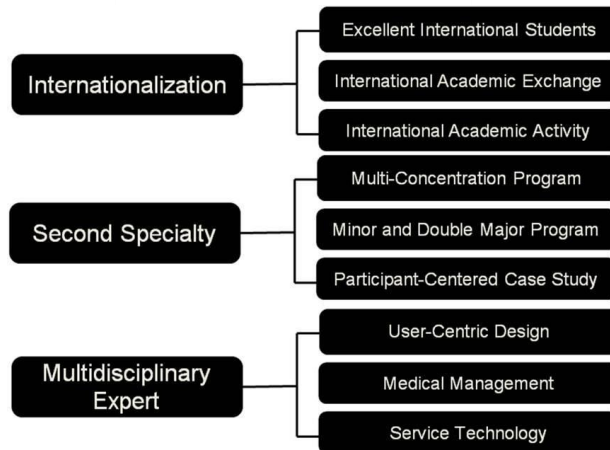
Gambar 6 Logo Departemen *Industrial Management*

Visi dari departemen *Industrial Management* adalah menjadi departemen teknik dan manajemen industri terkemuka, memiliki catatan yang baik sebagai lembaga penelitian dan pendidikan terkemuka di Taiwan dan Asia, dengan misi untuk mengajarkan mahasiswa tentang sains dan teknologi terapan serta melakukan penelitian dalam IE&M, dan melatih kemampuan manajerial yang diperlukan untuk pengembangan usaha dan memiliki tanggungjawab untuk masa depan. Berikut merupakan strategi pembangunan yang dimiliki IM untuk mencapai tujuan tersebut.



2.

1.



Gambar 7 Development Strategies

Kursus program sarjana berfokus pada integrasi teori dan praktik untuk melatih seseorang dengan teknik manajemen industri modern. Program Magister menekankan 4 konsentrasi, diantaranya adalah:

1. *Production System*

Tujuan penelitian adalah untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas produksi.

Penelitian yang ada fokus pada:

- a. *Production Management System*
- b. *Production System Design*
- c. *Manufacturing Strategy*
- d. *Global Logistics Management*
- e. *Logistics Distribution Management*
- f. *Inventory Theory*
- g. *Enterprise Resources Planning*
- h. *Quality Control Methods*
- i. *Scheduling Theory*
- j. *Advanced Materials Management*
- k. *Total Quality Management*
- l. *Business Process Re-engineering*
- m. *Management Decision Making*
- n. *Research Methods in Management*
- o. *Business Logistics and Supply Chain Optimization*
- p. *Special Topics on Production Management*

2. *Operational Research*

Tujuan penelitian adalah untuk menerapkan riset operasi dan teori sistem produksi.

Penelitian yang ada fokus pada:

- a. *Fuzzy Mathematics*
- b. *Reliability Engineering*
- c. *Multivariate Analysis*
- d. *Nonlinear Programming*
- e. *Experimental Design*
- f. *Linear Programming*
- g. *Dynamic Programming*



- h. *Applied Probability Models*
- i. *Combinational Optimization*
- j. *Business Logistics and Supply Chain Optimization*
- k. *Stochastic Processes*
- l. *Graph Theory*
- m. *Decision Support System Network Analysis*

3. *Human Ergonomic*

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan pengetahuan tentang perilaku manusia, kapasitas, pembatasan, dan karakteristik lain yang diterapkan pada instrumen, mesin, sistem, penugasan pekerjaan, dan desain lingkungan. Para peneliti fokus pada:

- a. *Applied Ergonomics*
- b. *Biomechanics*
- c. *Man-Machine System Application*
- d. *Organization Ergonomics*
- e. *Industrial Hygiene*
- f. *Industrial Safety*
- g. *Psychological Foundations in Human Factors Engineering*
- h. *Physiological Foundations in Human Factors Engineering*

4. *Information Tecnology*

Tujuan penelitian adalah untuk menyelesaikan masalah mengenai otomatisasi sistem produksi. Penelitian yang ada fokus pada:

- a. *Computer Aided Design*
- b. *System Analysis*
- c. *Information Technology and Management*
- d. *Enterprise Modeling and Analysis*
- e. *Manufacturing Information Processing*
- f. *Electronic Business Management*
- g. *Knowledge Management*
- h. *Decision Support System*

Departemen *Industrial Management (IM)* memiliki beberapa laboratorium. Kegiatan *internship* dilakukan di Laboraturium *Information Technology Application and Integration (ITAI)* dengan kepala laboraturium adalah Yonathan Joe dan Prof. Shuo Yan Chou sebagai penasihat. Selain menjabat sebagai penasehat, Prof. Shuo Yan Chou juga merupakan direktur dari *NTUST Center for Internet of Things Innovation* dan fokus pada bidang manajemen rantai pasok, desain dan pengembangan produk, *industrial internet of things*, *big data analytics*, *artificial intelligence*, *smart city application*, *blockchain application*, *intelligent transportation system*, *entrepreneurship*, *decision theory*, *digital manufacturing*, dan *computational geometry*



BAB 3 Landasan Teori

3.1 Kiva Robot

Perkembangan teknologi yang pesat memberikan dampak yang baik bagi dunia industri, khususnya bagi perusahaan *e-commerce*. Inovasi dalam mengimplementasikan robot sebagai alat penanganan material dapat meningkatkan keuntungan perusahaan. Penggunaan robot juga telah diterapkan langsung di gudang. Amazon sebagai pelopor penggunaan robot dalam perusahaan *e-commerce*. Kiva robot telah ditugaskan sebagai alat penanganan material di *fulfillment warehouse* (D'Adrean 2014).

Amazon mengklaim bahwa penggunaan Kiva robot sebagai alat penanganan material dinilai efisien karena dapat melakukan tugas tanpa ada gangguan dan memiliki performa lebih baik dibanding pekerja manusia (Guizzo, 2008). Menurut Baraks (2017), penggunaan robot dalam dunia industri memiliki keuntungan, yaitu dapat meminimalisir bahaya yang ditimbulkan dari aktivitas industri.

Meskipun dinilai memiliki banyak manfaat, penggunaan Kiva di gudang *e-commerce* dianggap juga memiliki banyak tantangan. Banyaknya tipe barang yang disimpan di gudang menjadi tantangan yang paling sering dihadapi. Beberapa produk yang memiliki dimensi yang berbeda-beda seperti: buku, drive USB, dan DVD, dapat mempersulit perusahaan *e-commerce* dalam merancang strategi dalam pengambilan produk menggunakan Kiva. Diperlukan perancangan algoritma pengoperasian Kiva robot yang dapat digunakan untuk menjalankan tugas secara efektif (Kuffner & Diankov, 2008; Fuchs et al, 2010).

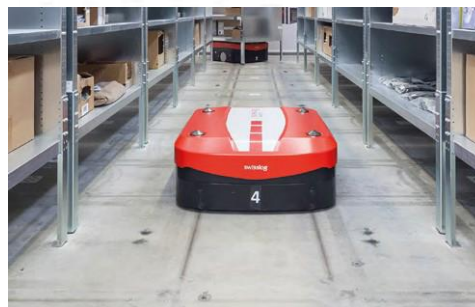
3.2 Penerapan Teknologi Kiva Robot

Sebagai perusahaan *e-commerce* besar, Amazon mengawali pengembangan Kiva robot mulai dari melakukan akuisisi dari produsen Kiva. Akuisisi dilakukan pada tahun 2012, semata-mata hanya untuk meningkatkan efisiensi waktu pengambilan dan pengemasan barang. Dalam waktu dua tahun, Amazon mulai mengimplementasikan Kiva robot di beberapa pusat *fulfillment warehouse* (Kim, 2015). Strategi perusahaan dengan melibatkan Kiva sebagai alat penanganan material dinilai efektif dalam meningkatkan produktivitas di *fulfillment warehouse*. Kiva robot ditugaskan untuk melakukan pengangkutan barang dari rak penyimpanan (*pod*) ke stasiun *order picking* dimana barang-barang yang sudah dipesan akan diambil secara manual dan *pod* akan dikembalikan ke lokasi penyimpanan (Guizzo, 2008).



Gambar 8 Kiva Robot Mengangkut Buku ke *Picker*

Selain Amazon, perusahaan lain yang menyediakan Kiva robot untuk gudang *e-commerce* adalah Swisslog. Keuntungan yang ditawarkan sama dengan yang dimiliki Amazon, yaitu membantu dalam meningkatkan produktivitas dan meminimalisir biaya operasional (Liang et al, 2015). Pada gambar 9, merupakan robot yang dirancang oleh Swisslog.



Gambar 9 Konsep *Goods-to-picker*

3.3 Gudang

Gudang merupakan suatu fasilitas yang digunakan untuk menjaga ketersediaan barang yang dimiliki oleh perusahaan. Ada beberapa macam barang yang disimpan di dalam gudang, seperti: bahan baku, barang setengah jadi, barang jadi, suku cadang, dan barang yang sedang disiapkan untuk dilakukan proses produksi (Warman, 2012).

Gudang merupakan tempat penyimpanan dari berbagai jenis barang, baik bahan baku yang akan digunakan dalam proses manufaktur, maupun barang jadi yang siap dipasarkan. Kegiatan pergudangan tidak hanya fokus terhadap penyimpanan barang, ada beberapa aktivitas lain yang mendukung operasional gudang. Kegiatan pergudangan dimulai dengan aktivitas penerimaan barang, pencatatan, inspeksi, penyimpanan, pemilihan, penyortiran, pemberian label, dan yang terakhir adalah pengiriman barang (Meyers dan Stephens, 2009). Menurut Mulcahy (1994), gudang merupakan suatu tempat penyimpanan untuk berbagai macam jenis

produk dalam jumlah besar atau kecil dan dengan jangka waktu penyimpanan sesuai dengan produk tersebut dibutuhkan oleh pelanggan atau stasiun kerja.

3.3.2 Kebijakan Penyimpanan dalam Gudang

Menurut Hadiguna (2008), ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam melakukan penyimpanan di gudang, diantaranya adalah.

1. Metode *Dedicated Storage*.

Dedicated storage merupakan metode penyimpanan pada lokasi yang tatap. Metode ini digunakan untuk melakukan penyimpanan barang pada tempat yang spesifik untuk setiap barang yang ada. Ada dua jenis metode *dedicated storage*, yaitu *part numbering sequence* dan *throughput-based dedicated storage*.

Metode *Part numbering sequence* lebih banyak digunakan karena lebih sederhana. Dalam menentukan lokasi penyimpanan produk didasarkan pada penomoran *part* yang diberikan. Nomor *part* yang lebih kecil diberikan untuk lokasi penyimpanan yang lebih dekat dengan *input-output*, sedangkan untuk lokasi penyimpanan yang memiliki nomor *part* yang lebih besar diletakan di lokasi yang lebih jauh. Sedangkan metode *throughput-based dedicated storage* merupakan alternatif dari metode *part numbering sequence*. Dalam penggunaannya, metode ini mempertimbangkan aktivitas seperti pengambilan dan peletakan yang ada di dalam gudang. untuk aktivitas yang memiliki frekuensi paling banyak harus didekatkan dengan pintu *input-output* (Francis & White, 1992).

2. Metode *Randomized Storage Location*.

Randomized storage location merupakan metode yang dinilai dapat mengatasi kekurangan pada metode *dedicated storage*. Dengan penerapan utilisasi ruang yang rendah, metode ini tidak memerlukan aturan dalam peletakan barang pada lokasi penyimpanan. Lokasi penyimpanan barang tidak dikhususkan untuk suatu jenis barang tertentu, sehingga barang yang akan datang dapat disimpan disembarang rak penyimpanan yang berdekatan dengan pintu *input-output*. Kekurangan dari metode ini adalah ketika kuantitas produk yang akan disimpan memiliki jumlah yang besar, maka akan memerlukan waktu pencarian dan pengambilan produk yang lama.

3. Metode *Class-based Dedicated Storage Location*.

Class-based Dedicated Storage Location merupakan metode gabungan dari *dedicated storage* dan *randomized storage*. Metode ini menerapkan pembagian produk menjadi beberapa kelas dan satu kelas. Pembagian menjadi berbagai kelas dilakukan berdasarkan dari jenis produk yang disimpan di gudang, semakin banyak jenis produk yang berbeda, maka akan semakin banyak kelas. Sedangkan pembagian menjadi satu kelas berdasarkan dari nilai rasio antar throughput (T) dengan storage (S).

4. Metode *Shared Storage*.

Shared Storage merupakan metode penyusunan area penyimpanan yang didasari dari luas lantai gudang, kemudian diurutkan berdasar jarak terjauh dan terpendek dari pintu *input-output*. Sehingga barang yang akan dipindahkan ke stasiun *order picker* diletakan di area terdekat (Richard L. Francis, Leon F McGinnis Jr, and White, John A. White 1992).

3.3.1 Fungsi Gudang

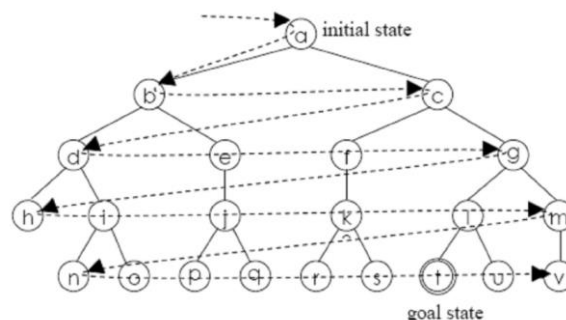
Gudang memiliki fungsi sebagai tempat penyimpanan bahan mentah (*raw material*), barang setengah jadi (*intermediate goods*), maupun tempat penyimpanan produk jadi (*finish goods*). Tujuan dari tempat penyimpanan adalah untuk memaksimalkan pelayanan dari setiap pesanan yang ada untuk mencapai *customer satisfaction*.

Menurut Tompkins et al (2003), beberapa fungsi gudang adalah:

1. *Receiving*
Aktivitas yang meliputi kegiatan penerimaan barang yang akan disimpan di dalam gudang, pengecekan kualitas dan kuantitas barang, serta pengalokasian barang berdasarkan tempat penyimpanan atau akan dikirimkan langsung.
2. *Put Away*
Proses pemindahan barang dari *receiving area* ke tempat penyimpanan yang sudah ditentukan sebelumnya.
3. *Customer Order Picking*
Kegiatan pemindahan barang dari tempat penyimpanan ke stasiun *order picking* kemudian diteruskan ke proses pengiriman guna memenuhi *customer order*.
4. *Packing*
Proses pengepakan digunakan untuk melindungi barang dan mengumpulkan barang dalam sebuah wadah untuk mempermudah dalam proses pengiriman.
5. *Cross Docking*
Pemindahan barang dari area *receiving* ke stasiun *order picking* tanpa mengalami proses penyimpanan.
6. *Shipping*
Proses pengiriman barang ke konsumen setelah melewati proses *packaging*.

3.4 Algoritma Breadth First Search (BFS)

Algoritma *breadth first search* BFS merupakan algoritma pencarian jalur dalam sebuah graf atau diagram pohon (Kerstin, 2005). Ciri-ciri khusus yang dimiliki oleh BFS adalah ketika melakukan pencarian jalur, algoritma akan memulai dari akar kemudian dilanjutkan pencarian jalur pada setiap level yang ada pada diagram pohon. Kemudian *node* yang berhubungan akan diperiksa ke level yang lebih dalam hingga ditemukan destinasi atau *goal state*. Berikut ini merupakan ilustrasi dari algoritma BFS.



Gambar 10 Algoritma Pencarian Breadth First Search

Berikut merupakan *pseudocode* yang dimiliki algoritma BFS.

```

Pseudocode Breadth First Search
For i _ 1 to n do
    visited[i] = false
endfor
CreateEmptyQueue (Q)
if IsGoal (v) then
    return true
endif
visited (v) = true
Add (Q, v)
while not IsQueueEmpty (Q) do
    Del (Q, v)
    for w _ 1 to n do
        if A [v, w] = 1 and
            not visited (w) then
            if IsGoal (v) then
                return true
            keluar dari BFS
            else
                Add (Q, w)
                visited (w) _ true
            endif
        endif
    endfor
endwhile
return false
    
```

Gambar 11 Pseudocode Algoritma Breadth First Search

Kelebihan menggunakan algoritma BFS adalah tidak akan memunculkan jalan buntu dalam melakukan pencarian jalur dan memungkinkan untuk menemukan alternatif jalur yang dapat dilalui. Namun dari kelebihan tersebut, ada beberapa kekurangan yang dimiliki oleh algoritma BFS, diantaranya adalah:

1. Memerlukan memori yang besar karena semua *node* yang terhubung dengan diagram pohon akan disimpan.
2. Memerlukan waktu yang relatif lama untuk melakukan pencarian jalur.
3. Memerlukan pekerjaan yang besar ketika *node* terpendek memiliki kalur yang cukup panjang.

Algoritma BFS memperhatikan *node* di setiap level yang ada pada diagram pohon sebelum bergerak ke *node* lain yang memiliki level lebih tinggi. Hal inilah yang mendasari kenapa dengan menggunakan algoritma BFS akan selalu ditemukan lintasan terpendek dari *initial node* ke destinasi akhir.

3.5 Produktivitas Order Picking

Produktivitas aktivitas order picking dapat diukur dengan melihat pick rate, yaitu dari rata-rata jumlah line item yang diproses per jam atau per periode tertentu. Waktu tersebut merupakan waktu yang diperlukan dalam melakukan pengambilan produk dari area penyimpanan dengan metode picking yang diterapkan. Peningkatan produktivitas aktivitas order picking dapat dilakukan dengan meminimalisir waktu tempuh (Koster et al. 2007). Flazelle (2017) beranggapan jika dalam meningkatkan produktivitas dapat dilakukan dengan mengurangi waktu tempuh, sehingga diperlukan jarak terpendek menuju lokasi yang harus dituju oleh alat penanganan material.

Menurut (Staud, 2014) produktivitas aktivitas *order picking* dapat dinyatakan dengan jumlah produk yang di-*picking* per jam kerja dalam aktivitas tersebut. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk mengetahui berapa tingkat produktivitas dari suatu aktivitas *orde picking*.

$$\text{Pick}_p = \frac{\text{OrdLi Pick}}{\text{WH Pick}} \left(\frac{\text{orde line}}{\text{labor hour}} \right)$$

Keterangan:

OrdLi Pick = jumlah *line order*

WH Pick = jumlah jam kerja *picking* (jam/menit)

3.6 Simulasi

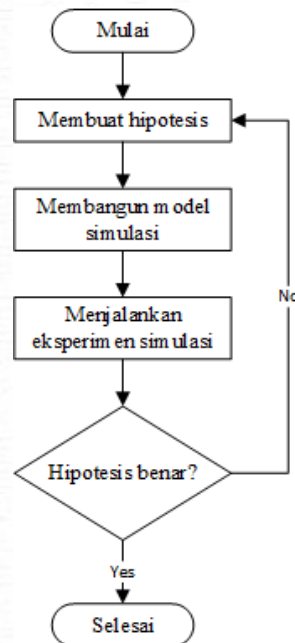
Menurut *Oxford American Dictionary*, simulasi adalah salah satu cara untuk mengetahui keadaan dari situasi nyata yang dilakukan menggunakan model, digunakan untuk melakukan suatu studi atau melakukan uji coba. Simulasi dapat dilakukan dengan membuat model komputer dari perilaku operasional dari sistem yang dinamis pada kasus nyata. Dari keterangan ini, dapat diartikan bahwa simulasi merupakan tiruan dari sistem yang dinamis pada kasus nyata dengan membuat model komputernya untuk mengevaluasi dan memperbaiki kasus yang sudah ada guna meningkatkan performanya. Sedangkan menurut Schiber, dikatakan bahwa simulasi adalah pembuatan model dari suatu aktivitas dengan mengimitasi respon aktual dari setiap kejadian yang ada, sehingga dapat diketahui perilaku aktual dari sebuah sistem yang dibentuk.

Simulasi dilakukan bukan untuk melakukan optimasi dari suatu sistem, melainkan untuk melakukan validasi guna mengetahui efek dari keputusan-keputusan yang diterapkan pada sistem berjalan dengan baik atau tidak. Pelaksanaan simulasi juga dapat meminimalisir biaya dan waktu yang dikeluarkan pada proses penelitian serta menghindari penggunaan teknik *trial-and-error* yang dapat merusak perilaku sistem.

Keuntungan yang didapat dengan melakukan simulasi adalah dari kemampuannya menyajikan analisis yang akurat dari hasil evaluasi performa pada sistem yang dibentuk. Penggunaan model komputer dari suatu sistem dapat menguji kebijakan-kebijakan yang diterapkan pada suatu aktivitas. Hal ini dapat mengurangi kemungkinan kegagalan yang sering terjadi karena dapat diantisipasi terlebih dahulu dengan melakukan perbaikan pada simulasi sebelum diimplementasikan secara nyata. Perbaikan pada sistem yang dilakukan dengan cara tradisional akan memakan waktu lebih lama dibanding dengan melakukan simulasi yang dapat dilakukan dengan waktu yang lebih singkat. Berikut merupakan karakteristik dari simulasi sebagai alat pembuat keputusan yang baik:

1. Adaptif memodelkan berbagai sistem.
2. Menyediakan informasi dari berbagai kondisi yang ditetapkan.
3. Memberikan tampilan visual yang dapat meningkatkan pemahaman.
4. Dapat dilakukan dalam waktu yang singkat.
5. Memberikan hasil yang mudah dipahami.

Berikut merupakan prosedur dalam melakukan simulasi:



Gambar 12 Proses Uji Simulasi

Dari gambar 12, dapat diketahui mengenai prosedur dalam melakukan simulasi. Hipotesis awal pada simulasi dibuat berdasarkan kebijakan-kebijakan operasi yang ingin diterapkan pada sistem. Kemudian, kondisi yang memiliki hubungan dengan eksperimen ditetapkan dalam model simulasi untuk menguji hipotesis yang sudah ditetapkan. Hasil simulasi akan dianalisis dan menghasilkan sebuah kesimpulan dari hipotesis awal yang ditetapkan. Jika hipotesis benar, maka kebijakan yang ditetapkan dapat dilanjutkan.

Berikut adalah kriteria-kriteria yang harus dipenuhi untuk menghasilkan simulasi yang sesuai:

1. Aktivitas yang akan disimulasikan dapat didefinisikan dengan baik dan bersifat repetitif.
2. Aktivitas dan kejadian yang ada menunjukkan keterkaitan dan variabilitas.
3. Biaya yang dikeluarkan untuk mengimplementasikan suatu kebijakan lebih besar dibanding dengan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan simulasi.
4. Biaya melakukan eksperimen pada sistem yang sebenarnya lebih besar dibanding dengan biaya melakukan simulasi.



Universitas
Pertamina

1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:

- a. menyebutkan sumber sesuai kaidah kependekiaan;
- b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
- c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.

2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

Universitas Pertamina

Ditindungi Undang-Undang

© Copyright of Universitas Pertamina



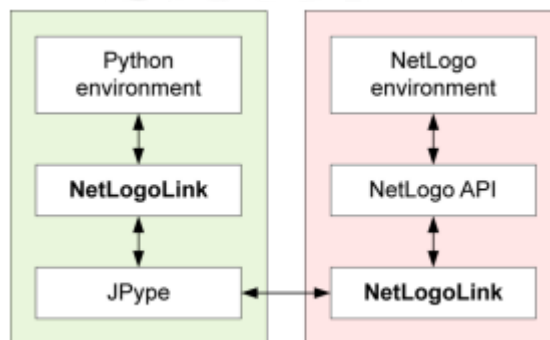
BAB 4 Studi Kasus

4.1 Gambaran Umum Penelitian

Laporan ini adalah hasil dari penelitian dari program *internship* yang dilakukan di National Taiwan University Science and Technology (NTUST). Program tersebut dilaksanakan selama dua bulan, terhitung dari tanggal 4 Juni 2019 sampai dengan 25 Agustus 2019.

Penelitian yang dilakukan terfokus pada topik mengenai simulasi Kiva Robot di *smart warehouse* dengan tujuan akhir yang diharapkan adalah menghasilkan sebuah simulasi operasi Kiva Robot dalam melakukan tugasnya pada aktivitas *order picking* dengan menggunakan perangkat lunak Net Logo. Net Logo merupakan sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk membentuk sebuah lingkungan pemodelan sistem. Namun sebelum membangun simulasi menggunakan perangkat lunak tersebut, diperlukan perancangan optimasi menggunakan Python. Secara khusus, Net Logo dapat terhubung dengan Python. Dengan begitu algoritma yang digunakan di Python dapat dieksekusi ke model Net Logo.

Berikut merupakan interaksi antara Net Logo dengan Python.



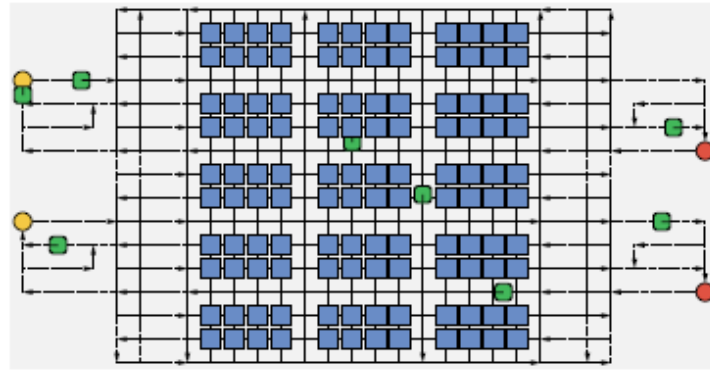
Gambar 13 Interaksi antara Net Logo dan Python

Dari gambar di atas dapat dilihat mengenai interaksi antara perangkat lunak Net Logo dengan bahasa pemrograman Python. Namun, Sebelum membangun sebuah simulasi yang diinginkan, ada banyak hal yang perlu dipertimbangkan sebelumnya. Secara khusus, penelitian ini hanya membahas mengenai pengaruh penggunaan strategi *ABC analysis* dan aturan penugasan Kiva Robot terhadap tingkat efisiensi aktivitas *order picking*.

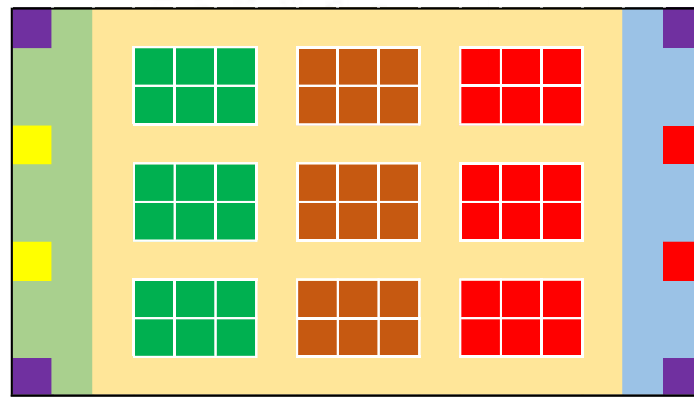
4.2 Fokus Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak dari penerapan *ABC analysis* dan aturan penugasan Kiva Robot terhadap efisiensi aktivitas *order picking*. Namun sebelum melakukan percobaan mengenai penerapan dua strategi tersebut, diperlukan penentuan spesifikasi *layout* gudang terlebih dahulu. Spesifikasi *layout* yang digunakan adalah adaptasi dari penelitian mengenai “RAWSim-O: A Simulation framework for robotic mobile fulfillment system” karya Marius Merschformann, Lin Xie, dan Hanyi Li. Berikut merupakan *layout* gudang dari artikel penelitian sebelumnya.

1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandkiaan
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.



Gambar 14 Referensi Layout Gudang



Gambar 15 Layout Gudang yang Pada Penelitian

Dari gambar 14 dapat diketahui mengenai *layout* gudang yang ada pada artikel “RAWSim-O: A Simulation framework for robotic mobile fulfillment system”, sedangkan gambar 15 menunjukkan *layout* yang digunakan pada penelitian ini. Ada beberapa penambahan yang dilakukan pada penentuan *layout*, diantaranya:

1. Memiliki *buffer area* (warna ungu).
Penambahan *buffer area* di setiap stasiun dipengaruhi oleh skenario yang digunakan pada penelitian ini. Destinasi awal Kiva Robot sebelum mendapatkan tugas untuk melakukan pengambilan berada di salah satu *buffer area*. Kemudian Kiva Robot yang telah selesai memenuhi pesanan akan kembali lagi ke *buffer area* sebelum mendapatkan tugas selanjutnya.
2. Terdapat empat kolom dan tiga baris area penyimpanan.
Jumlah kolom dan baris yang ada pada *layout* didasari dari jumlah order yang ada pada penelitian ini. Diasumsikan bahwa gudang memiliki 30 pesanan yang harus dilayani.
3. Setiap *aisle* dapat dilalui dengan dua arah.



BAB 5 Hasil Kerja Praktik

5.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini data yang digunakan sebagai masukan adalah data pesanan masuk. Total pesanan masuk pada periode tertentu berjumlah 30 pesanan, dengan tiga jenis item yang berbeda-beda, yaitu produk A, produk B, dan produk C.

5.1.1 Data Permintaan Produk

Pada penelitian ini, permintaan pesanan yang masuk ke sistem didapatkan dari *library random* yang ada pada bahasa pemrograman Python dengan asumsi yang digunakan adalah setiap pesanan hanya memuat satu produk. Berikut ini merupakan *coding* untuk mendapatkan pesanan tersebut.

```
import random
import operator

def random_string(textInput, howMuchToPick):
    result = []
    for i in range(howMuchToPick):
        itemToPick = random.randint(0,2)
        result.append(textInput[itemToPick])
    return result

def distinct_set(trends):
    output = []
    for x in trends:
        if x not in output:
            output.append(x)
    return output

def who_is_dominant(textInput):
    result = {}
    jumlah = []
    uniqueList = distinct_set(textInput)

    for i in range(len(uniqueList)):
        count = textInput.count(uniqueList[i])
        result.update({uniqueList[i]:count})
        jumlah.append(count)

    max_value = max(result.items(), key=operator.itemgetter(1))[0]
    return jumlah, max_value

if __name__ == "__main__":
    textInput = ['A', 'B', 'C']
    howMuchToPick = 1
    iteration = 30
    order = []
    jumlah = []
```

Gambar 16 Coding Pesanan Masuk di Python

Dari gambar 16 dapat diketahui bahwa setiap pesanan yang masuk memuat satu produk dengan jumlah iterasi sebanyak 30 iterasi. Kemudian untuk produk yang tersedia adalah produk A, B, dan C.

Berikut merupakan *output* dari *coding* pada gambar 16 yang sudah direkapitulasi. Data permintaan untuk produk A, produk B, dan produk C dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1 Data Permintaan Produk A, B, dan C

No	Pesanan	Jumlah Item	Nomor Pesanan	Jenis Item
1	20/09/2019	1	1	B
2	20/09/2019	1	2	A
3	20/09/2019	1	3	C
4	20/09/2019	1	4	A
5	20/09/2019	1	5	C
6	20/09/2019	1	6	C
7	20/09/2019	1	7	B
8	20/09/2019	1	8	A
9	20/09/2019	1	9	A
10	20/09/2019	1	10	A
11	20/09/2019	1	11	A
12	20/09/2019	1	12	C
13	20/09/2019	1	13	A
14	20/09/2019	1	14	B
15	20/09/2019	1	15	B
16	20/09/2019	1	16	C
17	20/09/2019	1	17	C
18	20/09/2019	1	18	A
19	20/09/2019	1	19	C
20	20/09/2019	1	20	A
21	20/09/2019	1	21	A
22	20/09/2019	1	22	C
23	20/09/2019	1	23	A
24	20/09/2019	1	24	C
25	20/09/2019	1	25	B
26	20/09/2019	1	26	B
27	20/09/2019	1	27	B
28	20/09/2019	1	28	A
29	20/09/2019	1	29	A
30	20/09/2019	1	30	B

5.1.2 Layout Gudang

Layout gudang yang digunakan diadaptasi dari penelitian “RAWSim-O: A Simulation framework for robotic mobile fulfillment system” yang sudah dikembangkan. Gudang yang

digunakan memiliki kapasitas dengan total rak (*pod*) sebanyak 54 unit. Barang yang disimpan terdiri tiga jenis produk, yaitu: produk A, produk B, dan produk C. Dalam menentukan lokasi penyimpanan, digunakan konsep *ABC inventory analysis*. Strategi ABC membagi produk-produk yang disimpan menjadi tiga kelompok berdasarkan kuantitas pesanan dalam periode tertentu. Berikut merupakan *layout area* penyimpanan yang ada di gudang.



Gambar 17 Layout Gudang

5.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk mengetahui waktu pemenuhan pesanan produk A, produk B, dan produk C. Kemudian akan diketahui mengenai utilitas dari aktivitas *order picking* dan Kiva Robot sebagai alat penanganan material. Berdasar data yang dihasilkan dari proses pengolahan data maka akan diketahui tingkan efektifitas gudang dari penerapan konsep *ABC inventory analysis*.

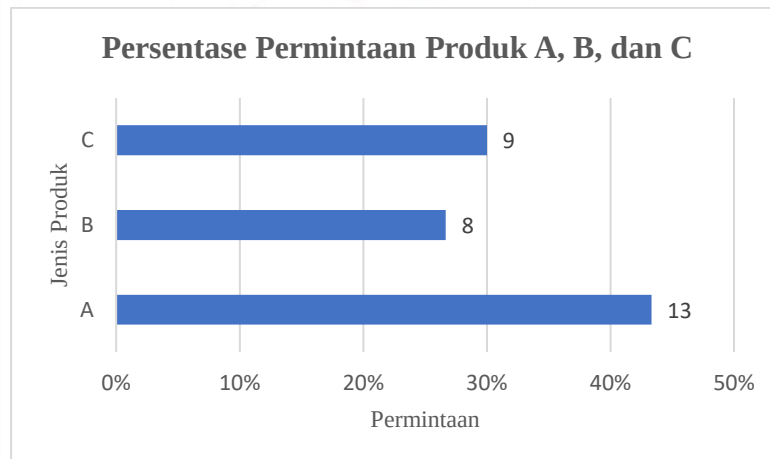
5.2.1 Rekapitulasi Permintaan Pesanan

Berdasarkan data permintaan produk A, produk B, dan Produk C, dapat dilakukan rekapitulasi mengenai persentase jumlah pesanan setiap produk dari total permintaan keseluruhan. Berikut merupakan rekapitulasi permintaan produk A, B, dan C.

Tabel 2 Rekapitulasi Permintaan Produk A, B, dan C

Jenis Produk	Jumlah Pesanan	Persentase
A	13	43%
B	8	27%
C	9	30%

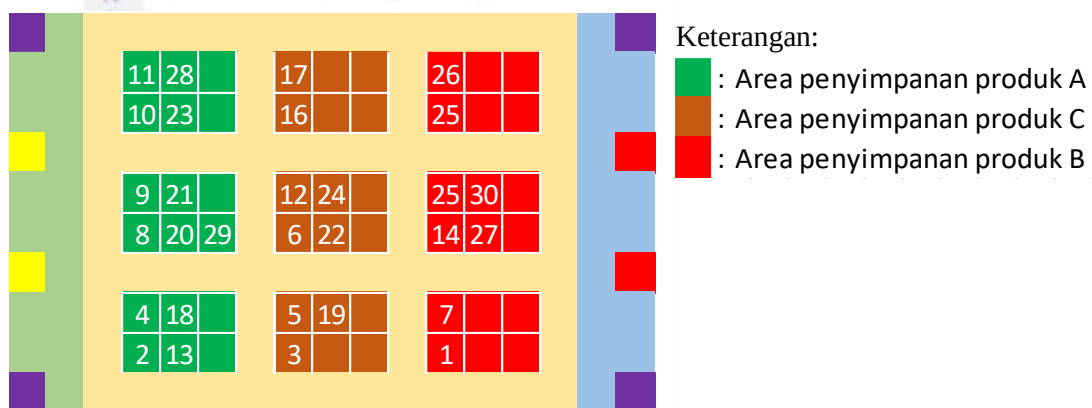
Sedangkan berikut merupakan visualisasi menggunakan diagram batang mengenai data persentase permintaan produk A, B, dan C.



Gambar 18 Persentase Permintaan Produk A, B, dan C

5.2.2 Pembagian dan Perhitungan Utilitas Area Penyimpanan

Dari hasil rekapitulasi permintaan pesanan untuk produk A, produk B, dan produk C dapat diketahui mengenai persentase permintaan setiap produk dari keseluruhan pesanan yang masuk pada periode tersebut. Pada penelitian ini digunakan strategi *ABC inventory analysis*, sehingga berdasarkan persentase yang diperoleh dapat diketahui pembagian area penyimpanan dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu kelompok A, B, dan C. Kelompok A diisi oleh produk A dengan 43% dari total permintaan dengan 13 unit, kelompok B diisi oleh produk C dengan 30% dari total pesanan yang masuk dengan 9 unit, dan kelompok C diisi oleh produk B dengan permintaan sebesar 27% dari total permintaan dengan 9 unit. Berikut merupakan gambar *layout area penyimpanan* produk yang sudah dikelompokkan berdasarkan strategi *ABC inventory analysis*.



Gambar 19 Layout Area Penyimpanan Dengan ABC Inventory Analysis

Gambar 19 menunjukkan mengenai area penyimpanan prooduk yang ada pada gudang yang dikelompokkan menggunakan metode ABC *inventory analysis*. Warna hijau menunjukan rak (*pod*) untuk produk A, coklat untuk *pod* produk C, dan merah *pod* produk B. Sedangkan nomor yang terdapat pada setiap *pod* merupakan lokasi penyimpanan produk yang harus diambil oleh Kiva Robot untuk memenuhi pesanan pada nomor tersebut.

Pada penelitian ini, diasumsikan bahwa setiap *pod* yang menyimpan satu produk dengan satu jenis item tertentu. Dengan begitu Kiva Robot harus melakukan perjalanan ke 30 lokasi *pod* yang berbeda untuk memenuhi pesanan yang masuk. Nomor yang tertera disetiap *pod*s menunjukan lokasi penyimpanan produk yang harus dikunjungi oleh Kiva Robot dalam memenuhi pesanan.

Perhitungan utilitas area penyimpanan dilakukan berdasarkan rasio luas blok yang tersedia dan total area gudang. sedangkan utilitas *pod* dilakukan berdasarkan rasio pemakaian *pod* di gudang.

Luas Gudang

$$= \text{panjang} \times \text{lebar}$$

$$= 17 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m}^2$$

$$= 170 \text{ m}^2$$

Luas total pemakaian *pod*

$$= \text{kapasitas } pod \times \text{luas palet}$$

$$= 30 \text{ pod} \times 1 \text{ m}^2$$

$$= 30 \text{ m}^2$$

Utilitas ruang

$$= \left(\frac{\text{luas total } pod}{\text{luas ruangan}} \right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{49 \text{ m}^2}{170 \text{ m}^2} \right) \times 100\%$$

$$= 28,82\%$$

Utilitas *pod*

$$= \left(\frac{\text{luas total pemakaian } pod}{\text{luas total } pod} \right) \times 100\%$$

$$= 61,22 \%$$

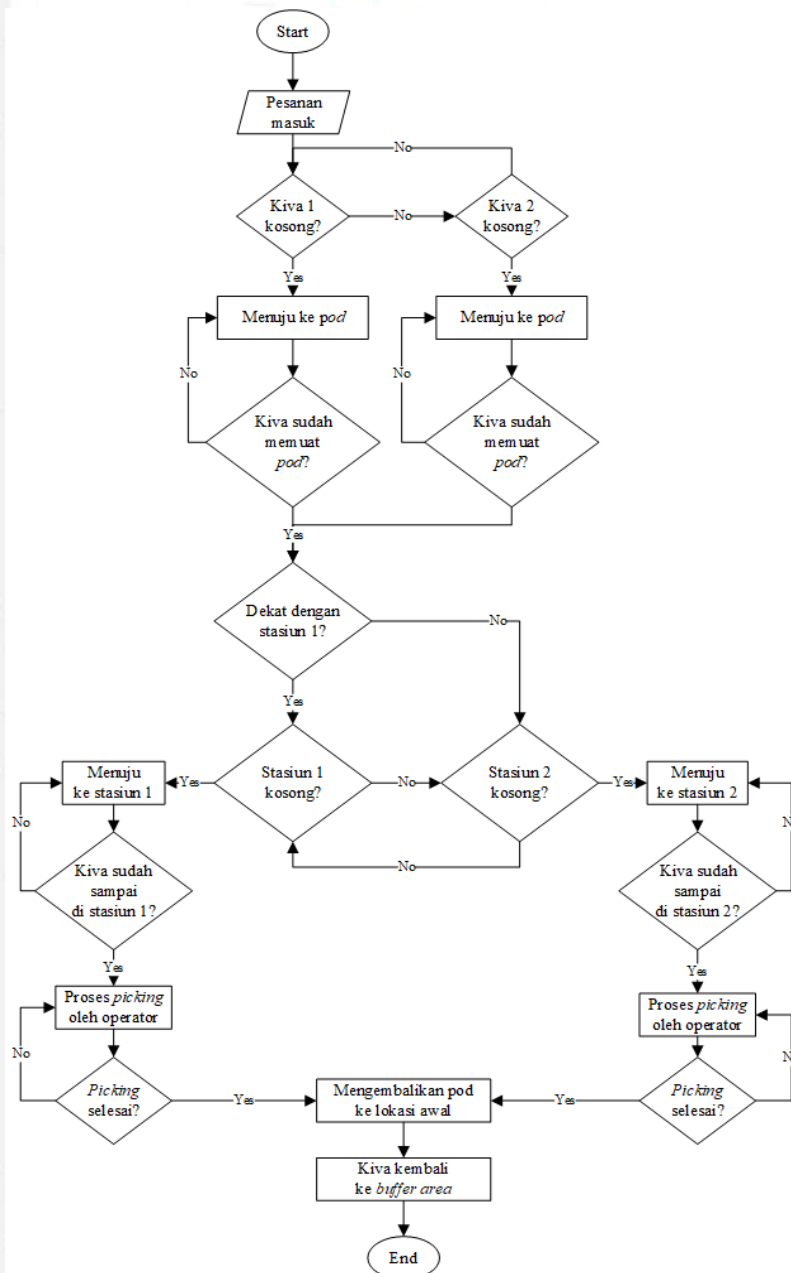
5.2.3 Skenario Sistem

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai skenario yang dikembangkan pada sistem *order picking* produk A, B, dan C.

5.2.4 Proses Pemenuhan Pesanan di Gudang

Skenario dalam melakukan pemenuhan pesanan yang ada di gudan terdiri dari berbagai tahapan. Data *input* yang digunakan dalam skenario ini adalah data pesanan masuk yang terdiri dari jenis dan jumlah produk yang dipesan. Dari data pesanan masuk tersebut akan diketahui

total pesanan masing-masing produk. Berikut ini merupakan gambar yang menampilkan alur proses pemenuhan pesanan menggunakan Kiva Robot.

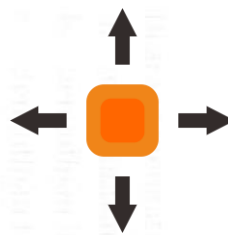


Gambar 20 Flow Chart Proses Pemenuhan Pesanan Menggunakan Kiva Robot

Dari gambar di atas dapat diketahui mengenai alur dalam pemenuhan pesanan menggunakan Kiva Robot. Dari beberapa aktivitas yang ada, terdapat aktivitas bahwa Kiva Robot harus melakukan pengambilan pod ke area penyimpanan. Dalam penentuan jalur yang harus dilalui oleh Kiva Robot digunakan algoritma *Breadth First Search* (BFS).

5.2.5 Penentuan Jalur Kiva Robot

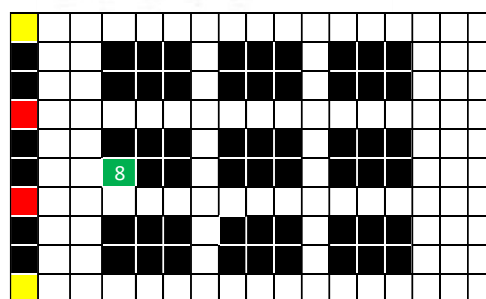
Pencarian jalur digunakan untuk melakukan pengambilan pod oleh Kiva Robot dari *buffer area* ke area penyimpanan dan membawa pod dari area penyimpanan ke stasiun *order picking*, serta mengembalikan pod ke tempat awal dan Kiva Robot kembali ke *buffer area*. Penentuan jalur dilakukan menggunakan algoritma *breadth first search* dengan mempertimbangkan semua *node* yang mungkin dilewati. *Node* yang dimaksud adalah arah yang diijinkan untuk dilalui oleh Kiva Robot. Sedangkan *node* yang telah dikunjungi tidak dianggap sebagai penerus *node* yang akan dilewati selanjutnya. Kiva Robot dapat bergerak ke atas (*up*), ke bawah (*down*), ke kiri (*left*), dan ke kanan (*right*). Gambar dibawah ini merupakan ilustrasi dari kemungkinan arah yang dapat dilalui oleh Kiva Robot.



Gambar 21 Arah Gerak Kiva Robot

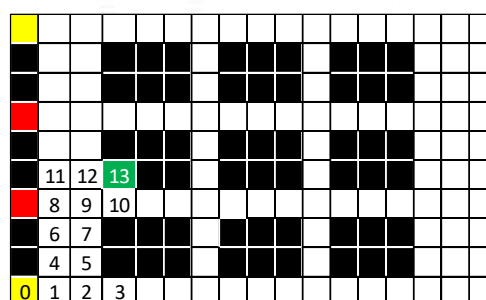
5.2.6 Penerapan Algoritma Breadth First Search

Sebelum menentukan jalur yang harus dilewati oleh Kiva Robot, diperlukan data lokasi *pod* yang akan dibawa ke stasiun *order picker*. Berikut merupakan nomor pesanan yang digunakan untuk menjelaskan mengenai penerapan *breadth first search*.



Gambar 22 Lokasi Pod Pesanan Nomor 8

1. Pesanan nomor delapan
 - a. Ilustrasi kemungkinan *node* yang dapat dilalui Kiva Robot



Gambar 23 Kemungkinan *Node* yang Dapat Dilalui Kiva Robot



1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah kependidikan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

Gambar di atas menunjukkan hubungan *node* yang memiliki kemungkinan yang sama untuk dilewati oleh Kiva Robot.

Tabel 3 Kedekatan Node Pesanan Nomor 8

Node	Kedekatan
0	[1]
1	[0, 4, 2]
2	[1, 5, 3]
3	[2]
4	[1, 5, 6]
5	[2, 4, 7]
6	[4, 7, 8]
7	[5, 6, 9]
8	[6, 9, 11]
9	[7, 8, 10, 12]
10	[9, 13]
11	[8, 12]
12	[9, 11, 13]
13	[10, 12]

Matrik hubungan antar *node*

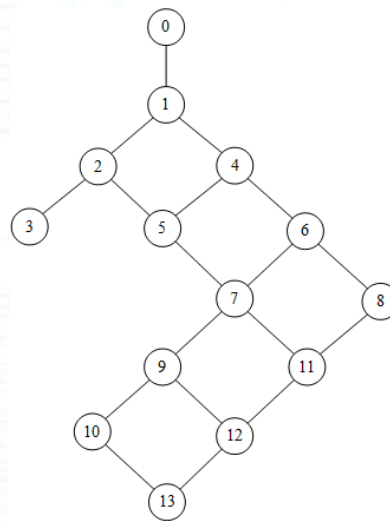
Tabel 4 Hubungan Antar Node

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0

Tabel 4 menunjukkan hubungan antar *node*, *node* dengan nilai 1 mengartikan bahwa posisi antar *node* tersebut berdekatan dan ada kemungkinan Kiva Robot akan melewati *node* tersebut. Sedangkan *node* dengan nilai 0, berarti tidak memiliki hubungan. Jalur yang akan dilewati Kiva Robot adalah *node* yang mengandung nilai satu.

c. Diagram pohon

Dari matrik di atas dapat diambil kesimpulan mengenai keterkaitan tiap *node* yang saling berdekatan. Berikut ini merupakan diagram pohon hubungan tiap *node*.



Gambar 24 Diagram Pohon Keterkaitan Antar Node

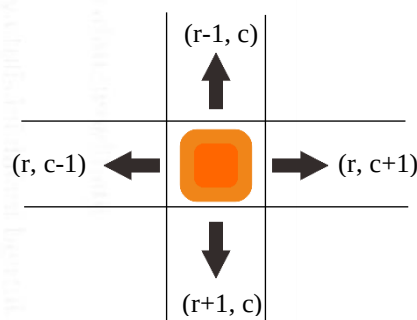
Dalam memenuhi pesanan, Kiva Robot harus melewati salah satu alternatif rute yang ditemukan pada diagram pohon atau matrik di atas.

Tabel 5 Alternatif Jalur Kiva Robot

Alternatif	Node							
Alternatif 1	0	1	4	6	8	11	12	13
Alternatif 2	0	1	2	5	7	11	12	13
Alternatif 3	0	1	2	5	7	9	10	13

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa ada tiga kemungkinan jalur yang dapat dilalui Kiva Robot, masing masing jalur memiliki panjang yang sama, yaitu 7 satuan panjang. Hal yang sama dilakukan untuk pencarian rute Kiva Robot membawa pod ke stasiun *order picking*, mengembalikan pod ke area penyimpanan dan kembali lagi ke *buffer area*.

d. Cara kerja Kiva Robot menentukan jalur



Gambar 25 Direction Vector Breadth First Search



Dalam menentukan rutennya, Kiva Robot bergerak berdasarkan perubahan koordinat seperti pada gambar 25.

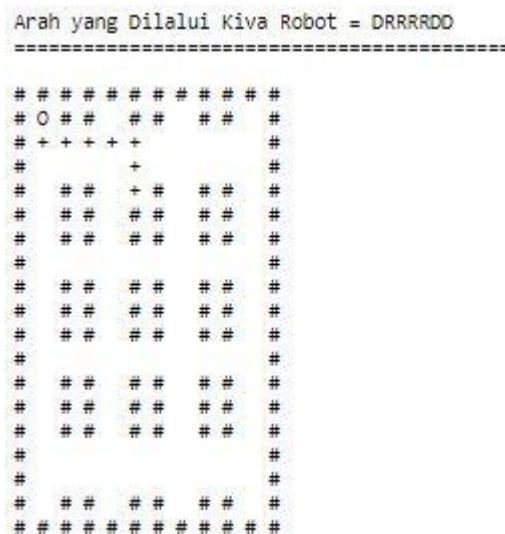
(0,0)				
(1,0)	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)
				(2,4)
				(3,4)

Gambar 26 Aplikasi *Direction Vector Breadth First Search* Dalam Penentuan Jalur

Gambar di atas merupakan aplikasi dari *direction vector* BFS oleh Kiva Robot dalam menentukan rute pengambilan *pod* untuk memenuhi pesanan nomor delapan dengan menggunakan alternatif 1. Koordinat akan berubah atau bergerak ketika berada pada *node* dengan nilai 1.

Path planning menggunakan Python

Optimasi dalam melakukan *path planning* pada penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Python dengan menerapkan algoritma *breadth first search*.



Gambar 27 Rute Menuju Pod yang Dilalui Kiva Robot

Gambar di atas merupakan *output* dari *path planning* menggunakan perangkat lunak Python. Dari gambar ditampilkan mengenai arah yang dilalui Kiva Robot dalam perjalanannya menuju ke pod untuk memenuhi pesanan nomor delapan.

Arah yang dilalui Kiva Robot = [D, R, R, R, R, D, D]
= 7 satuan panjang



1.

Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:

- menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
- pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
- pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.

2.

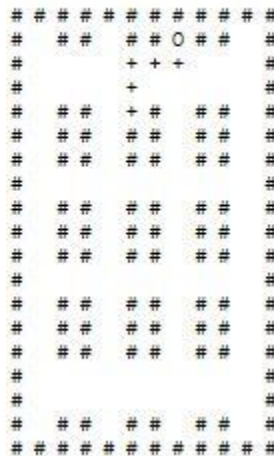
Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

Hak Cipta milik Universitas Pertamina

Diinstitusikan Undang

© Copyright of Universitas Pertamina

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLDD



Gambar 28 Rute Menuju Stasiun Order Picking yang Dilalui Kiva Robot

Arah yang dilalui Kiva Robot = [D, L, L, D, D]
= 5 satuan panjang

Dalam memenuhi pesanan nomor delapan, Kiva Robot bergerak dari *buffer area* menuju ke area penyimpanan untuk mengambil *pod* yang memuat produk A. kemudian *pod* akan dibawa ke stasiun *order picking* agar produk dapat diambil oleh *picker* dan disalurkan ke konsumen. Total jarak yang diperlukan untuk melakukan rangkaian proses tersebut, Kiva Robot harus menempuh jarak 12 satuan panjang.

Travell distance Kiva Robot = jarak menuju *pod* + jarak menuju stasiun *order picking*
= [D, R, R, R, R, D, D] + [D, L, L, D, D]
= 7 + 5
= 12 satuan panjang

Kiva Robot akan kembali lagi ke *buffer area* untuk menunggu melakukan tugas selanjutnya untuk melayani pesanan. Dengan begitu total jarak yang akan ditempuh Kiva Robot adalah sebagai berikut:

Total Travell distance Kiva Robot = jarak ke *pod* + jarak menuju stasiun *order picking* + jarak mengembalikan *pod* + jarak ke *buffer area*
= [D, R, R, R, R, D, D] + [D, L, L, D, D] +

$$[D, L, L, D, D] + [D, R, R, R, R, D, D]$$

$$= 7 + 5 + 5 + 7$$

$$= 24 \text{ satuan panjang}$$

5.2.7 Waktu Pemenuhan Pesanan

Setelah mengetahui bagaimana cara kerja dan mekanisme Kiva Robot dalam memenuhi pesanan, kemudian dilakukan pelayanan untuk seluruh pesanan. Total pesanan yang harus dilayani oleh Kiva Robot berjumlah 30 pesanan dan pesanan sudah diketahui sebelumnya. Lokasi *pod* yang harus dikunjungi Kiva Robot sudah ditentukan menggunakan strategi ABC *inventory analysis*. Berikut merupakan persamaan yang digunakan:

$$\text{Total waktu turning} = \text{total Kiva melakukan turning} \times \text{waktu turning}$$

$$\text{Total travel time Kiva} = \left(\frac{\text{total travel distance}}{\text{Kecepatan Kiva Robot}} \right) + \text{total waktu turning}$$

$$\text{Total waktu Kiva bekerja} = \text{total travel time Kiva} + \text{waktu proses picking station} + (\text{waktu mengambil pod} + \text{waktu mengembalikan pod})$$

Sedangkan asumsi yang digunakan dalam melakukan perhitungan waktu pemenuhan pesanan oleh Kiva Robot adalah:

1. Kecepatan Kiva = 0,3 m/s
2. Waktu turning = 4 s
3. Waktu proses di *picking station* = 15 s
4. Waktu mengangkat *pod* = 5 s
5. Waktu menurunkan *pod* = 5 s
6. Cooling down time Kiva Robot = 5 s

Tabel 6 Total Waktu Kiva Bekerja

Nomor Pesanan	Travel Distance (m)				Waktu Pengambilan Pods	Waktu Pengembalian Pods	Total Turning	Total Turning Time (s)	Total Travel Distance (m)	Total Travel Time (s)	Total Travel Time (m)	Total Travel Time	Total Waktu Keseluruhan
	BA-SA	SA-PS	PS-SA	SA-BA									
1	12	13	13	12	00:00:05	00:00:05	11	44	50	210,7	3,5	00:03:30	00:03:55
2	11	5	5	11	00:00:05	00:00:05	11	44	32	150,7	2,5	00:02:30	00:02:55
3	15	9	9	15	00:00:05	00:00:05	15	60	48	60,0	1,0	00:01:00	00:01:25
4	5	4	4	5	00:00:05	00:00:05	11	44	18	104,0	1,7	00:01:42	00:02:07
5	14	8	8	14	00:00:05	00:00:05	15	60	44	206,7	3,4	00:03:24	00:03:49
6	11	8	8	11	00:00:05	00:00:05	15	60	38	186,7	3,1	00:03:06	00:03:31
7	18	12	12	18	00:00:05	00:00:05	15	60	60	260,0	4,3	00:04:18	00:04:43
8	7	5	5	7	00:00:05	00:00:05	11	44	24	124,0	2,1	00:02:06	00:02:31
9	8	4	4	8	00:00:05	00:00:05	11	44	24	124,0	2,1	00:02:06	00:02:31
10	5	4	4	5	00:00:05	00:00:05	11	44	18	104,0	1,7	00:01:42	00:02:07
11	11	4	4	11	00:00:05	00:00:05	11	44	30	144,0	2,4	00:02:24	00:02:49
12	11	8	8	11	00:00:05	00:00:05	15	60	38	186,7	3,1	00:03:06	00:03:31
13	5	8	8	5	00:00:05	00:00:05	11	44	26	130,7	2,2	00:02:12	00:02:37
14	16	12	12	16	00:00:05	00:00:05	15	60	56	246,7	4,1	00:04:06	00:04:31
15	16	12	12	16	00:00:05	00:00:05	15	60	56	246,7	4,1	00:04:06	00:04:31
16	9	8	8	9	00:00:05	00:00:05	11	44	34	157,3	2,6	00:02:36	00:03:01
17	15	9	9	15	00:00:05	00:00:05	11	44	48	204,0	3,4	00:03:24	00:03:49
18	11	5	5	11	00:00:05	00:00:05	11	44	32	150,7	2,5	00:02:30	00:02:55
19	12	9	9	12	00:00:05	00:00:05	11	44	42	184,0	3,1	00:03:06	00:03:31
20	11	5	5	11	00:00:05	00:00:05	11	44	32	150,7	2,5	00:02:30	00:02:55
21	8	5	5	8	00:00:05	00:00:05	11	44	26	130,7	2,2	00:02:12	00:02:37
22	12	9	9	12	00:00:05	00:00:05	11	44	42	184,0	3,1	00:03:06	00:03:31

Tabel 7 Total Waktu Kiva Bekerja (lanjutan)

Nomor Pesanan	Travel Distance (m)				Waktu Pengambilan Pods	Waktu Pengembalian Pods	Total Turning	Total Turning Time (s)	Total Travel Distance (m)	Total Travel Time (s)	Total Travel Time (m)	Total Travel Time	Total Waktu Keseluruhan
	BA-SA	SA-PS	PS-SA	SA-BA									
23	8	5	5	8	00:00:05	00:00:05	11	44	26	130,7	2,2	00:02:12	00:02:37
24	15	9	9	15	00:00:05	00:00:05	11	44	48	204,0	3,4	00:03:24	00:03:49
25	13	12	12	13	00:00:05	00:00:05	11	44	50	210,7	3,5	00:03:30	00:03:55
26	19	13	13	19	00:00:05	00:00:05	11	44	64	257,3	4,3	00:04:18	00:04:43
27	19	13	13	19	00:00:05	00:00:05	11	44	64	257,3	4,3	00:04:18	00:04:43
28	14	8	8	14	00:00:05	00:00:05	15	60	44	206,7	3,4	00:03:24	00:03:49
29	12	6	6	12	00:00:05	00:00:05	11	44	36	164,0	2,7	00:02:42	00:03:07
30	19	13	13	19	00:00:05	00:00:05	11	44	64	257,3	4,3	00:04:18	00:04:43

Keterangan:

1. BA = *buffer area*
2. SA = *storage area (pod)*
3. PS = *picking station*

Tabel di atas merupakan perhitungan total waktu dari Kiva Robot untuk memenuhi setiap pesanan yang masuk. Aktivitas yang ada dimulai ketika Kiva Robot mulai meninggalkan *buffer*, mengambil *pod*, mengantarkan *pod* ke *picking station*, mengembalikan *pod* ke lokasi penyimpanan, dan kembali lagi ke *buffer area* dari Kiva Robot untuk melakukan *cooling down*.

Tabel 8 Waktu Kiva Melayani Pesanan

Nomor Pesanan	Travel Distance (m)		Waktu Pengambilan Pods	Total Turning	Total Turning Time (s)	Total Travel Distance (m)	Total Travel Time (s)	Total Travel Time (m)	Total Travel Time	Durasi Memenuhi Pesanan
	BA-SA	SA-PS								
1	12	13	00:00:05	5	20	25	103,3	1,7	00:01:42	00:02:02
2	11	5	00:00:05	5	20	16	73,3	1,2	00:01:12	00:01:32
3	15	9	00:00:05	7	28	24	28,0	0,5	00:00:30	00:00:50
4	5	4	00:00:05	5	20	9	50,0	0,8	00:00:48	00:01:08
5	14	8	00:00:05	7	28	22	101,3	1,7	00:01:42	00:02:02
6	11	8	00:00:05	7	28	19	91,3	1,5	00:01:30	00:01:50
7	18	12	00:00:05	7	28	30	128,0	2,1	00:02:06	00:02:26
8	7	5	00:00:05	5	20	12	60,0	1,0	00:01:00	00:01:20
9	8	4	00:00:05	5	20	12	60,0	1,0	00:01:00	00:01:20
10	5	4	00:00:05	5	20	9	50,0	0,8	00:00:48	00:01:08
11	11	4	00:00:05	5	20	15	70,0	1,2	00:01:12	00:01:32
12	11	8	00:00:05	7	28	19	91,3	1,5	00:01:30	00:01:50
13	5	8	00:00:05	5	20	13	63,3	1,1	00:01:06	00:01:26
14	16	12	00:00:05	7	28	28	121,3	2,0	00:04:06	00:04:26
15	16	12	00:00:05	7	28	28	121,3	2,0	00:04:06	00:04:26
16	9	8	00:00:05	5	20	17	76,7	1,3	00:01:18	00:01:38
17	15	9	00:00:05	7	28	24	108,0	1,8	00:01:48	00:02:08
18	11	5	00:00:05	5	20	16	73,3	1,2	00:01:12	00:01:32
19	12	9	00:00:05	5	20	21	90,0	1,5	00:01:30	00:01:50
20	11	5	00:00:05	5	20	16	73,3	1,2	00:01:12	00:01:32
21	8	5	00:00:05	5	20	13	63,3	1,1	00:01:06	00:01:26
22	12	9	00:00:05	5	20	21	90,0	1,5	00:01:30	00:01:50

Tabel 9 Waktu Kiva Melayani Pesanan (lanjutan)

Nomor Pesanan	Travel Distance (m)		Waktu Pengambilan Pods	Total Turning	Total Turning Time (s)	Total Travel Distance (m)	Total Travel Time (s)	Total Travel Time (m)	Total Travel Time	Durasi Memenuhi Pesanan
	BA-SA	SA-PS								
23	8	5	00:00:05	5	20	13	63,3	1,1	00:01:06	00:01:26
24	15	9	00:00:05	5	20	24	100,0	1,7	00:01:42	00:02:02
25	13	12	00:00:05	5	20	25	103,3	1,7	00:01:42	00:02:02
26	19	13	00:00:05	5	20	32	126,7	2,1	00:02:06	00:02:26
27	19	13	00:00:05	5	20	32	126,7	2,1	00:02:06	00:02:26
28	14	8	00:00:05	7	28	22	101,3	1,7	00:01:42	00:02:02
29	12	6	00:00:05	5	20	18	80,0	1,3	00:01:18	00:01:38
30	19	13	00:00:05	5	20	32	126,7	2,1	00:02:06	00:02:26

Keterangan:

1. BA = *buffer area*
2. SA = *storage area (pod)*
3. PS = *picking station*

Tabel di atas merupakan perhitungan waktu dari Kiva Robot hingga pesanan dari konsumen dipenuhi. Aktivitas yang ada dimulai dari Kiva Robot meninggalkan *buffer area*, mengambil *pod* ke area penyimpanan, dan mengantarkan *pod* ke *picking station* agar barang yang disimpan dapat diambil opek operator *picking station*.

Tabel 10 Data Pelayanan Pesanan Masuk

No	Jumlah Item	Nomor Pesanan	Jenis Item	Waktu Kiva Mulai Bekerja	Waktu Pesanan Dipenuhi	Travel Time	Waktu Kiva Selesai Bekerja	PS Mulai Melayani Pesanan	PS Selesai Melayani Pesanan	Interarrival Pesanan Mulai Diproses	Service Time	Kiva	Stasiun
1	1	1	B	00:00:00	00:02:02	00:03:30	00:03:55	00:01:47	00:02:02	-	00:02:02	1	A
2	1	2	A	00:00:00	00:01:32	00:02:30	00:02:55	00:01:17	00:01:32	00:00:00	00:01:32	2	A
3	1	3	C	00:03:00	00:03:50	00:01:00	00:04:25	00:03:35	00:03:50	00:03:00	00:00:50	2	A
4	1	4	A	00:04:00	00:05:08	00:01:42	00:06:07	00:04:53	00:05:08	00:01:00	00:01:08	1	A
5	1	5	C	00:04:30	00:06:32	00:03:24	00:08:19	00:06:17	00:06:32	00:00:30	00:02:02	2	A
6	1	6	C	00:06:12	00:08:02	00:03:06	00:09:43	00:07:47	00:08:02	00:01:42	00:01:50	1	A
7	1	7	B	00:08:24	00:10:50	00:04:18	00:13:07	00:10:35	00:10:50	00:02:12	00:02:26	2	A
8	1	8	A	00:09:48	00:11:08	00:02:06	00:12:19	00:10:53	00:11:08	00:01:24	00:01:20	1	B
9	1	9	A	00:12:24	00:13:44	00:02:06	00:14:55	00:13:29	00:13:44	00:02:36	00:01:20	1	B
10	1	10	A	00:13:12	00:14:20	00:01:42	00:15:19	00:14:05	00:14:20	00:00:48	00:01:08	2	B
11	1	11	A	00:15:00	00:16:32	00:02:24	00:17:49	00:16:17	00:16:32	00:01:48	00:01:32	1	B
12	1	12	C	00:15:24	00:17:14	00:03:06	00:18:55	00:16:59	00:17:14	00:00:24	00:01:50	2	B
13	1	13	A	00:17:54	00:19:20	00:02:12	00:20:31	00:19:05	00:19:20	00:02:30	00:01:26	1	A
14	1	14	B	00:19:00	00:23:26	00:04:06	00:23:31	00:23:11	00:23:26	00:01:06	00:04:26	2	A
15	1	15	B	00:20:36	00:25:02	00:04:06	00:25:07	00:24:47	00:25:02	00:01:36	00:04:26	1	B
16	1	16	C	00:23:36	00:25:14	00:02:36	00:26:37	00:24:59	00:25:14	00:03:00	00:01:38	2	B
17	1	17	C	00:25:12	00:27:20	00:03:24	00:29:01	00:27:05	00:27:20	00:01:36	00:02:08	1	B
18	1	18	A	00:26:42	00:28:14	00:02:30	00:29:37	00:27:59	00:28:14	00:01:30	00:01:32	2	A
19	1	19	C	00:29:06	00:30:56	00:03:06	00:32:37	00:30:41	00:30:56	00:02:24	00:01:50	1	A
20	1	20	A	00:29:42	00:31:14	00:02:30	00:32:37	00:30:59	00:31:14	00:00:36	00:01:32	2	A
21	1	21	A	00:32:42	00:34:08	00:02:12	00:35:19	00:33:53	00:34:08	00:03:00	00:01:26	2	B
22	1	22	C	00:32:42	00:34:32	00:03:06	00:36:13	00:34:17	00:34:32	00:00:00	00:01:50	1	A
23	1	23	A	00:35:24	00:36:50	00:02:12	00:38:01	00:36:35	00:36:50	00:02:42	00:01:26	2	B

Tabel 11 Data Pelayanan Pesanan Masuk

No	Jumlah Item	Nomor Pesanan	Jenis Item	Waktu Kiva Mulai Bekerja	Waktu Pesanan Dipenuhi	Travel Time	Waktu Kiva Selesai Bekerja	PS Mulai Melayani Pesanan	PS Selesai Melayani Pesanan	Interarrival Pesanan Mulai Diproses	Service Time	Kiva	Stasiun
24	1	24	C	00:36:18	00:38:20	00:03:24	00:40:07	00:38:05	00:38:20	00:00:54	00:02:02	1	B
25	1	25	B	00:38:06	00:40:08	00:03:30	00:42:01	00:39:53	00:40:08	00:01:48	00:02:02	2	B
26	1	26	B	00:40:12	00:42:38	00:04:18	00:44:55	00:42:23	00:42:38	00:02:06	00:02:26	1	B
27	1	27	B	00:42:06	00:44:32	00:04:18	00:46:49	00:44:17	00:44:32	00:01:54	00:02:26	2	A
28	1	28	A	00:45:00	00:47:02	00:03:24	00:48:49	00:46:47	00:47:02	00:02:54	00:02:02	1	B
29	1	29	A	00:46:54	00:48:32	00:02:42	00:50:01	00:48:17	00:48:32	00:01:54	00:01:38	2	A
30	1	30	B	00:48:54	00:51:20	00:04:18	00:53:37	00:51:05	00:51:20	00:02:00	00:02:26	1	B

Tabel di atas merupakan data pesanan yang sudah dilayani oleh Kiva Robot. Pada tabel tersebut juga memuat mengenai Kiva Robot mana yang digunakan untuk memenuhi pesanan, stasiun mana yang akan memproses pesanan konsumen, selisih waktu antar pesanan dilayani, dan *travel time* dari Kiva Robot.

Penentuan Kiva Robot dan stasiun yang akan melayani pesanan yang masuk dilihat dari Kiva Robot atau stasiun yang tersedia pada saat pesanan sudah masuk. Alur proses operasi dari aktivitas ini seperti pada gambar diagram alur Kiva Robot.

Dari tabel tersebut dapat diketahui mengenai beberapa informasi sebagai berikut.

Tabel 12 Rekapitulasi Data Pelayanan Pesanan

Aktivitas	Hasil	Total
Total waktu operasi Kiva 1	00:53:37	01:43:38
Total waktu operasi Kiva 2	00:50:01	
Total travel time Kiva 1	00:46:12	01:28:48
Total travel time Kiva 2	00:42:36	
Total travel distance Kiva 1	618 m	1214 m
Total travel distance Kiva 2	596 m	
Pesanan yang dilayani Kiva 1	15 item	30 item
Pesanan yang dilayani Kiva 2	15 item	
Total waktu Kiva 1 menyelesaikan pesanan	00:29:48	00:57:42
Total waktu Kiva 2 menyelesaikan pesanan	00:27:54	
Waktu kerja picking station A	00:04:15	00:08:30
Waktu kerja picking station B	00:04:15	
Pesanan yang dilayani oleh picking station A	15 item	30 item
Pesanan yang dilayani oleh picking station B	15 item	
Waktu rata-rata picking station menunggu	00:01:38	-
Waktu rata-rata pesanan dipenuhi	00:01:55	-

5.3 Analisa Hasil Pengolahan Data

Kiva Robot mulai melayani pesanan ketika pesanan pertama masuk. Pesanan yang masuk diasumsikan sudah diketahui sebelumnya, sehingga Kiva Robot tidak memiliki waktu *idle* untuk menunggu melakukan pelayanan kepada pesanan yang ada. Setelah menerima tugas untuk memenuhi pesanan, Kiva Robot akan menuju ke *pod* yang sudah ditentukan sebelumnya. Penentuan lokasi penyimpanan *pod* dilakukan berdasarkan persentase produk pesanan yang masuk. Segmentasi area penyimpanan dilakukan berdasarkan strategi ABC *inventory analysis*, dengan rincian sebagai berikut: 43% area untuk produk A, 30% untuk produk C, dan 27% untuk produk C. Dengan menerapkan strategi tersebut, total *travel distance* dari Kiva Robot sebanyak 1.214 meter, dengan rincian 618 meter oleh Kiva 1, dan 596 meter oleh Kiva 2.

Dalam melakukan seluruh rangkaian aktivitas yang ada di gudang, Kiva Robot memerlukan waktu 1 jam 43 menit 38 detik. Dengan rincian 53 menit 37 detik untuk Kiva 1 dan 50 menit 1 detik untuk Kiva 2. Dengan hasil tersebut, dapat diartikan bahwa waktu rata-rata untuk setiap Kiva Robot untuk menyelesaikan satu rangkaian operasi sekitar 3 menit 30 detik. Hasil ini dinilai cukup baik mengingat kecepatan Kiva Robot yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,3 m/s, sedangkan kecepatan maksimum yang dapat dilakukan oleh Kiva Robot adalah 0,6 m/s.

Usaha yang dapat dilakukan untuk memperpendek durasi operasi dari Kiva Robot adalah dengan membuat alternatif skenario. Pada penelitian kali ini, Kiva Robot yang telak selesai melakukan pengembalian *pod* akan kembali lagi ke *buffer area*. Aktivitas ini dinilai kurang

efektif karena akan menambah waktu dan jarak Kiva Robot untuk bergerak. Alternatif skenario yang ditawarkan adalah dengan memotong aktivitas yang tidak terlalu diperlukan. Kiva Robot yang telah selesai mengembalikan *pod* akan tetap berada di lokasi tersebut hingga mendapatkan tugas selanjutnya. Dengan begitu, jarak dan waktu yang diperlukan Kiva Robot untuk melakukan perjalanan ke *buffer area* dapat diminimalisir.

Kualitas *layout* yang digunakan pada penelitian ini memiliki persentase utilitas ruang dengan nilai 28,82%. Jika dilihat dari persentase tersebut, tingkat pemanfaatan area penyimpanan masih sangat kurang, perbandingan antara area penyimpanan dan area gudang memiliki selisih yang jauh, sehingga dapat menghasilkan tingkat utilitas yang rendah. Hal yang dapat dilakukan untuk mengatasi rendahnya tingkat utilitas ruang adalah dengan melakukan perbaikan *layout* dengan memaksimalkan area gudang yang tersedia. Namun tingkat utilitas *pod* memiliki nilai yang lebih baik, yaitu dengan 61,22%. Hal ini mengartikan bahwa dari total keseluruhan area penyimpanan dapat dimanfaatkan dengan baik. Namun hal ini tetap dipengaruhi oleh jumlah pesanan yang ada.

Dalam melakukan penentuan rute baik untuk melakukan pengambilan atau pengembalian *pod* dinilai sudah cukup baik. Karena dari strategi yang digunakan, *breadth first search*, menyajikan berbagai alternatif yang dapat dipilih sesuai dengan kondisi operasi yang tengah berlangsung. Dengan adanya alternatif tersebut, Kiva Robot juga dapat menghindari kemungkinan kecelakaan yang terjadi ketika kiva sedang bekerja.



BAB 6 Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat dinilai bahwa penerapan *ABC inventory analysis* dinilai baik untuk digunakan digudang pintar. Dengan menerapkan strategi tersebut, rata-rata waktu untuk memenuhi pesanan sebesar 3 menit 30 detik untuk setiap Kiva Robot. Namun utilitas ruang hanya memiliki persentase sebesar 28,82%. Diperlukan optimisasi lagi dengan melakukan penambahan area penyimpanan atau segmentasi *pod* agar area yang dimanfaatkan lebih besar.

Algoritma *breadth first search* (BFS) yang digunakan dalam melakukan pencarian rute dinilai baik. Kiva Robot dapat memenuhi 30 pesanan dengan durasi maksimal dan minimal adalah 53 menit 37 detik dan 50 menit 1 detik, serta durasi dari Kiva Robot mulai melakukan tugasnya hingga pesanan dipenuhi membutuhkan waktu rata-rata 1 menit 55 detik. Selain itu, penggunaan algoritma BFS dapat memberikan beberapa alternatif yang digunakan untuk pencarian rute. Alternatif tersebut dapat digunakan ketika pada jalur tersebut memiliki potensi kecelakaan atau tabrakan dengan Kiva lainnya, karena salah satu permasalahan terbesar yang dapat timbul pada aktivitas penanganan material menggunakan Kiva Robot adalah tabrakan.

6.2 Saran

Saran yang diberikan terkait penelitian ini adalah:

1. Menggunakan minimal dua algoritma *path planing* agar dapat dibandingkan algoritma mana yang dapat memenuhi pesanan dengan waktu yang lebih singkat.
2. Mengembangkan penelitian ke dalam bentuk simulasi yang dapat direplikasi, sehingga dapat menghasilkan data yang lebih sesuai dengan kenyataan.



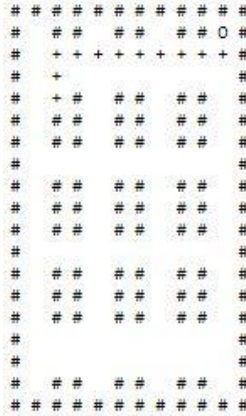
DAFTAR PUSTAKA

- Clement, J. (2019, Agustus 30). *Global Retail E-commerce sales 2014-2023*. Retrieved from Statista: <https://www.statista.com/statistics/379046/worldwide-retail-e-commerce-sales/>
- De Koster, R., Roodbergen, K., & Van Voorde, R. (1999). Reducction of Walking Time in The Distribution Center of De Bijenkorf. *New Trends in Distribution Logistics*, 215-234.
- Frazelle, E. (2017). *Supply Chain Strategy, Second Edition*. McGraw Hill.
- Guizzo, E. (2009). The Rise of Meachines. *IEEE Spectrum*, 45.
- Hadiguna, R., & Setiawan, H. (2008). Tata Letak Pabrik. *ANDI*.
- J. A. Tompkins, e. a. (2003). *Facilities Planning*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Liang, G., Chee, K., Zou, Y., Causo, A., Vidas, S., Teng, T., & Chen, I.-M. (20115). Automated Robotic Picking System for E-commerce Fulfillment Warehouse Application. *14th World Congress in Mechanism and Machine Science*.
- Merschformann, M., Xie, L., & Li, H. (2018). RAWSim-O: A Simulation Framework for Robotic Mobile Fulfillment System. *ECONSTOR*, 12.
- Mulcahy and David, E. (1994). *Warehouse Distribution and Operation*. McGraww-hill.
- Ockner, K. (2005). Deph and Breadth-First Precessingnof Search Result Lists. *SIGCHI Style*.
- Opetuk, G. D. (2008). *Analysis of Order Picking in Warehouse with Fishbone Layout*. Tel Aviv, Israel: Proceedings od ICIL.
- Stephens, M. a. (2000). *Manufacturing Facilities Design and Material Handling 4th Edition*. Pearson Prentice Hall.
- Terry, I., & Manikas, L. (2010). *A Case Stufy Assessment of The Operational Perfomance of A Multiple Fresh Produce Distribution Center in The UK*. United Kingdom: British Food Journal.



LAMPIRAN

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLLLLLLLDD



Lampiran 1 Jalur Kiva Robot Menuju *Pod* Pesanan 2

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLDD



Lampiran 2 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 2

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLLLLLDDDDDLLD



Lampiran 3 Jalur Kiva Robot Menuju *Pod* Pesanan 3



1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.



1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah kecedekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

=====

[illegible]

=====

[illegible]

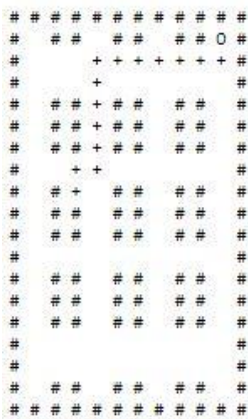
=====

[illegible]

Lampiran 6 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 4

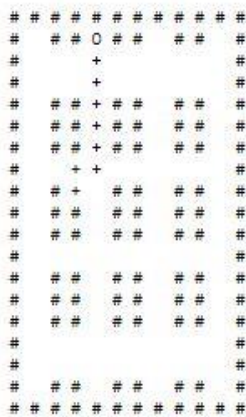
1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLLLLLDDDDDL



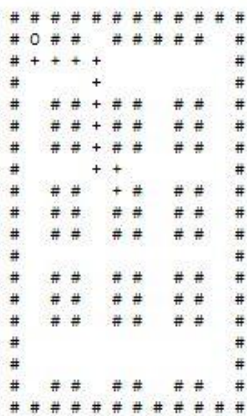
Lampiran 7 Jalur Kiva Robot Menuju Pod Pesanan 5

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDDDL



Lampiran 8 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 5

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DRRDDDDDRD

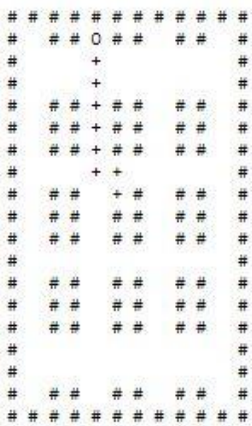


Lampiran 9 Jalur Kiva Robot Menuju Pod Pesanan 6



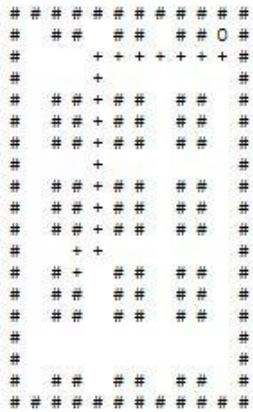
1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah kecedekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDDDRD



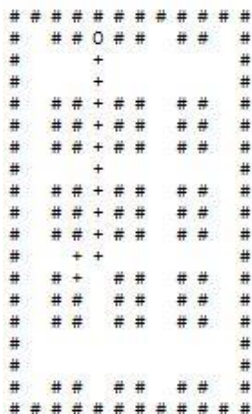
Lampiran 10 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 6

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLLLLLDDDDDDDDLD



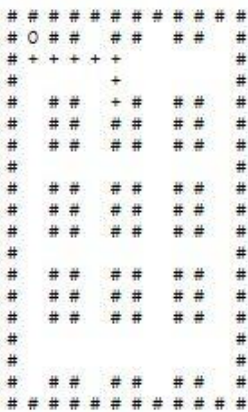
Lampiran 11 Jalur Kiva Robot Menuju Pod Pesanan 7

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDDDDDDLD



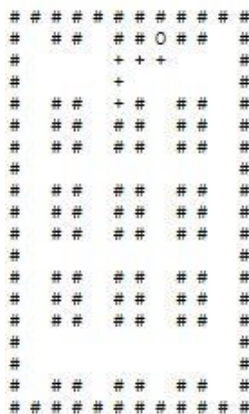
Lampiran 12 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 7

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DRRRRDD



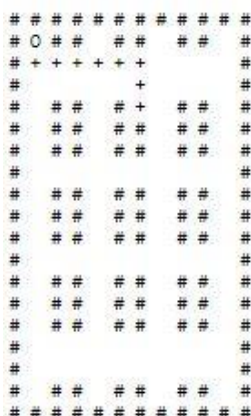
Lampiran 13 Jalur Kiva Robot Menuju *Pod* Pesanan 8

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLDD



Lampiran 14 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 8

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DRRRRRDD

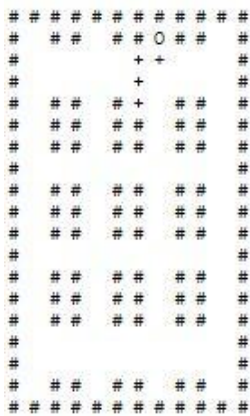


Lampiran 15 Jalur Kiva Robot Menuju *Pod* Pesanan 9



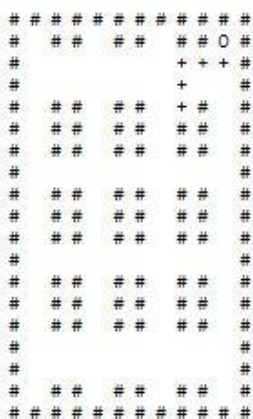
1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLDD



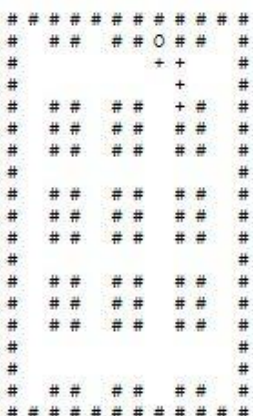
Lampiran 16 Jalur Kiva Robot Menuju Stasion Pesanan 9

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLDD



Lampiran 17 Jalur Kiva Robot Menuju *Pod* Pesanan 10

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DRDD



Lampiran 18 Jalur Kiva Robot Menuju Stasion Pesanan 10



1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

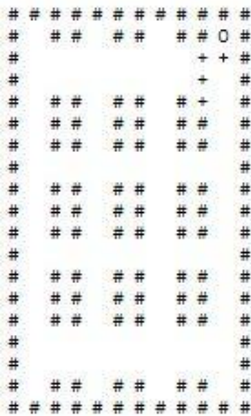
1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceudekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DRRRRRRRDD



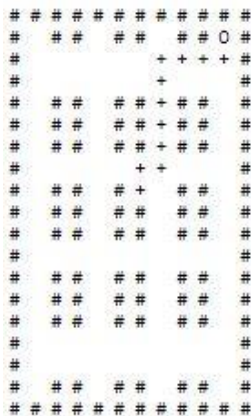
Lampiran 19 Jalur Kiva Robot Menuju Pod Pesanan 11

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLDD



Lampiran 20 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 11

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLLLDDDDLD



Lampiran 21 Jalur Kiva Robot Menuju Pod Pesanan 12



Pertamina

1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah kecependekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDODDDLD

[illegible]

Lampiran 22 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 12

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDR

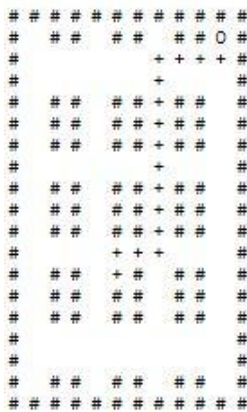
[illegible]

Lampiran 23 Jalur Kiva Robot Menuju *Pod* Pesanan 13

Arah yang Dilalui Kiva Robot = D L L L D D D R

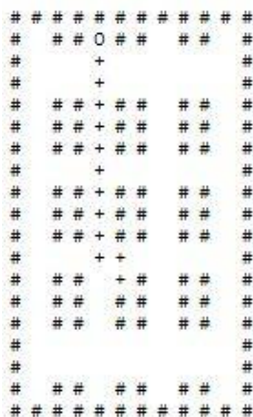
Lampiran 24 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 13

Arah yang Dilalui Kiva Robot = D L L L D D D D D D D D L L D



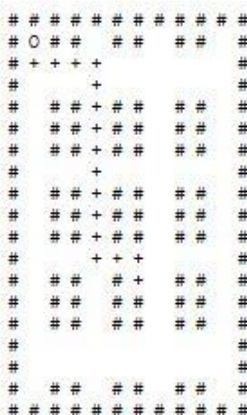
Lampiran 25 Jalur Kiva Robot Menuju Pod Pesanan 14

Arah yang Dilalui Kiva Robot = D D D D D D D D D D R D



Lampiran 26 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 14

Arah yang Dilalui Kiva Robot = D R R R D D D D D D D D R R D



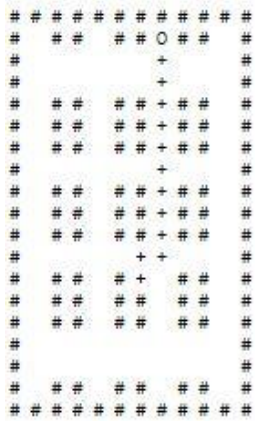
Lampiran 27 Jalur Kiva Robot Menuju Pod Pesanan 15



Universitas
Pertamina

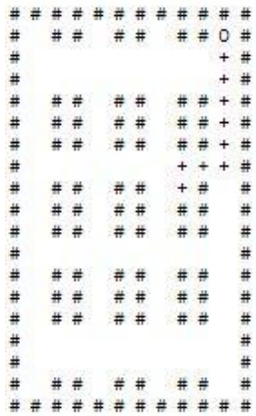
1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDDDDDDLD



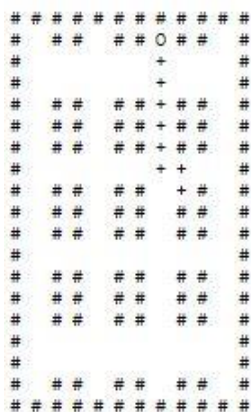
Lampiran 28 Jalur Kiva Robot Menuju Stasion Pesanan 15

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDDDLLD



Lampiran 29 Jalur Kiva Robot Menuju *Pod* Pesanan 16

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDDDRD



Lampiran 30 Jalur Kiva Robot Menuju Stasion Pesanan 16

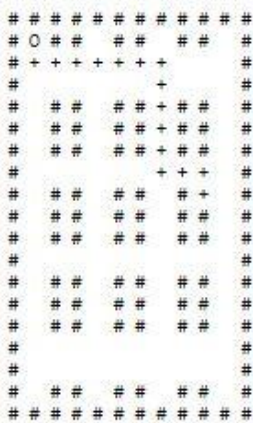


1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah kecedekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.



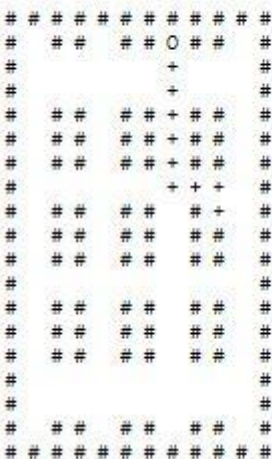
1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah kecependekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DRRRRRRDDDDDDRRD

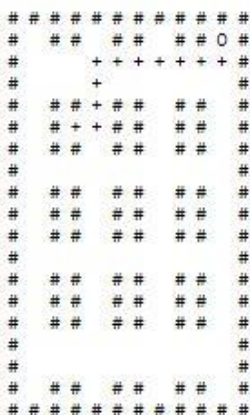


Lampiran 31 Jalur Kiva Robot Menuju *Pod* Pesanan 17

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDDDRRD

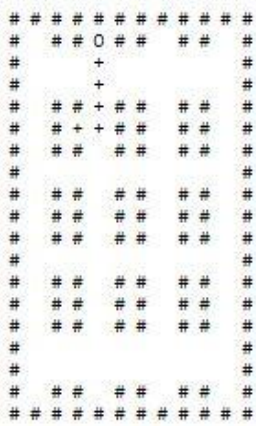
**Lampiran 32 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 17**

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLLLLLDDDL



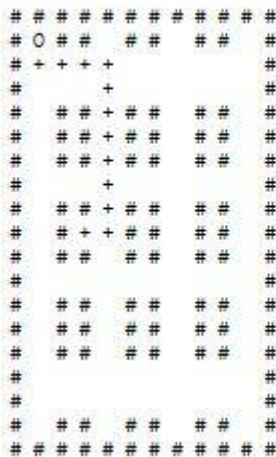
Lampiran 33 Jalur Kiva Robot Menuju *Pod* Pesanan 18

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDL



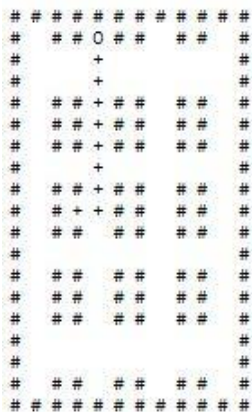
Lampiran 34 Jalur Kiva Robot Menuju Stasion Pesanan 18

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DRRRDDDDDDDL



Lampiran 35 Jalur Kiva Robot Menuju *Pod* Pesanan 19

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDDDDL

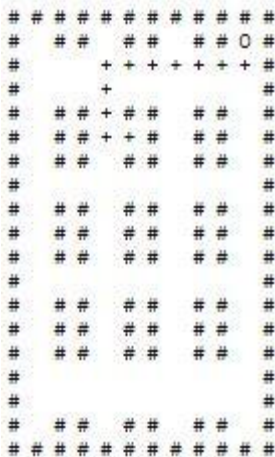


Lampiran 36 Jalur Kiva Robot Menuju Stasion Pesanan 19



1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLLLLLDDDR



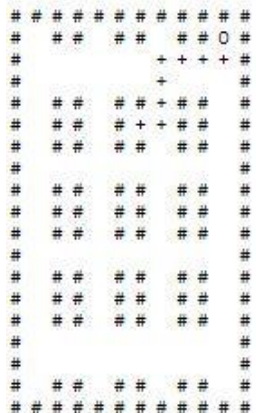
Lampiran 37 Jalur Kiva Robot Menuju *Pod* Pesanan 20

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDR



Lampiran 38 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 20

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLLLDDL



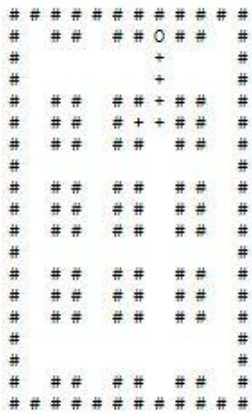
Lampiran 39 Jalur Kiva Robot Menuju *Pod* Pesanan 21



Universitas
Pertamina

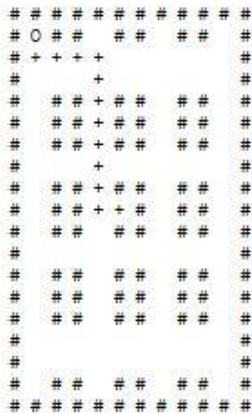
1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDL



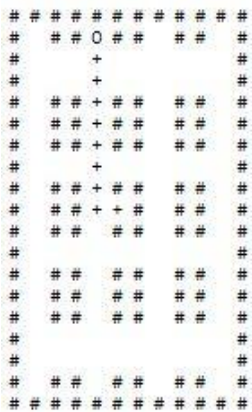
Lampiran 40 Jalur Kiva Robot Menuju Stasion Pesanan 21

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DRRRDDDDDDR



Lampiran 41 Jalur Kiva Robot Menuju *Pod* Pesanan 22

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDDDDR



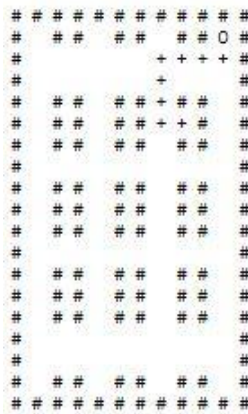
Lampiran 42 Jalur Kiva Robot Menuju Stasion Pesanan 22



1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

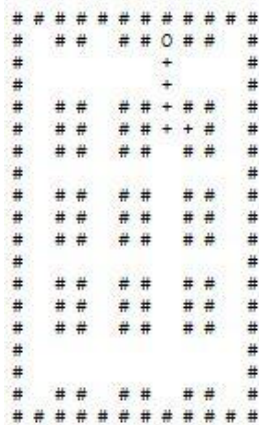
1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah keceandekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLLDDDR



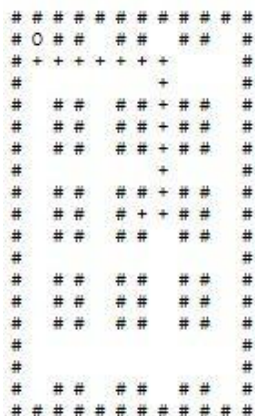
Lampiran 43 Jalur Kiva Robot Menuju Pod Pesanan 23

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DDDDR



Lampiran 44 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 23

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DRRRRRRDDDDDDDL



Lampiran 45 Jalur Kiva Robot Menuju Pod Pesanan 24

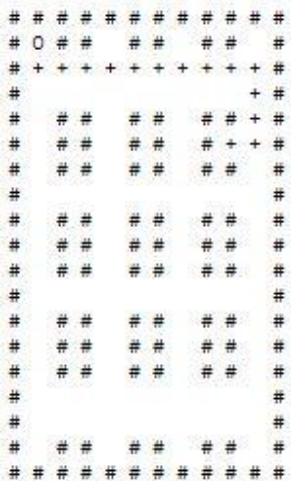


- Lampiran 48 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 25**

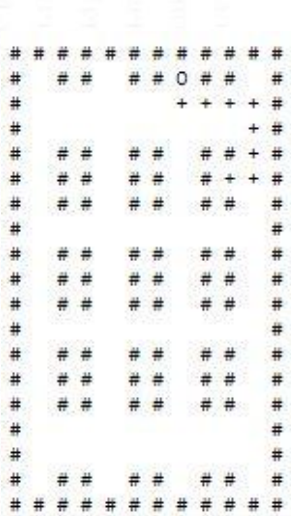


Universitas
Pertamina

1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah kecependekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.

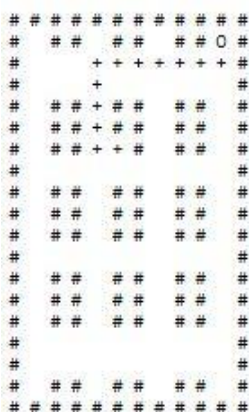


Lampiran 49 Jalur Kiva Robot Menuju Pod Pesanan 28



Lampiran 50 Jalur Kiva Robot Menuju Stasiun Pesanan 28

Arah yang Dilalui Kiva Robot = DLLLLLLDDDDR



Lampiran 51 Jalur Kiva Robot Menuju Pod Pesanan 29

[illegible]

1. Dilarang mengutip karya tulis ini, kecuali:
 - a. menyebutkan sumber sesuai kaidah kecedekiaan;
 - b. pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah atau penelitian;
 - c. pengutipan tidak merugikan Universitas Pertamina.
2. Dilarang mempublikasikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa adanya izin dari Universitas Pertamina.