

**PERANCANGAN MINIATUR *AUTOMATIC STORAGE
AND RETRIEVAL SYSTEM (AS/RS)* UNTUK
KEPERLUAN PENDIDIKAN**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar
Sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri

Disusun oleh:

Nama : Billy Sagara

NPM : 2015610102



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2019**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Billy Sagara
NPM : 2015610102
Jurusan : Teknik Industri
Judul Skripsi : PERANCANGAN MINIATUR *AUTOMATIC STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM (AS/RS)* UNTUK KEPERLUAN PENDIDIKAN

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, 12 Juli 2019

Ketua Program Studi Sarjana Teknik Industri

(Romy Loice, S.T., M.T.)

Pembimbing Pertama

(Dr. Sugih Sudharma Tjandra, S.T., M.Si.)

Pembimbing Kedua

(Yansen Theopilus, S.T., M.T.)



Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan

Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Billy Sagara
NPM : 2015610102

dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

**“PERANCANGAN MINIATUR *AUTOMATIC STORAGE AND RETRIEVAL*
SYSTEM (AS/RS) UNTUK KEPERLUAN PENDIDIKAN”**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya.

Bandung,

Billy Sagara
2015610102

ABSTRAK

Automatic Storage and Retrieval System (AS/RS) merupakan salah satu teknologi otomatisasi yang terkemuka pada bagian gudang mengingat banyaknya industri besar yang menggunakannya. Dalam hal pendidikan, modul pembelajaran AS/RS tidak efektif dan seringkali diabaikan karena kurangnya fasilitas mesin untuk menunjang proses pembelajaran tersebut. Hal tersebut dikarenakan harga mesin AS/RS yang mahal bagi institusi pendidikan untuk membelinya. Selain itu mesin AS/RS yang dijual dipasar akan sangat membutuhkan banyak ruang sehingga tidak efektif ketika diinstalasi pada institusi pendidikan. Mesin AS/RS pada umumnya juga memiliki sistem mekanisme dan isi program yang kompleks sehingga seringkali sulit dimengerti saat proses pembelajaran. Oleh karena permasalahan tersebut, pada penelitian ini akan dirancang AS/RS berukuran mini dengan program berbasis Arduino untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Perancangan miniatur AS/RS dimulai dari komponen *hardware* kelistrikan sesuai dengan jumlah mode AS/RS yang ingin dibuat. Kemudian perancangan dilanjutkan dengan pemasangan komponen mekanisme gerak sesuai dengan gambar CAD yang sebelumnya dibuat. Setelah itu, isi program mesin tersebut dibuat dengan menyesuaikan rangkaian *hardware* kelistrikan yang telah dibuat. Ukuran dan posisi rak dibuat menyesuaikan terhadap mekanisme gerak serta gerakan motor yang diatur dalam program. Hasil miniatur AS/RS yang telah jadi, kemudian dibuat instruksi kerja serta evaluasi kinerja setiap modusnya.

Hasil rancangan miniatur AS/RS yang dibuat terdiri dari tiga mode input yakni mode *pendan*, koordinat, dan RFID, dengan mekanisme gerak *lead screw* untuk gerakan sumbu Y dan *belt pulley* untuk sumbu X dan Z. Miniatur AS/RS yang dibuat terbukti memiliki biaya yang cukup murah dibandingkan mesin AS/RS asli dan biaya tersebut sangat mungkin untuk dapat direalisasikan oleh institusi pendidikan. Hasil rancangan tersebut juga telah diuji masing-masing modusnya dengan cara menjalankan proses pengambilan dan peletakkan barang keseluruhan kemungkinan posisi rak. Dari hasil uji coba, miniatur AS/RS berhasil dijalankan sesuai input operator tanpa kendala. Dengan demikian, miniatur AS/RS ini dinilai dapat merepresentasikan mesin AS/RS pada umumnya

ABSTRACT

Automatic Storage and Retrieval System (AS/RS) is one of the leading automation technologies in the warehouse, given the large number of industries that use it. In terms of education, AS/RS learning module is ineffective and often overlooked because the lack of machine facilities to support the learning process. This happened because the price of AS/RS machines is very expensive for educational institutions to afford. In addition, the original AS/RS engine will need a lot of space so it is not effective when installed in educational institutions. The original AS/RS machine also has a complex mechanism and program content system that is often difficult to understand during the learning process. Because of these problems, in this research AS/RS will be designed in miniature size with an Arduino based program to resolve these problems.

AS/RS miniature design starts from electrical hardware components according to the number of AS/RS modes that you want to make. Then the design continued with the installation of motion mechanism components in accordance with the CAD drawings previously made. After that, the contents of the machine program are made by adjusting the electrical hardware circuit that has been made. The size and position of the rack is made adjusting to the mechanism of motion and motor movement that is regulated in the program. Miniature AS/RS results that have been prepared, then work instructions are made as well as evaluating the performance of each mode.

The AS/RS miniature is designed consists of three input modes namely pendant, coordinate and RFID mode, with lead screw motion mechanism for Y axis movement and pulley belt mechanism for X and Z axes. The AS/RS miniature made is proven to have a cost that quite cheap compared to the original AS/RS machines and these costs are very possible to be realized by educational institutions. The results of the design have also been tested for each mode by carrying out the retrieval process and placing the goods in all possible rack positions. From the results of the tests, miniature AS/RS was successfully carried out according to operator input without any constraints. Thus, the AS/RS miniature is considered to represent the AS / RS machine in general.

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan berkahnya laporan skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Laporan penelitian skripsi dengan judul “Perancangan Miniatur *Automatic Storage and Retrieval System* (AS/RS) untuk Keperluan Pendidikan” yang disusun sebagai syarat kelulusan mata kuliah IND-500 Skripsi. Dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat dalam pembuatan laporan ini, antara lain :

1. Pihak keluarga penulis yang telah memberikan dukungan besar untuk menjadi pribadi yang baik dalam mengerjakan tugas akhir kelulusan ini.
2. Bapak Din Din dan teman-teman penulis sebagai pihak yang telah membantu memberikan ide pemasangan mekanisme gerak mesin.
3. Bapak Dr. Sugih Sudharma Tjandra, S.T., M.Si. dan Bapak Yansen Theopilus, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan demi kesuksesan terbentuknya laporan ini.
4. Bapak Marihot Nainggolan, S.T., M.T., M.S. dan Bapak Ignatius A. Sandy, S.Si., M.T. sebagai dosen penguji sidang proposal skripsi yang telah memberikan masukan mengenai perbaikan penelitian yang dilakukan.
5. Bapak Hanky Fransiscus, S.T., M.T. dan Bapak Alfian, S.T., M.T. sebagai dosen penguji sidang skripsi yang telah memberikan poin-poin perbaikan untuk isi laporan penelitian ini

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dikarenakan keterbatasan waktu, akal, serta pikiran penulis. Oleh karena itu, segala kritik dan saran akan diterima oleh penulis agar penelitian selanjutnya dapat berjalan lebih baik. Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bandung, 13 Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	I-1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah	I-4
1.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi	I-9
1.4 Tujuan Kerja Praktek	I-9
1.5 Manfaat Kerja Praktek	I-10
1.6 Metodologi Kerja Praktek	I-10
1.7 Sistematika Penulisan	I-13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 <i>Automatic Storage and Retrieval System (AS/RS)</i>	II-1
II.2 Mekanisme Gerak	II-6
II.3 Mikrokontroler Arduino	II-10
II.4 Ramps 1.4 <i>Shield</i>	II-12
II.5 Motor Sebagai Aktuator	II-14
II.6 <i>Arduino Liquid Crystal Display</i>	II-17
II.7 <i>Keypad</i> Sebagai Input	II-19
II.8 <i>DC Power Supply</i>	II-21
II.9 <i>Switch</i> Sebagai Input	II-23
II.10 <i>Radio Frequency Identification</i>	II-23
II.11 <i>Metode Storage Space Planning</i>	II-25

BAB III PROSES PERANCANGAN	III-1
III.1 Alat dan Bahan.....	III-1
III.1.1 <i>Controller</i>	III-1
III.1.2 Aktuator.....	III-2
III.1.3 Input.....	III-4
III.1.4 <i>Display</i>	III-7
III.1.5 <i>Power Supply</i>	III-8
III.1.6 Komponen Mekanisme Gerak.....	III-9
III.1.7 <i>Project Base</i> atau Dasar Proyek.....	III-11
III.1.8 Alat Bantu yang Digunakan.....	III-11
III.2 Perancangan <i>Hardware</i> Kelistrikan.....	III-12
III.2.1 Pemasangan Modul Stepper Motor NEMA 17.....	III-14
III.2.2 Pemasangan Modul <i>Keypad</i> 4x4.....	III-16
III.2.3 Pemasangan Modul LCD Display 16x2.....	III-17
III.2.4 Pemasangan Modul Input <i>Push Button</i>	III-18
III.2.5 Pemasangan Modul RFID <i>Scanner</i>	III-19
III.2.6 Pemasangan <i>Power Supply</i>	III-20
III.3 Perancangan Mekanisme Gerak.....	III-21
III.4 Perancangan Isi Program Arduino.....	III-26
III.4.1 Bagian Isi Program <i>Setup</i>	III-27
III.4.2 Bagian Isi Program <i>Main Content</i>	III-31
III.4.2.1 Isi Program Mode Penda.....	III-33
III.4.2.2 Isi Program Mode Koordinat.....	III-34
III.4.2.3 Isi Program Mode RFID.....	III-38
III.4.2.4 Isi Program <i>Auto Home</i>	III-40
III.5 Perhitungan Biaya Perancangan.....	III-40
III.6 Instruksi Kerja Miniatur AS/RS.....	III-42
III.7 Uji Coba Hasil Perancangan Miniatur AS/RS.....	III-44
III.8 Evaluasi Hasil Perancangan Miniatur AS/RS.....	III-46
III.8.1 Usulan Perbaikan Mesin Miniatur AS/RS.....	III-46
III.8.2 Usulan Perbaikan Instruksi Kerja.....	III-47
III.8.3 Spesifikasi, Kelebihan dan Kekurangan Rancangan.....	III-50

BAB IV ANALISIS	IV-1
IV.1 Analisis Parameter Kinerja Miniatur AS/RS.....	IV-1
IV.2 Analisis Hasil Total Biaya Perancangan.....	IV-2
IV.3 Analisis Proses Pembuatan Isi Program.....	IV-4
IV.4 Analisis Proses Pemasangan Komponen.....	IV-5
IV.5 Analisis Hasil Uji Coba dan Usulan Perbaikan.....	IV-6
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
V.1 Kesimpulan.....	V-1
V.2 Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Tabel Keterangan Pin LCD <i>Display</i>	II-18
Tabel III.1 Komponen Mekanisme Gerak Miniatur AS/RS.....	III-10
Tabel III.2 Keterangan Nama Deklarasi pada <i>Define Step</i>	III-29
Tabel III.3 Rincian Biaya Komponen Perancangan Miniatur AS/RS.....	III-41
Tabel III.4 Instruksi Kerja Miniatur AS/RS.....	III-42
Tabel III.5 Hasil Uji Coba Miniatur AS/RS.....	III-44
Tabel III.6 Tabel Instisari Masukan Hasil Uji Coba.....	III-46
Tabel III.7 Instruksi Kerja Menyalakan dan Mematikan Mesin.....	III-47
Tabel III.8 Instruksi Kerja Operasi Mode <i>Pendan</i>	III-48
Tabel III.9 Instruksi Kerja Operasi Mode Koordinat.....	III-49
Tabel III.10 Instruksi Kerja Operasi Mode RFID.....	III-49

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Sistem Penyimpanan atau Pengambilan pada AS/RS.....	II-2
Gambar II.2 <i>Unit Load AS/RS</i> untuk <i>Moveable Aisle</i>	II-3
Gambar II.3 <i>Deep-lane AS/RS</i>	II-3
Gambar II.4 <i>Shutter AS/RS</i>	II-4
Gambar II.5 <i>Man-on-board AS/RS</i>	II-4
Gambar II.6 <i>Automated Item Retrieval System</i>	II-5
Gambar II.7 <i>Vertical Lift Storage Modules</i>	II-5
Gambar II.8 <i>Open Loop Control System</i>	II-6
Gambar II.9 <i>Closed Loop Control System</i>	II-7
Gambar II.10 <i>Pulley Ring and Belt GT-2</i>	II-8
Gambar II.11 <i>Track Roller Mechanism</i>	II-8
Gambar II.12 <i>Lead Screw</i>	II-9
Gambar II.13 Arduino Mega 2560 Rev3.....	II-10
Gambar II.14 Skema Struktur Pin Arduino Mega 2560.....	II-11
Gambar II.15 Skema Struktur Pin Ramps 1.4 untuk 3D Printer.....	II-13
Gambar II.16 <i>Stepper Motor NEMA 17</i>	II-14
Gambar II.17 <i>Servo Motor GWServo</i>	II-15
Gambar II.18 Cara Kerja <i>Stepper Motor</i>	II-15
Gambar II.19 Ilustrasi pin A1, A2, B1 dan B2 <i>Stepper Motor</i>	II-16
Gambar II.20 Struktur pin A4988.....	II-17
Gambar II.21 Struktur Pin LCD <i>Display 16x2</i>	II-18
Gambar II.22 Modul Keypad 4x4.....	II-20
Gambar II.23 Skema Struktur Pin Keypad 4x4.....	II-20
Gambar II.24 <i>DC Power Supply</i>	II-22
Gambar II.25 Jenis-Jenis <i>Switch</i>	II-23
Gambar II.26 Struktur Pin RFID RC522.....	II-24
Gambar III.1 Arduino Mega 2560.....	III-2
Gambar III.2 <i>Stepper Motor NEMA 17</i>	III-2
Gambar III.3 Ramps 1.4 <i>Shield</i>	III-3
Gambar III.4 <i>Stepper Motor Driver A4988</i>	III-4

Gambar III.5 <i>Push Button</i>	III-5
Gambar III.6 <i>Keypad 4x4</i>	III-5
Gambar III.7 Modul RFID.....	III-6
Gambar III.8 <i>Mechanical Endstop</i>	III-6
Gambar III.9 <i>LCD Display 16x2</i>	III-7
Gambar III.10 <i>DC Power Supply 12V 20A</i>	III-8
Gambar III.11 Diagram Prinsip Mekatronika.....	III-12
Gambar III.12 Pemasangan Ramps 1.4 terhadap Arduino Mega 2560.....	III-13
Gambar III.13 Rangkaian Pemasangan Modul Stepper NEMA 17.....	III-15
Gambar III.14 Rangkaian Pemasangan Modul <i>Keypad 4x4</i>	III-16
Gambar III.15 Rangkaian Pemasangan Modul LCD 16x2.....	III-17
Gambar III.16 Rangkaian Pemasangan Modul Input <i>Push Button</i>	III-18
Gambar III.17 Rangkaian Pemasangan Modul RFID RC522.....	III-19
Gambar III.18 Rangkaian Pemasangan <i>Power Supply</i>	III-20
Gambar III.19 Pemasangan Ujung Jalur Mekanisme <i>Belt Pulley</i> Sumbu X.....	III-21
Gambar III.20 Pemasangan Motor pada Mekanisme <i>Belt Pulley</i> Sumbu X.....	III-22
Gambar III.21 Pemasangan Base Kaca Akrilik.....	III-23
Gambar III.22 Pemasangan <i>Holder</i> Sumbu Y.....	III-24
Gambar III.23 Pemasangan Bagian <i>Head</i> Sumbu Y.....	III-25
Gambar III.24 Pemasangan Bagian Ujung Atas Mekanisme Sumbu Y.....	III-25
Gambar III.25 Hasil Akhir Pemasangan Proyek Miniatur AS/RS.....	III-26
Gambar III.26 Bagian Awal Isi Program <i>Define Step</i>	III-27
Gambar III.27 <i>Define Step</i> Berdasarkan Struktur Ramps 1.4.....	III-28
Gambar III.28 Isi Program <i>Void Setup</i>	III-30
Gambar III.29 Bagian Awal Program <i>Main Content</i>	III-31
Gambar III.30 Isi Program <i>Branching</i> Empat Mode.....	III-32
Gambar III.31 Salah Satu Bagian Isi Program Mode Pendan.....	III-33
Gambar III.32 Input Program Koordinat Perpindahan Sumbu X.....	III-34
Gambar III.33 Input Program Koordinat Inisialisasi <i>Integer</i> Tambahan.....	III-35
Gambar III.34 Program Mode Koordinat Motor Sumbu X <i>Counterclockwise</i>	III-35
Gambar III.35 Program Mode Korrdinat Sumbu Z Mengambil.....	III-37
Gambar III.36 Isi Program Mode RFID Bagian Awal.....	III-39
Gambar III.37 Isi Program <i>Auto Home</i>	III-40

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A : Skema Struktur Pin *Shield* Ramps 1.4
- Lampiran B : Proyeksi Amerika Komponen Buatan 3D *Printing*
- Lampiran C : Diagram Rangkuman Isi Program
- Lampiran D : Isi Program Arduino
- Lampiran E : Gambar CAD Keseluruhan Mekanisme Gerak

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

I.1 Latar Belakang Permasalahan

Pada zaman sekarang, kemajuan teknologi sangat membantu memudahkan pekerjaan manusia. Kemajuan teknologi tersebut terlihat dari berbagai macam segi, mulai dari perkembangan mekanisme atau cara kerja teknologi tersebut, perkembangan inovasi fitur-fitur, dan perkembangan pengoptimalan fungsi serta tingkat kemudahan pemakaian untuk mempermudah pekerjaan manusia. Saat ini sudah banyak ditemukan produk-produk berteknologi tinggi yang sudah terkomputerisasi yang sudah direalisasikan dan digunakan secara nyata. Hal tersebut dimaksudkan agar manusia tidak perlu lagi bersusah payah dalam mengolah informasi serta berpikir keras dalam melakukan kegiatannya. Pengolahan informasi atau proses berpikir tersebut sudah dilakukan oleh program sehingga manusia atau *user* hanya perlu menginput berupa perintah atau input lainnya. Tentu saja input dari suatu sistem tersebut perlu didesain sedemikian rupa agar mudah dilakukan. Sehingga hal tersebut akan mengurangi proses berpikir *user* dalam memasukkan input juga mengurangi probabilitas kesalahan dalam penginputan yang dilakukan.

Kemajuan teknologi dari bidang industri sendiri juga sudah banyak sistem terotomasi yang diterapkan terutama pada perusahaan-perusahaan besar. Sistem-sistem terotomasi tersebut yakni seperti *smart conveyor*, *3D printing*, *automatic guided vehicle*, *automatic storage retrieval system (AS/RS)*, dan sistem lainnya. Namun dari seluruh sistem terotomasi yang telah ditemukan tersebut, hampir seluruhnya merupakan sistem yang mempercepat proses fabrikasi pembuatan dari suatu produk. Padahal bagian *inventory* atau bagian *storage* dari suatu perusahaan cukup berperan penting dan berpengaruh cukup signifikan terhadap waktu siklus atau waktu proses pembuatan suatu produk.

Proses operasi pada bagian *storage* dengan menggunakan sistem konvensional berpotensi atau bahkan sudah sering mengakibatkan terjadinya kecelakaan kerja. Hal tersebut dikarenakan penggunaan sistem konvensional seperti *forklift* dan lainnya masih dioperasikan oleh operator sepenuhnya sehingga butuh adanya kewaspadaan dan fokus yang lebih saat melakukan pekerjaannya pada kurun waktu yang lama tersebut. Kecelakaan kerja pada bagian *storage* banyak bentuknya mulai dari kecelakaan karena jatuhnya benda besar dan berat dari atas rak, *low back pain sickness* pada pekerja atau biasa disebut sebagai *lumbosacral sickness* (L5S1), dan lainnya. Menurut PT *Safety Sign* Indonesia (2016), berdasarkan penelitian dan analisis mendalam dari organisasi *Occupational Safety and Health Organization* (OSHA) menjelaskan bahwa terdapat lima penyebab umum kecelakaan kerja yang terjadi digudang. Kelima penyebab tersebut yaitu kesalahan peroperasian *forklift*, kesalahan penyimpanan atau penyusunan *pallet*, kurangnya alat bantu pelindung diri (APD) atau alat bantu keselamatan kerja, manajemen prosedur K3 yang kurang baik serta adanya gerakan repetitif pekerja yang membuat otot dan tulang menjadi kaku dan cepat lelah. Kelima penyebab tersebut dapat diatasi salah satunya dengan menerapkan sistem terotomasi pada *storage* seperti AS/RS.

Selain kecelakaan kerja, sistem konvensional juga dinilai terlalu menggunakan banyak luas lantai sebagai jalur transportasi serta susunan benda-benda pada rak yang kurang terjamin. Oleh karena hal tersebut, *cost* atau biaya luas lantai perusahaan dapat menjadi besar. Penerapan ilmu perancangan tata letak dapat membantu, namun sistem terotomasi juga menjadi salah satu solusi yang efektif dalam mengurangi luas lantai pabrik tersebut.

Faktor waktu juga menjadi masalah tersendiri bagi perusahaan yang mengalami persentase *throughput* yang rendah, apalagi faktor ini merupakan salah satu faktor yang penting dalam menentukan keberhasilan suatu perusahaan. Penggunaan sistem konvensional sangat menggunakan banyak waktu terutama proses transportasi *forklift* atau alat-alat lainnya. Dengan penggunaan sistem terotomasi seperti AS/RS, permasalahan ini bisa diatasi dan memang sudah dibuktikan lebih efisien dibanding penggunaan sistem konvensional. Hasil data waktu percobaan pembuktian tersebut tercantum pada jurnal penelitian internasional oleh Hu, Huang, Chen, Hsu, Toh, Lok, dan Song

(2005) yang berjudul “*Travel Time Analysis of a New Automated Storage and Retrieval System*”.

Selain mengatasi ketiga permasalahan-permasalahan utama diatas, menurut Groover (2001), penerapan sistem terotomasi pada *storage* juga memiliki kelebihan-kelebihan berikut dibandingkan dengan sistem konvensional:

1. Meningkatkan kerapatan dan kapasitas penyimpanan.
2. Meningkatkan penjagaan dan mengurangi pencurian.
3. Mengurangi biaya tenaga kerja dan menaikkan produktivitas.
4. Meningkatkan efektivitas pengendalian persediaan dan rotasi stok.
5. Meningkatkan kepuasan pelayanan pelanggan.

Saat ini sistem terotomasi pada bagian *storage retrieval* memiliki dua sistem, yakni AS/RS dan *carousal storage system*. Carousal storage system masih mengandalkan penggunaan konveyor, sedangkan sistem AS/RS sudah menggunakan mesin otomasi tersendiri dengan mekanisme control yang sudah berbasis komputer.

Sistem AS/RS sendiri juga pada dasarnya masih dalam perkembangan mengenai soal mempercepat laju atau memperkecil waktu dari proses pengambilan komponen atau material yang dilakukannya. Untuk di Indonesia sendiri, penerapan AS/RS masih belum banyak dilakukan oleh industri-industri hingga saat ini. Industri-industri besar di Indonesia, masih banyak yang menggunakan fasilitas *material handling* dengan sistem konvensional seperti *forklift*, *hand truck*, *pallet jack*, dan lainnya. Hal tersebut disebabkan oleh karena biaya implementasi sistem AS/RS yang mahal, dan juga ketidakefektifan hasil yang didapat. Oleh sebab itu, sistem AS/RS masih memiliki banyak ruang untuk dapat dikembangkan kembali menjadi suatu sistem terotomasi dengan fasilitas lengkap mengingat sistem ini sangat penting bagi sistem *storage* industri-industri kedepan.

Pentingnya pengetahuan AS/RS dalam ilmu-ilmu industri seharusnya sudah menjadi kesadaran tersendiri dan diajarkan secara detail pada generasi industri yang akan datang. Generasi industri yang berkembang di era selanjutnya harus lebih maju dan lebih terotomasi dari yang sebelum-sebelumnya diterapkan. Oleh karena itu harus adanya pengembangan dari sistem terotomasi yang telah ditemukan saat ini. Institusi-institusi pendidikan khususnya dalam bidang pengetahuan teknologi industri dihimbau dan disarankan untuk memberikan

pengetahuan yang cukup mengenai sistem otomasi manufaktur dan AS/RS ini adalah salah satu contoh tema yang tepat mengingat masih belum banyaknya diterapkan. Sehingga, dengan ketersediaannya miniatur AS/RS akan sangat menunjang proses pembelajaran bagi teknisi-teknisi muda dalam memahaminya. Oleh karena AS/RS merupakan suatu teknologi sistem terotomasi yang banyak diterapkan oleh perusahaan-perusahaan besar, maka pengetahuan tentang hal ini dibutuhkan terutama bagi pelajar-pelajar yang berambisi untuk membuat industri skala besar atau berambisi untuk menjadi teknisi mesin AS/RS.

I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

AS/RS merupakan salah satu alternatif solusi sistem terotomasi yang dapat diterapkan perusahaan untuk mengoptimalkan proses pada bagian *storage* dan *warehouse*. Sistem AS/RS ini bekerja secara otomatis mengambil maupun meletakkan komponen yang diinginkan pada rak yang sudah ditentukan. Hal tersebut dikarenakan fungsi utama AS/RS yakni memperkecil waktu serta memperkecil adanya kesalahan saat proses berlangsung.

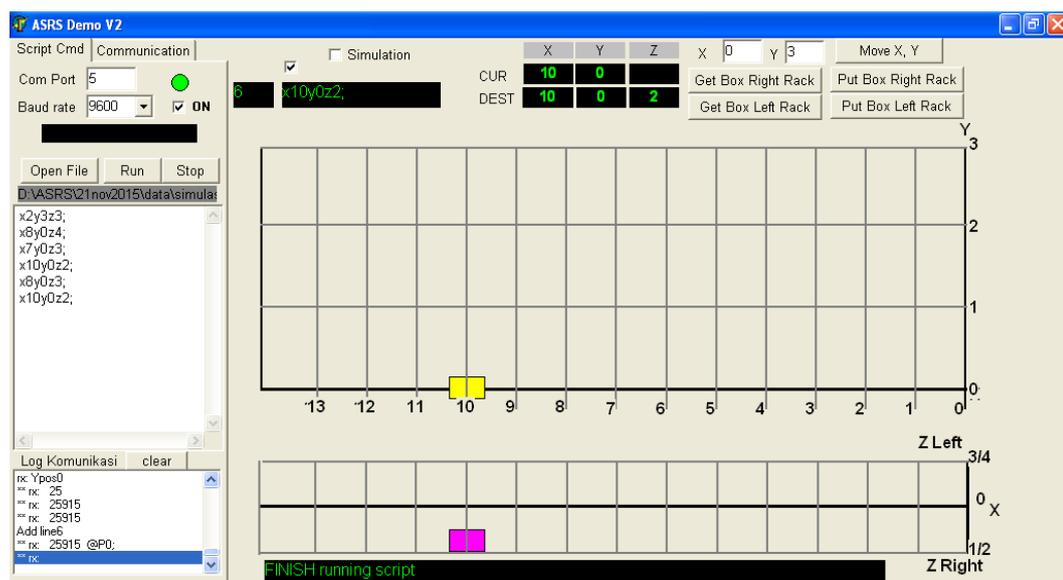


Gambar I.1 AS/RS Laboratorium Otomasi Sistem Produksi

Ketika sistem AS/RS masih menggunakan input berupa koordinat sumbu x, y, dan z, maka diperlukan operator untuk menginputnya ke *software*. Dengan sistem input berupa koordinat tersebut, tentu saja operator kembali harus berpikir cara menginput koordinat yang tepat. Operator juga perlu tahu lokasi koordinat dimana suatu material tersebut berada. Selain itu juga operator perlu menginputnya berkali-kali secara berulang sesuai dengan jumlah material atau komponen yang ingin diinput. Salah satu contoh rancangan AS/RS dengan input koordinat yakni AS/RS laboratorium Otomasi Sistem Produksi (OSP) yang ada pada Gambar I.1.

Dengan sistem input seperti itu, kesalahan menginput koordinat bisa saja terjadi. Selain itu juga proses berpikir serta proses menginput koordinat yang dilakukan secara berulang kali tersebut juga membutuhkan waktu yang cukup lama hanya untuk ingin mengambil beberapa material saja. Namun input berupa koodinat dalam sewaktu-waktu tetap dilakukan apabila pengambilan komponen material yang ingin diambil tidak berdasarkan atau berbeda dengan data *bill of material* jenis produk yang tercatat. Oleh karena itu sistem disarankan juga dapat melakukan input melalui sistem koordinat.

Selain itu, sistem AS/RS juga sebaiknya dapat dioperasikan secara manual atau bisa disebut sebagai mode *pendan* sewaktu-waktu ada kesalahan pada program pembacaan input atau hal-hal lainnya. Berikut merupakan salah satu contoh tampilan *software* rancangan AS/RS dengan input berupa koordinat.



Gambar I.2 Tampilan *Software* AS/RS Laboraturium OSP dengan Input Koordinat

Pada umumnya kerusakan yang terjadi pada AS/RS merupakan kerusakan yang disebabkan oleh rusaknya salah satu komponen penyusunnya, bukan merupakan kerusakan pada program dalam *software* atau sistemnya. Oleh karena itu AS/RS dirancang berbentuk miniatur sehingga pergantian komponen yang rusak dapat dilakukan dengan mudah dan juga harga komponen-komponennya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan AS/RS aslinya.

Ditinjau dari segi pendidikan, AS/RS yang dirancang akan lebih baik apabila didalamnya terdapat ilmu-ilmu dasar bahan ajaran yang lengkap. Sehingga variasi jenis input yang beragam merupakan salah satu bentuk bahan ajaran yang lengkap tersebut. Selain itu juga rangkaian-rangkaian AS/RS yang dirancang harus sesederhana mungkin agar dapat lebih mudah dimengerti karena AS/RS yang di aplikasikan di industri saat ini merupakan AS/RS dengan rancangan yang kompleks dikarenakan jenis AS/RS tersebut merupakan AS/RS *custom* yang menyesuaikan kebutuhan dan kondisi perusahaan tersebut.

Selain masalah-masalah teknis perancangan pada industri tersebut, ketika ditinjau dari pihak institusi pendidikan khususnya bidang teknologi industri, jasa perancangan AS/RS membutuhkan biaya yang sangat mahal dikarenakan komponen-komponennya yang harus kuat dan berukuran besar. Namun, faktor-faktor seperti daya kuat serta ukuran tersebut bukanlah sesuatu yang harus dipenuhi dalam perancangan miniatur AS/RS berbasis keperluan pendidikan ini. Permasalahan biaya ini terlihat jelas karena masih sedikitnya *prototype* AS/RS untuk keperluan pendidikan yang ada di institusi pendidikan khususnya di Indonesia saat ini.

AS/RS bukanlah suatu barang yang dapat dibeli dengan mudah. Hal tersebut dikarenakan tidak ada spesifikasi, harga, serta Gambar produk jadi AS/RS yang tertera, tidak seperti produk-produk lain pada umumnya. Ketika suatu perusahaan atau institusi pendidikan ingin membeli AS/RS, maka pembelian dilakukan dengan bentuk membeli jasa perancangan AS/RS dengan desain yang diinginkan, bukanlah membeli produk AS/RS yang memang sudah langsung jadi. Harga dari jasa perancangan tersebut mengikuti desain dari AS/RS yang diinginkan sesuai keperluan tersebut. Oleh karena itu, harga AS/RS menjadi beragam sesuai dengan tingkat kompleksitas, jenis, kecepatan, akurasi, dan lainnya. Namun meskipun dengan rancangan AS/RS yang sederhana, biaya

jasa atau biaya usaha dalam merancang AS/RS itu tetap saja ada dan cukup mahal mengingat pentingnya hal tersebut dalam industri dan kebanyakan hanya perusahaan-perusahaan *supplier* teknologi besar yang dapat merancang hal tersebut. Selain itu juga ketika AS/RS tersebut rusak atau bermasalah, biaya reparasi pun cukup mahal dikarenakan mengganti komponen yang rusak serta biaya jasa reparasi itu sendiri.

Menurut pengakuan dari Viastore System Inc. (2016), harga AS/RS pada umumnya yang diterapkan di industri skala besar yakni seharga 5 hingga 15 juta dolar. Untuk AS/RS yang terotomasi sepenuhnya (tanpa input dari manusia) yakni mencapai sekitar 20 juta dolar. Dengan harga demikian, Viastore System juga mengungkapkan bahwa *payback period* terhadap investasi AS/RS tersebut yakni sekitar tiga sampai lima tahun. Menurut Bargaritas, Ktena, Manasis, dan Ladoukakis (2009), juga menyatakan bahwa harga jasa perancangan AS/RS pada pasar elektronik di Yunani sangat tidak memungkinkan bagi industri domestik untuk membelinya mengingat harganya yang mencapai ribuan dolar untuk skala industri kecil. Berdasarkan pernyataan tersebut, AS/RS sebaiknya diterapkan untuk industri dengan skala besar mengingat harganya yang mahal ketika ditanggung oleh industri menengah kebawah ataupun institusi pendidikan.

Selain itu juga berdasarkan hasil data biaya NPV terhadap rancangan AS/RS yang dibuat oleh Mukhlisin, Rachmat, dan Mulyana (2005), menunjukkan bahwa biaya operasional termasuk depresiasi yang dihasilkan tiap tahun sekitar 3,5 juta rupiah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa selain biaya instalasi AS/RS, biaya operasional dari AS/RS itu sendiri juga cukup mahal. Padahal rancangan AS/RS yang dibuat oleh Mukhlisin, Rachmat, dan Mulyana (2016) tersebut merupakan AS/RS untuk skala industri kecil dan sudah menggunakan komponen yang paling murah.

Dalam hal pendidikan, modul pembelajaran AS/RS sering kali tidak efektif dan diabaikan karena tingkat kompleksitas mesin yang tinggi sehingga membutuhkan fasilitas mesin untuk menunjang proses pembelajaran. Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan dengan narasumber Bapak Christian Fredy Naa. M.Si., M.Sc., selaku salah satu dosen jurusan mekatronika Universitas Katolik Parahyangan, beliau menyampaikan beberapa poin penting berikut.

1. Dengan adanya miniatur AS/RS, proyek tersebut sangat membantu proses pembelajaran mahasiswa untuk memberikan visualisasi sesuai dengan AS/RS pada aslinya.
2. Fakultas Teknologi Industri, idealnya harus dapat menghasilkan lulusan yang paham dan dapat bekerja dengan baik di industri, oleh karena itu AS/RS cukup penting untuk dijadikan sebagai salah satu modul pembelajaran mahasiswa. Selain itu banyaknya institusi di Indonesia yang belum memiliki AS/RS disebabkan karena mahalnya biaya AS/RS yang beredar saat ini dan ukurannya yang sangat besar sehingga sulit untuk diinstalasi pada laboratorium universitas.
3. Bagus atau tidaknya suatu rancangan mesin miniatur AS/RS dinilai dari aspek reliabilitas yang merupakan tingkat kekonsistenan kinerja mesin seiring dengan umur pakai, aspek kesamaan cara kerja dengan AS/RS asli, aspek modularitas yang merupakan dapat dengan mudah dibongkar pasang, serta aspek fleksibilitas mesin yang merupakan kemudahan suatu mesin diatur seperti dengan menambahkan beberapa mode, dan kemudahan modifikasi maupun dalam hal program, penambahan modul kelistrikan, dan penambahan mode-mode lainnya.

Fleksibilitas dari mesin AS/RS dalam hal pendidikan merupakan hal yang penting mengingat kompleksitas program AS/RS yang sangat rumit. Agar proses pembelajaran berjalan dengan efektif, isi program dalam AS/RS juga harus dibuat semudah mungkin. Arduino merupakan salah satu program berbahasa C yang umum dan mudah untuk diinterpretasikan. Bahasa pemrograman yang umum tersebut membuat program dapat mudah untuk diatur sesuai dengan keinginan, sehingga membuat mesin menjadi lebih fleksibel dalam menyesuaikan kondisi apapun.

Selain itu, dalam hal pendidikan dengan adanya mesin miniatur AS/RS ini, pelajar tidak hanya mendapatkan pengetahuan seputar AS/RS saja melainkan juga mendapatkan pengetahuan seputar modul-modul kelistrikan yang digunakan seperti *keypad*, *LCD Display*, *stepper motor*, dan lain-lain. Pengetahuan-pengetahuan ini juga tidak kalah penting mengingat masing-masing modul sering digunakan dalam sistem lain seperti *keypad* dan *LCD Display* pada kalkulator, RFID pada mesin absensi karyawan pabrik, *stepper motor* sebagai aktuator penggerak mesin *3D printing*, dan lainnya. Sehingga

pencapaian pengetahuan yang didapatkan oleh pelajar bukan hanya pengetahuan cara kerja dan pengoperasian AS/RS melainkan juga mendapatkan pengetahuan mengenai cara kerja, pengoperasian, serta cara pemasangan modul-modul kelistrikan terkait.

Melihat permasalahan-permasalahan tersebut membuktikan bahwa sebenarnya sistem AS/RS tersebut dapat diperbaiki dan dapat dikembangkan lagi mengingat sistem ini merupakan sistem terotomasi yang efektif dan efisien untuk di bagian *storage* serta penting bagi keperluan pendidikan generasi industri mendatang. Dengan pengembangan jenis-jenis sistem input serta perancangan yang tepat dapat membuat sistem AS/RS yang baru menjadi diimplementasikan sepenuhnya ke industri Indonesia saat ini serta menjadi sumber alternatif sumber pendidikan yang baik bagi generasi industri muda kedepannya.

Berdasarkan keterangan tersebut, dibuat rumusan masalah untuk menyelesaikan permasalahan sistem *storage* tersebut. Berikut dibawah ini merupakan rumusan masalah dari perancangan ulang input sistem AS/RS.

1. Bagaimana rancangan mekanisme gerak dari miniatur AS/RS yang dibuat untuk keperluan pendidikan?
2. Bagaimana rancangan kelistrikan dari miniatur AS/RS yang dibuat untuk keperluan pendidikan?
3. Bagaimana rancangan program berbasis Arduino dan sistem kontrol dari miniatur AS/RS yang dibuat untuk keperluan pendidikan?
4. Bagaimana evaluasi hasil rancangan miniatur AS/RS yang dibuat untuk keperluan pendidikan?

I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian

Pada bagian ini akan dibahas mengenai batasan-batasan serta asumsi-asumsi apa saja yang digunakan pada penelitian ini. Berikut merupakan batasan yang digunakan dalam penelitian berdasarkan rumusan masalah yang dibuat.

1. Perancangan miniatur AS/RS dilakukan untuk tipe *dedicated storage*.
2. Setiap masing-masing rak atau *bay* hanya digunakan untuk menampung satu jenis komponen dengan satu *unit load* (toteplan atau tempat penyimpanan lainnya).

3. Pemilihan jenis komponen atau material dari rancangan miniatur AS/RS tidak memperhatikan segi kekuatan angkat benda berat dan kecepatan angkutnya.

Pada penelitian yang dilakukan, asumsi diperlukan untuk mencegah ketika adanya kejadian yang diluar kendali peneliti. Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tidak ada hasil penelitian miniatur AS/RS serupa lainnya saat proses penelitian ini berlangsung.

I.4 Tujuan Penelitian

Pada bagian ini dibahas mengenai tujuan dari penelitian perancangan ulang AS/RS yang dilakukan. Tujuan dari penelitian perancangan ini yakni:

1. Mengembangkan rancangan mekanisme gerak miniatur AS/RS yang dibuat untuk keperluan pendidikan.
2. Mengembangkan rancangan kelistrikan dari miniatur AS/RS yang dibuat untuk keperluan pendidikan.
3. Mengembangkan rancangan program berbasis Arduino dan sistem kontrol dari miniatur AS/RS yang dibuat untuk keperluan pendidikan.
4. Mengevaluasi hasil rancangan miniatur AS/RS yang dibuat untuk keperluan pendidikan.

I.5 Manfaat Penelitian

Pada bagian ini, dibahas mengenai manfaat dari penelitian dari perancangan ulang AS/RS yang dilakukan. Manfaat dari penelitian ini dapat dikemukakan dalam dua sisi yaitu manfaat teoritis serta manfaat praktis.

1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber referensi bagi peneliti-peneliti lain ketika sedang melakukan perancangan AS/RS. Selain itu juga penelitian ini diharapkan dapat memberikan ide-ide terobosan baru dalam mengembangkan rancangan sistem-sistem yang lain.

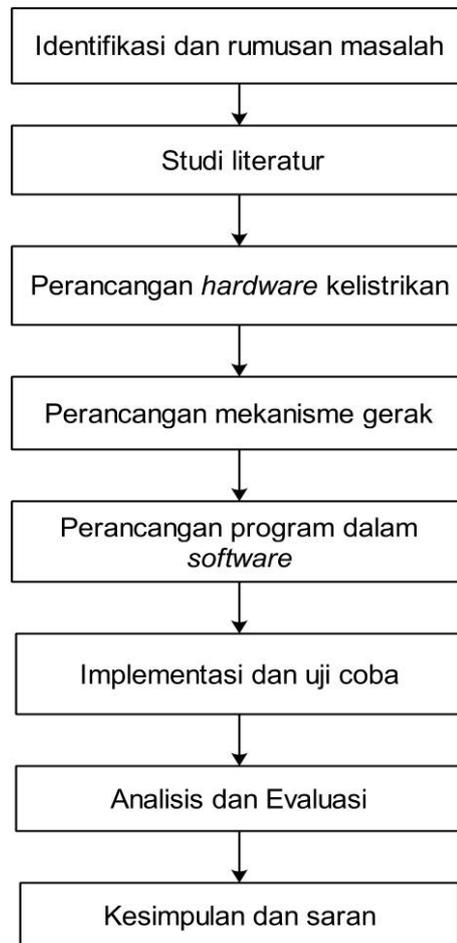
2. Manfaat Praktis

Secara praktis manfaat penelitian perancangan ini dapat dibagi kedalam beberapa poin.

- a. Bagi pihak perusahaan atau industri-industri lain, hasil dari rancangan ini diharapkan dapat diterapkan atau diimplementasikan dengan pada industri manufaktur khususnya pada industri yang memiliki banyak jenis produk yang dijual.
- b. Bagi pihak institusi-institusi pendidikan, hasil rancangan ini diharapkan dapat diimplementasikan untuk menjadi sumber bahan ajaran bagi generasi-generasi muda khususnya dalam bidang ilmu teknologi industri.
- c. Bagi pihak peneliti, tahapan-tahapan atau proses perancangan ini bermanfaat untuk meperluas wawasan baru serta menambah pengalaman kerja pada situasi nyata yang terjadi di perusahaan.
- d. Bagi pihak peneliti lain, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai informasi atau referensi literatur tambahan dalam penulisan karya ilmiah lain mengenai perancangan sistem terotomasi lain di masa mendatang.

I.6 Metodologi Penelitian

Pada penelitian perancangan miniatur AS/RS ini, pertama-tama peneliti perlu melakukan pengamatan dengan mencari sumber referensi literatur sebanyak-banyaknya. Setelah itu baru merancang bagaimana mekanisme sistem tersebut berjalan. Perancangan mekanisme tersebut dilakukan dengan bantuan gambar teknik untuk lebih jelas. Setelah itu, proses dilanjutkan dengan melakukan perancangan dari segi kebutuhan alat-alat atau *hardware*-nya. Kemudian peneliti baru akan merancang bagian *software* dalamnya atau pemrogramannya pada mikrokontroler yang sudah terinstal. Setelah proses perancangan selesai, maka peneliti mulai membuat atau mengimplementasikan rancangan menjadi suatu bentuk miniatur prototipe asli. Ketika pengujian rancangan atau miniatur tersebut gagal, maka akan dilakukan perbaikan hingga berhasil. Jika tetap masih memiliki kendala, maka hal tersebut akan dibahas secara mendalam pada bagian analisis dan evaluasi hasil rancangan. Setelah dianalisis, pembuatan kesimpulan dan saran dilakukan untuk perancangan sistem terotomasi AS/RS di masa mendatang.



Gambar I.3 Tahapan Metodologi Penelitian

Berikut merupakan uraian detail langkah-langkah metodologi penelitian yang akan dilakukan dalam perancangan miniatur AS/RS berbasis keperluan pendidikan ini.

1. Identifikasi dan Rumusan Masalah
Tahap awal ini adalah tahapan yang dilakukan oleh peneliti dalam menemukan suatu rancangan sistem yang dapat dan pantas untuk dikembangkan.
2. Studi Pustaka
Dengan mengetahui rancangan sistem yang akan dikembangkan, pencarian sumber informasi berupa teori-teori dasar, diskusi dengan para ahli dilakukan untuk mengetahui secara garis besar pengembangan seperti apa pada rancangan yang dapat diterapkan.
3. Perancangan *Hardware* Kelistrikan AS/RS

Pada tahap ini rancangan komponen-komponen kelistrikan serta rangkaianannya dibuat. Mula-mula diagram prinsip sistem mekatronika dibuat, kemudian dilanjutkan dengan perancangan rangkaian listrik mesin. Rancangan yang telah jadi kemudian akan direalisasikan.

4. Perancangan Mekanisme Gerak AS/RS

Pada tahap ini rancangan komponen-komponen mekanisme gerak akan dibuat. Mula-mula rancangan akan dibuat pada gambar CAD, kemudian proses pembelian dan pembuatan komponen dilakukan. Ketika komponen mekanisme sudah lengkap, pemasangan dilakukan sesuai rancangan yang telah dibuat.

5. Perancangan Isi Program Dalam Sistem AS/RS

Setelah komponen-komponen *hardware* terpasang serta tersusun dengan baik, isi program dalam mikrokontroler yang terpasang akan dibuat. Pada tahap awal, program diisi dengan deklarasi pin sesuai dengan pemasangan *hardware* kelistrikan yang telah dilakukan. Kemudian program diisi dengan perintah sesuai dengan mode AS/RS yang ingin dibuat. Hasil program kemudian diunggah ke bagian kontrol untuk diimplementasikan.

6. Implementasi dan Uji Coba

Pada tahap ini, mesin AS/RS akan dibuat instruksi kerjanya dan akan diuji untuk dijalankan. Pengujian dilakukan oleh tiga responden yang diambil secara acak tanpa melihat latar belakang orang tersebut.

7. Analisis dan Evaluasi Miniatur AS/RS

Hasil uji coba AS/RS yang telah dibuat kemudian dianalisis dan di evaluasi untuk perbaikan penelitian kedepan. Bahan analisis dan evaluasi yang dilakukan yakni proses pemasangan, kinerja mesin, instruksi kerja, kelebihan dan kekurangan, serta spesifikasi.

8. Penarikan Kesimpulan dan Pemberian Saran

Tahapan terakhir yang dilakukan yaitu penarikan kesimpulan dan pemberian saran. Dari hasil rancangan yang dibuat, peneliti akan membuat kesimpulan yang akan menjawab tujuan penelitian. Pemberian saran ditujukan kepada peneliti-peneliti lain yang sedang atau akan melakukan perancangan sistem terotomasi serupa terutama AS/RS.

I.7 Sistematika Penulisan

Pada laporan perancangan miniatur AS/RS ini, penulisan materi-materi akan dikelompokkan kepada 5 bab besar. Kelima bab tersebut terbagi menjadi beberapa subbab dengan sistematika berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi mengenai latar belakang permasalahan, identifikasi dan perumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi mengenai penjabaran teori-teori dasar yang digunakan dalam penelitian. Penjabaran ini dimulai dari teori dasar mengenai *Automatic Storage and Retrieval System (AS/RS)*, mekanisme gerak, mikrokontroler Arduino, dan metode *storage space planning*.

BAB III PROSES PERANCANGAN

Pada bab ini berisi mengenai penjelasan rancangan miniatur AS/RS yang dibuat, proses pembuatan AS/RS dan hasilnya. Pada bab ini akan dibagi kedalam lima bagian pembahasan yaitu keterangan alat dan bahan, perancangan sistem mekanisme gerak, perancangan *hardware* dan komponen kelistrikan, perancangan isi program *software*, serta perhitungan harga perancangan.

BAB IV ANALISIS

Pada bab ini berisi mengenai analisis hasil rancangan miniatur AS/RS yang dibuat. Pada bab ini akan dibagi kedalam tiga subbab yakni analisis hasil gerak miniatur AS/RS, analisis hasil perhitungan biaya perancangan, analisis reparasi dan perawatan berdasarkan perkiraan durasi umur pakai.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi mengenai kesimpulan dari hasil perancangan yang dibuat beserta sarannya untuk penelitian atau perancangan serupa kedepannya.