

Sistem Pengepakan Botol Minuman Kemasan Berbasis *Programmable Logic Controller*

Samuel Yosia Dimpudus⁽¹⁾, Dr. Eng. Vecky C. Poekoel, ST, MT⁽²⁾, Pinrolinvic D. K. Manembu, ST, MT⁽³⁾

(1)Mahasiswa, (2)Pembimbing 1, (3)Pembimbing 2

E-Mail : yosia@rocketmail.com

Jurusan Teknik Elektro-FT. UNSRAT, Manado-95115

Abstract - The sophistication of machines in the global world today has grown rapidly. The increasing human needs also spur its development. In order to facilitate human life that formerly cooking water for their drink, at this time water is packaged in bottles to be consumed anywhere. Therefore, factory of qualified bottled water is highly demanded to meet the health needs of consumers. Most plants already have automated tools ranging from raw material to finishing product, but there are also plants that do not have one of these technologies included in North Sulawesi. Then the technology developer in North Sulawesi, especially colleges is need to try to develop these technologies, including the packing section which is still using manpower.

Design and manufacture of packing system's prototype for bottled water (more specifically the packaging for 600ml) with good mechanical parameters and good software will support these packing process. Using Electricity even air (pneumatic) in the system manufacture was performed. For controlling system, there used PLC (Programmable Logic Controllers) Siemens S7-300 CPU 314C-2 DP. Mechanical systems use materials armed with iron and aluminum with propulsion of direct current electric motors and pneumatic cylinders. Based on the size of the bottle and carton, frame and mechanical systems are made. Maximum average current of 12V DC motor is for lifting weights with 2,036 A, and on a 24 V DC motor is for right motion (with load) with 0.184 A. The force generated from pneumatic cylinder with 2 bar pressure for clasping load is 40.192 N while at the starting position/ release the load is 36.267 N. The total volume of air compression required for cylinder is 0.1415512 liters.

From the test results, it was concluded that the system can work well although with a slightly longer time. It is hoped that an air vacuum system can be used in the future development to facilitate packing bottles of bottled water.

Keywords: bottles, force, motor, packing, PLC, pneumatic, time, volume

Abstrak - Kecanggihan mesin di dunia global sekarang ini telah berkembang dengan sangat pesat. Semakin bertambahnya kebutuhan manusia pun memacu perkembangan hal itu. Demi mempermudah kehidupannya pun manusia yang pada awalnya memasak air minum pada saat ini mengemasnya dalam botol untuk dapat dikonsumsi dimana saja. Karena itu, pabrik air minum kemasan yang berkualitas sangat dituntut untuk memenuhi kebutuhan kesehatan konsumen. Kebanyakan pabrik telah memiliki alat otomatis mulai dari bahan mentah sampai produk jadi, tetapi ada juga pabrik yang belum memiliki teknologi tersebut salah satunya di Sulawesi Utara. Maka pengembang teknologi di Sulawesi Utara terutama pendidikan tinggi yang ada harus berusaha mengembangkan teknologi tersebut, termasuk pada bagian pengepakan yang masih menggunakan tenaga manusia.

Perancangan dan pembuatan prototipe sistem pengepakan botol air minum dalam kemasan (lebih khusus kemasan 600mL) dengan parameter mekanik dan program yang baik akan menunjang proses pengepakan yang dimaksud. Penggunaan listrik bahkan udara (pneumatik) dalam pembuatan sistem pun dilakukan. Untuk pengontrolan

sistem, digunakan PLC (Programmable Logic Controller) Siemens S7-300 CPU 314C-2 DP. Mekanik sistem menggunakan bahan besi dan aluminium berbekal penggerak berupa motor listrik arus searah dan silinder pneumatik. Berdasarkan pada ukuran botol dan karton, rangka dan mekanik sistem dibuat. Arus rata-rata maksimum pada motor DC 12V adalah pada saat mengangkat beban yaitu 2,036 A, dan pada motor DC 24 V adalah pada saat gerak ke kanan (dengan beban) yaitu 0,184 A. Gaya yang dihasilkan silinder pneumatik pada saat menjepit beban dengan tekanan 2 bar adalah 40,192 N sedangkan pada saat posisi awal/melepas beban adalah 36,267 N. Jumlah volume kompresi angin yang dibutuhkan silinder adalah 0,1415512 liter.

Dari hasil pengujian, disimpulkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik walaupun dengan waktu yang sedikit lama. Dengan begitu, diharapkan bahwa alat sistem vakum udara dapat digunakan ke depannya untuk mempermudah pengepakan botol air minum dalam kemasan.

Kata kunci: botol, gaya, motor, pengepakan, , PLC, pneumatic, volume, waktu

I. PENDAHULUAN

Dunia industri makin berkembang dan ada banyak pabrik yang beroperasi demi terpenuhinya kebutuhan manusia. Mulai dari pabrik kebutuhan primer, sekunder maupun tersier. Kerja manusia dalam pabrik pun semakin mudah, kerja yang dulunya menggunakan tenaga otot manusia saat ini digantikan mesin, tugasnya pun dialihkan menjadi seorang pengoperasi atau pengawas.

Di Sulawesi Utara saat ini ada kurang lebih puluhan pabrik yang beroperasi dan di antaranya merupakan pabrik modern, dalam hal ini dimaksudkan pabrik yang menggunakan alat-alat mekanik, listrik. Dari pabrik-pabrik modern tersebut ada juga yang menggunakan alat hidrolik bahkan pneumatik. Namun, hampir semuanya menggunakan mesin-mesin luar negeri yang berbasis PLC (*Programmable Logic Controller*).

Ketergantungan akan mesin buatan luar negeri mendorong penulis untuk mencoba melakukan penelitian bersifat terapan, merancang alat sederhana yang bisa digunakan untuk industri dalam negeri, dalam hal ini mesin pemindah objek untuk pengepakan botol air minum kemasan. Berawal dari kerja praktek di salah satu pabrik Internasional (Pabrik Air minum dalam kemasan) yang ada di Sulawesi Utara, ternyata ada satu mesin yang dikembangkan oleh Perguruan Tinggi di Indonesia.

Dalam Pabrik tersebut pun belum ada mesin pengepakan, dalam hal ini mesin untuk memindahkan botol yang sudah siap dikemas dalam karton. Oleh karena itu tergaslah ide untuk merancang dan membuat mesin tersebut.

Dengan adanya perancangan dan pembuatan mesin yang dimaksud dapat dilihat bagaimana cara merancang perangkat keras maupun perangkat lunak yang baik untuk menciptakan suatu alat pengepakan yang bisa digunakan oleh pabrik-pabrik air minum kemasan yang ada.

II. LANDASAN TEORI

A. Teknik Kendali

Teori Kendali (kontrol) yang sering digunakan saat ini adalah teori kendali klasik (teori kendali konvensional), teori kontrol modern dan teori kontrol *Robust*. Kendali Otomatis merupakan hal yang mendasar pada berbagai bidang kerja teknik maupun sains dan juga bagian yang sangat penting dan terintegrasi dalam sistem kendaraan luar angkasa, sistem robotika, sistem manufaktur modern dan operasi industri, menyangkut hal-hal seperti kendali temperatur, tekanan, kelembapan, aliran dan lain-lain.

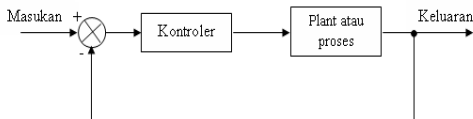
Sistem kendali adalah kumpulan komponen yang bekerja sama di bawah arahan dari sebuah atau beberapa mesin cerdas (*intelligence machine*). Di samping itu, sistem kendali juga dapat diartikan sebagai proses pengaturan/pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (*variabel, parameter*) sehingga berada pada suatu nilai atau dalam suatu rangkuman nilai (*range*) tertentu.

Sistem kendali umpan balik sering disebut sebagai sebuah sistem kendali *loop* tertutup (lihat gambar 1). Sistem kendali *loop* terbuka (lihat gambar 2), merupakan sistem dengan keluaran yang tidak mempengaruhi fungsi kontrol. Dalam sistem kendali *loop* terbuka, keluaran tidak dibandingkan dengan referensi masukan.

B. PLC (Programmable Logic Controller)

Pada dasarnya PLC (Programmable Logic Controller) merupakan suatu peralatan elektronika yang berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi semisal logika, *sequencing*, pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmetika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses dalam suatu pengendalian (*controlling*) dengan memanfaatkan komputer dan bahasa pemrograman. Gambar 4 menunjukkan arsitektur internal kerja dari PLC.

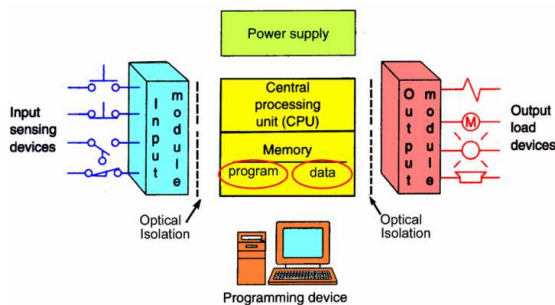
Modul pelatihan LN SIMATIC S7-314C-2 DP (lihat gambar 5) merupakan modul untuk pelatihan penggunaan PLC Siemens S7-300. Secara umum digunakan dalam pelatihan-pelatihan industri ataupun pada perguruan tinggi (universitas).



Gambar 1. Sistem Kendali Loop Tertutup



Gambar 2. Sistem Kendali Loop Terbuka



Gambar 3. Gambaran Sistem PLC

C. Motor Listrik

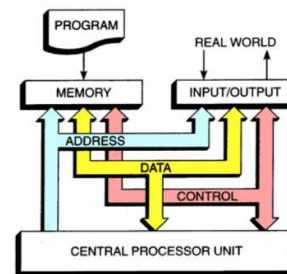
Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet.

Catu tegangan DC dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut anker dinamo. Anker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet. Konstruksinya bisa dilihat pada gambar 6.

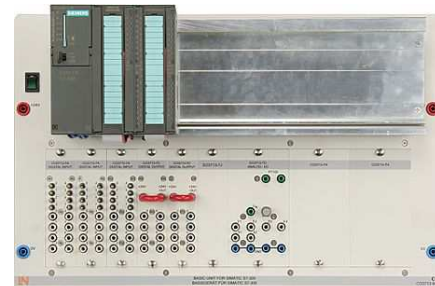
D. Pneumatik

Pneumatik adalah istilah umum yang terkait dengan mekanika udara. Berasal dari kata *pneumatikos* yang artinya sesuatu yang berasal dari angin. Dalam kaitannya dengan bidang kontrol, pemakaian sistem pneumatik sampai saat ini dapat dijumpai pada berbagai industri: pertambangan, perkeretaapian, konstruksi, Manufacturing, robot, dan lain-lain.

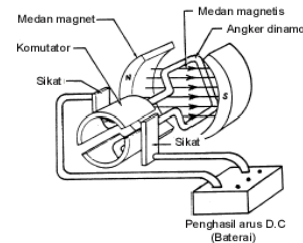
Macam-macam aktuator pneumatik adalah *Linear Motion Aktuator* (Penggerak Lurus) dan *Rotary Motion Actuator* (Penggerak berputar).



Gambar 4. Arsitektur Internal Kerja PLC



Gambar 5. Modul Pelatihan LN SIMATIC S7-314C-2 DP



Gambar 6. Gambar Konstruksi Motor DC

Linear Motion Aktuator (Penggerak Lurus) terbagi atas *Single Acting Cylinder* (Silinder Kerja Tunggal) dan *Double Acting Cylinder* (Silinder Kerja Ganda) *Rotary Motion Actuator* (Penggerak berputar) terbagi atas *Air Motor* (Motor Pneumatik) dan *Rotary Aktuator (Limited Rotary Aktuator)*

Pemilihan jenis aktuator tentu saja disesuaikan dengan fungsi, beban dan tujuan penggunaan sistem pneumatik.

Perhitungan gaya silinder kerja ganda adalah sebagai berikut :

$$\text{Langkah Maju : } F = D^2 \frac{\pi}{4} p \quad (1)$$

$$\text{Langkah Mundur : } F = (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} p \quad (2)$$

$$\text{Perhitungan Volume Udara Kompresi Silinder : } \text{Langkah Maju : } \text{Volume (V)} = p \cdot \pi/4 \cdot d^2 \cdot h \quad (3)$$

$$\text{Langkah Mundur : } \text{Volume (V)} = p \cdot \pi/4 \cdot (d^2 - d_1^2) \cdot h \quad (4)$$

Keterangan :

F = Gaya Piston (N)

V = Volume (m³)

D = Diameter Piston (m)

d = Diameter batang piston (m)

A = Luas penampang piston (m²)

P = Tekanan Kerja (Pa untuk Gaya dan Bar untuk Volume)

h = Panjang langkah (m)

E. SIMATIC STEP 7

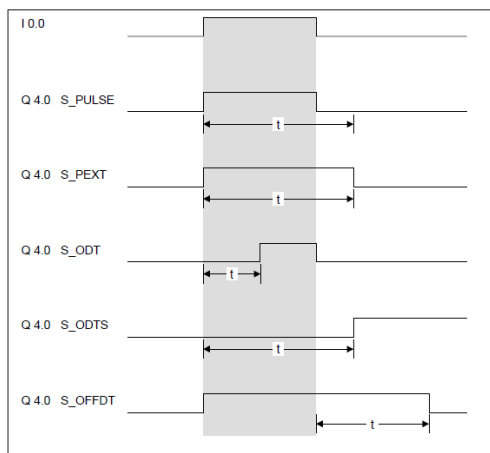
SIMATIC STEP 7 adalah *software* untuk pemrograman PLC Siemens, terutama untuk PLC Siemens Seri 7-300 dan 7-400. Di dalamnya pengguna bisa memprogram kontroler (PLC) dengan fleksibel dan lebih efisien. Adapun *software* yang digunakan adalah SIMATIC STEP 7 yang telah ditentukan bahasa pemrogramannya adalah *ladder diagram*.

Secara umum ada 5 (lima) jenis *timer* pada PLC yang bisa dilihat perbedaan fungsi dalam bentuk sinyal pada gambar 7.

S_PULSE (*Pulse S5 Timer*), S_PEXT (*Extended Pulse S5 Timer*), S_ODT (*On-Delay S5 Timer*), S_ODTS (*Retentive On-Delay S5 Timer*), S_OFFDT (*Off-Delay S5 Timer*).

Fungsi *counter* pada SIMATIC STEP 7 ada 3 macam yang untuk selanjutnya akan dijelaskan pada poin-poin berikut.

S_CUD (*Up Down Counter*), S_CU (*Up Counter*) dan S_CD (*Down Counter*).



Gambar 7. Perbedaan 5 (lima) jenis *timer* pada SIMATIC STEP 7

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Perancangan alat dan penelitian ini dilakukan selama beberapa bulan Februari sampai Desember 2015. Tempat penelitian dan perancangan alat dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kendali dan kediaman penulis.

B. Konsep Dasar Perancangan Alat

Dalam merancang sistem pengepakan ini diperlukan konsep yang baik agar mencapai hasil yang diinginkan. Kemampuan sistem untuk melakukan kerja pemindahan objek mendasari perancangan sistem ini. Oleh karena itu pemilihan perangkat perancangan baik hardware maupun software yang akan digunakan sangatlah berpengaruh. Sistem mekanik yang baik sangat berkaitan erat dengan pemrograman sistem. Diagram blok sistem kendali Pengepakan Botol minuman ini bisa dilihat pada gambar 8.

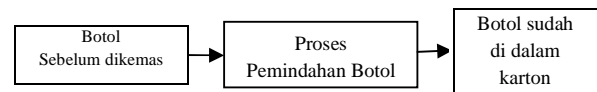
C. Perancangan perangkat keras

Bahan mekanik sistem ini dibuat memakai besi holo maupun batangan dan plat aluminium dengan penyesuaian untuk bobot yang akan diangkat. Bahan-bahan dipilih ini karena sering digunakan untuk perancangan prototipe alat dengan massa yang tidak terlalu berat.

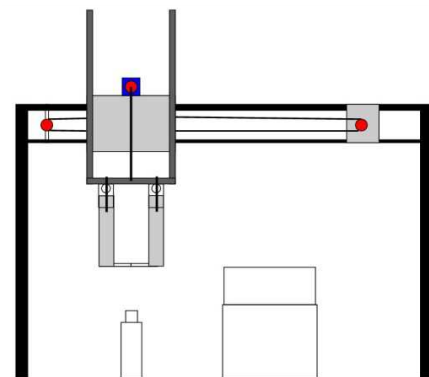
Perancangan fisik mekanik sistem dimulai dengan desain gambar fisik (gambar 9) sesuai dengan ukuran-ukuran yang diukur pada objek yang akan dipakai. Maka melalui proses pengukuranlah didapatkan gambar sistem yang memenuhi karakteristik bahan dan alat yang dipakai. Melalui proses penyesuaian dan kalibrasi manual maka didapatkanlah model fisik yang sesuai. Berikut ini adalah penjelasan tahapan pembuatannya.

Tahap 1 (Kerangka Dasar) dibuat menggunakan besi yang kemudian dibentuk kerangkanya menggunakan las listrik. Desainnya dibuat agar supaya sistem mekanik dapat melakukan gerak horizontal dan vertikal. Gambar rancangan kerangka dasar sistem dapat dilihat pada gambar 10.

Tahap 2 (lihat gambar 11), dirancang mekanik untuk melakukan gerakan horizontal (gerak pada sumbu datar x). Agar supaya mekaniknya dapat bergerak dengan baik maka digunakan roda pada rancangannya. Bahan dasar untuk kerangkanya digunakan besi yang dilas listrik dan untuk boxnya digunakan plat aluminium yang dibentuk.



Gambar 8. Diagram Blok Kendali Pengepakan Botol



Gambar 9. Desain Sistem Pengepakan Botol (Tampak Depan)

Untuk melakukan gerakan horizontal ini dipilih penggerak berupa motor Canon DC 24V yang dihubungkan dengan gear dan rantai pada sisi diam dan sisi bergerak.

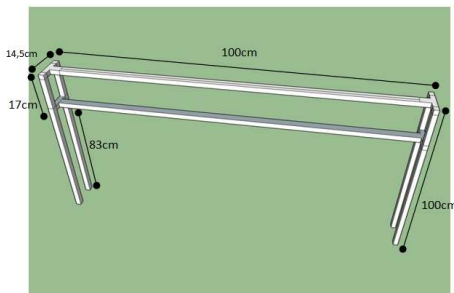
Tahap 3 (Gerakan Vertikal), untuk menciptakan gerakan vertikal yang tujuannya untuk mengangkat beban 6 (enam) botol maka digunakan motor pengangkat yaitu motor tipe *power window* dengan konsumsi listrik 12V arus searah. Bahan penyusunnya menggunakan plat aluminium dan spigot aluminium batangan. Mekanik yang dirancang pun disesuaikan dengan box untuk gerak horizontal agar supaya ketika melakukan gerakan horizontal gerakan vertikal tidak akan terganggu begitu juga sebaliknya. Digunakan juga senar dengan tensi tinggi untuk mengangkat beban. Rancangannya dapat dilihat pada gambar 12 dan 13.

Tahap 4 (Penjepit Botol), perancangan penjepit botol disesuaikan untuk botol dengan ukuran pada gambar 14. Bahan yang digunakan untuk membentuk penjepit adalah aluminium plat yang dibentuk sesuai gambar 15, 16 dan 17.

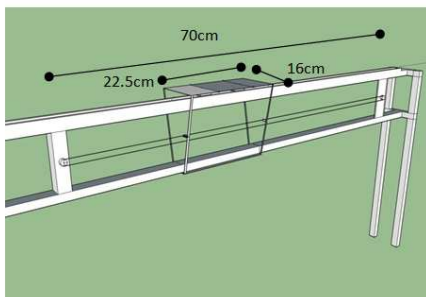
Tahap 5 (Penempatan Sensor), dalam hal ini sensor limit switch untuk membantu agar sistem berjalan sesuai keinginan dan tujuannya. Bisa dilihat pada gambar 18.

D. Perancangan Catu daya (Power Supply)

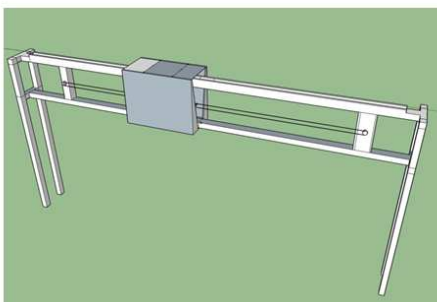
Pada perancangan alat ini dibutuhkan 2 (dua) jenis catu daya, yaitu energi listrik dan udara, dikarenakan sistem yang dirancang membutuhkan kedua energi ini untuk bersama menjalankan sistem pengepakan.



Gambar 10. Kerangka Dasar Mekanik Sistem



Gambar 11. Rancangan untuk menciptakan gerak ke horizontal



Gambar 12. Rancangan penutup untuk dasar gerak vertikal

Energi listrik digunakan untuk alat-alat listrik, yaitu PLC, Motor, dan Solenoid Valve, sedangkan udara digunakan untuk alat-alat mekanika udara (Pneumatik) dalam hal ini untuk menggerakkan piston silinder pneumatik. Skema pembagiannya ada pada gambar 19.

E. Wiring Diagram Sistem

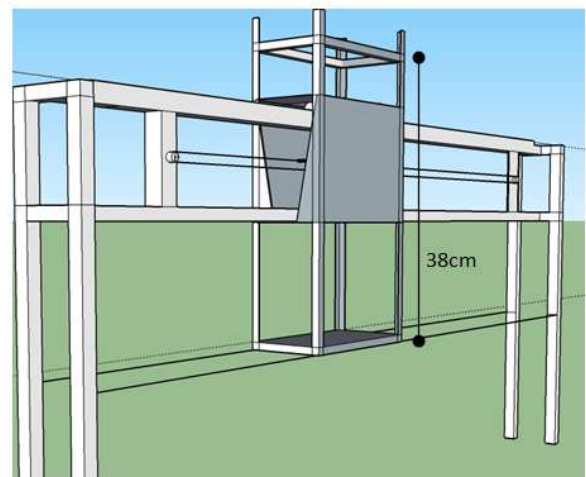
Gambar rangkaian (*wiring diagram*) alat keseluruhan sistem bisa dilihat pada gambar 20.

F. Perancangan Perangkat Lunak

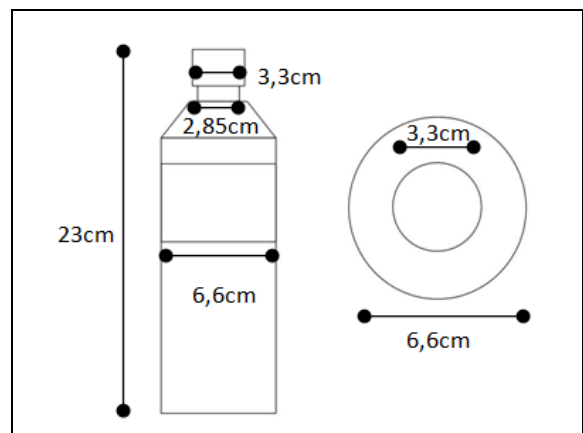
Sistem yang digunakan secara keseluruhan yaitu untuk mengangkat 6 (enam) botol sekaligus dan memindahkannya ke dalam karton dengan kapasitas 24 (dua puluh empat) botol, jadi dibutuhkan 4 (empat) rentetan pengangkatan dan pemindahan untuk mencapai kapasitas penuh karton yang dimaksud. Maka secara keseluruhan pada sistem ini dirancang 8 (delapan) gerak untuk memindahkan botol sampai kembali ke posisi semula. Kedelapan gerak itu adalah gerak ke bawah tanpa beban (I), gerak menjepit beban (II), gerak mengangkat beban (III), gerak ke kanan (IV), gerak ke bawah dengan beban (V), gerak melepas jepitan (VI), gerak ke atas tanpa beban (VII), dan gerak ke kiri kembali ke posisi semula (VIII).

Berdasarkan kondisi di atas maka rancangan diagram alir sistem secara umum bisa dilihat pada gambar 21.

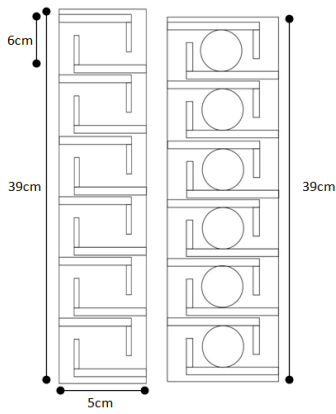
Pembagian input dan output sistem bisa dilihat pada tabel I dan tabel II.



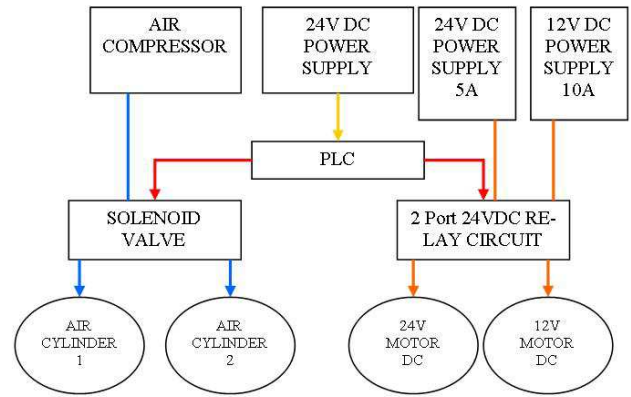
Gambar 13. Rancangan untuk menciptakan gerak vertikal



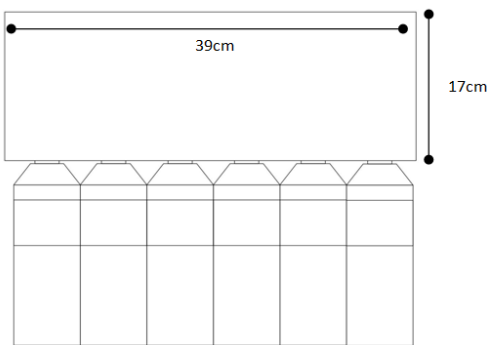
Gambar 14. Ukuran Botol Kemasan (Tampak samping dan atas)



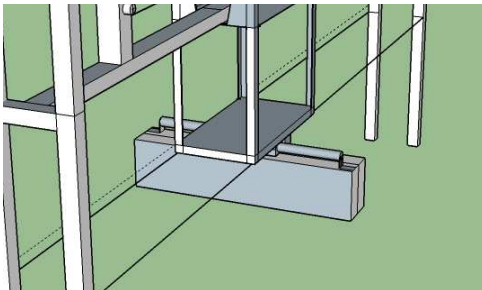
Gambar 15. Rancangan penjepit botol kemasan (dilihat dari atas)



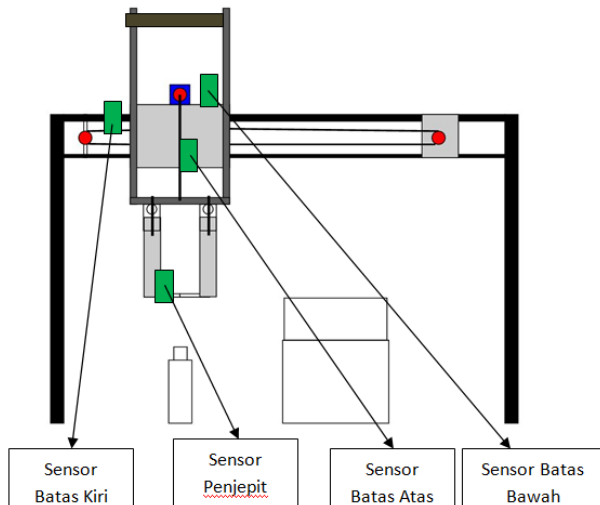
Gambar 19. Skema Penyaluran Tenaga



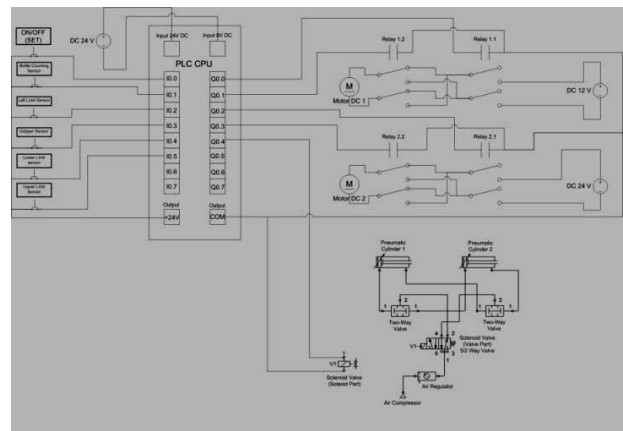
Gambar 16. Rancangan penjepit botol kemasan (dilihat dari samping)



Gambar 17. Rancangan penjepit botol kemasan (gambar 3 dimensi)



Gambar 18. Penempatan sensor untuk menunjang sistem



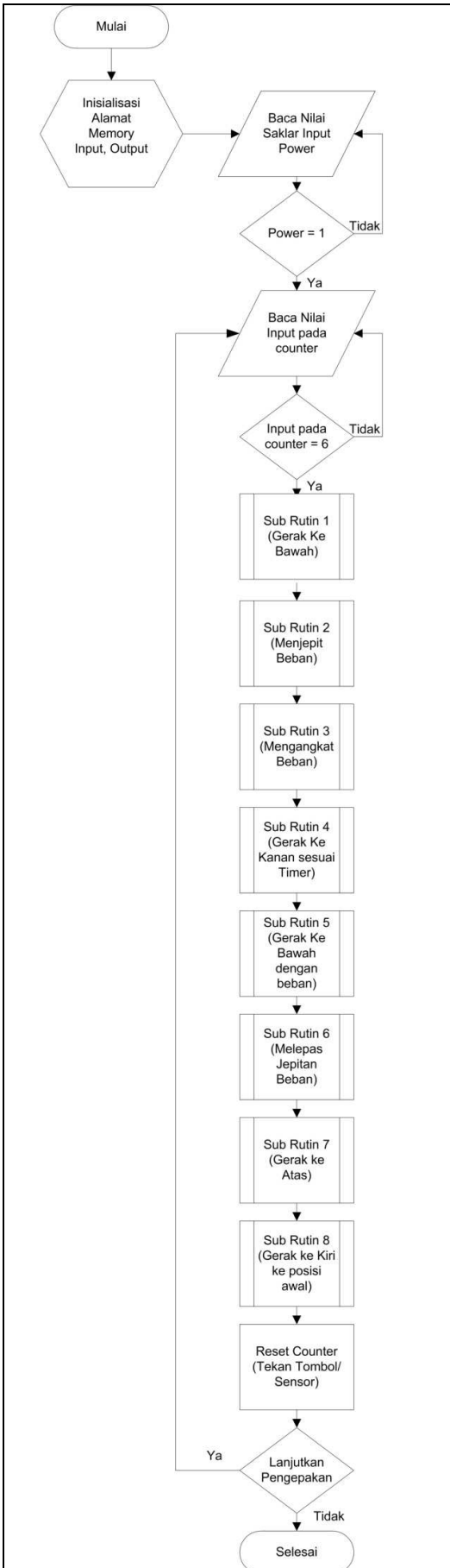
Gambar 20. Wiring Diagram Sistem

TABEL I. PEMBAGIAN KETERANGAN ALAMAT INPUT VARIABEL SISTEM

Nama/ Alamat Variabel	Jenis Variabel	Keterangan
I0.0	Input	Nyala Mesin dan Set Counter
I0.1	Input	Sensor Botol (Penghitungan)
I0.2	Input	Sensor Batas Kiri
I0.3	Input	Sensor Penjepit
I0.4	Input	Sensor Batas Bawah
I0.5	Input	Sensor Batas Atas

TABEL II. PEMBAGIAN KETERANGAN ALAMAT OUTPUT VARIABEL SISTEM

Nama/ Alamat Variabel	Jenis Variabel	Keterangan
Q0.0	Output	Relay Motor 1-1
Q0.1	Output	Relay Motor 1-2
Q0.2	Output	Relay Motor 2-1
Q0.3	Output	Relay Motor 2-2
Q0.4	Output	Coil Solenoid Valve



Gambar 21. Diagram Alir Sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil dan Pembahasan Perancangan Perangkat Lunak

Pada Pengujian Sistem, dibuat program masing-masing sub gerak yang terbagi atas 8 (delapan) jenis gerak sistem mulai dari gerak untuk mengambil, menjepit, memindahkan, dan melepaskan botol air minum kemasan pada karton.

Gerak I (gambar 22) adalah gerak awal sistem pengepakan ini yaitu gerak ke bawah tanpa beban botol air minum kemasan. Dengan penggerak motor *Power Window* 12V DC. Untuk gerak ke bawah diperlukan 2 (dua) keluaran (relay) aktif agar supaya motor bergerak berlawanan arah (gerak ke bawah) dengan posisi polaritas kabel yang terbalik.

Gerak II (gambar 23) adalah gerak menjepit beban botol air minum kemasan. Sebagai keluarannya adalah solenoid valve yang memindahkan kompresi angin sesuai dengan perancangan mekanik sistem dari posisi awal (langkah maju) ke posisi menjepit (langkah mundur).

Gerak III (gambar 24) adalah gerak ke atas dengan beban botol air minum kemasan yang sudah dijepit. Agar memudahkan pengujian posisi selang pada valve ditukar agar walaupun solenoid tidak diberikan tegangan tapi posisi silinder adalah pada keadaan menjepit. Dengan penggerak motor *Power Window* 12V DC.

Gerak IV (gambar 25) adalah gerak ke kanan dengan beban botol air minum kemasan yang sudah dijepit. Pada gerak ini posisi botol pada karton diatur menjadi 4 posisi sesuai dengan jarak antar botol yaitu 6,6cm. Maka untuk langkah awal diukur jarak sesuai dengan waktu aktif motor dan digunakan fungsi timer pada pemrograman. Pada gerak ini penggerak berupa motor DC CANON 24V DC.

Gerak V (gambar 26) adalah gerak ke bawah dengan beban botol air minum kemasan. Dengan penggerak motor *Power Window* 12V DC. Untuk gerak ke bawah ini juga diperlukan 2 (dua) keluaran (relay) aktif agar supaya motor bergerak berlawanan arah (gerak ke bawah) dengan posisi polaritas kabel yang terbalik.

Gerak VI (gambar 27), pada gerak ini tegangan pada solenoid valve dilepaskan agar supaya gerak silinder yang menjepit menjadi lepas. Pada saat keadaan tegangan tidak ada kompresi angin akan kembali pada posisi katup awal (tidak menjepit). Pada program pengujiannya pelepasan ditandai dengan penekanan input I0.6.

Gerak VII (gambar 28), pada gerak ini beban botol air minum kemasan sudah tidak ada lagi masih dengan penggerak motor *Power Window* 12V DC.

Gerak VIII (gambar 29) adalah gerak ke kiri tanpa beban botol air minum kemasan (kembali ke posisi awal). Dengan penggerak motor DC CANON 24V DC. Untuk gerak ke kiri ini diperlukan 2 (dua) keluaran (relay) aktif agar supaya motor bergerak berlawanan arah (gerak ke bawah) dengan posisi polaritas kabel yang terbalik.

B. Hasil dan Pembahasan Perancangan Perangkat Keras

Hasil prototipe sistem yang telah dibuat bisa dilihat pada gambar 30. Dimensi dan ukuran prototipe dapat dilihat pada perancangan di Bab III.

Gerak I (Gerak Ke Bawah Tanpa Beban). Pada gerak yang pertama ini motor yang aktif adalah motor I, tegangan motor DC 12V DC. Dengan keluaran Q0.0 dan Q0.1 (2 Relay), dan tegangan relay 24V DC. Jarak yang ditempuh adalah 38cm tanpa beban botol kemasan.

Gerak II (Menjepit Beban). Gerak yang kedua ini alat yang aktif adalah silinder pneumatik dengan solenoid valve sebagai pemicu perpindahan udara kompresi.

Dengan keluaran Q0.4 tegangan 24V DC. Panjang langkah silinder dibatasi pada 2cm dan tekanan kerja pada 2 bar Pembatasan itu bertujuan agar produk botol kemasan tidak rusak.

Berikut ini adalah keterangan spesifikasi kerja silinder dan tabel pengujian Gerak II yang sudah dilakukan : D = 16mm (0,016m); d = 5mm (0,005m); P = 2 bar (200.000 Pa); h maju = 7cm; h mundur = 2cm.

Perhitungan gaya silinder kerja ganda adalah sebagai berikut :

Langkah Maju :

$$F = D^2 \frac{\pi}{4} p ; F = 0.016^2 \frac{\pi}{4} 200000 ; F = 40,192 \text{ N}$$

Langkah Mundur :

$$F = (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} p ;$$

$$F = (0.016^2 - 0.005^2) \frac{\pi}{4} 200000 ; F = 36,267 \text{ N}$$

Jadi, gaya yang terjadi pada silinder ganda tersebut dengan tekanan 2 bar adalah 40,192 N pada saat langkah maju dan 36,267 N pada saat langkah mundur.

Perhitungan Volume Udara Kompresi Silinder :

Langkah Maju :

$$\text{Volume (V)} = p . \pi / 4 . d^2 . h$$

$$V = 2 \frac{\pi \cdot 16^2}{4} (16^2) . 70 ; V = 28134,4 \text{ mm}^3$$

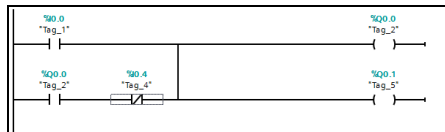
$$V = 0,0281344 \text{ dm}^3 ; V = 0,0281344 \text{ lt}$$

Langkah Mundur :

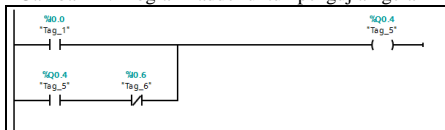
$$\text{Volume (V)} = p . \pi / 4 . (d^2 - d_1^2) . h$$

$$V = 2 \frac{\pi \cdot 16^2}{4} (16^2 - 5^2) . 20 ; V = 2 \frac{\pi \cdot 16^2}{4} (384) . 20$$

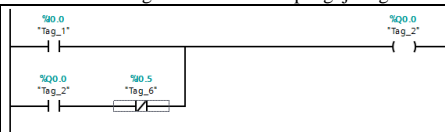
$$V = 7.253,4 \text{ mm}^3 ; V = 0,0072534 \text{ dm}^3 (\text{liter})$$



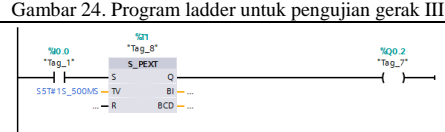
Gambar 22. Program ladder untuk pengujian gerak I



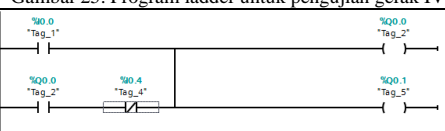
Gambar 23. Program ladder untuk pengujian gerak II



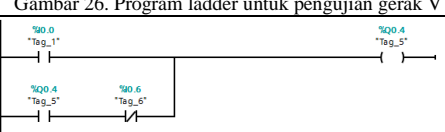
Gambar 24. Program ladder untuk pengujian gerak III



Gambar 25. Program ladder untuk pengujian gerak IV



Gambar 26. Program ladder untuk pengujian gerak V



Gambar 27. Program ladder untuk pengujian gerak VI

Jumlah volume kompresi udara yang dibutuhkan dalam 1 (satu) kali pengepakan adalah :

(Vlangkah maju+ Vlangkah mundur) x 4 posisi

$$= (0,0281344 + 0,0072534) . 4 = (0,0353878) . 4$$

$$= 0,1415512 \text{ liter}$$

Gerak III (Gerak Ke Atas Dengan Beban). Pada gerak ketiga ini motor yang aktif adalah motor I, tegangan motor DC 12V DC. Dengan keluaran Q0.0 (1 Relay), dan tegangan relay 24V DC. Jarak yang ditempuh adalah 38cm dengan beban botol kemasan yang sudah dijepit.

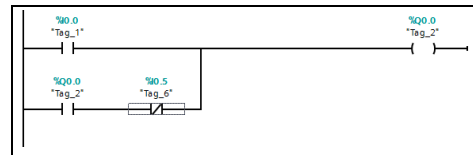
Gerak yang keempat ini motor yang aktif adalah motor II, tegangan motor DC 24V DC. Dengan keluaran Q0.2 (1 Relay), dan tegangan relay 24V DC. Jarak yang ditempuh ada 4 (empat) posisi sesuai dengan posisi botol yang akan diletakkan pada karton. Gerak ini dilakukan dengan beban botol kemasan yang sudah dijepit.

Pada Gerak ini dibutuhkan pengukuran jarak tempuh motor sesuai dengan waktu aktif motor. Maka diperoleh hasil pengukuran sesuai tabel III.

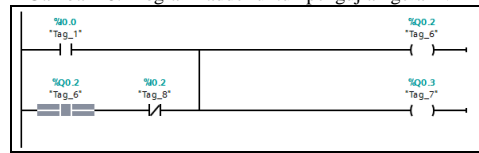
Berdasarkan data di atas diambil 4 (empat) posisi (waktu) untuk peletakan botol pada jarak yang berbeda sesuai dengan lebar diameter botol yang terbesar yaitu 6,6 cm. Waktu dan Posisi yang diambil yaitu : 1,4s (20cm); 1,9s (26,5cm); 2,4s (33,5cm); dan 3s (40,25cm).

Gerak V (Gerak Ke Bawah Dengan Beban). Pada gerak kelima ini motor yang aktif adalah motor I, tegangan motor DC 12V DC. Dengan keluaran Q0.0 dan Q0.1 (2 Relay), dan tegangan relay 24V DC.

Gerak VI (Gerak Melepas Jepitan Beban). Gerak yang ketujuh ini alat yang aktif adalah adalah silinder pneumatik dengan solenoid valve yang tadinya memicu perpindahan udara kompresi yang awal kembali kepada posisi semula sehingga gerak menjepit menjadi melepas jepitan dengan tekanan kerja 2 bar.



Gambar 28. Program ladder untuk pengujian gerak VII



Gambar 29. Program ladder untuk pengujian gerak VIII



Gambar 30. Hasil pembuatan prototipe sistem

Gerak VII (Gerak Ke Atas Tanpa Beban). Pada gerak yang ketujuh ini motor yang aktif adalah motor I, tegangan motor DC 12V DC. Dengan keluaran Q0.0 (1 Relay), dan tegangan relay 24V DC. Jarak yang ditempuh adalah 38cm tanpa beban botol kemasan.

Gerak VIII (Gerak Ke Kiri Tanpa Beban). Gerak ke delapan ini motor yang aktif adalah motor II, tegangan motor DC 24V DC. Dengan keluaran Q0.2 dan Q0.3 (2 Relay), dan tegangan relay 24V DC. Jarak yang ditempuh ada 4 (empat) posisi sesuai dengan posisi peletakan botol pada karton. Gerak ini dilakukan tanpa beban botol kemasan. Dilakukan juga pengukuran waktu tempuh kembali motor.

Jumlah Waktu Rata-Rata Pengujian Sistem yang dibutuhkan untuk 24 (dua puluh empat) botol air minum kemasan dalam 1 (satu) karton adalah :

Total Waktu *Cycle* 1 = 28,88 s

Total Waktu *Cycle* 2 = 29,888 s

Total Waktu *Cycle* 3 = 30,868

Total Waktu *Cycle* 4 = 32,06

Waktu Keseluruhan = 121,696 s (2 menit 1,696 detik)

TABEL III. REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN SISTEM

Gerak	Output PLC	Penggerak	V _{rata-rata} Penggerak (V)	I _{rata-rata} Penggerak (A)	T _{rata-rata} (s)
I	Q0.0 + Q0.1	Motor I	-11,68	0,88	6,948
II	Q0.4	Silinder Pneumatik (Solenoid Valve)	23,7	0,20	0,23
III	Q0.0	Motor I	11,62	2,036	7,482
IV.1	Q0.2	Motor II	23,74	0,184	1,4
IV.2	Q0.2	Motor II	23,6	0,172	1,9
IV.3	Q0.2	Motor II	23,76	0,176	2,4
IV.4	Q0.2	Motor II	23,84	0,172	3
V	Q0.0 + Q0.1	Motor I	-11,68	0,734	5,354
VI	Q0.4 (0)	Silinder Pneumatik	-	-	0,242
VII	Q0.0	Motor I	11,44	1,272	5,87
VIII.1	Q0.2 + Q0.3	Motor II	-23,78	0,128	1,354
VIII.2	Q0.2 + Q0.3	Motor II	-23,84	0,114	1,862
VIII.3	Q0.2 + Q0.3	Motor II	-23,84	0,116	2,342
VIII.4	Q0.2 + Q0.3	Motor II	-23,8	0,118	2,934

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Prototipe sistem pengepakan botol air minum kemasan 600mL berhasil dibuat baik perangkat keras maupun perangkat lunak dengan PLC Siemens S7-300 CPU 314C-2 DP.

Sistem keseluruhan telah berhasil diuji dimana terdapat 8 (delapan) gerak pokok dan 4 kali perpindahan untuk masing-masing 6 (enam) botol pada sistem pengepakan ini.

Suplai daya yang dipakai pada sistem ini terbagi atas tenaga listrik, masing-masing tegangan 12V DC (arus rata-rata maksimum 2,036 A) dan tegangan 24V DC (arus rata-rata maksimum 0,184 A) juga tenaga angin dengan tekanan sebesar 2 bar (gaya menjepit adalah 40,192 N dan melepas 36,267 N) serta volume kompresi angin silinder berjumlah 0,1415512 liter. Sehingga total waktu yang dibutuhkan untuk pengepakan 1 (satu) karton isi 24 (dua puluh empat) botol adalah 121,696 s (2 menit 1,696 detik).

B. Saran

Dibutuhkan sumber daya yang lebih baik agar total waktu pengepakan bisa lebih cepat dan Perangkat PLC yang lebih besar untuk menjaga stabilitas sistem.

Dianjurkan agar lebih mengokohkan mekanik sistem.

Penggunaan motor dengan kecepatan lebih dan sistem *vacuum* untuk 24 (dua puluh empat) botol sekaligus sangat direkomendasikan untuk pengembangan sistem ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fujianto, Contoh Daftar Pustaka Lengkap, dikutip dari www.fujianto.com/daftar-pustaka/, 2014.
- [2] Laboratorium Teknik Kendali Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, "Manual Operation PLC SIEMENS SIMATIC S7-300". Manado, 2014.
- [3] Laboratorium Teknik Kendali Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, "Manual Operation PLC SIEMENS SIMATIC S7-300 TOTALITY INTEGRATED AUTOMATION PORTAL V11", Manado, 2014.
- [4] Ogata, Katsuhiko, "Modern Control Engineering. Second Edition" University of Minnesota, 1991.
- [5] PT. Tirta Investama Aermadidi, Basic PLC Training, Sulawesi Utara.
- [6] PT. Tirta Investama Aermadidi, Basic Pneumatic Training, Sulawesi Utara.
- [7] PT. Tirta Investama Aermadidi, Basic Pneumatic-electric Training, Sulawesi Utara.
- [8] R. Anggraini dan S. Dimpudus. Laporan Kerja Praktek di PT. Tirta Investama Aermadidi, Sulawesi Utara, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, 2012.
- [9] R. L. Singgeta, "Rancang Bangun Robot Boat Navigasi Tanpa Awak". Skripsi Program S1 Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi, Manado, 2013.
- [10] SIEMENS. "SIMATIC Ladder Logic (LAD) for S7-300 and S7-400 Programming Reference Manual" [pdf].
- [11] SIEMENS. "SIMATIC S7-300 CPU 31xC and CPU 31x: Technical specifications Manual" [pdf].
- [12] SIEMENS. "SIEMENS SIMATIC S7-300 Module data Manual" [pdf].