

# PENGEMBANGAN SISTEM PNEUMATIC DALAM BIDANG ROBOTIC DALAM KAITANNYA DENGAN OTOMATISASI PROSES INDUSTRI

**Djohar Syamsi<sup>1)</sup>**

Staf Peneliti Bidang Otomasi, Pusat Penelitian Informatika – LIPI  
Jl. Sangkuriang , Komplek LIPI, Gd. 20 Lt. III - Bandung  
Telp. 022 – 2504711  
Fax. 022 – 2504712  
E-Mail : djohar@informatika.lipi.go.id <sup>1)</sup>

## **Abstrak**

*Penggunaan robot untuk otomatisasi dalam proses produksi di industri telah membawa banyak keuntungan, diantaranya adalah efisiensi kerja yang pada akhirnya dapat menekan biaya produksi. Untuk itu penguasaan teknologi rancang bangun Robotik sangat diperlukan. Sejalan dengan kemajuan teknologi kontrol dan instrumentasi, maka saat ini telah banyak dikembangkan berbagai macam jenis robot. Tentunya untuk setiap jenis robot mempunyai kesesuaian/kecocokan dengan situasi dan kondisi tertentu.*

*Electric Motor merupakan komponen utama didalam membangun sebuah robot, pada robot jenis ini energi listrik menjadi sumber daya utama pada robot. Mengingat saat ini ketersediaan energi listrik semakin terbatas dan mahal, maka diperlukan alternative/teknologi lain didalam membangun robot terutama untuk industri. Pneumatic system merupakan salah satu pilihan didalam pengembangan robot untuk industri. Dengan menggunakan energi udara dengan tekanan tertentu, maka diharapkan metode ini dapat menghemat pemakaian listrik. Untuk itu penguasaan teknologi pneumatic diharapkan dapat mengembangkan robot berbasis Pneumatic System.*

*Tujuan dari kegiatan ini adalah memanfaatkan teknologi pneumatic untuk membangun sebuah model robot, sedangkan metodologi dari kegiatan penelitian ini adalah rancang bangun model pneumatic lengan robot sebagai bagian dari pengembangan robot berbasis pneumatic system untuk mendukung otomatisasi proses produksi maupun untuk keperluan lain. Diharapkan model robot ini dapat menjadi salah satu alternative dalam pengembangan robot hemat energi untuk industri ataupun untuk aplikasi lain. Hasil akhir yang diharapkan dari kegiatan penelitian ini adalah pengembangan teknologi pneumatic system, penguasaan teknologi otomatisasi proses produksi berbasis robot, serta pengembangan robot hemat energi.*

*Kata Kunci: hemat energi listrik, otomatisasi proses produksi, Robot berbasis pneumatic system,*

## **PENDAHULUAN**

Dalam bidang otomatisasi proses produksi di industri telah ditemukan mesin yang dapat membantu kita dalam kegiatan proses produksi untuk industri. Mesin tersebut dapat diperintahkan/diprogram sesuai dengan keinginan kita, untuk mengerjakan suatu pekerjaan dan mesin tersebut dikenal dengan nama ROBOT. Saat ini banyak definisi tentang Robot, sedangkan definisi yang paling populer adalah : Robot merupakan sebuah mesin dengan kemampuan melakukan beberapa jenis gerakan secara mandiri (*independent*) dan dapat diprogram ulang [1].

Sampai saat ini penggunaan robot dalam mendukung otomatisasi proses produksi sudah banyak dilakukan. Adanya robot ini dirasakan telah membawa banyak

keuntungan, diantaranya adalah peningkatan efisiensi kerja yang pada akhirnya dapat menekan biaya produksi. Untuk itulah perlunya penguasaan teknologi rancang bangun Robotik.

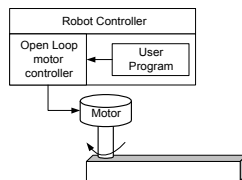
Sejalan dengan kemajuan teknologi robotic, maka saat ini telah banyak dikembangkan berbagai macam jenis/type robot. Tentunya untuk setiap jenis mempunyai kesesuaian/kecocokan dengan situasi dan kondisi tertentu.

Untuk membangun sebuah robot tentunya tidaklah mudah banyak hal yang perlu dipahami, mengingat robot merupakan perpaduan antara hardware dengan software dimana didalamnya berkaitan dengan berbagaimacam bidang pengetahuan antara lain; mekatronik, kontrol, monitoring, instrumentasi, data aquisition dan program aplikasi perangkat lunak.

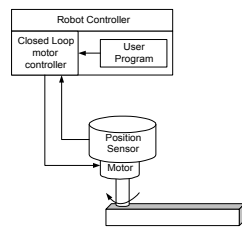
Electric Motor merupakan komponen utama pada sebuah robot, selain controller dan power supply. Pada robot jenis ini, penggerak utama yang dipergunakan adalah berupa electric motor, dan tentu saja sumber tenaga yang dipergunakan adalah listrik. Robot jenis ini sangat baik, jika dilihat dari sisi kecepatan gerak, keakuratan gerak, serta tidak menimbulkan suara yang berisik. Tetapi satu hal yang perlu diingat, bahwa elektrik motor adalah merupakan sumber electromagnetic noise. Sehingga penggunaan robot jenis ini patut dipertimbangkan.

Jenis lain robot yang mempergunakan sumber tenaga electric sebagai power supply adalah robot yang dibangun dengan mempergunakan Stepping Motor sebagai penggerak. Untuk penggunaan stepping motor ini, maka kendala yang terjadi dalam membangun robot tersebut adalah :

- Jika model sistem control yang dipergunakan adalah *open loop system*, maka sangat sulit untuk menggerakkan robot sesuai dengan keinginan kita. Hal ini disebabkan untuk dapat menggerakkan stepping motor, kita harus memberikan sebuah pulsa trigger padanya. Sedangkan besarnya putaran rotor untuk setiap satu pulsa trigger adalah tertentu (tergantung spesifikasi stepping motor yang dipergunakan).



Gambar 1. Open Loop System untuk kontrol stepping motor.



Gambar 2. Closed Loop System untuk kontrol stepping motor

- Jika model sistem control yang dipergunakan adalah *closed loop system*, dimana untuk itu diperlukan beberapa sensor posisi guna mengkoreksi gerakan stepping motor, maka akan terjadi semacam pertentangan antara program perintah bergerak pada posisi tertentu dengan pulsa trigger yang harus diberikan agar stepping motor itu dapat bergerak pada posisi tertentu. Diperlukan roda gigi dan rantai, sehingga dalam

membangun konstruksi mekaniknya tidaklah mudah.

Dari berbagai permasalahan dan kendala tersebut, maka pada penelitian ini dipilih konsep pengembangan robot dengan mempergunakan sistem pneumatic. Diharapkan penelitian ini dapat meningkatkan pengetahuan kita dalam bidang robotic khususnya yang berbasis pneumatic system.

Pada dasarnya tujuan umum dari penelitian ini adalah pemanfaatan dan pengembangan teknologi pneumatic untuk membangun robot, dalam kaitannya dengan otomatisasi proses produksi dan penghematan energi listrik.

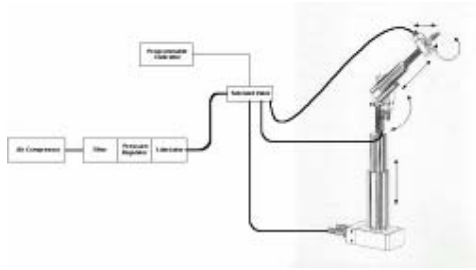
## METODOLOGI PENELITIAN

Lingkup kegiatan pada penelitian ini dimulai dengan membangun model pneumatic lengan Robot sebagai bagian dari sistem mekatronik gerakan robot. Pada tahap pertama kegiatan, selain membangun lengan robot, maka dikembangkan juga unit controller berbasis embedded computer untuk mengontrol gerakan lengan robot. Unit Controller yang dibangun adalah berupa PAC (Programmable Automation Controller) yang mempunyai kemampuan untuk menjalankan program-program aplikasi yang berfungsi untuk mengendalikan seluruh aktivitas lengan robot.

Pada dasarnya model Robot yang akan dikembangkan pada kegiatan penelitian ini adalah jenis Robot yang mempergunakan pneumatic system sebagai basic teknologi, sedangkan kemampuan dasar yang dimilikinya adalah pengenalan object secara visual.

*Compressed air* merupakan sumber tenaga bagi robot yang mempergunakan pneumatic actuator sebagai penggerak. Prinsip dasar dari robot jenis ini adalah sebagai berikut :

1. Sebuah compressor yang mempunyai tekanan udara tertentu dipergunakan sebagai sumber tenaga.
2. Untuk setiap jenis gerakan (berputar ataupun lurus) diperlukan sebuah pneumatic actuator.
3. Untuk setiap actuator memerlukan sebuah solenoid valve, yang berfungsi sebagai pengatur flow udara yang akan masuk ke actuator.
4. Sebuah unit controller diperlukan guna mengontrol aktivitas solenoid valve.
5. Agar gerakan robot dapat terarah dengan baik, tentunya diperlukan program aplikasi.
6. Beberapa sensor gerakan dapat ditambahkan pada actuator, agar gerakan robot mempunyai ketepatan yang tinggi.



Gambar 3. Contoh model pneumatic lengan robot dengan menggunakan pneumatic actuator.

Sebagaimana gambar diatas, maka dapat kita lihat bahwa komponen utama didalam Robot yang menggunakan pneumatic system sebagai basic teknologinya, terdiri dari :

1. Power supply : air compressor, filter, pressure regulator, dan lubricator.
2. Solenoid Valve
3. Actuator
4. Unit controller

Beberapa keuntungan membangun robot dengan menggunakan pneumatic system adalah :

- Hemat energi
- Noise suara rendah
- Terhindar dari bahaya kebakaran yang disebabkan oleh short circuit
- Daya mekanisnya besar, tanpa harus menambahkan pemakaian sumber tenaga listrik
- Pembuatan konstruksi robot lebih mudah

## HASIL DAN PERANCANGAN

### Konsep Dasar Pembangunan Robot

Didalam membangun sebuah robot, maka hal utama yang perlu menjadi perhatian utama adalah tentang *degree of freedom (derajat kebebasan)*, yaitu kemampuan robot untuk dapat bergerak baik secara *linear* ataupun *rotary*. Untuk setiap jenis gerakan selalu memerlukan actuator, sensor, electronic circuit, dan program aplikasi.

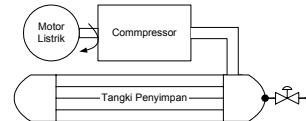
Jika dilihat dari jumlah gerakan yang mampu dilakukan oleh sebuah robot, maka terdapat beberapa type robot yaitu :

- Cartesian (tiga gerakan linear)
- Cylindrical (dua gerakan linear dan satu gerakan memutar)
- Spherical (satu gerakan linear dan dua gerakan memutar)
- Articulated (tiga gerakan memutar)

Dari pertimbangan tersebut diatas, maka model lengan robot yang kami disain direncanakan termasuk dalam jenis Cylindrical.

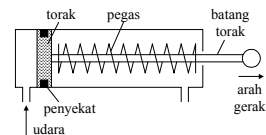
### Konsep Pneumatic System

Pneumatic System merupakan suatu sistem yang menggunakan tenaga yang disimpan dalam bentuk udara yang dimampatkan, serta dimanfaatkan untuk menghasilkan suatu kerja. Pada sistem pneumatik ini udara dimampatkan menggunakan pompa khusus yang disebut kompresor yang digerakkan oleh motor. Kompresor memampatkan udara ke dalam sebuah tangki penyimpanan yang kuat yang disebut tangki penampung atau *receiver*.



Gambar 4. Power Supply untuk Sistem Pneumatik

Komponen utama pada sistem pneumatic adalah katup (*valve*) dan tabung (*cylinder*). *Valve* berfungsi mengontrol tabung, sedangkan tabung menghasilkan gaya (*force*) serta gerak linier (*linear motion*) untuk melakukan suatu kerja. Sebagaimana contoh dibawah ini :



Gambar 5. Tabung Gerak Tunggal

Cara kerja dari Tabung Gerak Tunggal pada gambar diatas adalah sebagai berikut; udara yang dimampatkan dimasukkan ke dalam tabung. Tekanan udara tersebut bekerja pada permukaan sebuah torak (*piston*) yang menghasilkan suatu gaya. Gaya tersebut menggerakkan torak ke bagian bawah tabung. Pada torak terpasang sebuah batang torak yang menyembul ke sebelah luar ujung tabung. Dengan Bergeraknya torak, maka bergerak pula batang torak ke luar tabung. Bila pemampatan udara dihentikan, sebuah pegas akan mendorong kembali torak tersebut ke tempat semula.

Pada tabung pneumatik bisa menghasilkan gaya dorong atau gaya tarik. Gaya diukur dalam satuan *SI* yang disebut newton (*N*). Karena satuan *SI* untuk panjang adalah meter, maka satuan untuk luas permukaan dinyatakan dalam meter persegi ( $m^2$ ). Bila sebuah gaya sebesar satu newton bekerja pada sebuah permukaan yang luasnya satu meter persegi, dikatakan bahwa tekanan yang terjadi adalah sebesar satu newton per meter persegi ( $1 N/m^2$ ). Satu newton per meter persegi disebut juga satu pascal (*Pa*). Pascal adalah satuan *SI* untuk tekanan.

Pada sistem pneumatika, tekanan udara yang biasa ditemui umumnya cukup tinggi, sehingga bila digunakan satuan seperti di atas, maka harga-harga yang terjadi akan melibatkan bilangan-bilangan yang terlalu besar. Sehingga digunakan milimeter (*mm*) sebagai satuan panjang. Bila sebuah gaya sebesar satu Newton bekerja pada permukaan seluas satu milimeter

persegi, dikatakan bahwa tekanan yang terjadi adalah sebesar satu newton per milimeter persegi ( $1 N/mm^2$ ), meskipun tidak sesuai dengan aturan satuan *SI*, namun satuan ini lazim digunakan pada sistem pneumatika.

Gaya yang dihasilkan oleh sebuah tabung pneumatik bergantung pada dua hal, yaitu :

1. Tekanan udara mampat yang dimasukkan,
2. Luas permukaan torak

Bila udara mampat yang dimasukkan ke dalam tabung memiliki tekanan sebesar  $1 N/mm^2$ , ini berarti bahwa pada setiap millimeter persegi permukaan torak akan bekerja gaya sebesar  $1 N$ . Kalau luas permukaan torak dikalikan dengan  $1 N$ , hasilnya merupakan gaya total yang bekerja pada seluruh permukaan torak. Ini bisa dinyatakan secara sederhana dengan rumus sebagai berikut :

$$F = p \times A \quad (1)$$

dimana,

$F$  adalah gaya yang dihasilkan oleh tabung [ $N$ ]

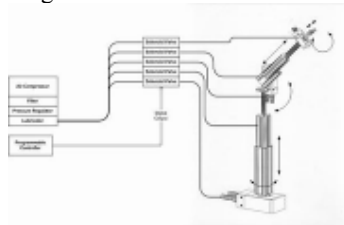
$p$  adalah tekanan udara [ $N/mm^2$ ]

$A$  adalah luas permukaan torak [ $mm^2$ ]

### **Pembangunan Model Pneumatic Lengan Robot**

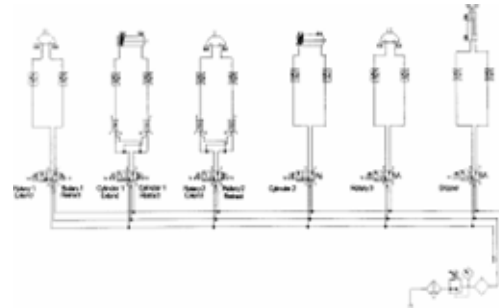
Pada tahap desain, ada beberapa aspek yang menjadi pemikiran dalam pembuatan lengan robot berbasis sistem pneumatik ini, misalnya penyesuaian antara desain dengan ketersediaan komponen pneumatic.

Model pneumatic lengan robot yang dibangun mempunyai 3 gerakan memutar dan 2 gerakan linier, serta sebuah griper berfungsi untuk memegang suatu benda. Gambar dibawah merupakan disain dari pneumatic lengan robot.



Gambar 6. Desain Model Lengan Robot berbasis Sistem Pneumatik.

Agar komponen pneumatic, yang terdiri dari beberapa piston, rotor dan gripper dapat bergerak, maka diperlukan beberapa solenoid valve sebagai flow control tekanan udara dari kompresor. Gambar skematik hubungan antara komponen pneumatic dengan solenoid valve adalah sebagai berikut :



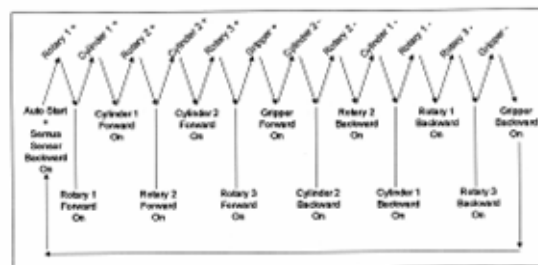
Gambar 7. Skematik Diagram Pneumatik Lengan Robot.

Untuk mengaktifkan solenoid valve diperlukan beberapa relay kecil untuk menyalurkan sinyal tegangan dc ke solenoid valve. Gambar skematik dari konfigurasi relay adalah sebagai berikut :



Gambar 8. Skematik rangkaian relay.

Agar gerakan lengan robot dapat teratur dan terarah, maka telah ditentukan urutan dari gerakan masing-masing komponen pneumatic (piston) sebagaimana gambar skematik dibawah ini.



Gambar 9. Skematik urutan gerakan lengan robot.

Setelah urutan gerakan lengan robot dapat ditentukan, maka diperlukan unit controller dan program aplikasi agar gerakan lengan robot dapat terarah dan akurat. Untuk itu telah dibangun unit controller yang terdiri dari satu unit PAC yang dibangun dari embedded computer.

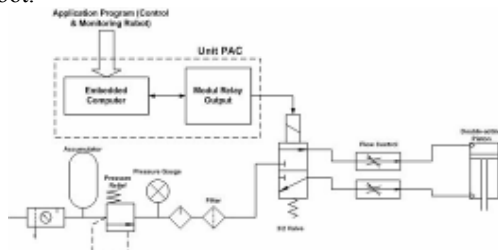
### **3.4. Pembangunan Unit Controller**

Unit Controller yang dibangun terdiri dari sebuah PAC. Pada kegiatan penelitian ini Unit PAC dibangun dengan menggunakan komponen sebagai berikut :

- Single Board Computer

- Modul I/O
- Program Aplikasi

Gambar dibawah ini merupakan contoh skematik hubungan antara unit PAC dengan komponen pneumatic. Pada gambar dibawah tampak bahwa fungsi utama unit PAC adalah menjalankan semua program aplikasi untuk mengontrol gerakan lengan robot.

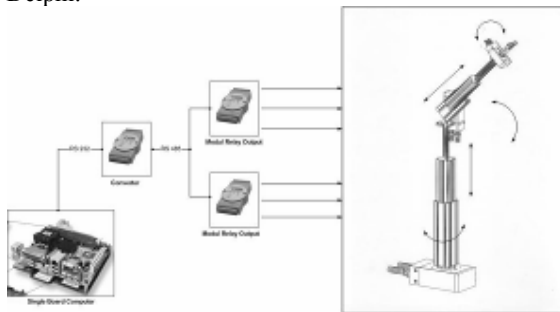


Gambar 10. Skematik hubungan antara Unit PAC dengan komponen Pneumatic.

Gambar dibawah merupakan konfigurasi komponen pada unit PAC, dimana unit PAC terdiri dari :

- Sebuah Embedded Computer berfungsi sebagai SBC (Single Board Computer).
- Modul Converter (RS 232 to RS 485).
- Modul Relay Output.

Semua program aplikasi dapat dibuat dan dijalankan melalui SBC, dengan menggunakan embedded computer sebagai SBC, maka kita dapat menggunakan operating system berbasis Window ataupun Linux. Begitu pula banyak *development program application* yang dapat dipergunakan untuk membangun program-program aplikasi, misalnya Java, Visual Basic, ataupun Delphi.



Gambar 11. Skematik konfigurasi PAC.

Secara umum, fungsi dan cara kerja dari keseluruhan sistem untuk membangun lengan robot adalah sebagai berikut :

- SBC berfungsi untuk pembuatan program bagi unit controller, dimana program aplikasi yang dibuat berfungsi mengontrol/mengendalikan gerakan lengan robot. *Unit Controller* juga berfungsi untuk pemrosesan program dari lengan robot dengan memberikan sinyal ke *valve* serta *Programmable Controller* ini akan menerima sinyal dari lengan robot melalui *sensor* yang

diletakkan pada lengan robot yang berbentuk *Proximity Sensor*.

- *Compressor & Receiver* digunakan untuk memompa dan menyimpan udara yang merupakan *supply* tenaga bagi lengan robot.
- *Valve* berfungsi untuk mengatur arah tekanan udara dari kompresor yang diaktifkan oleh *Unit Controller*.
- *Filter/Regulator/Lubricator Combination* berfungsi untuk menyaring dan mengatur udara yang masuk ke dalam lengan robot melalui *Valve*.



Gambar 12. Hasil kegiatan tahap 1, Model Pneumatic Lengan Robot

### Pembangunan Program Aplikasi

Agar gerakan robot dapat teratur dengan baik, maka diperlukan pengaturan urutan pengaktifan solenoid valve, sehingga lengan robot dapat bergerak sesuai dengan keperluan. Untuk itu perlu dibangun perangkat lunak yang dapat mengatur gerakan lengan robot. Beberapa contoh program adalah sebagai berikut :

```

STEP init
  THEN LOAD          V0
                TO          FW1

STEP CekAll
IF
  AND              N      Rot1FW      '[I1.1] Rotary 1 Forward
                    N      Rot1BW      '[I1.0] Rotary 1
Backward
  THEN SET          FRot1_2          '[F1.1] 2nd Flag For
Rotary 1

IF
  Forward
  AND              N      Cyl1FW      '[I1.3] Cylinder 1
                    N      Cyl1BW      '[I1.2] Cylinder 1
Backward
  THEN SET          FCyl1_2          '[F1.3] 2nd Flag For
Cylinder 1

IF
  AND              N      Rot2FW      '[I1.5] Rotary 2 Forward
                    N      Rot2BW      '[I1.4] Rotary 2
Backward
  THEN SET          FRot2_2          '[F1.5] 2nd Flag For
Rotary 2

IF
  Forward
  AND              N      Cyl2FW      '[I1.7] Cylinder 2
                    N      Cyl2BW      '[I1.6] Cylinder 2
Backward
  THEN SET          FCyl2_2          '[F1.7] 2nd Flag For
Cylinder 2

IF
  AND              N      Rot3FW      '[I2.1] Rotary 3 Forward
                    N      Rot3BW      '[I2.0] Rotary 3
Backward
  THEN SET          FRot3_2          '[F1.9] 2nd Flag For
Rotary 3

IF
  AND              N      GripClose   '[I2.3] Gripper Close
                    AND      GripOpen  '[I2.2] Gripper Open
  THEN SET          FGrip2           '[F1.11] 2nd Flag For
Gripper

IF
  THEN RESET       NOP
  RESET            Cyl2Lamp          '[O1.5] Cylinder 2 Lamp
  RESET            Rot3Lamp          '[O1.6] Rotary 3 Lamp
  RESET            GripLamp          '[O1.7] Gripper Lamp
  JMP TO Manual
  
```

**Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008**  
**Bidang Teknik Mesin**

[2] Wemer Deppert and Kurt Stoll. (1986). Mechanization and Automation by Pneumatic Control. Vogel-Verlag, Wurzburg, German.

```

STEP Manual
"MANUAL ROTARY 1
IF          N      MRotary1      '[I0.1] Manual Rotary 1
THEN RESET  FRot1_1      '[F1.0] 1st Flag For
Rotary 1

IF          MRotary1      '[I0.1] Manual Rotary 1
AND        FRot1_1      '[F1.0] 1st Flag For
Rotary 1

IF          MRotary1      '[I0.1] Manual Rotary 1
AND        FRot1_1      '[F1.0] 1st Flag For
Rotary 1
AND        FRot1_2      '[F1.1] 2nd Flag For
Rotary 1
THEN RESET  Rotary1Re    '[00.1] Rotary 1 Retract
SET        Rotary1Ex    '[00.0] Rotary 1 Extend
SET        FRot1_1      '[F1.0] 1st Flag For
Rotary 1
SET        FRot1_2      '[F1.1] 2nd Flag For
Rotary 1
SET        Rot1Lamp     '[01.2] Rotary 1 Lamp

IF          MRotary1      '[I0.1] Manual Rotary 1
AND        FRot1_1      '[F1.0] 1st Flag For
Rotary 1
AND        FRot1_2      '[F1.1] 2nd Flag For
Rotary 1
THEN RESET  Rotary1Ex    '[00.0] Rotary 1 Extend
SET        Rotary1Re    '[00.1] Rotary 1 Retract
SET        FRot1_1      '[F1.0] 1st Flag For
Rotary 1
RESET      FRot1_2      '[F1.1] 2nd Flag For
Rotary 1
RESET      Rot1Lamp     '[01.2] Rotary 1 Lamp

"MANUAL GRIPPER
IF          N      MGripper      '[I0.6] Manual Gripper
THEN RESET  FGrip1      '[F1.10] 1st Flag For
Gripper

IF          MGripper      '[I0.6] Manual Gripper
AND        FGrip1      '[F1.10] 1st Flag For
Gripper
AND        FGrip2      '[F1.11] 2nd Flag For
Gripper
THEN SET    Gripper      '[01.0] Gripper Solenoid
SET        FGrip1      '[F1.10] 1st Flag For
Gripper
SET        FGrip2      '[F1.11] 2nd Flag For
Gripper
SET        GripLamp     '[01.7] Gripper Lamp

IF          MGripper      '[I0.6] Manual Gripper
AND        FGrip1      '[F1.10] 1st Flag For
Gripper
AND        FGrip2      '[F1.11] 2nd Flag For
Gripper
THEN RESET  Gripper      '[01.0] Gripper Solenoid
SET        FGrip1      '[F1.10] 1st Flag For
Gripper
RESET      FGrip2      '[F1.11] 2nd Flag For
Gripper
RESET      GripLamp     '[01.7] Gripper Lamp

IF          NOP
THEN JMP TO Manual

```

**KESIMPULAN.**

Kesimpulan yang didapatkan dari kegiatan ini antara lain :

1. Pembangunan robot dengan mempergunakan pneumatic system memberikan beberapa keuntungan, antara lain : hemat energi listrik, mudah dalam pembangunan kontruksi mekaniknya, serta mudah dikembangkan.
2. Pada era globalisasi ini diperlukan dengan segera penguasaan teknologi otomatisasi proses produksi dengan berbasis robotic.
3. Secara umum komponen pneumatic mempunyai *live time* yang lebih lama.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Douglas M. Considine. (1993). Process/Industrial Instruments & Controls Handbook. McGraw-Hill, International Editions, Singapore.