

PERANCANGAN ALAT SIMULASI MATERIAL HANDLING SKALA LABORATORIUM BERBASIS OTOMASI

Ahmad Kholid Alghofari¹, Ratnanto Fitriadi², Harditya Pratama Putra³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

*Email: ahmad.kholid@ums.ac.id

Abstrak

Material Handling merupakan peralatan utama pada dunia industri. Keberadaannya sangat diperlukan dalam upaya melancarkan aktivitas produksi. Sistem material handling biasanya terdiri dari beberapa komponen mekanik dipadu dengan elektrik yang terbangun dalam sebuah sistem yang terintegrasi. Pemahaman tentang mekanisme, fungsi dan batasan-batasan sistem salah satu kompetensi yang harus dimiliki oleh mahasiswa yang mendalami dunia otomasi sistem produksi. Perkembangan teknologi manufaktur terkait dengan perkembangan dunia otomasi terutama sistem robotika yang sangat bermanfaat bagi pekerjaan-pekerjaan dengan pertimbangan khusus, misalnya: ketepatan, ketelitian, kecepatan, dan keamanan. Oleh karenanya peneliti melakukan riset agar dihasilkan sebuah sistem simulasi material handling skala laboratorium yang dapat digunakan sebagai miniatur pembelajaran bagi mahasiswa. Simulator yang dirancang terdiri dari sistem robot lengan beserta sistem conveyor untuk lintasan perakitan tertentu. Simulator dapat diprogram dengan batasan-batasan tertentu seperti: kecepatan produk yang berjalan diatas conveyor, jenis produk, berat, serta ukuran dimensinya sehingga dapat di ambil oleh robot lengan. Perancangan didahului dengan identifikasi kebutuhan sistem, perancangan/ desain peralatan yang meliputi sisi pemrograman software robot maupun perancangan sistem mekanik dan elektronk robot. Selanjutnya adalah perakitan komponen robot dan diakhiri dengan simulasi dan evaluasi perancangan. Hasil akhir dari perancangan ini didapatkan sebuah sitem robotika berupa alat material handling yang dapat digunakan untuk memindahkan bahan dan dipadukan dengan sistem conveyor untuk memindahkan benda tertentu.

Kata kunci: Conveyor, Material handling, Otomasi, Perancangan, Robot.

1. PENDAHULUAN

Otomasi menjadi hal yang sangat penting bagi perusahaan manufaktur pada era sekarang. Salah satu penunjang proses produksi yaitu menggunakan alat bantu berupa peralatan yang dapat dikontrol secara otomatis atau biasa disebut robot. Robot pada dasarnya diciptakan untuk membantu menyelesaikan pekerjaan manusia yang rumit dan memerlukan banyak tenaga serta spesifikasi yang khusus. Keberadaan sistem otomasi berupa peralatan robotik menjadi kebutuhan yang tidak terelakkan bagi perusahaan manufaktur. Sistem kerja robot dibangun dengan beberapa komponen utama sehingga bisa menjadikan peralatan berfungsi sesuai dengan yang diinginkan (Bergren, 2003). Pada industri manufaktur terutama industri otomotif, robot memiliki peran yang penting setelah manusia. Pada industri otomotif terutama pabrik mobil, robot digunakan untuk membuat badan mobil, mengelas, mengangkat, dan pekerjaan berat lainnya. Hal ini dikarenakan robot memiliki kecepatan, akurasi, dan keandalan yang tepat dibandingkan dengan manusia.

Robot industri adalah sebuah mesin serba guna yang dapat diprogram dan mempunyai karakteristik *antropometri* tertentu (Groover, 2001). Karakteristik *antropometri* yang paling jelas dari suatu robot industri adalah lengan mekanisnya, yang digunakan untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan industri yang bervariasi. Karakteristik yang mirip dengan manusia adalah kemampuan robot untuk merespon input dari sensor, berkomunikasi dengan mesin-mesin yang lain, dan kemampuan membuat keputusan. Kemampuan-kemampuan inilah yang memungkinkan robot untuk melakukan berbagai pekerjaan yang berguna. Salah satu robot yang biasa digunakan dalam dunia industri adalah robot pemindah barang atau *material handling robot*. Peralatan ini menurut Pitowarno (2006) didesain dengan fungsi utama untuk dapat membantu proses material handling dari barang/ produk yang diinginkan agar proses produksi dapat berjalan dengan optimal. Arus pemindahan barang yang membutuhkan ketepatan dari sisi waktu dan tempat dapat dikerjakan oleh alat ini. Secara khusus, alat ini dapat dipadukan untuk transportasi barang secara kontinyu dalam

sistem ban berjalan (*conveyor*). Oleh karenanya diperlukan keterpaduan antara sistem robot pemindah barang dan sistem ban berjalan sehingga proses produksi dapat berjalan dengan optimal.

Robot lengan atau *manipulator robot* merupakan salah satu jenis robot pemindah barang yang banyak dipakai dalam dunia industri. Robot ini didesain dan dibuat oleh manusia dengan tujuan untuk menggantikan posisi manusia dalam mengerjakan pekerjaan yang memerlukan ketepatan, keamanan dan aktivitas yang berulang-ulang (Sandler, 1999). Penggunaan robot lengan selain digunakan dalam industri otomotif, juga dapat diterapkan pada industri manufaktur yang lain, misalnya industri makanan, minuman, tekstil, dan lain sebagainya. Pada industri tersebut, peran robot lengan banyak digunakan sebagai alat pemindah barang, dan memposisikan benda ketempat yang diinginkan.

Material handling system memanfaatkan sumber daya untuk memindahkan barang dari satu lokasi ke lokasi yang lain. Menurut Apple (1984) *material handling* mempunyai kontribusi biaya sampai 80% dalam proses produksi, sedangkan Meyers (1993) mencatat bahwa ongkos produksi mencapai 50% untuk proses pemindahan barang tersebut. Conveyor atau sistem ban berjalan dibutuhkan jika material yang dipindahkan kontinu dengan waktu dan tempat tertentu. Beberapa prinsip yang harus dipertimbangkan dari *material handling* menurut Aized (2006) adalah terencana, terstandar, ergonomis, fleksibel, simpel, *layout*, *cost*, otomasi, *environment* dan *energy*.

Sistem *material handling* yang terintegrasi dengan robot lengan menjadi salah satu kompetensi yang penting bagi mahasiswa khususnya Jurusan Teknik Industri. Pemahaman akan sistem kerja, komponen-komponen utama, dan cara mendesain menjadi hal yang perlu difasilitasi dengan peralatan simulasi agar mahasiswa lebih mudah menyerap ilmu. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dibuat di laboratorium Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta untuk merancang robot simulasi pemindah barang/ *material handling* yang akan dikolaborasikan dengan *conveyor* dan mensimulasikan cara kerja robot lengan memindahkan barang dari satu tempat ketempat yang lainnya berdasarkan jenis barang atau produk tertentu.

2. METODOLOGI

2.1 Identifikasi Masalah

Robot lengan adalah penggabungan dari rangkaian mekanik, elektronik, dan program yang dibuat menyerupai tangan manusia yang berguna untuk membantu manusia dalam menyelesaikan pekerjaan yang bersifat cepat, akurat, dan teliti. Robot lengan terdiri dari tiga bagian, yaitu: bagian penyangga, lengan, *grip* (pencekraman). *Joint* dari robot industri hampir menyerupai persendian pada tubuh manusia. Setiap *joint* atau sumbu, akan menghasilkan suatu derajat kebebasan dari gerakan robot yaitu sebagai jumlah gerakan bebas yang dapat dibuat suatu objek terhadap sistem koordinat yang dapat menyebabkan perubahan posisi atau orientasi (Nugraha, 2011). Robot lengan dirancang untuk dapat diintegrasikan dengan conveyor sehingga dapat mensimulasikan pergerakan pemindahan barang dari robot lengan dilanjutkan pemindahan oleh sistem ban berjalan.

2.2 Perancangan robot lengan pemindah barang

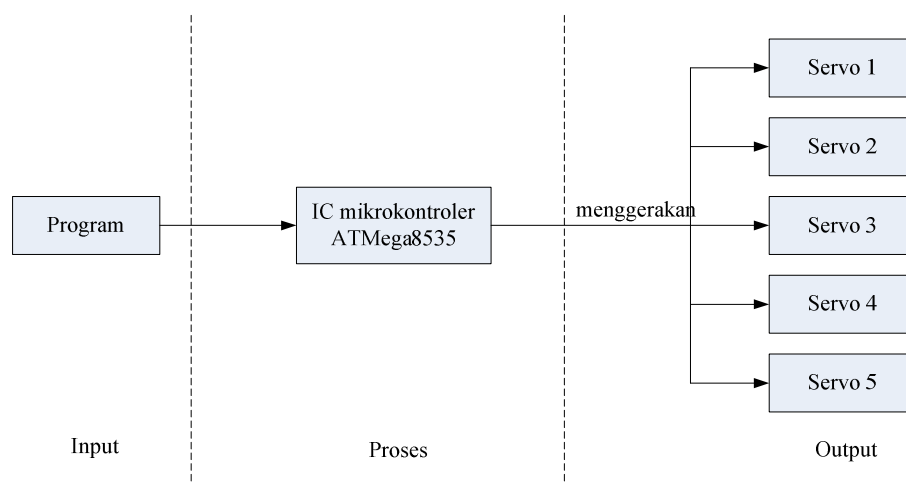
Perancangan digunakan untuk menentukan komponen yang akan digunakan dalam pembuatan robot lengan. Perancangan robot lengan ini, dibagi menjadi dua jenis yaitu perancangan perangkat keras dan lunak. Perangkat keras terdiri dari perakitan robot, pembuatan *PCB* rangkaian elektronik yaitu rangkaian *minimum system* dan rangkaian regulator pengubah tegangan menjadi 5 VDC, sistem minimum *mikrokontroler*, menentukan letak posisi sensor *proximity* dan warna yang sesuai, menentukan posisi motor sebagai pendorong kotak yang dirangkaikan ke *conveyor*, dan mengendalikan arah *motor servo*. Sedangkan perancangan perangkat lunak yaitu memprogram *input* dan *output mikrokontroler*, memprogram gerakan motor servo sesuai dengan derajat yang diinginkan, memprogram *conveyor* dengan menggunakan PLC, dan memprogram sensor warna dan *proximity* sehingga dapat membaca warna dengan benar dan tepat

2.3 Merancang *hardware* robot lengan

Perancangan *hardware* (perangkat keras) robot lengan, dibagi menjadi dua macam yaitu elektronika dan mekanik. Elektronika, terdiri dari tiga macam proses pembuatan *hardware* elektronika yaitu proses pembuatan *layout PCB*, proses pembuatan rangkaian *minimum system*, dan proses pembuatan rangkaian *regulator*. Sedangkan mekanik berupa proses merakit konstruksi robot lengan yang terdiri dari penyangga, lengan, dan *gripper* (pencekram).

2.4 Merancang *software* robot lengan

Perancangan perangkat lunak atau *software* dalam alat robot lengan pemindah barang adalah memasukan program ke *IC mikrokontroler ATmega8535* dengan menentukan program pengolahan data sesuai dengan kebutuhan yang kita inginkan. Pemrograman menggunakan bantuan *software CodeVision AVR* yang menggunakan bahasa C dalam membuat programnya (Heryanto, 2008) Perancangan perangkat lunak dibuat berdasarkan prinsip kerja robot lengan yaitu mengambil barang dan memindahkan barang. Pemrograman robot lengan adalah salah satu bagian utama dari pergerakan robot. Pergerakan dan perpindahan robot lengan, tergantung pada program yang kita berikan. Berikut gambar dibawah ini adalah sistem kerja dari program robot lengan:



Gambar 1. Prinsip kerja robot lengan

2.5 Kolaborasi Robot Lengan dengan *Conveyor*

Kolaborasi robot lengan dengan *conveyor* adalah proses integrasi sehingga pergerakan dapat berpadu dengan sempurna sesuai dengan yang diprogramkan. Dalam mengkolaborasikan keduanya dibutuhkan bahasa pemrograman *PLC* dengan menggunakan *ladder diagram* sebagai bahasa programnya dan *software GMWIN 4.0* (Purwanto, 2009)

Diagram tangga (*ladder diagram*)

Diagram tangga merupakan program yang berbentuk saklar yang dapat dihubungkan secara parallel maupun seri. Diagram *ladder* berbentuk seperti tangga dengan dua garis horizontal yang memiliki fungsi sebagai penghubung dan dua garis vertikal di tengah sebagai simbol saklar.

3. HASIL PENELITIAN

3.1 Merancang *Hardware* Robot Lengan

3.1.1 Proses pembuatan *layout PCB*

Proses pembuatan *layout PCB* merupakan bagian terpenting dari perancangan robot lengan. Dalam membuat *layout PCB* membutuhkan ketelitian dan kehati-hatian yang tinggi karena jika terdapat kesalahan sedikit akan berakibat fatal. Rancangan *layout PCB* menjadi dua bagian yaitu *layout* pengendali robot lengan yaitu *minimum system Atmega8535* dan *layout* rangkaian *regulator* sebagai penyuplai catu daya 5 VDC. Rangkaian *minimum system* merupakan bagian kendali dari robot lengan. Hal ini dikarenakan seluruh proses input dan outputnya dilakukan pada rangkaian ini. Pada rangkaian *minimum system*, *IC (Integrated Circuit)* yang digunakan adalah *mikrokontroler ATmega8535*. *Mikrokontroler ATmega8535* memiliki fungsi sebagai pengaturan kerja suatu alat

supaya dapat bekerja secara otomatis dengan cara memberikan program pada *IC* tersebut. *IC mikrokontroler ATmega8535* memiliki empat PORT yang berguna untuk menerima *input* data dan mengirimkan data sebagai *output*. Keempat PORT tersebut terdiri dari PORTA, PORTB, PORTC, dan PORTD.

3.1.2 Proses pembuatan rangkaian *regulator*

Rangkaian *regulator* dalam perancangan alat robot lengan ini berfungsi sebagai pengubah tegangan AC ke DC maupun DC ke DC. Pada rangkaian ini, menggunakan *IC regulator 7805* yang memiliki fungsi sebagai pengubah catu daya menjadi 5 VDC.

3.1.3 Proses pembuatan sensor *proximity*

Rangkaian sensor *proximity* dalam perancangan robot lengan ini berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek. Sensor *proximity* terdiri dari sensor *photodiode*, *LED*, *Variable resistor*, dan *IC komparator LM339*. Sensor *proximity* ini bekerja pada tegangan 5VDC dan untuk mengatur sensitifitas cahaya pada sensor, dapat dilakukan dengan cara memutar *variable resistor (VR)* hingga sesuai dengan kriteria yang diinginkan.

3.2 Merancang *Software Robot Lengan*

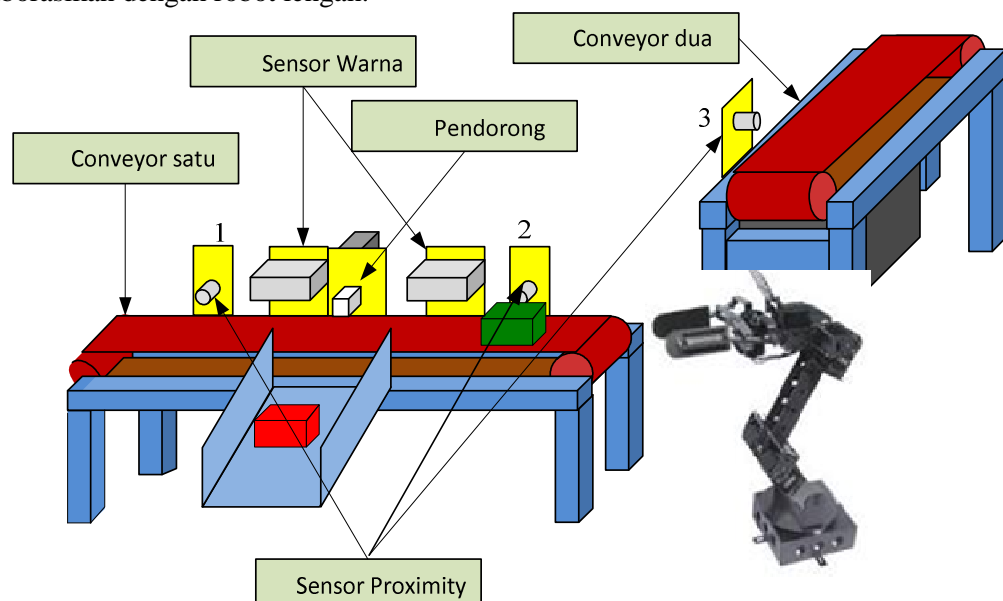
Dalam merancang *software* robot lengan terdiri dari beberapa langkah yaitu menginstal, dan menyetting *software CVAVR*.

1. Menginstal *Software CodeVisionAVR*
 - 1) Double Klik *file* tersebut untuk memulai instalasi.
 - 2) Kemudian akan muncul tampilan pilih *next*
 - 3) Langkah berikutnya akan muncul *select start menu folder* dan pilih *next*.
 - 4) Setelah itu, akan muncul perintah siap diinstal dan pada tampilan ini pilih *instal*.
 - 5) Setelah instal sampai selesai kemudian pilih *finish* dan *CodeVisionAVR* siap digunakan.

3.3 Kolaborasi Robot Lengan dengan *Conveyor*

3.3.1 Cara Kerja Robot Lengan dengan *Conveyor*

Perancangan *hardware conveyor* terdiri dari beberapa urutan proses yaitu mengintegrasikan *conveyor* dengan sensor warna, *proximity*, dan pendorong. Gambar dibawah ini menunjukkan rancangan dari *conveyor* yang telah diintegrasikan dengan sensor warna, *proximity*, dan pendorong dan telah dikolaborasikan dengan robot lengan.



Gambar 2. Perancangan integrasi robot lengan dan *Conveyor*

Rancangan *conveyor* diatas terdiri dari dua sensor warna, tiga sensor *proximity*, dan satu pendorong objek. Rancangan berdasarkan prinsip kerja jika *conveyor* satu aktif atau berfungsi sesuai dengan yang diharapkan dengan berjalan dengan kecepatan yang diatur, sedangkan conveyor dua akan aktif selama 3 detik (sesuai dengan program) dan ketika sensor *proximity* satu mendeteksi adanya objek maka sensor warna akan aktif dan sensor warna yang aktif ini akan membaca warna objek, apabila objek berwarna merah maka *conveyor* satu akan berhenti dan pendorong akan aktif selama lima detik untuk mendorong objek. Selain itu, apabila sensor warna membaca objek warna hijau maka pendorong tidak aktif dan *conveyor* satu tidak berhenti. Pada saat *conveyor* satu tidak berhenti, otomatis objek warna hijau akan terus berjalan hingga menuju sensor warna dua dan sensor *proximity* dua, dan ketika sensor warna dua mendeteksi adanya objek warna hijau yang melewatinya maka sensor warna dua akan aktif dan *conveyor* satu akan berhenti serta sensor *proximity* dua akan mengaktifkan robot lengan selama tiga detik untuk mengambil objek dan meletakkannya ke *conveyor* dua. Pada saat robot lengan meletakkan objek ke *conveyor* dua maka sensor *proximity* tiga akan aktif dan menggerakkan *conveyor* dua selama tiga detik.

3.4 Analisa Program

3.4.1 Program Robot Lengan dengan Software CAVR

Memprogram merupakan bagian terpenting dan yang paling utama dalam merancang robot lengan. Pada penelitian ini, bahasa pemrograman yang digunakan untuk memprogram robot lengan adalah bahasa C dengan menggunakan *software CAVR*. Berikut ini adalah bagian-bagian program yang dibuat untuk menggerakkan robot lengan

1. Bagian *Header*

```
#include <mega8535.h>
#include <delay.h>
```

Program diatas adalah *header* dari pemrograman dengan *CAVR* berisi tentang *file* dengan *ekstensi (.hex)* yang berfungsi sebagai pustaka yang akan digunakan dalam pemrograman.

2. Memberi nama variabel pada masing-masing PORT

```
#define siji PORTD.0
#define loro PORTD.1
#define telu PORTD.2
#define papat PORTD.3
#define limo PORTD.4
```

Pemberian nama variabel merupakan hal yang tidak terlalu penting untuk dilakukan, namun pemberian nama variabel pada umumnya selalu digunakan oleh *programmer* untuk memberikan nama pada suatu objek tertentu dengan tujuan agar tidak bingung saat membuat program. Pada program “#define siji PORTD.0” memiliki maksud bahwa PORTD.0 diberi nama siji, begitu dan seterusnya.

3. Memprogram *pulsa high* dan *low motor servo*

```
// Declare your global variables here
void servosatu(int x1,int x2,int x3,int x4,int x5)
{ int i,a;
  for (a=0;a<=50;a++)
  {
//servo 1
    for(i=0;i<=x1;i++)
    {
      siji=1;
      delay_us(10);
    }
    siji=0;
.....
    delay_ms(20);
  }
}
```

Program diatas berfungsi untuk memberikan *pulsa high* dan *low* pada sebuah *servo*. Program “*void servosatu(int x1,int x2,int x3,int x4,int x5)*” mempunyai fungsi yaitu membuat variabel dengan nama “*servosatu*” yang berisi bilangan *integer* dari *x1* hingga *x5*. Pada program servo satu, terdapat program perulangan *for* yaitu “*for(i=0;i<=x1;i++)*” yang berfungsi untuk mengulang program servo satu hingga *x1* kali perulangan. Sedangkan pada program “*{siji=1;delay_us(10);}*” adalah pemberian pulsa *high* pada *servo* satu dengan *delay* (tunda) selama 10 *mikrosecond*. Setelah itu akan dilanjutkan dengan program “*siji=0;*” dengan maksud memberi pulsa *low* dengan *delay* (tunda) selama 10 *mikrosecond* dan seterusnya hingga program servo yang kelima.

4. Membuat program derajat perputaran *motor servo*

```
void gerak1()
{
  servosatu(113,118,94,40,113);
  PORTC.2=1;
  PORTC.1=1;
}
void gerak2()
{
  servosatu(113,94,94,40,40);
  PORTC.1=0;
  servosatu(113,118,94,40,40);
}
void gerak3()
{
  servosatu(70,118,94,40,40);
  servosatu(70,94,94,40,113);
  servosatu(70,118,94,40,113);
  servosatu(113,118,94,40,113);
}
```

Pada program diatas, membuat variabel dengan nama “gerak1, gerak2, dan gerak3” yang didalamnya berisi tentang “servosatu” dengan bilangan *integer* sebagai derajat *motor servo*. Pada program robot lengan ini, telah diketahui nilai *integer* dari derajat motor servo.

5. Membuat program konfigurasi *PIN*

```
void main(void)
{
  // Declare your local variables here
  PORTD=0x00;
  DDRD=0x1F;
  PORTC=0x07;
  DDRC=0x07;
```

Pada program “*PORTD = 0x00*” berfungsi untuk mengubah *PORTD* yaitu *PD0 – PD7* menjadi berlogika 0, jadi *servo* tidak bergerak. Sedangkan *DDRD = 0x1F* berfungsi untuk mengkonfigurasi *PORTD 0 – 4* sebagai *output*. Sedangkan pada program “*PORTC = 0x07*” berfungsi untuk mengubah *PORTC* yaitu *PC0 – PC2* menjadi berlogika 1, jadi *sensor* warna aktif. Sedangkan *DDRC = 0x07* berfungsi untuk mengkonfigurasi *PORTC 0 – 2* sebagai *input*.

6. Menjalankan program

```
while (1)
{
  // Place your code here
  gerak1();
  if ((PIND.5==1)&&(PORTC.2==1))
  {
    gerak2();
  }
  if ((PIND.5==0)&&(PORTC.1==0))
```

```

    {
    gerak3();
    }
};
}

```

Program diatas berfungsi untuk memanggil variabel “gerak1” dan menjalankan variabel tersebut. Selain itu, terdapat juga fungsi “if” yang berfungsi untuk menjalankan variabel “gerak2” dan “gerak3”.

Ladder Diagram Robot Lengan dengan Conveyor

Merancang *software conveyor* dilakukan dengan cara membuat program PLC dengan *ladder diagram* dan *software* yang digunakan untuk membuat *ladder diagram* ini adalah *GMWIN 4.0*. Berikut ini adalah *ladder diagram* penggerak *conveyor* dan robot lengan.

1. Input

Sensor 1, 2, 3, dan 4 digambarkan dalam *memory allocation* sebagai “%IX0.0” yang memiliki fungsi sebagai *input* program dengan status *normally open* sehingga program akan berjalan jika diberikan tegangan atau diberikan logika 1 dan memiliki tipe data *boolean* dengan makna apabila diberikan logika 1 maka program akan *true* sedangkan apabila diberikan logika 0 maka program akan *false*.

2. Output

Pada bagian *conveyor*, pendorong, dan *conveyor2* dalam *memory allocation* sebagai “%QX0.0” yang memiliki fungsi sebagai *output* program dengan status *normally open* sehingga program akan berjalan jika diberikan tegangan atau diberikan logika 1 dan memiliki tipe data *boolean* dengan makna apabila diberikan logika 1 maka program akan *true* sedangkan apabila diberikan logika 0 maka program akan *false*.

3. Timer

Pada *timer* terdiri dari dua macam yaitu *timer off* (TOF) dan *timer on* (TON) yang memiliki fungsi sebagai pengatur waktu *delay* pada program. *Timer off* dan *on* memiliki fungsi yang berbeda, *timer off* digunakan untuk memberikan waktu *delay* selama beberapa detik untuk menonaktifkan program setelahnya. Sedangkan *timer on* digunakan untuk memberikan waktu *delay* selama beberapa detik untuk mengaktifkan program setelahnya. Cara pemberian waktu untuk *timer* pada *software GMWIN 4.0* adalah dengan cara menuliskan “t#...s” pada *initial value*. Tanda titik-titik pada “t#...s” tersebut adalah waktu yang akan diberikan untuk membuat *delay*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan:

1. Perancangan robot lengan yang diintegrasikan dengan *conveyor* dapat dibuat dengan baik. Proses pembuatan terdiri dari perancangan *software* dan *hardware*. Perancangan *software* dilakukan dengan menginstal *software GMWIN 4.0* dan *CodeVision AVR*. *Software GMWIN 4.0* digunakan untuk membuat program PLC dengan bahasa pemrograman *diagram ladder*. Sedangkan *software CodeVision AVR* digunakan untuk memprogram robot lengan dengan bahasa pemrograman *C*. Perancangan *hardware* terdiri dari membuat rangkaian *mikrokontroler*, rangkaian *regulator*, rangkaian sensor *proximity*, dan merakit robot lengan.
2. Hasil rancangan integrasi antara robot lengan dengan *conveyor* dapat dijadikan sebagai alat simulasi sistem kerja pada proses produksi industri manufaktur. Prinsip kerja yang didesain dapat berjalan dengan baik dimana *conveyor* satu disimulasikan sebagai ban berjalan yang membawa dua produk yang akan dipisahkan antara yang baik (berwarna hijau) dan produk gagal (berwarna merah). Jika produk berwarna merah terdeteksi maka akan dibuang, sedangkan jika produk berwarna hijau dan dianggap lolos uji *quality* maka akan diteruskan untuk dipindah oleh robot lengan untuk diteruskan menuju *conveyor* dua.

Saran

Berdasarkan hasil dari kolaborasi robot lengan dengan *conveyor* telah ditentukan beberapa saran yang harus diperhatikan untuk para praktikan, *trainer PLC*, dan jurusan teknik industri antara lain:

1. Dalam penggunaan robot lengan dan *conveyor* sebaiknya diperhatikan berapa tegangan yang dibutuhkan dalam mengaktifkan keduanya. Pada robot lengan hanya dibutuhkan tegangan 5VDC untuk menggerakkan *motor servo*, sedangkan pada *actuator conveyor* dibutuhkan tegangan 24VDC dan tegangan 12VDC untuk sensor *proximity* dan warna.
2. Dalam mengeluarkan tegangan 24VDC sebaiknya menggunakan tegangan yang dihasilkan oleh *hardware PLC Glofa* dan jangan menggunakan tegangan 24VDC dari *power supply*. Power Supply hanya digunakan untuk mengeluarkan tegangan 5VDC dan 12VDC.
3. Para praktikan dapat mencoba mensimulasikan dengan beberapa batasan waktu dan kriteria yang lain untuk menambah kemampuan analisa.

DAFTAR PUSTAKA

- Aized, Tauseef, 2006, *Materials Handling in Flexible Manufacturing Systems*, Department of Mechanical, Mechatronics and Manufacturing Engineering, KSK, Lahore
- Apple, J. M. 1984, *Plant Layout and Material Handling*. 3rd ed. N.Y.: Ronald Press.
- Bergren, Charles., 2003, *Anatomy of a robot*, The McGraw-Hill Companies, Inc. New York
- Budiharto, Widodo. 2011. *Aneka Proyek Mikrokontroler*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Groover, Mikell P.2001, *Automation, Production system, and Computer Integrated Manufacturing Second Edition*, New Jersey: Prencice-Hall Upper Saddle River
- Heryanto, M Ary, dan Adi P, Wisnu, 2008,. *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMega8335*. Yogyakarta, Penerbit Andi Offset
- Meyers, Fred E. , 1993, *Plant Layout and Material Handling*. Englewood Cliffs, NJ: Regents/Prentice Hall.
- Nugraha, Deny, Wiriya. 2011. *Pengendalian Robot yang Memiliki Lima Derajat kebebasan*. Palu: Jurusan Teknik Elektro, UNTAD.
- Pitowarno, Endra., 2006, *Robotika: Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Purwanto, 2009, *Pengendali Motor Servo DC Standard dengan Berbasis Mikrokontroler AVR ATMega8535*. Depok: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma
- Sandler,Ben-Zion, 1999, *Robotics: Designing The Mechanism For Automated Machinery*. Academic Press. California.
- Walter, Jörg., 1997. *Rapid Learning in Robotics*, Göttingen: Cuvillier, Germany