

PERANCANGAN SISTEM INSPEKSI VISUAL BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) PADA MODULAR AUTOMATION PRODUCTION SYSTEM (MAPS)

Anton Satria Prabuwno¹⁾, Denni Kurniawan²⁾, Yuwaldi Away³⁾

¹⁾Jurusan Sistem Komputer, Universitas Budi Luhur, Jakarta
Email: prabuwno@yahoo.com

²⁾Jabatan Komputeran Industri, Universiti Kebangsaan Malaysia

³⁾Jurusan Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

ABSTRACT

The purpose of Programmable Logic Controller (PLC) integration in industrial process is to increase productivity and to improve product quality. These can be achieved by automated production process using PLC. PLC provides innovative solutions in the direction of industrial automation. These activities include delicate electronics component manufacturing, glass manufacturing, machine parts, quality textile production, metal product finishing, and many others. This paper presents a research on design and implementation of PLC based visual inspection for Modular Automation Production System (MAPS) application. A production simulation and visual inspection process was attempted in the Robotics System Laboratory of Industrial Computing Department, Universiti Kebangsaan Malaysia. The result shows the PLC based visual inspection system is accurate to determine unacceptable products (no cap or misplace) on the production speed at 78 bottle per minute (bpm).

Keywords: visual-inspection-system, PLC, MAPS

PENDAHULUAN

Programmable Logic Controller (PLC) adalah sejenis komputer khusus yang dipergunakan untuk mengendalikan mesin atau proses (Warnock 1988). Penggunaan PLC memberikan berbagai kemudahan bagi industri manufaktur dalam melakukan kendali pada proses otomasi, mengurangi biaya produksi serta meningkatkan jumlah dan kualitas produk (Maria 2004). PLC selalu dikaitkan dengan sistem kendali otomatis dalam bidang industri. Tujuan utama penggunaan PLC adalah untuk meningkatkan produktivitas,

baik untuk meningkatkan jumlah produksi, kualitas produksi maupun ketepatan hasil produksi. Pada otomasi sistem produksi, pekerjaan manusia telah digantikan dengan menggunakan mesin, baik sebagian maupun secara keseluruhan.

Definisi PLC menurut *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA) adalah suatu peralatan elektronik digital yang menggunakan memori dan dapat diprogram untuk menyimpan arahan suatu fungsi tertentu, seperti logika, sekuensial, waktu, penghitungan, dan aritmatik untuk mengendalikan suatu

proses (Wright 1999). Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menggabungkan PLC dengan berbagai aplikasi lain, diantaranya adalah dengan sistem inspeksi visual dan sistem cerdas. Aplikasi sistem inspeksi visual dengan sistem kendali otomatis berbasis PLC telah dipergunakan secara meluas di industri, seperti pada sistem produksi komponen elektronika, produksi gelas, penghasil bahan cetak, industri otomotif, dan sebagainya (Prabuwono et al. 2006).

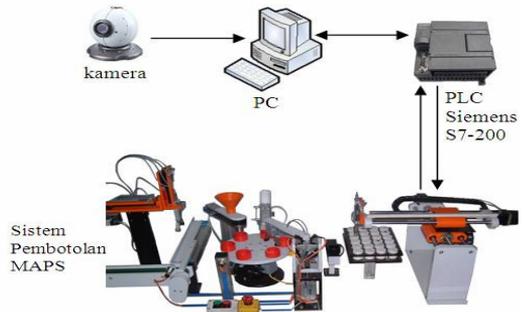
Sebelum sistem otomasi diterapkan, sistem inspeksi visual di industri banyak dilakukan secara manual oleh manusia. Sistem inspeksi oleh manusia mempunyai berbagai kelemahan yang disebabkan oleh banyak faktor, seperti kelelahan operator, ketiadaan motivasi, pengalaman, kemahiran dan lain-lain. Untuk mengatasi masalah ini, maka sistem inspeksi visual di industri telah digantikan secara efektif oleh sistem otomatis (Kopardekar et al. 1993). Penelitian ini mengkaji tentang perancangan dan implementasi sistem inspeksi visual berbasis PLC yang diintegrasikan dengan sistem pembotolan *Modular Automation Production System* (MAPS). MAPS merupakan miniatur produksi untuk proses pembotolan yang dipergunakan untuk tujuan penelitian, pelatihan dan pembelajaran. Sistem inspeksi visual tersebut digunakan untuk mendeteksi botol yang tidak sesuai dengan ketentuan standar kualitas.

PERANCANGAN SISTEM

Hal yang perlu diperhatikan dalam kajian ini adalah perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan. Perangkat keras sistem yang dibangun terdiri dari:

1. Komputer PC berbasis Pentium 4.
2. PLC Siemens S7-200 CPU 226.

3. Sistem pembotolan MAPS.
4. Kamera *Logitech Quick Cam Express*.
5. Sensor inframerah, magnetik, dan *retroreflective*.



Gambar 1. Perancangan sistem

Gambar 1 menunjukkan perancangan sistem dan perangkat keras yang digunakan. Sedangkan perangkat lunak sistem yang dikembangkan menggunakan dua jenis program, yaitu Step7Microwin32[®] dan MS Visual C++6.0[®]. Program Step7Microwin32[®] merupakan *platform* untuk keperluan pembuatan diagram tangga yang selanjutnya digunakan untuk mengendalikan sistem pembotolan MAPS (Kurniawan et al. 2006). Sedangkan program MS Visual C++6.0[®] digunakan untuk keperluan perancangan aplikasi inspeksi visual dan antarmuka manusia-mesin atau *Human-Machine Interface* (HMI).

PEMODELAN SISTEM INSPEKSI VISUAL

Sistem penglihatan manusia adalah suatu sistem penglihatan yang memiliki mekanisme sangat kompleks. Terlebih lagi jika mekanisme sistem penglihatan tersebut direalisasikan ke dalam sistem komputer (Prabuwono et al. 2006). Pada penelitian ini, suatu sistem inspeksi visual telah dikembangkan untuk mendeteksi

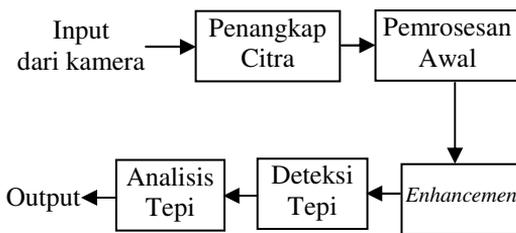
kecacatan botol pada proses produksi pembotolan. Terdapat beberapa tahapan dalam mengembangkan suatu sistem inspeksi visual. Gambar 2 menunjukkan rangka kerja perangkat lunak, yang dimulai dengan bagian penangkap citra dan akan melalui beberapa bagian pemrosesan citra sebelum hasilnya dapat digunakan untuk menentukan keputusan.

Penangkap Citra

Dalam suatu sistem inspeksi visual, bagian penangkap citra merupakan tahap yang pertama dan sangat penting. Jika terdapat sedikit saja ketidaksempurnaan pada bagian ini, maka dapat mengakibatkan permasalahan pada tahap-tahap berikutnya. Jenis kamera juga sangat berpengaruh terhadap hasil penangkapan citra yang akan diproses.

Pemrosesan Awal

Bagian pemrosesan awal merupakan tahap kedua yang berfungsi untuk mengurangi derau yang terdapat di dalam citra obyek dan meningkatkan akurasi keluaran.



Gambar 2. Rangka kerja sistem inspeksi visual

Enhancement Citra

Setelah derau direduksi pada bagian pemrosesan awal, tahap berikutnya adalah tahap *enhancement* citra. Pada bagian ini, citra obyek diproses untuk memaksimalkan kekontrasan dan untuk memberikan keluaran optimal dari pendeteksian tepi. Penelitian yang dilakukan, menggunakan obyek botol plastik yang berwarna putih cerah, dengan latar belakang berwarna

gelap. Algoritma yang digunakan untuk memaksimalkan kekontrasan citra adalah sebagai berikut:

```

IF (Pold > threshold_value) THEN
  Pnew = Pold + enhance_brightness
ELSE
  Pnew = Pold - enhance_darkness
IF (Pnew > 255) THEN Pnew = 255
IF (Pnew < 0) THEN Pnew = 0
  
```

Bagian pertama algoritma diatas, digunakan untuk memaksimalkan kontras antara dua bagian dan menentukan tepi citra obyek. Jika nilai piksel di dalam piksel melebihi nilai *threshold*, maka nilai kecerahan (*enhance_brightness*) akan ditambahkan ke dalam piksel. Sedangkan jika kurang dari nilai *threshold*, maka nilai kegelapan (*enhance_darkness*) akan dikurangi dari piksel. Algoritma bagian kedua digunakan untuk memastikan bahwa nilai piksel berada di dalam batasan yang tepat (0-255).

Deteksi Tepi

Tepi didefinisikan sebagai garis perpotongan antara dua permukaan. Pada istilah perangkat lunak, tepi dapat didefinisikan sebagai variasi tingkat kecerahan di dalam daerah piksel. Pada beberapa penelitian mengenai sistem inspeksi visual menunjukkan bahwa suatu obyek dapat direpresentasikan oleh bagian-bagian tepi, dan ada banyak jenis identifikasi algoritma yang dapat disamaratakan secara mudah menurut ekspresi tepi (Meng et al. 2004).

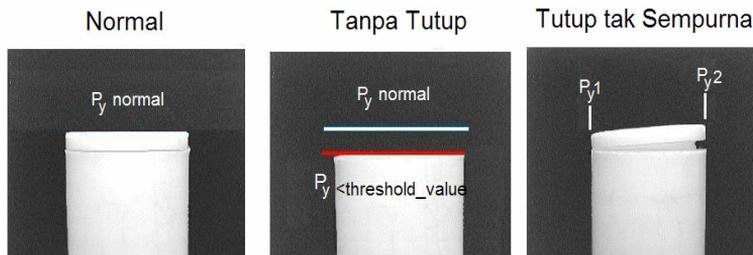
Analisis Tepi

Selanjutnya parameter-parameter obyek yang diperoleh dari bagian deteksi tepi akan dianalisis dalam bagian analisis tepi. Pada tahap ini, akan diketahui keadaan botol yang sedang diinspeksi.

Keadaan ini dibagi dalam dua kategori, yaitu:

⊕ Kategori yang pertama adalah tutup botol tidak ada sama sekali.

⊕ Kategori kedua adalah tutup botol tidak berada pada kedudukan yang seharusnya.



Gambar 3. Keadaan botol yang diinspeksi

Pada keadaan yang pertama, kecacatan dapat dideteksi dengan mengukur tinggi batasan botol. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan algoritma:

```
IF (Py < threshold_value_low or Py
    > threshold_value_high)
RETURN FALSE
```

Jika lokasi aksis y yang dideteksi dalam batasan tutup botol kurang dari nilai *threshold* (*threshold_value_low*) atau melebihi nilai *threshold* (*threshold_value_high*), maka akan menghasilkan nilai yang salah. Nilai ini menunjukkan bahwa botol yang diinspeksi mempunyai kecacatan. Untuk kategori yang kedua, ditentukan dengan mengukur kedudukan kedua aksis y. Untuk aksis y yang pertama berada di bagian kiri, dan aksis y yang kedua berada di bagian kanan. Ketidaktepatan kedudukan tutup botol ditunjukkan dengan algoritma berikut ini:

```
IF ((Py2-Py1) > threshold_value)
RETURN FALSE
```

Jika perbedaan antara kedua aksis y yang berada di bagian kiri atas dan kanan atas botol adalah lebih besar dari nilai *threshold*, ini memperlihatkan bahwa terjadi ketidaktepatan letak tutup botol. Gambar 3 menunjukkan beberapa

keadaan botol yang diinspeksi dalam sistem ini.

INTEGRASI SISTEM DALAM MAPS

PLC telah digunakan pada sistem kendali dalam industri sejak tahun 1969 untuk menggantikan sistem kendali otomatis berbasis *relay*. Beberapa alasan dipilihnya PLC sebagai pengendali sistem otomatis di industri adalah karena mudah untuk diprogram, memiliki kebiasaan yang dapat diperkirakan, tahan terhadap getaran, dan PLC pun dapat digunakan pada lingkungan yang kotor (Kurniawan et al. 2005).

Dalam kajian ini, PLC Siemens S7-200 digunakan sebagai pengendali pada sistem pembotolan MAPS. PLC akan bekerja menurut program yang telah disimpan di dalam memori, dengan memperhatikan keadaan fisik botol yang diproses. Jika botol yang diproses mempunyai kecacatan, maka botol tersebut akan ditolak. Demikian juga sebaliknya, jika keadaan botol sesuai dengan standar kualitas, maka botol akan diproses ke tahap selanjutnya.

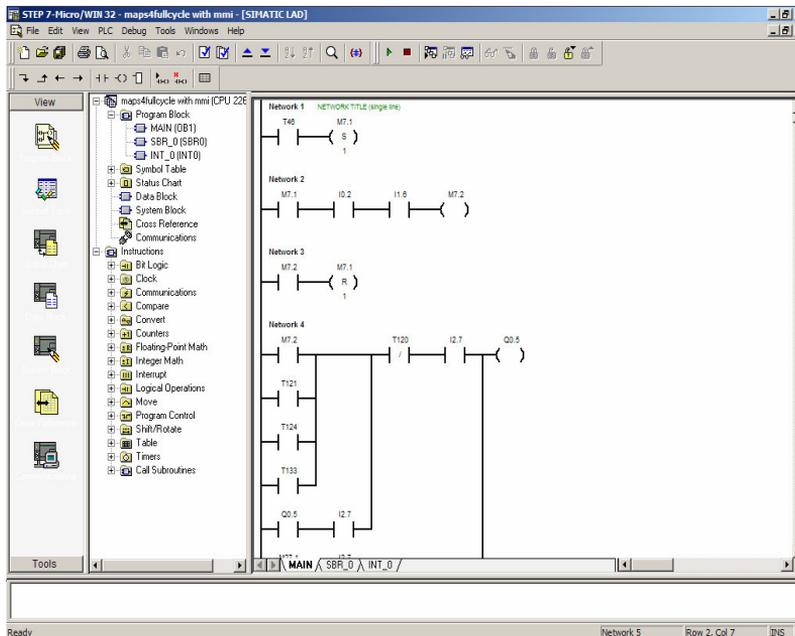
Program PLC yang digunakan pada sistem pembotolan MAPS ini terdiri dari dua jenis program. Program yang pertama

adalah program PLC yang dirancang untuk mengendalikan sistem pembotolan MAPS, sedangkan program yang kedua adalah program yang dirancang untuk integrasi dengan sistem inspeksi visual serta untuk keperluan HMI.

Program Diagram Tangga

Menurut standar IEC 1131-3 terdapat lima bahasa yang dapat digunakan untuk memasukkan program ke dalam memori PLC, yaitu daftar instruksi, teks terstruktur, diagram tangga, diagram blok fungsi dan diagram fungsi sekuensial (Bonfatti et al. 1995).

Diagram tangga merupakan bahasa program yang paling banyak digunakan karena menggunakan bahasa grafik dan mudah untuk dipahami. Pada kajian ini, program diagram tangga akan dimasukkan ke dalam memori PLC Siemens S7-200 dengan menggunakan perangkat lunak Step7MicroWin32[®] seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Kemudian program ini digunakan oleh PLC untuk mengendalikan sistem pembotolan MAPS yang telah dimodifikasi dengan pemasangan sistem inspeksi visual.



Gambar 4. Step7MicroWin32[®] dan diagram tangga

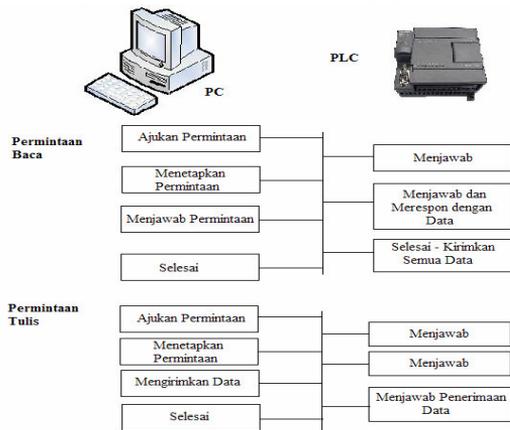
Untuk melakukan proses kendali otomatis, PLC perlu mengetahui alamat setiap piranti yang dihubungkan dengan PLC. Kemudian setiap alamat input/output disimpan dalam memori. Jenis memori PLC yang digunakan berupa *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* (EEPROM). PLC akan

melakukan akses ke alamat tersebut ketika melakukan proses pengendalian sistem.

Komunikasi Komputer dengan PLC

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengintegrasikan sistem kendali otomatis menggunakan PLC dengan berbagai aplikasi lainnya. Hal ini dapat dilakukan dengan mengetahui peta memori dan protokol yang digunakan oleh PLC.

Protokol adalah struktur yang digunakan dalam suatu sistem komunikasi, yang menyebabkan sebuah peralatan dapat berkomunikasi dengan peralatan lainnya. Sebuah protokol dapat diartikan juga sebagai sekumpulan peraturan yang memberikan perintah atas pertukaran data melalui konektor komunikasi atau jaringan (Park et al. 2003). Protokol yang digunakan oleh PLC Siemens S7-200 adalah protokol *Point to Point Interface* (PPI). Protokol PPI ini menetapkan aturan bahwa komunikasi antara PLC Siemens S7-200 dengan peralatan lain menggunakan komunikasi serial. Turut dijelaskan pula bahwa proses pengiriman data antara PLC Siemens S7-200 dengan peralatan lainnya dalam paket berupa urutan *byte*. Kemudian protokol akan menerjemahkan data dari setiap paket ini.



Gambar 5. Aturan Komunikasi Komputer Dengan PLC

Setiap paket yang dikirimkan memerlukan sebuah alamat sumber dan alamat tujuan data, sehingga sistem mengetahui tujuan data yang dikirim dan penerima mengetahui sumber data

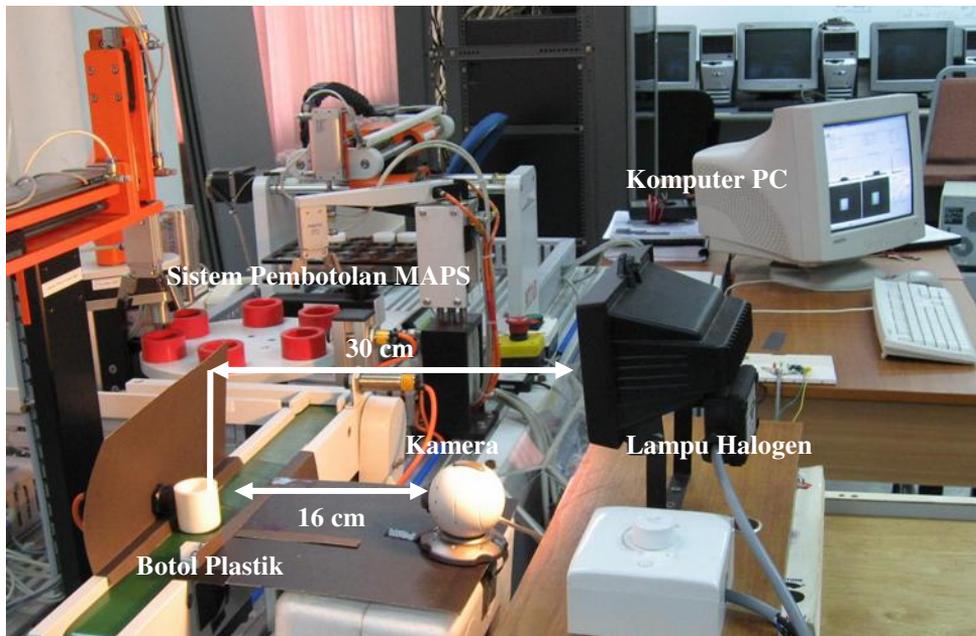
tersebut. Gambar 5 memperlihatkan contoh aturan yang digunakan dalam komunikasi antara komputer dan PLC. Program komunikasi antara komputer dan PLC Siemens S7-200 ini dirancang dengan menggunakan MS Visual C++ 6.0®.

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

Implementasi dan pengujian sistem inspeksi visual pada sistem pembotolan MAPS telah dilakukan di Laboratorium Sistem Robotika, Jabatan Komputeran Industri, Universiti Kebangsaan Malaysia. Penyusunan dan pengaturan kedudukan setiap perangkat keras harus dilakukan sesuai dengan tata letak yang telah ditentukan.

Kamera web diletakkan pada jarak 16 cm dari obyek yang diinspeksi. Sedangkan lampu halogen diletakkan pada jarak 30 cm dari obyek. Gambar 6 memperlihatkan tata letak dan susunan perangkat keras yang digunakan dalam pengujian.

Obyek inspeksi menggunakan botol plastik berwarna putih cerah yang berukuran tinggi 3,5 cm dan lebar 3 cm. Sebagai latar belakang obyek diletakkan kertas karton berwarna gelap (hitam). Jika botol yang diinspeksi sesuai dengan standar yang ditetapkan, maka botol tersebut akan diteruskan ke proses selanjutnya. Jika ukuran botol tidak sesuai dengan standar, maka PLC akan merespon dengan menggerakkan aktuator untuk menolak botol tersebut.



Gambar 6. Tata letak dan susunan sistem untuk pengujian

Setelah tata letak dan pengaturan sistem diimplementasikan, maka tahap pengujian dapat dilaksanakan. Tabel 1 menunjukkan ringkasan hasil bacaan pengujian sistem inspeksi visual.

Tabel 1. Ringkasan hasil pengujian

Lebar (piksel)	Tinggi (piksel)	Status
75	85	Terima
78	84	Terima
77	86	Terima
77	86	Terima
76	86	Terima
75	85	Terima
76	84	Terima
78	86	Terima
75	86	Terima
66	95	Tolak
88	99	Tolak
90	100	Tolak
85	98	Tolak
89	97	Tolak
73	95	Tolak
79	95	Tolak
88	97	Tolak

Dalam penelitian ini telah dilakukan pengujian sistem dengan sampel 400 botol plastik. Hasil pengujian secara keseluruhan

menunjukkan bahwa sistem inspeksi visual yang dikembangkan dapat mendeteksi obyek dengan kecepatan 78 *bottle per minute* (bpm) dan ketepatan inspeksi 96,7 %.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyajikan suatu rancang bangun dan implementasi sistem inspeksi visual berbasis PLC yang diintegrasikan dengan sistem pembotolan MAPS. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem inspeksi visual berbasis PLC yang dikembangkan dapat diintegrasikan ke dalam sistem pembotolan MAPS dengan kecepatan 78 *bottle per minute* (bpm) dan ketepatan inspeksi 96,7 %. Rancang bangun sistem ini juga dapat dimodifikasi dan diimplementasikan untuk kendali mutu pada proses produksi, seperti manufaktur otomotif, industri elektronika, pengolahan obat, dan berbagai aplikasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonfatti, F., Gadda, G. and Monari, P.D., 1995, *Re-Usable Software Design for Programmable Logic Controllers*, AMC Sigplan, vol. 30, no. 11, pp. 31-40.
- Kopardekar, P., Mital, A. and Anand, S., 1993, *Manual, Hybrid and Automated Literature and Current Research*, Integrated Manufacturing System, vol. 4, pp. 18-29.
- Kurniawan, D., Sulaiman, R., Prabuwo, A.S. dan Away, Y., 2006, *Integrasi Sistem Inspeksi Visual dengan Sistem Kendali Otomatis Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)*, Proceeding of the 7th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (SITIA 2006), pp. II-J-28-II-J-32.
- Kurniawan, D., Sulaiman, R., Shukor, S.A. dan Prabuwo, A.S., 2005, *Rekabentuk dan Implementasi Sistem Automasi Pembotolan MAPS Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)*, Proceeding of the 1st Conference on Industrial Computing (IComp 2005), pp. 21-28.
- Maria, G.I., 2004, *Design and Implementation of PLC Based, Monitoring Control System for Induction Motor*, IEEE Transactions on Energi Conversion, vol. 19, no. 3, pp. 469-476.
- Meng, C.K., Away, Y., Elias, N.F. and Prabuwo, A.S., 2004, *The Real Time Visual Inspection System for Bottling Machine*, Proceeding of the 2nd Conference on Computer Graphics and Multimedia (CoGRAMM'04), pp. 414-417.
- Park, J., Mackay, S. And Wright, E., 2003, *Data Communication for Instrumentation and Control*, Elsevier, Oxford, Great Britain.
- Prabuwo, A.S., Away, Y., Meng, C.K. dan Nizam, M., 2006, *Rancang Bangun Sistem Inspeksi Visual Menggunakan Penangkap Citra Web-Camera (Webcam)*, Majalah Ilmiah Gema Teknik, Universitas Sebelas Maret, No. 2/Tahun IX Juli 2006, pp. 60-65.
- Prabuwo, A.S., Sulaiman, R., Hamdan, A.R. and Hasniaty A., 2006, *Development of Intelligent Visual Inspection System (IVIS) for Bottling Machine*, Proceeding of IEEE Tencon 2006, ISBN 1-4244-0549-1.
- Warnock, I.G., 1988, *Programmable Logic Controller Operation and Application*, Microelectronics Educational Development Centre (MEDC) Paisley College of Technology, Scotland.
- Wright, J.R., 1999, *The Debate Over Which PLC Programming, Language is The State of The Art*, Journal of Industrial Technology, vol. 15, no. 4, pp. 1-5.