

Rekabentuk dan Implementasi Sistem Automasi Pembotolan MAPS menggunakan *Programmable Logic Controller, PLC*

(Design and Implementation Modular Automation Production System-MAPS
using *Programmable Logic Controller, PLC*)

RIZA SULAIMAN, ANTON SATRIA PRABUWONO, DENNI KURNIAWAN & SYAIMAK ABDUL SHUKOR

ABSTRAK

Kertas kerja ini membincangkan rekabentuk dan implementasi Programmable Logic Controller (PLC) untuk aplikasi miniatur pembuatan pembotolan (Modular Automation Production System - MAPS). PLC digunakan untuk menjalankan sistem supaya bekerja secara automatik dan digunakan untuk aplikasi sistem yang berulang. Penggunaan PLC dalam industri bertujuan meminimumkan kos pengeluaran, meningkatkan produktiviti, meningkatkan kualiti dan kebolehpercayaan sistem. Rekabentuk dan implementasi sistem automasi dilakukan dengan menggunakan MAPS. MAPS adalah suatu sistem modular yang dibangunkan dengan menggunakan beberapa stesen menjadi sistem terintegrasi. Di dalam kajian ini, MAPS digunakan sebagai miniatur pengeluaran pembotolan yang sebenar dan merupakan integrasi beberapa sistem iaitu PLC, pengesan, pneumatik, mekanik, elektronik dan sistem kawalan.

Kata kunci: Automasi; PLC; pembuatan pembotolan; MAPS

ABSTRACT

This paper discusses the design and implementation of Programmable Logic Controller (PLC) on Modular Automation Bottling Production System-MAPS. PLC is used for running a system so that it can work automatically and used on repeatable system application. The objectives of using PLC in industry are to minimize production cost, increase productivity, increase quality and system reliable. Design and implementation of this automation system uses MAPS. MAPS is a modular system that was developed by using a few stations into an integrated system. In this research, actual MAPS were used and integrates with other system such as detector, pneumatic, mechanic, electronic and control system.

Keywords: Automation; PLC; bottling production; MAPS

PENGENALAN

Programmable Logic Controller (PLC) kali pertama diperkenalkan pada tahun 1969 oleh Hydramatic Division-General Motors Corp. untuk menggantikan sistem kawalan menggunakan relay. Pada mulanya, kos bagi penggunaan PLC sebagai pengganti sistem relay agak tinggi. Walau bagaimanapun, PLC sangat sesuai di dalam pelbagai proses perancangan industri kerana kos perawatan dan kos pemasangan dapat dipadankan dengan keperluan. PLC menawarkan pelbagai kemudahan yang tidak ditemui dalam komputer dan sistem kawalan lainnya (Al-Khudairy et al. 1998). Penggunaan PLC diutamakan pada aplikasi sistem automatik dan proses kawalan yang berulang (Chirn & McFarlane 2000). Banyak industri menggunakan PLC dengan tujuan bagi meminimumkan kos pengeluaran, meningkatkan kualiti dan kebolehpercayaan (Ioannides 2004). Beberapa keunggulan yang terdapat pada PLC adalah seperti mudah untuk diatur carakan, memiliki hasil yang dapat dijangkakan, tahan terhadap getaran, dan PLC juga boleh digunakan pada persekitaran yang kotor.

Selain digunakan pada aplikasi industri, PLC juga digunakan dalam pelbagai bidang penyelidikan. Sebagai contoh, rujukan Athani (1984) menerangkan rekabentuk mikropemproses 8085 berasaskan PLC. Penyelidikan yang telah dilakukan membuktikan bahawa PPLC menggunakan peralatan pengaturcaraan insani dan terminal CRT di mana bahagian atur cara dapat dimasukkan dan dilihat pada masa yang sama. Rujukan Away & Prabuwno (2004) pula menjelaskan implementasi sistem automasi menggunakan PLC dan sistem pemeriksaan visual. Aplikasi sistem ini dapat dengan mudah ditemukan pada banyak industri, seperti automotif, makanan dan minuman, farmasi, peralatan elektronik dan sebagainya. Seterusnya rujukan Saad et al. (2001) menerangkan aplikasi PLC dan sistem pengawalan melalui perantaraan internet. Sistem ini biasanya digunakan untuk mengawal kerja peralatan industri dari jarak jauh. Pengguna dapat mengawal proses automasi dan melakukan pemeriksaan ke atas kerja sistem.

ASAS SISTEM AUTOMASI PLC

PLC adalah sebuah mikropemproses berasaskan sistem kawalan yang direkabentuk untuk proses automasi dalam persekitaran industri. PLC menggunakan ingatan yang dapat diaturcara dalam penyimpan dalaman atau *internal storage* (Ioannides 2004). National Electrical Manufacturers Association (NEMA) mendefinisikan PLC sebagai suatu peranti elektronik yang bekerja secara *digital* dan dapat menyimpan ingatan dalam penyimpan dalaman dari pelbagai arahan khusus yang digunakan seperti logik, waktu, dan pengiraan bagi mengawal pelbagai mesin atau proses melalui modul masukan/keluaran *digital* atau *analog* (Wright 1999).

Seperti yang dipaparkan di dalam Rajah 1, PLC terdiri daripada beberapa komponen utama, iaitu *Central Processing Unit* (CPU), unit masukan/keluaran (I/O), peranti pengaturcaraan, dan bekalan kuasa (Wright 1999). Unit masukan (input) PLC menerima maklumat daripada suis dan pengesan yang memberikan isyarat yang mewakili keadaan sebenar mesin. CPU adalah sistem mikropemproses yang mempunyai sistem ingatan dan merupakan unit pengambil keputusan bagi PLC.

CPU melakukan proses pengiraan, pewaktuan, perbandingan data, dan pelbagai operasi lain. Masukan, keluaran, dan maklumat dalaman akan dianalisa oleh aturcara yang tersimpan di dalam PLC. Seterusnya PLC akan mengirimitkan isyarat kepada peralatan luaran melalui modul keluaran. PLC menggunakan proses berkenaan untuk mengawal kerja mesin atau melihat keadaan kerja mesin. Peranti pengaturcaraan pula digunakan untuk memasukkan arahan yang diinginkan.

Terdapat beberapa cara untuk memasukkan aturcara ke dalam ingatan PPLC. Menurut IEC *standard* 1131-3, terdapat lima bahasa yang boleh digunakan untuk memasukkan atur cara ke dalam ingatan PLC, iaitu *instruction list*, *structured text*, *ladder diagram*, *function block diagram* dan *sequential function chart* (Bonfatti et al. 1995). *Ladder diagram* atau gambarajah tangga

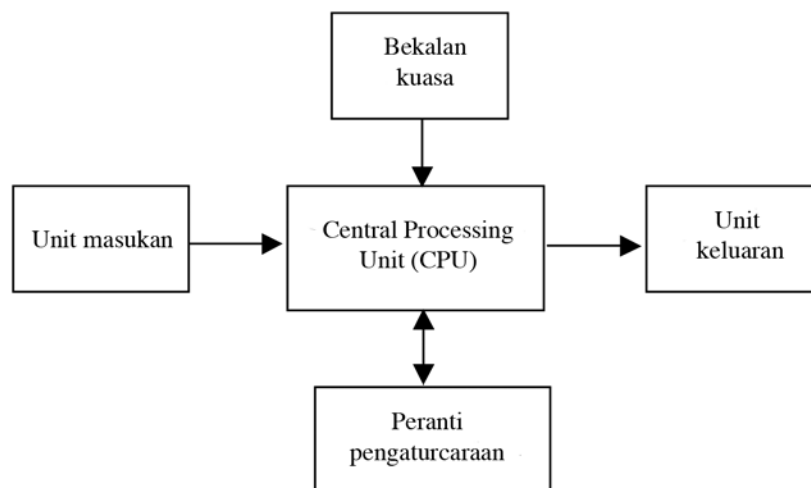
merupakan aturcara yang paling popular digunakan kerana menggunakan bahasa geraf dan mudah untuk difahami. Aturcara gambarajah tangga akan dimasukkan ke dalam ingatan PLC Siemens S7-200 dengan menggunakan perisian Step 7 MicroWin 32. Perisian ini boleh didapati semasa membeli PLC. Gambarajah tangga menggunakan simbol yang ditingkatkan daripada gambarajah yang digunakan pada sistem *relay*. Gambarajah tangga terdiri dari rangkaian atau pun disebut *rung*, manakala pembacaan gambarajah tangga dilakukan dari kiri ke kanan, dan dari atas ke bawah. Satu rangkaian biasanya terdiri dari *contact*, *coil* dan satu simbol lain

Rajah 2 menunjukkan bahawa suatu PLC bekerja secara kitar (Siemens 2005). Pada operasi kitar ini, suis dibaca oleh modul masukan dan diteruskan ke atas *process input image* (PII). Seterusnya maklumat ini dimasukkan ke dalam atur cara kawalan. Hasil analisis atur cara akan dihantar kepada *process output image* (PIO), dan tindakan ke atas keluaran akan berlaku. Waktu yang diperlukan dalam masa ini bergantung pada bilangan dan jenis logik yang digunakan. Terdapat dua komponen utama semasa proses kitar, iaitu:

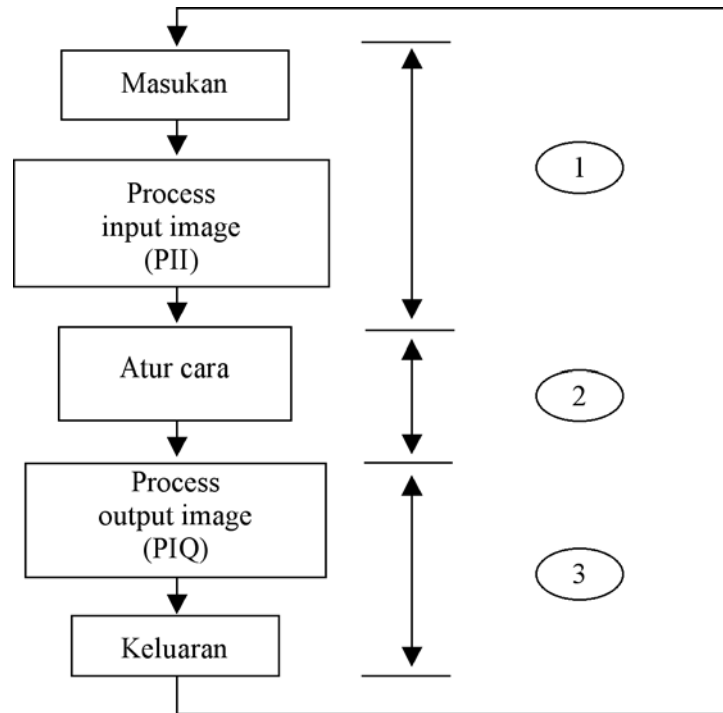
1. Masa sistem operasi, berkaitan dengan tahap 1 dan 3.
2. Masa bagi memproses perintah berkenaan, berkaitan dengan tahap 2.

MINIATUR SISTEM AUTOMASI PEMBOTOLAN MAPS

Sistem automasi di dalam kertas kerja ini diimplementasikan pada sistem pembotolan *Modular Automation Production System* (MAPS). MAPS adalah nama yang diberikan bagi sistem modular yang terdiri dari beberapa stesen yang terintegrasi ke dalam sistem. Tiap-tiap stesen merupakan sistem yang berdiri sendiri dan mempunyai tugas yang berbeza (Prabuwno & Away 2004). MAPS merupakan suatu sistem modular yang sederhana, lengkap, dan menjadi suatu miniatur sistem automasi pembotolan di dalam makmal, sepertimana yang ditunjukkan pada



RAJAH 1. Komponen utama sistem PLC



RAJAH 2. Operasi kitar PLC

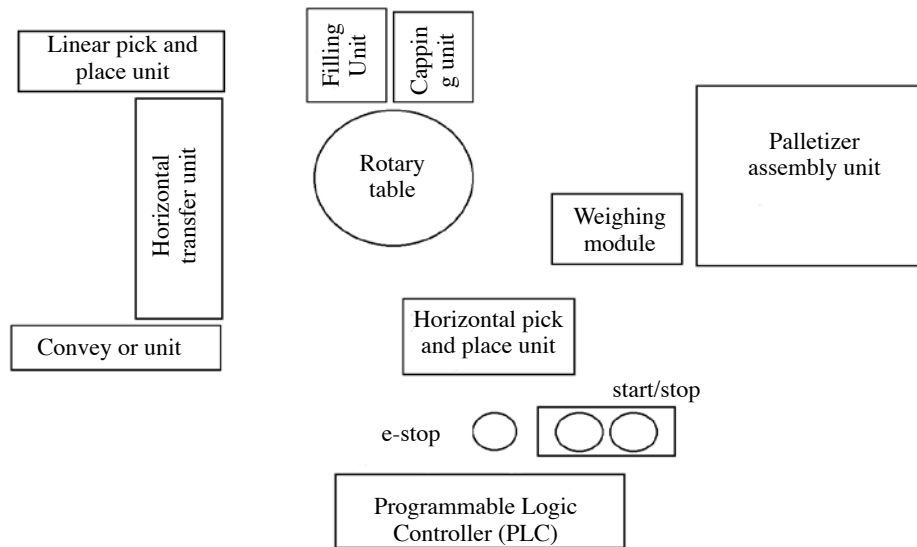
Rajah 3. Sistem ini dikawal menggunakan PLC Siemens S7-200. PLC berkenaan mempunyai 24 masukan dan 16 keluaran yang dihubungkan dengan pengesan dan sistem pneumatik.

Sistem pembotolan MAPS terdiri dari beberapa modul yang melakukan tugas yang berbeza, antaranya adalah unit

conveyor, linear pick and place unit, filling unit, capping unit, rotary table, horizontal pick and place unit, weigh module, dan palletizer assembly unit (MTAB 2005). Sistem pembotolan MAPS akan bekerja secara berurutan dari satu proses ke proses berikutnya. Susun atur miniatur sistem pembotolan MAPS dapat dilihat pada Rajah 4.



RAJAH 3. Sistem automasi pembotolan MAPS



RAJAH 4. Susun atur sistem pembotolan MAPS

Cara kerja sistem pembotolan MAPS ialah mula-mula botol dihantar menggunakan sabuk angkut. Kehadiran botol akan dikesan dengan menggunakan pengesan kapasitor dan *retroreflective*. Seterusnya botol akan dipindahkan dengan menggunakan modul *linear pick and place*. *Gripper* akan memindahkan botol tersebut ke atas *rotary table*. Semasa botol berada di atas *rotary table*, botol akan diproses pada beberapa unit lainnya iaitu unit pengisian bahan, dan unit pemasangan tutup botol. Setelah semua proses di atas *rotary table* selesai, modul *linear pick and place* akan mengirimitkan botol ke modul *weighing* untuk ditimbang. Seterusnya botol akan dihantar ke modul *XY palletizing* untuk disusun ke dalam kotak.

REKABENTUK DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Perkakasan yang digunakan dalam implementasi sistem automasi pembotolan MAPS ialah:

1. Modular Automation Production System (MAPS)
2. Komputer Peribadi Pentium III 996 MHz
3. PLC Siemens S7-200
4. Wayar Point to Point Interface (PPI)
5. Sistem Pneumatik
6. Pengesan kapasitor, pengesan *retroreflectif*, pengesan magnet.

Semasa melakukan rekabentuk dengan menggunakan PLC, alamat PLC yang dihubungkan dengan peralatan luaran harus diketahui. Bahagian masukan PLC dihubungkan dengan pengesan kapasitor, pengesan *retroreflective* dan pengesan magnet. Bahagian keluaran dari PLC dihubungkan dengan sistem pneumatik dan penggerak. Masukan PLC Siemens S7-200 akan menerima masukan diskret 24 Volt dan menghantar keluaran 24 Volt kepada sistem pneumatik dan penggerak. Pengalamatan dari masukan dan keluaran PLC dapat dilihat pada Jadual 1.

JADUAL 1. Masukan dan keluaran sistem pembotolan MAPS

Alamat	Masukan	Alamat	Keluaran
I2.5	Suis mula	Q0.0	Relay pada conveyor motor
I0.1	Pengesan capacitive	Q0.2	Solenoid pada linear pick and place unit
I1.0	Pengesan retroreflective	Q0.3	Solenoid pada horizontal transfer unit
I0.2	Pengesan magnetic pada linear pick and place unit (retracted position)	Q0.4	Solenoid untuk buka/tutup griper
I0.3	Pengesan magnetic pada linear pick and place unit (extended position)	Q0.5	Relay pada six rotary unit
I1.2	Pengesan magnetic pada filling unit (extended pos)	Q0.6	Solenoid valve pada filling unit
I1.3	Pengesan magnetic pada filling unit (Retracted pos)	Q0.7	Solenoid valve pada capping unit
I1.4	Pengesan magnetic pada capping unit (extended position)	Q1.0	Solenoid valve untuk lift the unloading arm
I1.5	Pengesan magnetic pada capping unit (retracted position)	Q1.2	Solenoid valve untuk menggerakkan unloading arm towards rotary table
I1.7	Magnetic reed switch at the cylinder (punching)		
I2.0	Pengesan magnetic pada unloading arm		
I2.1	Weighing module		

REKABENTUK ATUR CARA

Dalam sistem pembotolan, proses pengisian bahan dan proses meletakkan tutup botol merupakan bahagian utama dari keseluruhan sistem tersebut. Kecepatan pemrosesan pada sistem pembotolan dikira semasa bahan dimasukkan ke dalam botol hinggalah kepada proses meletakkan tutup botol. proses pengisian bahan dan meletakkan tutup botol berlaku pada *filling unit* dan *capping unit*. Kedua-dua unit berkenaan menggunakan sistem pneumatik dan pengesan magnet. Atur cara yang digunakan pada kedua-dua proses ini menggunakan atur cara gambarajah tangga.

Filling unit *Filling unit* adalah alatan bagi memasukkan bahan ke dalam botol. Unit ini bekerja menggunakan sistem pneumatik dan pengesan magnet. Bahan dimasukkan ke dalam botol dengan menggerakkan *solenoid* dari arah tarikan ke arah perpanjangan. Kedudukan *solenoid* dapat diketahui dengan menggunakan pengesan magnet yang diletakkan pada arah tarikan dan arah perpanjangan. Rajah 5 menunjukkan carta alir sistem kerja *filling unit* dan atur cara yang digunakan dapat dilihat pada Rajah 6.

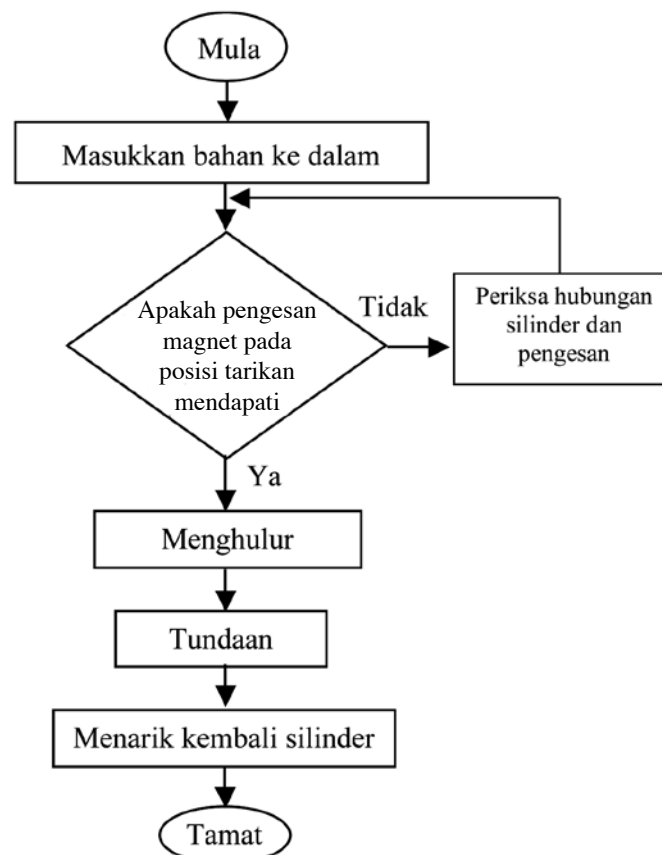
Capping unit *Capping unit* adalah nama yang diberikan bagi tempat berlakunya proses penutupan botol. Setelah bahan diisikan ke dalam botol, PLC akan mengirimitkan isyarat supaya proses penutupan boleh dimulakan. Proses

penutupan botol dilakukan menggunakan silinder ganda dan dihubungkan dengan sistem pneumatik. Sesaat setelah isyarat diberikan oleh PLC, tutup botol akan ditahan oleh silinder dan seterusnya silinder akan menekan tutup botol ke atas bahan kerja. Setelah proses penutupan botol berlaku, silinder akan segera kembali kepada kedudukan asal.

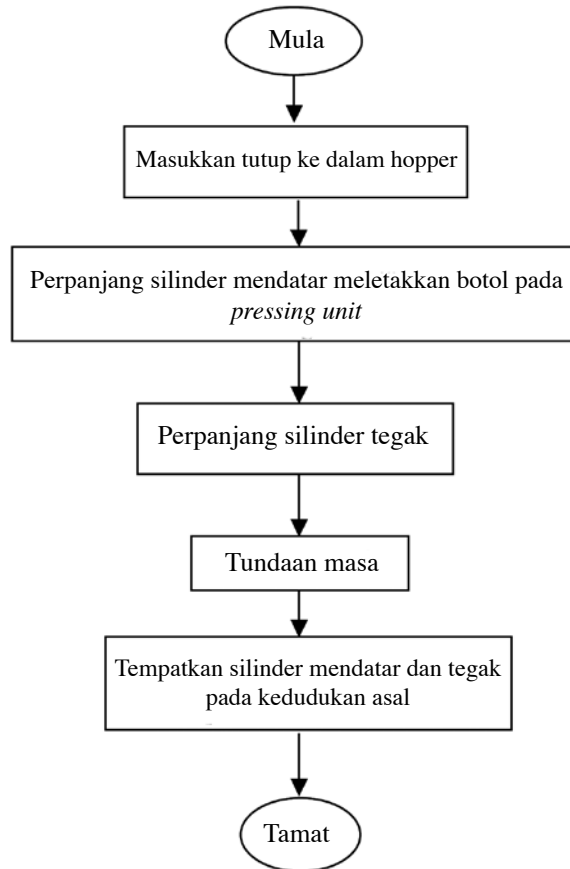
KESIMPULAN

Penggunaan PLC sangat diperlukan dalam implementasi sistem automasi di industri. PLC digunakan bagi meminimalkan kos pengeluaran, meningkatkan produktiviti, meningkatkan kualiti dan kebolehpercayaan sistem. PLC telah pun digunakan secara meluas kerana memiliki pelbagai keuntungan, antaranya iaitu mudah untuk diatur cara, memiliki kebiasaan yang dapat dijangkakan, dan dapat digunakan pada persekitaran yang kotor.

Rekabentuk dan implementasi sistem automasi pada miniatur pembotolan MAPS menggunakan PLC telah dilakukan di makmal Komputeran Industri, Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia. Dalam ujikaji berkenaan, sistem dapat melakukan kerja proses pembotolan sesuai dengan atur cara yang telah dibangunkan. Sistem automasi pembotolan MAPS ini dapat dijadikan sebagai pengenalan kepada penyelidik atau pengusaha industri kecil dan sederhana



RAJAH 5. Carta alir sistem kerja *filling unit*



RAJAH 6. Carta alir sistem kerja *capping unit*

(IKS) yang berminat mempelajari sistem pengeluaran, khususnya sistem pembotolan, sebelum melakukan kerja pada sistem pengeluaran yang sebenar.

RUJUKAN

- Al-Khudairy, T.F., Al-Hashemy, B.A.R. & Al-Baker, M.A.J. 1998. Design of a VMEbus-based Programmable Logic Controller (PLC). *Microprocessors and Microsystems* 21(5): 329-336.
- Athani, V.V. 1984. CRT Terminal for Programmable Controller. *Microprocessor and Microsystems* 8(2): 80-85.
- Away, Y. & Prabuwo, A.S. 2004. Aplikasi Teknologi Visi Mesin di Industri. *In Proc. of Seminar Nasional Informatika (SNI)*. 337-343.
- Bonfatti, F., Gadda, G. & Monari, P.D. 1995. Re-usable Software Design for Programmable Logic Controllers. *AMC Sigplan* 30(11): 31-40.
- Chirn, J. L. & McFarlane, D. L. 2000. Petry Nets Based Design of Ladder Logic Diagrams. *In Proc. of the UKACC International Conference on Control*: 1-6.
- Ioannides, M.G. 2004. Design and Implementation of PLC Based Monitoring Control System for Induction Motor. *IEEE Transactions on Energy Conversion* 19(3): 469-476.
- MTAB homepage. Atas talian <http://www.mtabindia.com>, 1 Jun 2005.
- Prabuwo, A. S. & Away, Y. 2004. Studi Sistem Visi Cerdas untuk Kendali Mutu Menggunakan Modular Automation Production System (MAPS). *In Proc. of the 1st Conference on Telematic Systems, Services and Applications (TSSA)* B-13: 75-80.
- Saad, M., Hassane, H.S., Hasan, H., Guetioui, Z.E. & Cheriet, M. 2001. A Synchronous Remote Accessing Control Laboratory on the Internet. *In Proc. of International Conference on Engineering Education*: 30-33.
- Siemens homepage. Atas talian <http://www2.automation.siemens.com/s7-200>, 1 Jun 2005.
- Wright, J.R. 1999. The Debate Over which PLC Programming Language is the State of the Art. *Journal of Industrial Technology* 5(4): 1-5.
- Zhou, M. C. 1998. Design of Industrial Automated System Via Relay Ladder Logic Programming and Petri Nets. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 28(1): 137-150.
- Jabatan Komputeran Industri
Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat,
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor D.E.
MALAYSIA
- Diserahkan : 13 Jun 2008
Diterima : 7 Ogos 2008