

## TEKNIK KONTROL OTOMATIK SEBAGAI PENDUKUNG DESAIN RUMAH PINTAR TERPADU

S.N.M.P. Simamora<sup>1)</sup>, A.A. Manik<sup>2)</sup>, A.Fauzan<sup>3)</sup>

Pusat Studi Telematika dan Kontrol (PUSITELL) Universitas BALE Bandung<sup>1)</sup>

Jl. R.A.A Wiranatakusumah No.2 Baleendah, Bandung 40258

Pusat Studi Elektronika Komputasi dan Kontrol (PUSELKOM), Politeknik TELKOM, Bandung<sup>1),2), 3)</sup>

Jl. Telekomunikasi No. 1 Ters. Buah Batu, Bandung 40257

Email: pusitell@gmail.com<sup>1)</sup>, puselkom@hotmail.com<sup>2),3)</sup>

### ABSTRAK

Otomasi perkakas dan instrumen adalah serangkaian transformasi mekanisme pekerjaan manusia dari manual menjadi berbasis komputerisasi. Tujuannya adalah efisiensi waktu kerja serta efektivitas pekerjaan dalam memenuhi produktivitas produksi agar dimungkinkan selalu tercapai. Dengan terciptanya transformasi pekerjaan manual menjadi otomasi berbasis otomatisasi, lebih khusus lagi dengan adanya dukungan sistem komputer, memunculkan teknik kontrol otomatis dalam menggantikan pekerjaan-pekerjaan yang semestinya bukan dilakukan oleh seorang manusia. Beberapa contoh yang menyangkut hal ini misalnya proteksi instrumen atau penggunaan perkakas, pencegahan kerusakan khususnya akibat kebakaran, atau dalam hal produktivitas penggunaan energi. Pada penelitian ini telah dilakukan implementasi teknik kontrol otomatis pada suatu tempat tinggal yang diformulasikan dalam bentuk maket rumah pintar terpadu. Modul-modul dalam rumah pintar merupakan hasil *embedded* dari berbagai modul kontrol otomatis yang dijalankan menggunakan modul sistem komputer. Cakupan pembahasan dan perancangan difokuskan pada: pintu-gerbang, otomasi lampu dan kipas secara kontrol-otomatis, deteksi dini kebakaran, dan otentikasi ruang yang diproteksi dari akses *user* yang tidak memiliki ijin-masuk. Pengujian dilakukan secara kuantitatif dengan pengamatan langsung terhadap hasil pembuatan setiap modul yang dikembangkan menggunakan teknik kontrol otomatis. Hasil penelitian menunjukkan proses *embedded-system* dari teknik kontrol otomatis yang dibangun pada berbagai modul kerja dapat memberikan keadaan signifikan dalam membantu pekerjaan dan menjaga dari situasi darurat.

**Kata Kunci:** teknik kontrol otomatis, otentikasi, *embedded-system*, rumah pintar terpadu.

### ABSTRACT

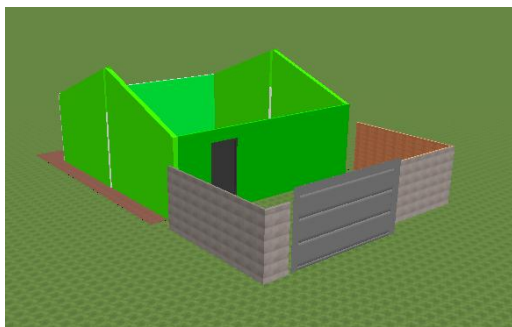
*Automation tools and instruments are a series of transformation mechanisms of human occupation of the manual becomes to based on computerization. The goal is the efficiency of the working time and work effectiveness in meeting the manufacturing productivity that is possible is always achieved. With the creation of the manual work becomes automated transformation-based automation, more specifically, with the support of computer systems, gave rise to the automatic control techniques in replacing jobs that should not be done by a human being. Some examples in this regard such protection instruments or the use of tools, in particular the prevention of damage due to fire, or in terms of the productivity of energy use. This research has been conducted on the implementation of automatic control engineering a residence that is formulated in the form of an integrated smart model house. The modules in the smart home is the result of a variety of embedded modules that run automatically controlled using a computer system module. The scope of the discussion and design focused on: the door-gate, automation lights and the fan-automatic control, early detection of fire, and authentication space protected from user access unlicensed-entry. Tests carried out quantitatively by direct observation of the results of making each module is developed using the techniques of automatic control. The results show the process of embedded-systems of automatic control techniques are built on a variety of work modules can provide a significant state in helping job and keeping of an emergency.*

**Key Words:** automatic control engineering, authentication, *embedded-system*, integrated smart home

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan manusia terhadap aplikasi yang dapat dikontrol dari jarak jauh, bahkan secara otomatis, merupakan hal penting bagi dukungan pekerjaan; dan secara kontinyu akan terus mengalami perkembangan yang pesat. Dan bagaimana intervensi manusia, akan penggunaan/pemakaian khususnya ketergantungan kepada operator, terhadap instrumen yang digunakan selalu diupayakan dapat diminimasi bahkan dihilangkan agar efisiensi dan efektivitas dapat terpenuhi dalam setiap proses kerja yang dilakukan [1][2]. Sistem kontrol otomatis salah satunya dapat dijumpai pada jam weker yakni untuk pengaturan waktu (*timer*) secara mekanikal dengan mekanisme kerja yakni bel akan berdering saat jarum jam tertentu telah menyentuh penanda yang di-*setting* secara manual. Contoh lain juga yang telah berbasis elektronika adalah sistem *sleeping* pada televisi, yakni televisi dapat mati secara otomatis jika *timer* telah di-*setting* selama waktu yang diinginkan.

Saat ini dengan perkembangan mikrokontroler yang diintegrasikan dengan sistem komputer, menyebabkan pemrograman dapat diisikan dengan dinamis seperti pada area pemrograman aplikasi bahasa tingkat tinggi; seperti: C/C++, JAVA, BASIC, bahkan Perl [3][4][5]. Beberapa aplikasi mikrokontroler seperti: CodeVisionAVR, Proteus, eXtreme Burner – AVR, dan sebagainya.



**Gambar 1.** Desain Rumah Pintar yang dikembangkan

Pada penelitian ini telah dilakukan suatu teknik kontrol otomatis pada desain rumah pintar; yakni sebuah *prototype* yang diimplementasikan pada pintu gerbang, sensor kebakaran, dan otentikasi pada ruang yang diidentifikasi bersifat privat. Pada sensor

kebakaran, identifikasi sensitivitas dilakukan pada variabel asap yang diintervensi kondisional secara sengaja dengan jarak tertentu.

Terintegrasinya mekanisme kontrol yang berjalan secara otomatis pada aspek operasional instrumen serta aspek sekuriti (keamanan) baik pencegahan kerusakan, dalam hal ini kebakaran, maupun tindakan kejahatan; maka dimungkinkan terpenuhinya kemudahan dalam hal aksesibilitas dan usability. Aksesibilitas yakni *end-user* dapat senantiasa melakukan *akses* atau terhubung kepada instrumen sasaran; sedangkan usability adalah aspek *end-user* dalam hal penggunaan atau pemakaian suatu instrumen.

Beberapa manfaat dari teknik kontrol otomatis seperti, deteksi tindakan destruktif pada objek yang diamankan [6], sistem aktualisasi lengan jangkauan [7] atau gerak langkah horisontal [8], dan sistem kontrol beban daya pada instrumen tegangan tinggi [2]. Dari ulasan-ulasan teoretik terapan yang *applicable* tersebut dapat disadari bahwa penerapan teknik kontrol otomatis telah disadari memasuki era *humanoid* dan biometrik pada manusia.

Rumah pintar terpadu adalah tempat tinggal yang dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan dari *end-user* pemiliknya, memiliki proteksi terhadap keamanan dan kerusakan yang disengaja, ramah lingkungan (*green-environment*), serta sistem pengawasan terpadu. Dan terlebih lagi keseluruhan sistem-sistem yang dibangun tersebut akan terintegrasi dalam satu-kesatuan kontrol yang bekerja secara otomatis atau otomatisasi. Bidang kontrol sendiri adalah kajian keilmuan yang sebenarnya telah ada sejak manusia masih mengenal perkakas terbatas yang terbuat dari batu, kayu, dan logam sederhana. Beberapa contoh yang dapat ditunjukkan seperti telah ditemukannya sistem hidrolik pengairan, pintu batu yang digerakkan dengan sistem gravitasi, atau pembangunan rumah yang proporsional dalam tata-letak di atas permukaan laut sehingga terhindar dari bobot yang melewati kapasitas maksimalnya.

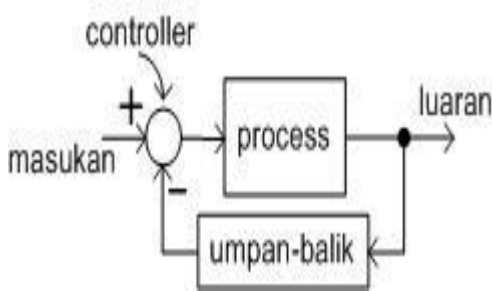
## 2. Tinjauan Pustaka

### A. Teknik kontrol otomatis

Sebuah sistem secara umum dimodelkan secara matematik pada Pers.(1), dimana luarannya terhadap masukan membentuk garis tangen sebesar polar  $\theta^\circ$ .

$$f(x) = ax + b \dots\dots\dots (1)$$

Dengan demikian sebuah sistem kontrol didesain dengan memperhatikan kedinamikaan dan *behaviordari state-state* yang bekerja dan berjalan pada sistem tersebut. Dan hal ini sesuai dengan berdasar [9][10] yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan diformulasikan pada Pers.(2) yang umum disebut dengan sistem kontrol *loop* tertutup.



**Gambar 2.** Sistem kontrol dengan umpan-balik

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{[1 + G(s).H(s)]} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana C(s) dan R(s) masing-masing merepresentasikan besaran luaran dan masukan; sedangkan G(s) menunjukkan area *process* dan H(s) menunjukkan nilai umpan-balik.

Oleh sebab itu pada teknik kontrol otomatis, nilai umpan-balik bekerja secara otomatis yang dikerjakan berbasiskan sistem komputer; umpan-balik bisa dikontrol dengan berbagai mekanisme seperti: mekanikal, fluida, elektrik, dan *gravity* [4][6][11]. Teknik kontrol otomatis dapat didefinisikan sebagai rangkaian proses yang bekerja dikontrol dengan mekanisme kerja serta umpan-balik berbasiskan sistem komputer, misalkan *user-authentication and authorization*, PIN-number, dan *systems-stabilization by computer* [4][9][11].

Dan yang terpenting selanjutnya adalah sebuah kontroler memiliki dua sifat yakni linier dan superposisi dimana masing-masing ditunjukkan pada Pers.(3) dan (4).

$$u(t) \rightarrow c(t) \dots\dots\dots (3)$$

sehingga:  $u(t) \rightarrow a.c(t)$  ; a=konstanta

jika,  $u_1(t) \rightarrow c_1(t)$

$$u_2(t) \rightarrow c_2(t)$$

maka:  $u_1(t) + u_2(t) \rightarrow c_1(t) + c_2(t) \dots\dots\dots (4)$

**B. Sensitivitas dan kontrol**

Sensor dan sistem kendali/kontrol erat kaitannya dalam hal mengatur kestabilan lingkungan; misalkan: sensor temperatur digunakan pada inkubator bayi, sehingga apabila terjadi perubahan suhu inkubator, maka kontroler akan menstabilkan suhu sesuai nilai referensi yang ditentukan. Jika sistem kendali memiliki jangkauan Syarat dan kriteria sebuah sistem kendali yakni: stabil, kecepatan respon cukup cepat, memiliki peredaman yang layak, dan mampu memperkecil kesalahan (*error-steady-state*) sampai nol atau pada nilai yang dapat ditoleransi [9].

Mekanisme sensor mengadopsi pada sensitivitas makhluk hidup terhadap respon lingkungan sekitar; misalkan: putri-malu, keong, siput, landak, bahkan ular. Oleh sebab itu beberapa mekanisme sensor mengadopsi dari keadaan alam dan makhluk hidup hewan/tumbuhan, seperti: cahaya, gerak, air, gas, tekanan, dorongan, pukulan, getaran, suhu, temperatur, dan sentuhan [4][7][9][11]. Dengan demikian dasar sensor adalah sensitivitas terhadap besaran fisis dan perubahan lingkungan sekitar.

**C. Teknik Otentikasi**

Pada area dan domain *hardware*, model otentikasi diturunkan dari *software*; dimana oleh alasan kemudahan umumnya dalam pemrograman digunakan teknik prosedural. Namun pada penelitian ini, teknik otentikasi langsung diterapkan ke dalam *hardware*, dimana teknik otentikasi diilustrasikan dalam bentuk sistem proteksi kepada akses *user* saat ingin masuk ke suatu ruangan. Teknik otentikasi dibutuhkan pada sebuah sistem dengan tujuan proteksi dari serangan, pencurian, atau pembongkaran. Teknik otentikasi umumnya difokuskan pada mekanisme akses bukan penggunaan atau tingkatan area penggunaan sebuah

objek/instrumen, yakni *privilege-acces* yang disebut dengan *authorization*[4].

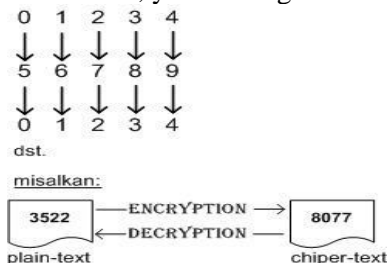
**D. Teknik embedded-system**

Pada penelitian ini, teknik kontrol otomatis dibangun berbasiskan model dan teknik *embedded-system*. *Embedded-system* adalah sebuah sistem, yang terdiri dari dua sub-sistem atau lebih bersifat otonom, berbasiskan mikroprosesor yang dibangun untuk mengontrol suatu fungsi atau domain kerja suatu fungsi, dan tidak didesain untuk diprogram oleh *end-user* seperti pada PC (komputer). Dasar dan pengembangan *embedded-system* adalah: bidang komputer *hardware*, mikroelektronika, dan telekomunikasi [4][11].

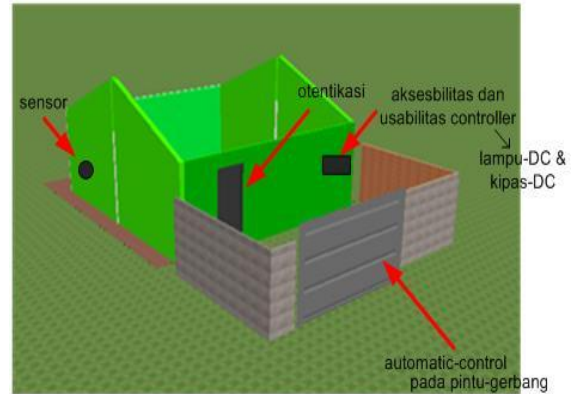
**3. Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif pengukuran secara pengamatan untuk modul-modul yang dibangun dan dikembangkan; yakni: buka-tutup gerbang dengan menggunakan model *remote-devices* saat membuka dan berdasar *timer*-waktu saat akan menutup otomatis; hidup-matikan instrumen penerangan dan pendingin yang diilustrasikan dengan lampu-DC dan kipas-DC menggunakan metode *timer*. Dan sebagai informasi bahwa pengontrolan paralel dan serentak dilakukan pada lampu-DC dan kipas-DC ini melalui kontroler.

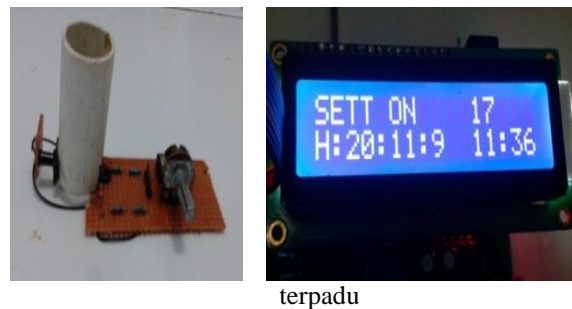
Selanjutnya untuk deteksi kebakaran menggunakan sensor asap berbasiskan metode sensitivitas cahaya inframerah terhadap pekat-tidaknya asap yang menghalang antara Tx dan Rx; serta sistem otentikasi menggunakan algoritma *Five-step* yang diturunkan dari algoritma ROT-13, yakni sebagai berikut:



**Gambar 3.** Algoritma *Five-step*



**Gambar 4.** Model dan posisi implementasi teknik kontrol otomatis pada desain rumah pintar



**Gambar 5.** Sensor yang dibuat serta tampilan timer pada display untuk lampu dan kipas

**4. Hasil dan Pembahasan**

Untuk memudahkan dalam penyajian hasil penelitian ini, maka akan ditunjukkan per modul yang dikembangkan yakni: Modul pintu-gerbang – seperti ditunjukkan pada Gambar 7, pintu gerbang dikontrol secara otomatis menggunakan *remote-devices*; dimana *remote* yang digunakan adalah televisi yang sebelumnya telah diprogram-ulang sesuai kebutuhan dan keinginan yakni untuk mekanisme dua *states* saja yakni: ‘buka’ dan ‘tutup’.

Hasil pengamatan dan pengukuran dari blok kontrol pintu-gerbang yang telah dibangun tersebut ditunjukkan pada Tabel 1. Terlihat

bahwa waktu saat gerbang terbuka menggunakan *remote* dan tertutup secara otomatis adalah relatif sama.



**Gambar 6.**Prototype Rumah Pintar Terpadu Yang Telah Diimplementasikan Teknik Kontrol Otomatik



**Gambar 7.**Pintu Gerbang Yang Dikontrol Menggunakan *Remote-Devices*

Penjelasan perihal modul kontrol-otomatik lampu-DC dan kipas-DC ditunjukkan hasil pengamatannya pada Tabel 2, dimana kontrol dilakukan secara paralel terhadap kedua beban tersebut, yakni lampu-DC dan kipas-DC. Masukan dinyatakan dalam pukul/jama berapa instrumen akan selesai digunakan; sehingga lamanya *timer* akan dihitung maju pada selisih jam penentuan selesai terhadap jam masuk saat *set-up* waktu terdeteksi di awal akan dimasukkan (*entered*).

**Tabel 1.**Hasil Pengukuran Dengan Pengamatan Langsung Pada Kontrol Pintu-Gerbang

Percobaan	Aktivitas/process	Waktu pengamatan (detik)
1	membuka gerbang	6.62
2	menutup gerbang	6.32

3	membuka gerbang	6.29
4	menutup gerbang	6.49
5	membuka gerbang	6.33
6	menutup gerbang	6.42
Rata-rata membuka gerbang		6.413
Rata-rata menutup gerbang		6.41



**Gambar 8.**Teknik Kontrol Otomatik Pada Penggunaan Beban Dengan Timer Yang Di-Setting

Hasil uji-coba ditunjukkan pada Tabel 2 dimana waktunya dilakukan secara acak. Sebagai informasi jam digital di-*set* secara kontinyu pada mikrokontroler, sehingga waktu masuk berdasar pada jam yang sedang berjalan. Dengan demikian penggunaan beban hanya berjalan berdasar pada waktu penggunaan. Sesuai dengan [2] terdapat efisiensi penggunaan daya saat beban terkontrol berdasar pada *timer* yang ditentukan.

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Dengan Pengamatan Langsung Pada Kontrol Lampu Dan Kipas

T-Set-ON	T-Set-OFF	Resp on saat ON	Respo n saat OFF	waktu (detik)
18:02:19	18:10:46	Nyala	Mati	507
21:15:49	21:19:17	Nyala	Mati	208
21:16:17	21:18:10	Nyala	Mati	113
21:18:57	21:19:21	Nyala	Mati	24
22:30:10	22:32:20	Nyala	Mati	130
22:35:40	22:40:10	Nyala	Mati	270

Pada modul otentikasi, media masukan *user* disediakan melalui *keypad* dengan ukuran 3x4 dimana otentikasi dinyatakan dalam empat digit numerik yang diilustrasikan sebagai sebuah PIN (*Personal Identification Number*). Oleh kontroler, maka PIN yang dimasukkan



akan dicocokkan dengan basis-data yang telah disimpan pada *memory* kontroler. Dalam pengujian ini, disimpan dua PIN-*user* untuk pengujian. Kedua PIN-*user* dienkripsi menggunakan algoritma *Five-step*. Jika PIN yang dimasukkan sesuai dengan prosedur yang telah dideklarasikan, maka pintuk akan terbuka; namun jika sebaliknya maka pintu tetap tertutup. Selain itu ada *buzzer* untuk memberikan sinyal peringatan disertai dengan tampilan 'Password salah' pada *display* LCD. Kesempatan diberikan lima kali apabila *input* mengalami kegagalan.

**Gambar 9.** Teknik Kontrol Otomatik Dengan *User-Authentication* Pada Pintu Ruang

Skenario selanjutnya yang diterapkan pada penelitian ini adalah dalam menghindari tindakan perusakan pintu. Dan untuk kondisi ini, maka disertakan sensor PIR. Kegunaan sensor PIR ini adalah untuk mendeteksi adanya gerakan apabila mekanisme otentikasi



tidak dilewati sebagaimana mestinya sesuai dengan rangkaian proses yang dibangun pada sistem dan teknik otentikasi.



**Gambar 10.** Sensor PIR Saat Perubahan Dari State Telah Mendeteksi Tindakan Destruksi Pada Mekanisme Otentikasi

**Tabel 3.** Hasil Pengamatan Langsung Pada Kontrol Otentikasi Akses-User

Perc .	Passw d	Tampilan LCD	Aksi Pintu	Aksi Buzzer
1	Benar	Silahkan Masuk	Pintu terbuka	Tidak bunyi
2	Salah satu kali	Password salah	Pintu tetap tertutup	Tidak bunyi
3	Salah dua kali	Password salah	Pintu tetap tertutup	Tidak bunyi
4	Salah tiga kali	Password salah	Pintu tetap tertutup	Tidak bunyi
5	Salah empat kali	Password salah	Pintu tetap tertutup	Tidak bunyi
6	Salah lima kali	Anda tidak berhak akses	Pintu tetap tertutup	Bunyi

Selanjutnya diterapkan skenario untuk pendeteksian kebakaran. Skenario ini diterapkan yakni dengan diilustrasikannya intervensi asap rokok yang dilakukan secara sengaja pada sensor yang dipasang. Pemasangan sensor dilakukan secara proporsional terhadap ukuran model rumah yang dibuat. Hasil pengamatan ditunjukkan pada Tabel 4 berikut. Implikasi apabila sensor mendeteksi kerapatan asap-rokok dinyatakan dalam *buzzer* yang berbunyi.

**Tabel 4.** Hasil Pengamatan Langsung Pada Pengujian Deteksi State Kebakaran

Percobaan	Intervensi asap (berapa kali hembusan)	Waktu sensitivitas (detik)
1	5	2.01
2	3	Tidak ada
3	7	2.33
4	1	Tidak ada
5	7	2,44

Hasil pengujian dengan intervensi jebakan asap-rokok menunjukkan alarm akan aktif jika asap yang masuk pada area dan skalabilitas kerapatan yang tinggi, yakni yang mampu menghalangi cahaya inframerah menuju

fototransistor pada sensor yang dipasang pada model.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### A. Kesimpulan

Teknik kontrol otomatis yang diterapkan berjalan dengan baik sesuai dengan skenario pengujian yang telah ditetapkan. Serangkaian uji-coba pada implementasi teknik kontrol menunjukkan analisis subjektif pada pengamatan hasil implementasi yang telah dilakukan. Selain itu juga telah diamati dan didapatkan hasil bahwa terapan metode *embedded-system* dari modul-modul teknik kontrol pada rumah pintar terpadu telah berjalan dengan baik.

Oleh sebab proses dikontrol secara otomatis berbasis sistem komputer maka rata-rata satuan waktu pengukuran dalam detik. Walaupun nilai umpan-balik yang diberikan adalah berbeda yakni dalam besaran fisis seperti: gerakan dan asap-rokok; maupun diskrit seperti modul pintu-gerbang, nilai waktu-*timer* pada beban instrumen, dan otentikasi *password*, luaran yang diterima relatif sama dan bersifat signifikan. Hal ini telah menunjukkan bahwa serangkaian *embedded-system* yang telah dibangun pada terapan teknik kontrol otomatis sudah terpenuhi dengan baik dan tepat.

Rumah pintar terpadu terpenuhi apabila setiap modul-modul yang dipasang untuk kebutuhan dan tujuan tertentu/diinginkan tersebut telah berjalan. Kondisi ini didapatkan oleh serangkaian uji-coba terhadap teknik kontrol otomatis yang diterapkan; dan dengan terapan teknik kontrol otomatis ini maka serangkaian modul-modul tersebut telah terotomasi dan telah berjalan secara otomatis. Hal ini terlihat pada hasil implementasi yang dilakukan dan pengujian yang didapatkan/diamati secara langsung. Sejauh ini algoritma *Five-step* yang diterapkan dapat mengamankan akses masuk kepada ruangan yang diprivatisasi dari tindakan *illegal*.

### B. Saran

Walaupun hasil terapan masih dalam bentuk *embedded*, namun dimungkinkan untuk dikembangkan lebih lanjut dalam model dan susunan instrumen yang lebih baik lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astrom, K.J., Murray, R.M. [2006]. *"Feedback Systems: An Introduction for Scientist and Engineers"*. Lecturing course. California Institute of Technology.
- [2] Simamora, S.N.M.P., Anggriawan, D. [2013]. *"Sistem Pemodelan Kestabilan Daya Dalam Kendali Beban Berdasar Suhu Kamar"*. IT Journal, STMIK Potensi Utama Medan, Vol.2 No.2. hal.113-122. ISSN:2252-746X.
- [3] Nykolaychuk, Y., Pitukh, I., Vozna,N., Nykolaychuk, L. [2005]. *"Information Technologies of Models Formalization and Designing for Data Movement in Computer Networks of Automatic Control System"*. Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). hal. 253-259.
- [4] Simamora, S.N.M.P., Rahmalia, D.R. Dani, M. [2012]. *"Teknik Embedded-system dalam Terapannya untuk membangun Sistem Deteksi Akses-masuk Illegal"*, Proceedings, SEMANTIK Univ. Dian Nuswantoro Semarang, hal:1-7. ISBN : 979-26-0255-0.
- [5] Simamora, S.N.M.P., Pratama, A. [2013]. *"Sistem Pemodelan Aktuator Lengan Tunggal Untuk Gerak Bidang Horisontal"*, Proceeding SNIT (Seminar Nasional Inovasi dan Teknologi), Univ. BSI. Bandung. hal.A187-A191.ISSN: 978-602-99213-4-2.
- [6] Simamora, S.N.M.P., Santosa, F. [2014]. *"Pemodelan dan AktualisasiGerak Harmonisasi pada Laju Robot Berkaki"*. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia (Semnasteknomedia), STMIK AMIKOM Yogyakarta. hal. I.12-51-I.12-54. ISSN: 2302-3805.
- [7] Golnaraghi, F., Kuo,B. C. [2010].*Automatic Control Systems 9th Edition*. John Wiley and Sons, Inc.

- [8] Astrom, K. J. [2004]. *“Introduction to Control”*. Lund Institute of Technology.
- [9] Brenna, M., De Berardinis, E., Delli Carpini, L., Foiadelli, F., Paulon, P., Petroni, P., Sapienza, G., Scrosati, G., Zaninelli, D. [2013]. *“Automatic Distributed Voltage Control Algorithm in Smart Grids Applications”*. IEEE Transactions on Smart Grid. Volume: 4, Issue: 2. hal. 877-885.
- [10] Santana, I., Ferre, M., Izaguirre, E., Aracil, R., Hernandez, L. [2013]. *“Remote Laboratories for Education and Research Purposes in Automatic Control Systems”*. IEEE Transactions on Industrial Informatics. Volume: 9, Issue: 1. hal. 547-556.
- [11] Sidauruk, R.A.Y., Simamora, S.N.M.P., Sari, M.I. [2011]. *“Implementasi Mikrokontroler Atmega8535 Berbasis Sensor Ultrasonik Untuk Proteksi Keamanan Terpadu”*. Prosiding Konferensi Nasional ICT-M Politeknik Telkom (KNIP). hal. 389-395. ISSN: 2088-8252.