

Prototipe Pengaman Pintu Menggunakan Kunci Digital Berbasis Pengendali Mikro ATmega8535

Emir Nasrullah

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145
enasrullah@gmail.com

Abstrak-- Sistem pintu menggunakan kunci digital (*password*) merupakan sistem keamanan (*security system*) yang dapat digunakan untuk melindungi barang berharga dari pihak yang tidak berkepentingan. Dalam hal ini, pintu dengan kunci digital digunakan untuk melindungi fasilitas-fasilitas ataupun dokumen-dokumen berharga dalam ruangan tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan membuat prototipe sistem pintu yang dilengkapi dengan *alarm* sebagai indikator jika terjadi kesalahan memasukkan kunci digital tiga kali berturut-turut, *LCD* sebagai penampil serta *keypad* sebagai media memasukkan kunci digital dengan menggunakan pengendali mikro ATmega8535 sebagai pengendali. Hasil akhir yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebuah prototipe pengamanan pintu menggunakan kunci digital dimana pintu hanya dapat dibuka jika kunci digital yang dimasukkan benar dan pintu tidak akan terbuka jika kunci digital yang dimasukkan salah.

Kata kunci : Kunci digital, pengendali mikro, *limit switch*, *Keypad*, *LCD*, prototipe.

Abstract - A door system using password can be a security system which is used to protect valuable products from outsiders. In this case, a door protected with password is used to protect facilities or valuable documents in a room. This research is conducted by developing a prototype of door system which is equipped with alarm as an indicator if there are some mistakes in entering the password three times in a row; *LCD* as a displayer; keypad as a media to enter the password; and microcontroller ATmega8535 as a controller. The final result is a door's security prototype using password in which door can only be opened if the password is correct. On the the contrary wrong password inserted in, the door can not be opened.

Keywords : password, microcontroller, limit switch, Keypad, LCD, prototype

Naskah ini diterima pada tanggal 23 Februari 2009, direvisi pada tanggal 25 Maret 2009 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 20 April 2009

A. Pendahuluan

Sistem keamanan di suatu gedung bertujuan untuk melindungi fasilitas – fasilitas dalam gedung tersebut dari pihak yang tidak berkepentingan. Untuk menyimpan sesuatu yang bersifat rahasia atau berharga, pastinya kita memerlukan alat atau kunci yang handal sehingga sesuatu tersebut aman dan terjaga. Sistem keamanan yang menggunakan kunci digital dalam hal ini khusus dirancang agar keamanan suatu ruangan dapat terjamin baik. Kunci digital diberikan hanya kepada orang-orang yang berwenang sehingga dapat membuka pintu sesuai dengan kode kunci digital yang telah diprogram sebelumnya kedalam sebuah pengendali mikro.

Dengan menggunakan kunci digital sebagai pengaman pintu maka diharapkan keamanan ruangan lebih terjamin karena hanya akan dapat dibuka apabila kunci digital yang dimasukkan benar. Sistem ini juga dilengkapi dengan *alarm* yang akan aktif jika terjadi kesalahan memasukkan kunci digital tiga kali berturut-turut tanpa adanya penambahan waktu oleh pengguna.

Penelitian ini menghasilkan sistem kunci digital menggunakan pengendali mikro ATmega8535 sebagai pengendali. Pada sistem ini kunci digital yang telah diprogram dapat diganti tanpa harus diprogram ulang. Sistem ini juga dilengkapi dengan *LCD* sebagai penampil untuk memudahkan pengguna mengetahui status hasil memasukkan kode kunci digital.

B. Teori Dasar

Pengendali mikro ATmega8535

Pengendali mikro merupakan perangkat semikonduktor yang terdiri dari mikroprosesor, *input/output*, dan memori yang terdapat dalam satu kemasan *chip* sehingga pengendali mikro dapat berfungsi sebagai pengontrol dalam suatu alat.

Dunia mikroelektronika saat ini telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Perkembangan terakhir, yaitu generasi AVR (Alf and Vegard's Risc processor), memiliki arsitektur RISC 8 bit, di mana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit (16 bits word) dan sebagian besar instruksi di eksekusi dalam 1 (satu) siklus clock, berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 siklus clock. Hal ini disebabkan arsitektur kedua jenis pengendali mikro ini berbeda. AVR berteknologi RISC (Reduced Instruction Set Computing), sedangkan seri MCS51 berteknologi CISC (Complex Instruction Set Computing).

Dalam penelitian ini dipergunakan salah satu AVR produk Atmel, yaitu ATmega8535. Selain karena mudah diperoleh dan murah, ATmega8535 juga memiliki fasilitas yang lengkap. EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) adalah salah satu dari tiga tipe memori pada AVR (dua yang lain adalah memori flash dan SRAM). EEPROM tetap dapat menyimpan data saat tidak dicatu daya dan juga dapat diubah saat program berjalan. Oleh karena itu, EEPROM sangat berguna untuk menyimpan informasi, seperti nilai kalibrasi, nomor ID, dan juga kunci digital.

Konfigurasi Pin ATmega8535, adalah sebagai berikut:

- a. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
- b. GND merupakan pin *Ground*.

- c. Port A (PA0-PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan catu daya.
- d. Port B (PB0-PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *timer/counter*, komparator analog, dan SPI.
- e. Port C (PC0-PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan *timer oscillator*.
- f. Port D (PD0-PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, *interupsi eksternal*, dan komunikasi serial.
- g. RESET merupakan pin yang digunakan untuk mereset pengendali mikro.
- h. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock eksternal*.
- i. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
- j. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

LCD (Liquid Crystal Display)

LCD adalah kristal cair pada layar yang digunakan sebagai tampilan dengan memanfaatkan listrik untuk mengubah-ubah bentuk kristal-kristal cairnya sehingga membentuk tampilan angka dan atau huruf pada layar.

Pengendali mikro HD44780 produksi Hitachi yang berfungsi sebagai pengendali LCD memiliki CGROM (*Character Generator Read Only Memory*), CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*), dan DDRAM (*Display Data Random Access Memory*).

DDRAM merupakan memori tempat karakter yang ditampilkan berada atau digunakan untuk mengatur tempat penyimpanan karakter. CGRAM merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai keinginan. Namun, memori akan hilang

saat *power supply* tidak aktif sehingga pola karakter akan hilang. CGROM merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut sudah ditentukan secara permanen dari HD44780 sehingga pengguna tidak dapat mengubahnya lagi. Namun, oleh karena ROM bersifat permanen, pola karakter tersebut tidak akan hilang walaupun *power supply* tidak aktif.

Konektor yang paling umum digunakan pada LCD HD4478 adalah konektor 16 pin, dengan penamaan sebagai berikut sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi pin LCD.

No	Nama Pin	Deskripsi
1	GND	0V
2	VCC	+5
3	VEE	Tegangan Kontras LCD
4	R/S	Register Select, 0= Register Perintah, 1= Register Data
5	R/W	1 = Read, 0 = Write
6	E	Enable Clock LCD, Logika 1 setiap kali pengiriman atau pembacaan data
7	D0	Data Bus 0
8	D1	Data Bus 1
9	D2	Data Bus 2
10	D3	Data Bus 3
11	D4	Data Bus 4
12	D5	Data Bus 5
13	D6	Data Bus 6
14	D7	Data Bus 7
15	Anoda	Tegangan Positif <i>Backlight</i>
16	Katoda	Tegangan Negatif <i>Backlight</i>

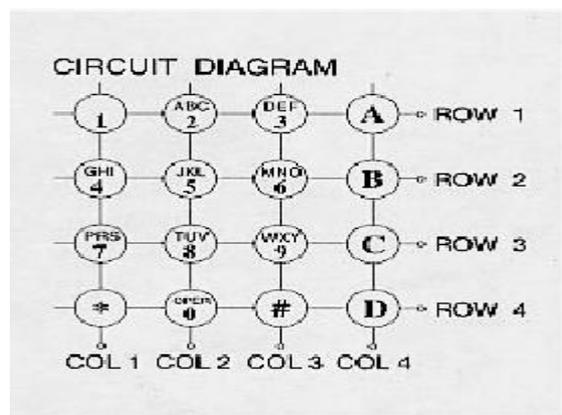
Keypad (Papan Tombol)

Keypad adalah jajaran tombol yang dapat difungsikan sebagai *divais input* dalam aplikasi-aplikasi sistem elektronik, seperti pengaman digital, data *logger*, daftar kehadiran, pengendali kecepatan motor, robotik, dan sebagainya.

Keypad terdiri dari tombol numerik 0 sampai 9, tombol # dan tombol * dan

tombol huruf A sampai D disusun dalam bentuk matrik 4 x 4. *Keypad* berfungsi sebagai masukan tombol pada modul cabang untuk memasukkan karakter angka untuk *kunci digital*. *Keypad* yang digunakan dalam penelitian ini adalah modul *keypad* yang berukuran 4 kolom x 4 baris dan memiliki 16 tombol. *Keypad* akan mengirim sinyal sesuai dengan kode dari penekanan pada *kepadnya*.

Gambar 1 menunjukkan diagram kontak dari *keypad* 4 x 4.



Gambar 1. Diagram kontak *keypad*.

Motor Stepper

Motor stepper banyak digunakan untuk aplikasi-aplikasi yang biasanya cukup menggunakan torsi yang kecil, seperti untuk penggerak piringan disket atau piringan CD. Kecepatan motor stepper terbilang cukup cepat jika dibandingkan dengan motor DC lainnya. Motor stepper merupakan motor DC yang tidak memiliki komutator. Pada umumnya motor stepper hanya mempunyai kumparan pada statornya sedangkan pada bagian rotornya merupakan magnet permanen. Dengan model motor seperti ini maka motor stepper dapat diatur posisinya pada posisi tertentu dan/atau berputar ke arah yang diinginkan, searah jarum jam atau sebaliknya.

Prinsip kerja motor stepper ini mirip dengan motor DC, yaitu dicatu dengan

tegangan DC untuk memperoleh medan magnet. Bila motor DC memiliki magnet tetap pada stator, motor stepper mempunyai magnet tetap pada rotor. Walau bagaimanapun motor stepper jauh berbeda dengan motor DC. Motor stepper tidak dapat bergerak dengan sendirinya. Motor stepper bergerak secara per-step sesuai dengan spesifikasinya, pergerakannya dari satu step ke step berikutnya memerlukan waktu. Juga ada perbedaan pada *torque-speed* antara motor stepper dan motor DC. Secara umum motor DC tidak menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan rendah, sebaliknya motor stepper dapat menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan rendah. Motor stepper juga memiliki karakteristik yang lain yaitu *holding torque*, yang tidak dimiliki oleh motor DC. *Holding torque* memungkinkan motor untuk aplikasi dimana suatu sistem memerlukan keadaan *start* dan *stop*.

Motor stepper tidak merespon sinyal *clock*, motor stepper mempunyai beberapa lilitan. Lilitan-lilitan tersebut harus dicatu (tegangan) dahulu dengan suatu urutan tertentu agar dapat berotasi. Membalik urutan pemberian tegangan tersebut akan menyebabkan putaran motor stepper yang berbalik arah. Jika sinyal kendali tidak terkirim sesuai dengan perintah maka motor stepper tidak akan berputar secara tepat, mungkin hanya akan bergetar dan tidak bergerak. Untuk mengontrol motor stepper biasanya digunakan suatu rangkaian *driver* yang menangani kebutuhan arus dan tegangan.

Driver Motor Stepper

Secara teoritis, sebuah motor stepper dapat digerakkan langsung oleh pengendali mikro. Dalam kenyataannya, arus dan tegangan yang dikeluarkan oleh pengendali mikro seringkali masih terlalu kecil untuk menggerakkan sebuah motor stepper. Gerbang-gerbang Transistor Transistor

Logic (TTL) pengendali mikro biasanya hanya mampu mengeluarkan arus dalam orde mili-ampere dan tegangan antara 2V sampai 2,5V. Sementara itu untuk menggerakkan motor stepper diperlukan arus yang lebih besar (dalam orde ampere) dan tegangan berkisar 5V sampai 24V.

Buzzer

Buzzer merupakan perangkat elektronik yang dapat menghasilkan suara yang nyaring pada saat diberi sinyal *high* dan *low* secara bergantian. Bunyi pada *buzzer* tidak menghasilkan resonansi.

Teknologi Sistem Kendali

Secara sederhana dapat disebutkan, sistem kendali adalah proses pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada suatu jangkauan harga (*range*) tertentu. Tujuan utama dari suatu sistem kendali adalah untuk mendapatkan optimasi dimana hal ini dapat diperoleh berdasarkan fungsi dari sistem kendali itu sendiri.

Secara umum sistem kendali dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Manual dan otomatis

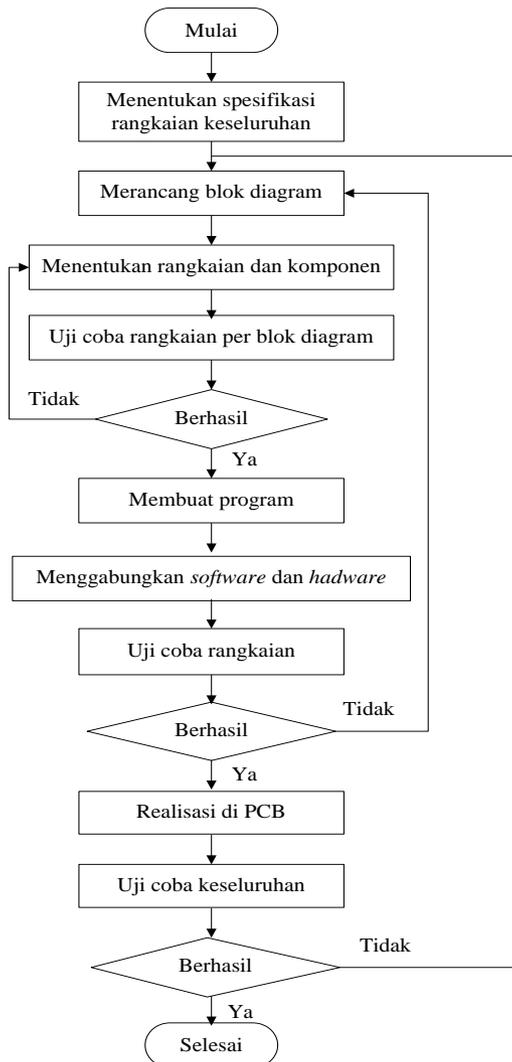
Pengendalian secara manual adalah pengendalian yang dilakukan oleh manusia yang bertindak sebagai operator; sedangkan pengendalian secara otomatis adalah pengendalian yang dilakukan oleh mesin-mesin atau peralatan yang bekerja secara otomatis dan operasinya di bawah pengawasan manusia.

2. Rangkaian terbuka dan tertutup

Sistem kendali lup tertutup (*closed loop control system*) adalah sistem kendali dimana besaran keluaran memberikan efek terhadap besaran masukan sehingga besaran yang dikendalikan dapat dibandingkan dengan harga yang diinginkan melalui alat pencatat (indikator); Sistem kendali lup terbuka (*open loop control system*) adalah

sistem kendali dimana keluaran tidak memberikan efek terhadap besaran masukan.

C. Metode Penelitian



Gambar 5. diagram alir tahap-tahap perancangan dan realisasi prototipe.

Tahap-tahap Perancangan Penelitian.

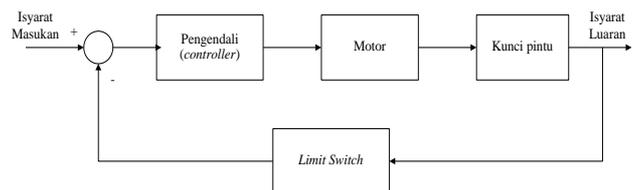
- Menentukan spesifikasi rangkaian keseluruhan. Perancangan blok diagram sistem.
- Menentukan komponen yang digunakan dalam rangkaian.
- Merangkai dan uji coba rangkaian dari masing-masing blok diagram.

- Membuat program menggunakan bahasa C dan bahasa C++.
- Menggabungkan *software* dan *hardware*
- Uji coba rangkaian.
- Realisasi di PCB.
- Uji coba keseluruhan.

Gambar 5 memperlihatkan diagram alir tahap-tahap perancangan dan realisasi prototipe alat.

Perancangan Blok Diagram

Gambar 6 merupakan blok diagram sistem kendali pengamanan pintu pada penelitian ini.

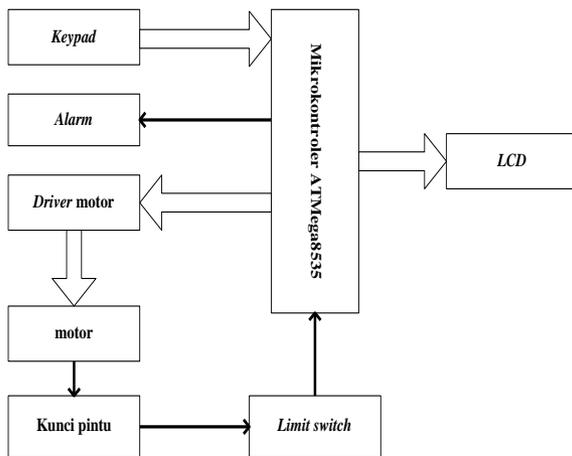


Gambar 6. Blok diagram sistem kendali pengamanan pintu.

Gambar 6 menunjukkan blok diagram sistem kendali pintu dalam lup tertutup menggunakan kunci digital, dimana isyarat luaran memberi efek terhadap isyarat masukan. Untuk membuat sistem kendali dengan umpan balik (*feedback*) disini dibutuhkan sebuah *limit switch* sebagai elemen umpan balik ke pengendali mikro ATmega8535.

Perancangan Sistem

Gambar 7 memperlihatkan blok diagram perancangan sistem pengaman pintu menggunakan kunci digital dimaksud, sedangkan Gambar 8 menyajikan skematik rangkaian pengaman pintunya.

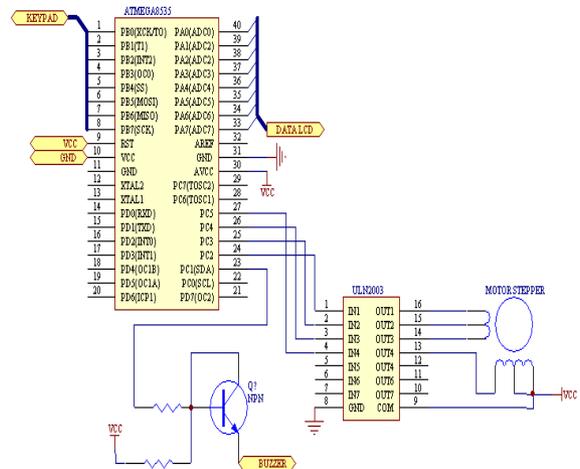


Gambar 7. Blok diagram perancangan sistem.

Blok diagram perancangan sistem yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7. Sistem ini mengamankan pintu dengan cara, pertama untuk mengaktifkan kunci digital, pengguna harus memasukkan kunci digitalnya melalui *keypad* sebagai media masukan data instruksi untuk menjalankan prototipe. Pengendali mikro ATMEGA8535 akan memproses kunci digital yang dimasukkan. Untuk memudahkan pengguna mengetahui apakah kunci digital yang dimasukkan benar atau salah maka prototipe ini dilengkapi dengan LCD yang akan menampilkan kode kunci digital dan status hasil memasukkannya. Pada LCD, tampilan kunci digital yang dimasukkan berupa karakter tanda * sejumlah digit kunci digital yang dimasukkan.

Jika kunci digital yang dimasukkan benar maka pengendali mikro akan memberikan intruksi kepada *driver* untuk menggerakkan motor sehingga kunci pintu dapat dibuka. Namun jika terjadi kesalahan memasukkan kunci digital sebanyak tiga kali berturut-turut tanpa melakukan penambahan waktu maka *alarm* akan aktif atau berbunyi. Tenggat waktu *alarm* berbunyi dibatasi hanya dalam hitungan detik. Setelah beberapa detik *alarm* akan

diam kembali sehingga pengguna dapat meng-input kunci digital kembali.



Gambar 8. Skematik rangkaian pengaman pintu

Pengguna dapat membuka pintu dari dalam ruangan dengan cara menekan tombol yang tersedia dalam ruangan tersebut tanpa harus memasukkan kunci digital lagi. *Driver* motor akan memperkuat sinyal keluaran dari pengendali mikro untuk dapat menggerakkan motor. Oleh karena keluaran dari pengendali mikro ini kecil maka dibutuhkan rangkaian *driver* motor.

Pembuatan Prototipe

Dalam tahapan ini dilakukan realisasi dari skematik yang telah dibuat. Realisasi skematik rangkaian dilakukan pertama kali dengan menggunakan *project board*. Jika rangkaian telah bekerja sesuai dengan fungsi yang diinginkan maka rangkaian dipindahkan keatas PCB (*Printed Circuit Board*). Namun jika ada beberapa fungsi yang tidak bekerja maka akan dilakukan peninjauan ulang terhadap rancangan rangkaian, baik itu berupa peninjauan terhadap pemilihan jenis komponen ataupun program yang ada pada pengendali mikro tersebut.

Ada beberapa proses yang dilakukan dalam tahapan pembuatan alat ini yaitu :

1. Menuliskan algoritma program ke

- pengendali mikro.
2. Menggambar rangkaian elektronik menggunakan komputer dengan bantuan program Protel 99 SE.
3. Memplot hasil gambar rangkaian pada PCB.
4. Melakukan pelarutan lapisan tembaga PCB sesuai gambar rangkaian tercetak di atas PCB menggunakan larutan kimia *ferri chloride*.
5. Melakukan pengeboran untuk melakukan pemasangan komponen.
6. Melakukan pemasangan komponen di atas PCB.
7. Penyolderan pin-pin komponen.
8. Membentuk konstruksi prototipe sesuai dengan bentuk yang telah direncanakan.
9. Mengintegrasikan rangkaian yang sudah dibuat di atas PCB ke model pintu yang telah dibuat.

Pengujian Prototipe.

Pengujian terhadap prototipe pengamanan pintu ini dilakukan terhadap rangkaian dan program. Pada pengujian perangkat keras dilakukan dua kali pengujian yaitu pengujian per bagian rangkaian dan pengujian rangkaian secara keseluruhan. Pengujian per bagian bertujuan agar kesalahan pada rangkaian dapat diketahui lebih cepat dan jelas. Sedangkan pengujian keseluruhan dimaksudkan untuk mengetahui alat yang dibuat berhasil atau tidak dan apakah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

D. Hasil Dan Pembahasan

Dalam penelitian ini secara umum terdapat 3 (tiga) bagian yang akan diatur yakni:

- a. Cara membuka kunci pintu dengan memasukkan kunci digital yang benar.
- b. Cara mengganti kunci digital.
- c. Pengendalian atau monitoring terhadap kesalahan yang terjadi.

Kriteria Pengujian Alat

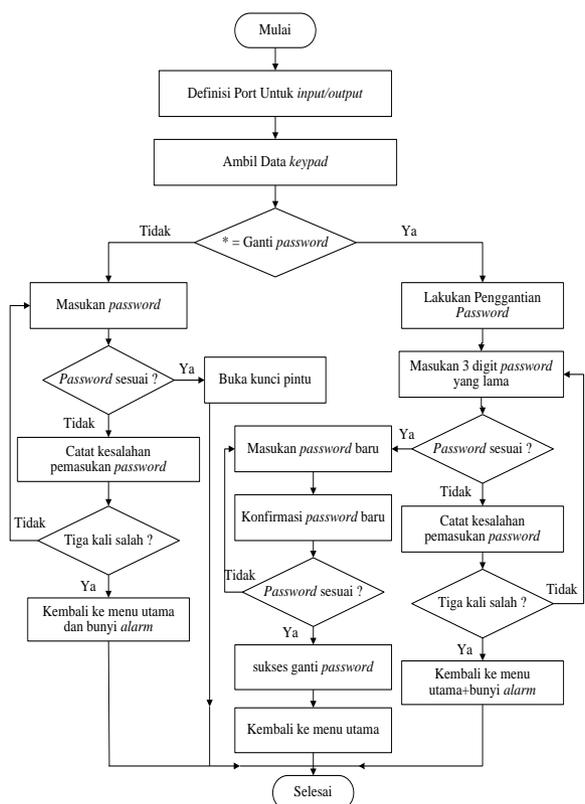
Kriteria pengujian mencakup dua hal, yaitu pengujian kelayakan sistem perangkat keras dan pengujian kelayakan sistem perangkat lunak.

Kriteria pengujian perangkat keras terdiri dari

- a) Algoritma sistem dan integrasi perangkat keras.
- b) Kelayakan sistem pengendali mikro

Prinsip Kerja Prototipe

Gambar 9 memperlihatkan diagram alir pembuatan prototipe pengaman pintu menggunakan kunci digital



Gambar 9. Diagram alir pembuatan prototipe pengaman pintu dengan kunci digital.

Proses Memasukkan Kunci digital melalui Keypad.

Pada sistem ini keypad digunakan sebagai media untuk memasukkan data pada pengendali mikro sehingga kunci digital dapat diproses oleh pengendali mikro

sesuai dengan yang telah diprogram. Pengguna yang salah memasukkan kode kunci digital dapat memasukkan kembali kunci digital yang benar. Namun bila terjadi kesalahan memasukkan kunci digital tiga kali berturut-turut tanpa melakukan penambahan waktu maka pengendali mikro akan mengaktifkan alarm.

Proses penambahan waktu ini dimaksudkan jika telah terjadi dua kali kesalahan memasukkan kunci digital maka pada layar LCD akan ada peringatan untuk penambahan waktu dengan tujuan saat memasukkan kunci digital yang ketiga kalinya maka *alarm* tidak akan berbunyi. Penambahan waktu ini diperoleh dengan cara menekan karakter huruf B pada *keypad* seperti yang terlihat pada Gambar 10 berikut ini:



Gambar 10. Tampilan penambahan waktu.

Apabila pengguna tidak melakukan penambahan waktu atau pengguna langsung pergi setelah dua kali terjadi kesalahan memasukkan kunci digital maka setelah beberapa detik pengendali mikro akan reset secara otomatis sehingga pemasukan kunci digital berikutnya dihitung sebagai hitungan pertama kembali sehingga *alarm* tidak akan bunyi.

Proses aktifnya *alarm* sangat membantu terjaminnya keamanan dokumen-dokumen dan fasilitas berharga yang ada dalam ruangan. Aktifnya *alarm* ini menandakan kemungkinan terjadinya pembobolan sehingga pihak keamanan setempat dapat mengambil tindakan cepat. Sebaliknya meminimalisasi aktifnya *alarm* akan membantu kenyamanan dalam bekerja.

Proses Penggantian Kunci digital melalui *Keypad*

Pada hasil penelitian ini penggantian kunci digital dapat dilakukan langsung melalui *keypad* tanpa harus melakukan pemrograman ulang. Sama halnya dengan pemasukan kunci digital melalui *keypad*, penggantian kunci digital juga mencatat kesalahan yang terjadi saat memasukkan kunci digital yang salah. Jika terjadi kesalahan dalam memasukkan kunci digital tiga kali berturut-turut maka penggantian kunci digital gagal dan *alarm* akan bunyi. Proses penggantian kunci digital dilakukan dengan cara memasukkan kunci digital yang lama terlebih dahulu. Jika pemasukan kunci digital yang lama telah benar maka dilanjutkan dengan memasukkan kunci digital yang baru. Kunci digital baru yang telah dimasukkan akan dikonfigurasi terlebih dahulu apakah sudah benar atau belum. Apabila kunci digital yang baru sudah benar maka proses penggantian kunci digital dinyatakan berhasil.

E. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Secara umum prototipe pengaman pintu yang telah direalisasikan dapat berfungsi baik untuk membuka/mengunci model pintu menggunakan kunci digital.
2. Pada prototipe sistem pengaman pintu ini, tipe sistem kendali yang digunakan adalah sistem kendali umpan balik buka - kunci pintu.
3. Sistem pintu dengan kunci digital dapat diaplikasikan untuk meningkatkan keamanan ruangan dari pihak-pihak yang tidak memiliki izin memasuki ruangan bersangkutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wardhana, Lingga. 2006. "Mikro Kendali AVR Seri ATmega 8535". C.V. Andi Offset, Yogyakarta.

- [2] Mazidi, Ali Muhammad dan Janice Gillispie Mazidi. 2000. "The 8051 Microcontroller and Embedded Systems". Prentice Hall, USA.
- [3] Joni. 2006. "Proses Start Otomatik dan Alarm Digital pada Sepeda Motor Berbasis AT89C51". PT. Darma Jaya, Bandar Lampung.
- [4] Fermy, Enrico. 1998. "Prototipe Pengendalian Lampu pada Model Gedung bertingkat 4 berbasis Pengendali Mikro AT89C52 dengan LCD". Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- [5] Hendra.2002. "Perancangan Password Digital Berbasis Mikrokontroler AT89S51 pada Pintu Otomatis". Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat.
- [6] Joni, I Made dan Budi Raharjo. 2006. "Pemrograman C dan Implementasinya" Penerbit Informatika, Bandung.
- [7] Pakpahan, Sahat. 1994. "Kontrol Otomatik". Penerbit Erlangga, Jakarta
- [8] [http://www.Upiyptk.Org.com/motor stepper](http://www.Upiyptk.Org.com/motor-stepper) 2008
- [9] <http://www.futurlec.com/Keypad4x4.shtml> , Diakses pada 12 Feb 2008.
- [10] <http://www.silon.si/grega/index.html>.