

DESAIN DAN IMPLEMENTASI MODUL CHECKER IC TTL BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA

Suwasono

Abstrak: Modul *Checker IC TTL (Integrated Circuit Transistor Transistor Logic)* adalah alat yang digunakan untuk memastikan baik tidaknya kondisi dari fungsi operasi *IC TTL* pada pelaksanaan kegiatan praktikumelektronika digital. Tujuan dari desain dan implementasi modul *checker IC TTL*, adalah mengembangkan modul-modul tester *IC* digital yang menggunakan input manual. Metode perancangan meliputi: (1) perancangan perangkat keras yang terdiri dari: rangkaian minimum sistem Atmega 32, rangkaian *key-pad*, rangkaian *LCD (Liquid Crystal Display)* dan rangkaian soket *IC* digital, dan (2) perancangan perangkat lunak. Hasil diperoleh: (1) perancangan modul tester *ICTTL* berbasis mikrokontroler Atmega dapat mengecek beberapa tipe *ICTTL* dengan hanya satu buah tester dan tanpa memerlukan input manual; dan (2) pengujian tester *IC* digital berbasis mikrokontroler Atmega dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil teori dan hasil pengukuran.

Kata kunci : Mikrokontroler, IC TTL, *Checker*.

Kelancaran kegiatan pelaksanaan praktikum elektronika digital akan mengalami hambatan jika komponen *ICTTL (Integrated Circuit Transistor Transistor Logic)* yang digunakan dalam percobaan fungsi operasinya tidak normal. Untuk mengetahui baik tidaknya fungsi operasi komponen *ICTTL* biasanya menggunakan *Modul Checker IC TTL*. Sebelum alat ini dibuat pengecekan kondisi fungsi operasi komponen *ICTTL* di Laboratorium Elektronika Digital Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang, masih menggunakan modul-modul tester *IC* digital yang menggunakan input manual. Untuk setiap modul tester *IC* hanya dapat mengecek satu fungsi tipe *IC* saja. Jadi untuk mengecek fungsi *IC* membutuhkan modul tester *IC* banyak, oleh sebab itu akan menghabiskan biaya banyak, dan memerlukan waktu lama sehingga akan menghambat proses pembelajaran. Berdasarkan masalah tersebut, maka diperlukan suatu modul pengecekan *IC TTL* yang lebih efektif dan efisien ter-

hadap waktu dan biaya, dengan membuat desain dan implementasi modul *Checker IC TTL* berbasis mikrokontroler Atmega.

IC (Integrated Circuit) Digital

Integrated Circuit (IC) adalah suatu rangkaian yang terdiri dari beberapa rangkaian elektronik yang diintegrasikan menjadi satu dan dikemas dalam kemasan yang kecil. Satu kemasan *IC* dapat memuat ratusan bahkan ribuan komponen.

Berdasarkan bentuk besaran input, cara proses dan besaran outputnya *IC* dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu *IC linear* (analog), contoh: *IC regulator*, *Operational amplifier*, dan *IC digital*. Contoh *AND*, *OR*, *INVERTER*, *NAND*, *NOR*, *EXOR*, *EXNOR*, dan *decoder BCD to seven segmen*. Kaki *IC* pada *IC* digital, merupakan titik elektronis yang berupa kawat penghantar yang bisa dijadikan masukan atau keluaran, dan dapat merepresentasikan salah satu dari dua keadaan logika, yaitu logika '0' (nol, ren-

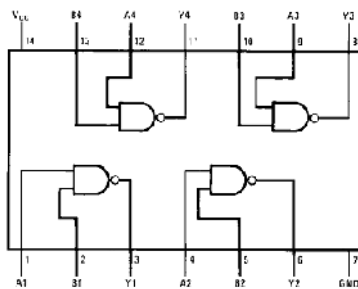
dah) atau logika '1' (satu, tinggi). Suatu titik elektronis mewakili satu 'binary digit' atau biasa disingkat dengan sebutan 'bit'. *Binary* berarti sistem bilangan 'duaan', yakni bilangan yang hanya mengenal dua angka, 0 dan 1. IC digital dibedakan menjadi dua yaitu *TTL* dan *CMOS* (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*). Untuk IC *TTL* logika '0' direpresentasikan dengan tegangan 0 sampai 0,7 Volt arus searah (DC, *Direct Current*), sedangkan logika '1' diwakili oleh tegangan DC 3,5 sampai 5 Volt.

Setiap tipe IC *TTL* memiliki fungsi karakteristik yang berbeda. Fungsi dari karakteristik IC *TTL* dapat diketahui dari sebuah tabel kebenarannya. Gambar 1 dan tabel 1 adalah contoh simbol dan tabel kebenaran IC *TTL*. 7400 (IC *TTL NAND Gate*) yang mempunyai dua inputan.

Table 1. Tabel kebenaran 74LS00 NAND 2 masukan

Input		output
A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(Sumber: Fairchil, 2000)



Gambar 1 Konfigurasi IC 74LS00 (Sumber: Fairchil, 2000)

Keypad 4x4

Keypad 4x4 merupakan suatu rangkaian tombol-tombol yang disusun secara matrik sehingga membentuk kolom dan baris dan dikemas dalam satu papan tung-

gal yang praktis. *Keypad* 4x4 adalah sebuah *keypad* dengan jumlah tombol yang terdiri dari 16 buah, yang susunan 4 baris dan 4 kolom.



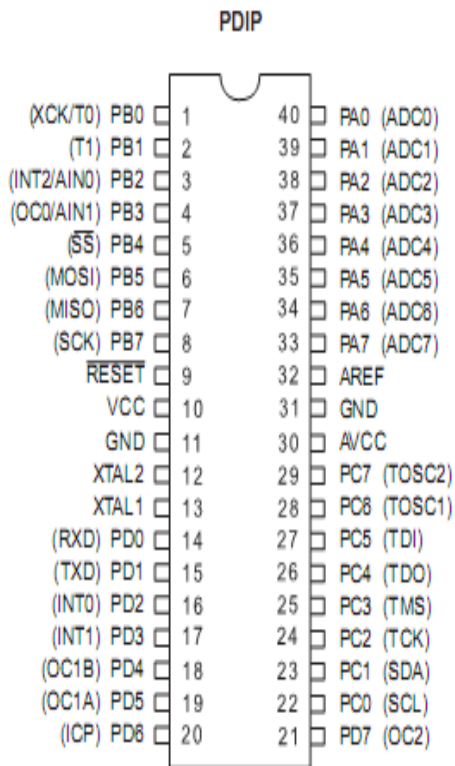
Gambar 2 Bentuk dari Keypad 4x4 (Sumber : Crameda Intersys,2008)

Mikrokontroler Atmega 32.

Mikrokontroler adalah sebuah IC yang digunakan untuk mengontrol sebuah alat atau rangkaian dalam suatu sistem. Jenis mikrokontroler yang digunakan adalah Atmega 32 yang merupakan keluarga dari AVR (*Advanced Versatile RISC* atau *Alf and Vegard's RISC Processor*). AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 *register general-purpose, timer/counter* fleksibel dengan *mode compare, interrupt internal* dan *eksternal*, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*, ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan *serial SPI*.

Beberapa keistimewaan dari AVR Atmega 32 antara lain: (1) Mikrokontroler AVR 8 bit yang memiliki kemampuan tinggi, dengan daya rendah; (2) arsitektur RISC dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 MHz; (3) memiliki kapasitas *Flash* memori 32k *byte*, EEPROM 024 *byte* dan SRAM 2k *byte*; (4) Saluran I/O sebanyak 32 buah,

yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C* dan *D*; (5) CPU yang terdiri atas 32 buah *register*; (6) unit *interupsi internal* dan *eksternal*; dan (7) *Port USART* komunikasi *serial*.

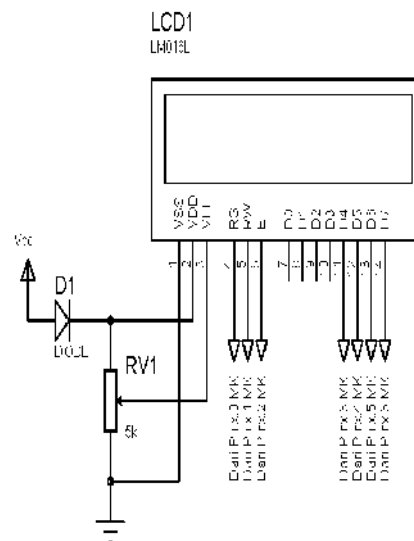


Gambar 3 Pin-pin Atmega 32 kemasan 40 pin (Atmel Corp, 2002)

LCD (*Liquid Cristal Display*) M1632

LCD merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan suatu karakter baik itu berupa angka, huruf, simbol atau karakter tertentu sehingga tampilannya dapat dilihat secara *visual*. Kaki LCD terdiri dari beberapa pin yang berfungsi untuk pengontrolan pemakaiannya. Salah satu LCD yang digunakan adalah 16 x 2 atau enam belas karakter dengan dua baris sehingga jumlah maksimum yang ditampilkan enam belas karakter pada tiap baris. LCD tipe TM1632 merupakan suatu jenis tampilan yang menggunakan *liquid crystal display* dalam menampilkan suatu karakter secara *dot matrik 5 x 7* sehingga jenis huruf yang dapat ditampilkan akan

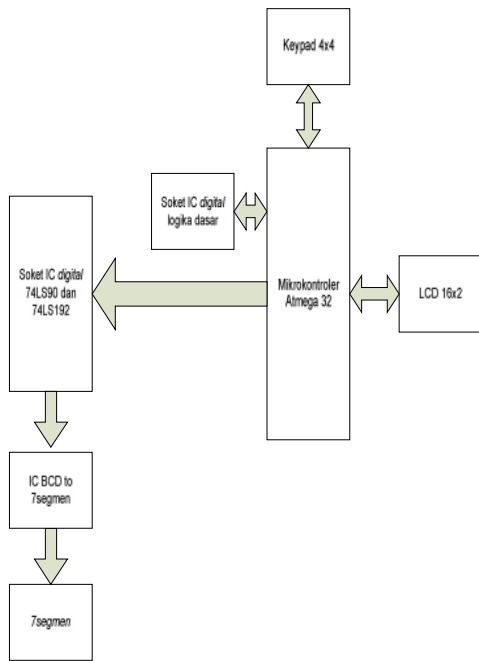
lebih banyak dan lebih baik *resolusi*-nya jika dibandingkan dengan *seven segment*. LCD ini memiliki spesifikasi sebagai berikut: (1) LCD ini terdiri dari 32 karakter dengan 2 baris masing-masing 16 karakter dengan *display dot matrik 5 x 7*; (2) karakter *generator ROM* dengan 192 tipe karakter; (3) karakter *generator RAM* dengan 8 bit karakter; (4) 80 x 8 bit *display data RAM*; (5) dapat diantarmukakan secara langsung dengan *pin-pin* Mikrokontroler Atmega 32; (6) dilengkapi fungsi tambahan; *display clear*, *cursor home*, *display on-off*, *cursor on-off*, *display character blink*, *cursor shift*, dan *display shift*; (7) *Internal Data*; (8) *Reset* pada saat *poweron*; dan (9) Tegangan +5 Volt DC. Gambar 4 menunjukkan Konfigurasi LCD 16 x 2 (Xeamen Elan Electronic Corp, 2002)



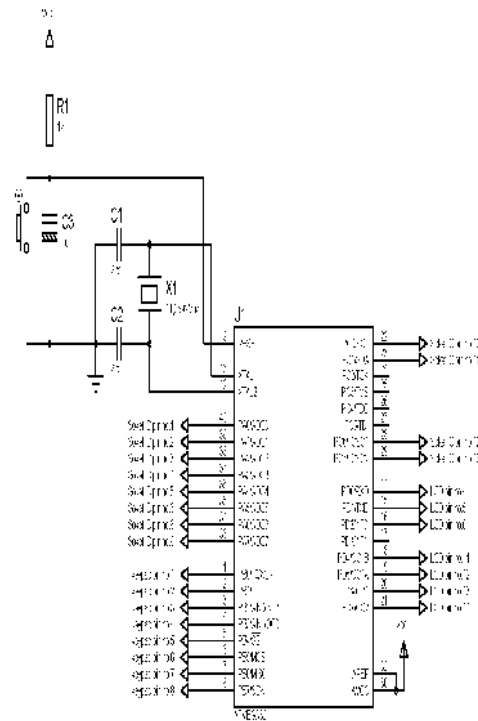
Gambar 4 Konfigurasi LCD 16 x 2

METODE

Pada perancangan "*Modul IC TTL Checker Berbasis Mikrokontroler*" terdiri dari beberapa blok meliputi: (a) soket IC *digital*, (b) *keypad 4x4*, (c) mikrokontroler Atmega 32, (d) LCD (*Liquid Crystal Display*) M1632, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5 Blok Diagram Sistem



Gambar 6 Rangkaian Minimum Sistem Atmega 32

A. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras (*Hardware*)

1) Soket IC *digital*

Pada perancangan, soket IC *digital* digunakan untuk memasang atau menempatkan IC *digital* yang akan diuji. Soket yang digunakan yaitu soket IC *digital* yang memiliki jumlah kaki 14 dan memiliki jumlah kaki 16. Soket ini akan terhubung dengan *PORTA* dan *PORTC* dari mikrokontroler Atmega 32.

Rangkaian Minimum Sistem Atmega 32

Rangkaian minimum sistem Atmega 32 merupakan rangkaian pengontrolan seluruh sistem. Rangkaian ini menggunakan IC mikrokontroler Atmega 32. Semua perintah diprogram pada IC mikrokontroler ini, sehingga pengaturan bekerjanya rangkaian tergantung dari program yang telah dibuat. Rangkaian minimum sistem dari Atmega 32 ditunjukkan pada Gambar 6.

Rangkaian minimum sistem ini menggunakan *oscillator* 11.0592 Mhz dan dua buah kapasitor 22pF serta rangkaian untuk me-*reset* dengan resistor 1 kohm dan kapasitor 1uF/16 volt. Terdapat 4 *port* I/O, namun tidak semua port digunakan dalam alat ini. Berikut adalah tabel penjelasan kegunaan *port* I/O dalam perancangan. Tabel 2 menjelaskan kebutuhan *port* I/O dan tabel 3 adalah *port* mikrokontroler yang digunakan.

Tabel 2 Kebutuhan Port I/O Mikrokontroler

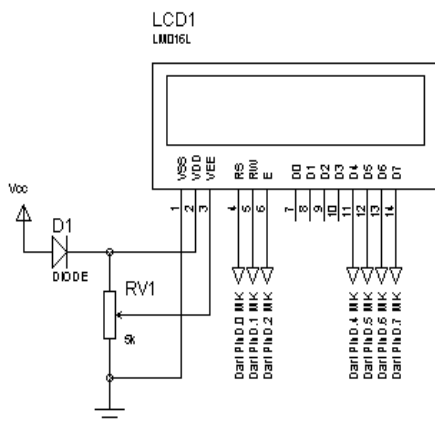
Definisi Kebutuhan Port I/O Mikrokontroler	
Output	Input
Soket <i>digital</i>	Soket <i>digital</i>
LCD 16x2	Keypad 4x4

Tabel 3 Penggunaan Port I/O Mikrokontroler

Data Penggunaan Port I/O Mikrokontroler			
Input (Port A dan C)	Fungsi	Output (Port B dan Port D)	Fungsi
PA.0 – PA.7	Saketic digital	PE.0 – PB.7	keypad 4x4
PC.0, PC.1, PC.6, PC.7	Saketic digital	PD.0 – PD.7	LCD

2) Rangkaian LCD M1632

Pada perancangan ini rangkaian LCD M1632 merupakan rangkaian penampil kondisi atau keadaan dari IC *digital* setelah pro-ses pengecekan. Semua perintah maupun hasil pembacaan akan ditampilkan pada LCD tersebut. Rangkaian LCD ini akan terhubung dengan *PORTD*. Rangkaian LCD M1632 ditunjukkan pada Gambar 7.



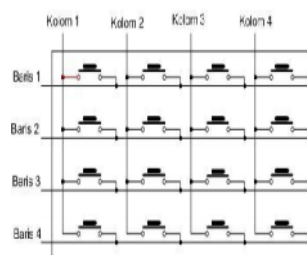
Gambar 7 Rangkaian LCD M1632

Rangkaian LCD M1632 menggunakan diode 1N4001 yang terhubung dengan Vcc, dan sebuah *trimpot* yang bernilai 5k. fungsi dari diode 1N4001 ini ditujukan untuk pengaman tegangan LCD. Cara kerjanya yaitu jika terjadi kesalahan dalam memasang Vcc, maka arus tidak akan mengalir menuju Vdd. Trimpot yang bernilai 5k difungsikan untuk mengatur kontras cahaya dari LCD.

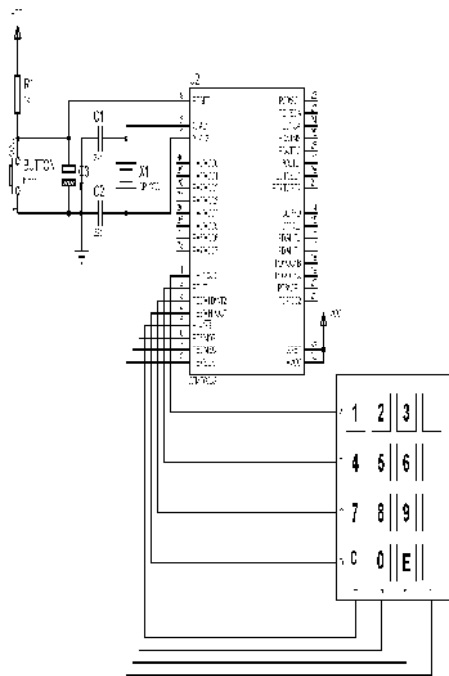
Adapun konfigurasi dan deskripsi dari *pin-pin* LCD antara lain: (1) Vcc (*pin* 1) adalah sumber tegangan +5volt; (2) Gnd (*pin* 2) merupakan sambungan ke *ground*; (3) Vee (*pin* 3) adalah *input* tegangan kontras LCD; (4) RS *register select* (*pin* 4) adalah *register* pilihan 0=Register perintah, 1 = register data; (5) RW (*pin* 5) merupakan *read select*, *read* = 1, *write* = 0; (6) E *enable clock* LCD (*pin* 6) merupakan masukan logika 1 ketika proses penulisan maupun pembacaan; (7) D0-D7 (*pin* 7 – *pin* 14) merupakan data *BUS* 1-7 ke *port*; dan (8) Anoda (*pin* 15) merupakan tegangan masukan *positif backlight*. Katoda (*pin* 16), merupakan tegangan masukan *negative backlight*

3) Rangkaian keypad 4x4

Pada perancangan ini rangkaian *keypad* 4x4 merupakan rangkaian untuk memberi masukan pada mikrokontroler. Susunan *keypad* 4x4 disusun seperti *matrik* 4x4. Jadi untuk mengaksesnya berda-sarkan letak baris dan kolom, dari karakter tersebut. *Keypad* ini terhubung dengan minimum system Atmega32, tepatnya pada *PORTB*. Susunan *keypad* 4x4 ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Susunan keypad matrik 4x4



Gambar 9 Rangkaian keypad matrik 4x4

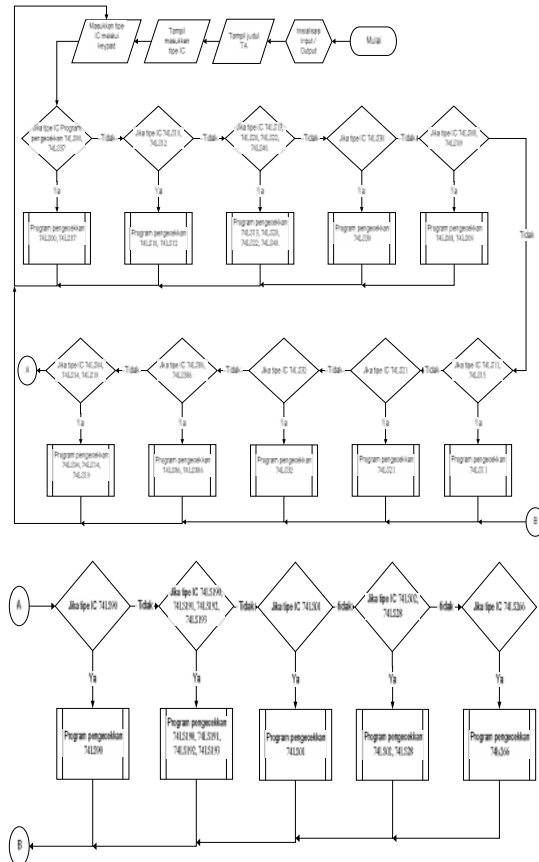
Rangkaian keypad 4x4 yang ditunjukkan pada gambar 3.6, keypad matrik 4x4 terhubung dengan PORTB dari minimum system atmega 32. Untuk mengakses keypad 4x4, maka pengaturan ketika membuat program yaitu empat pin dari PORTB terhitung mulai dari PORTB.0 sampai PORTB 3 dibuat sebagai keluaran dengan kondisi 1, sedangkan PINB.4 sampai PINB.7 dibuat sebagai masukan dengan kondisi 1.

Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Prinsip kerja alat

Berdasarkan flowchart pada Gambar 10, prinsip kerja alat ini yaitu ketika sistem dinyalakan, maka proses inisialisasi LCD dijalankan. Setelah proses inisialisasi LCD selesai, program akan melakukan penulisan Judul TA diikuti delay. Melakukan penulisan nama dan prodi diikuti delay diikuti de-delay. Kemudian ditampilkan

kan perintah "Masukkan tipe IC ?", maka masukkan tipe IC yang akan diuji. Setelah memasukkan tipe IC, maka tekan enter untuk ok. Untuk menghapus satu angka, dapat dilakukan dengan menekan tombol C. Jika terjadi kesalahan penulisan karakter, dengan kata lain penulisan karakter yang berlebih, maka akan ditampilkan "Karakter b'lebih".



Gambar 10 Flowchart Program Pengujian IC Digital

Berdasarkan tipe IC digital yang diketikkan, maka program akan menjalankan sub-program untuk tipe IC tersebut. Sub-program yang sudah dituliskan akan merubah kondisi dari PORTA dan PORTC dari mikrokontroler. Perubahan yang akan diberikan oleh mikrokontroler yaitu, kondisi dari PORT. Jika disub-program diperintahkan untuk menjadi out, maka PORT tersebut akan berfungsi sebagai keluaran, dan begitu juga sebaliknya. Pengaturan PORT tersebut sudah disesuaikan dengan

konfigurasi *PIN* dari IC *digital*. *PORT* yang diatur untuk keluaran akan mengeluarkan logika 1 ataupun 0. *PORT* yang diatur untuk masukan akan membaca kondisi logika 1 ataupun 0 yang dikeluarkan oleh IC *digital*. Kondisi logika yang dibaca oleh mikrokontroler dari IC *digital*, akan dibandingkan dengan *sub-program* untuk pengecekan IC tersebut yang sudah dituliskan. Jika kondisi logika yang dibaca sama dengan program, maka di *LCD* akan ditampilkan kondisi gerbang baik. Jika kondisi logika yang dibaca tidak sama dengan program, maka di *LCD* akan ditampilkan kondisi gerbang rusak. Penampilan kondisi ini, akan ditampilkan satu persatu kondisi setiap gerbang.

Untuk tipe IC *digital* 74LS90, 74LS190, 74LS191, 74LS192, 74LS193, 74LS47, 74LS247, 74LS-348, 74LS48 dan 74LS248 cara penampilan kondisi akan ditampilkan di *seven segmen*. Kondisi yang ditampilkan bukan kondisi gerbang baik atau tidak. Tetapi yang ditampilkan berupa angka, angka 0 sampai 9. Jika pengujian selesai, maka program akan kembali ke awal, yaitu pada saat penampilan "Masukkan tipe IC", begitu juga untuk seterusnya.

HASIL

Uji Coba Rangkaian

Tujuan pengujian keseluruhan sistem adalah untuk mengetahui prinsip kerja sistem secara lebih jelas. Untuk menguji keseluruhan sistem maka antara *hardware* dan *software* dilakukan pengujian secara bersama-sama. Pengujian dilakukan dengan langkah-langkah sesuai dengan perencanaan per-blok yang telah dibuat.

Alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam pengujian antara lain: (1) Perangkat keras dengan semua *input* dan *out-put*(1buah), (2) *Downloader* AVR MK11 usb (1buah), (3) *Software* yang telah dimasukkan ke dalam mikrokontroler, (4) Catu daya +5 Volt DC (1buah), (5) IC *digital* 74LS04 (*inverter*), 74LS08 (*and* 2 masukan) (1 buah), (6) 74LS11 (*and* 3 masukan), 74LS21 (*and* 4 masukan) (1buah), (7) 74LS00 (*nand* 2 masukan), 74LS10 (*nand* 3 masukan) (1buah), (8) 74LS20 (*nand* 4 masukan), 74LS30 (*nand* 8 masukan) (1buah), (9) 74LS32 (*or* 2 masukan), 74LS02 (*nor* 2 masukan) (1buah), (10) 74LS86 (*exor* 2 masukan), 74LS266 (*exnor* 2 masukan) (1buah), dan (11) 74LS90 (*counter UP*), 74LS192 (*counter Up/Down*) (1buah)

Prosedur pengujian

Pada pengujian rangkaian ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut: (1) Rangkaian disusun seperti Gambar pada diagram Blok 3.16, (2) Rangkaian dihubungkan dengan catu daya, (3) Melakukan pengujian dengan menguji beberapa IC *digital*, (4) Amati hasil pengujian yang akan ditampilkan pada LCD.

Hasil Pengujian

Hasil pengujian secara keseluruhan menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan rancangan yang telah dibuat dan didapatkan hasil seperti Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 Pengujian pertama IC 74LS04 (inverter)

No	Kondisi input		Kondisi out			Tampilan LCD	Pengegian manual
	Gerbang	High/Low	Gerbang	High	Low		
1	1	High	1	-	√	Gerbang 1 baik	Gerbang 1 baik
2	2	High	2	-	√	Gerbang 2 baik	Gerbang 2 baik
3	3	High	3	-	√	Gerbang 3 baik	Gerbang 3 baik
4	4	High	4	-	√	Gerbang 4 baik	Gerbang 4 baik
5	5	High	5	-	√	Gerbang 5 baik	Gerbang 5 baik
6	6	High	6	-	√	Gerbang 6 baik	Gerbang 6 baik
7	1	Low	1	√	-	Gerbang 1 baik	Gerbang 1 baik
8	2	Low	2	√	-	Gerbang 2 baik	Gerbang 2 baik
9	3	Low	3	√	-	Gerbang 3 baik	Gerbang 3 baik
10	4	Low	4	√	-	Gerbang 4 baik	Gerbang 4 baik
11	5	Low	5	√	-	Gerbang 5 baik	Gerbang 5 baik
12	6	Low	6	√	-	Gerbang 6 baik	Gerbang 6 baik

Table 5 Pengujian pertama IC 74LS90 (counter UP)

No.	Clock ke	Tampilan seven segmen
1	1	0
2	2	1
3	3	2
4	4	3
5	5	4
6	6	5
7	7	6
8	8	7
9	9	8
10	10	9

PEMBAHASAN

IC 74LS04 sesuai dengan Tabel 4 dapat dinyatakan baik, dikarenakan kondisi masukan yang diberikan dan kondisi keluaran sudah sesuai berdasarkan tabel kebenaran. Jika masukan yang diberikan berupa kondisi logika 1, maka keluaran akan bernilai logika 0. Begitu juga untuk kebalikannya, jika masukan yang diberikan kondisi logika 0, maka keluaran akan bernilai 1.

IC 74LS90 sesuai dengan Tabel 5 dapat dinyatakan baik, dikarenakan kondisi keluaran yang dihasilkan berdasarkan clock yang diberikan sudah bersesuaian dengan tabel kebenaran. Ketika clock pertama diberikan maka IC counter tersebut akan melakukan counter up. Hal ini dika-

renakan IC yang diuji yaitu IC counter up. Dari tabel Tabel 5 disimpulkan bahwa kondisi IC baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada masing-masing blok, maka dapat diperoleh kesimpulan antara lain:

1. Langkah perancangan modul IC TTL checker berbasis mikrokontroler agar dapat bekerja secara efektif dan efisien adalah (a) menentukan sistem kerja alat yang akan dibuat, (b) menentukan tipe IC yang diuji dan, (c) mengetahui karakteristik IC yang akan diuji, (d) menentukan blok diagram alat, (e) menghasilkan skema rangkaian tester ic digital.
2. Langkah pembuatan modul IC TTL checker berbasis mikrokontroler agar dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan adalah (a) menentukan komponen yang akan dipakai, (b) membuat skema rangkaian, (c) membuat lay-out PCB (Printed Circuit Board), (d) membuat PCB (e) melakukan pengeboran PCB dan (f) penyolderan komponen.

Pengujian modul IC TTL checker berbasis mikrokontroler dilakukan berdasarkan perbandingan antara hasil perhitungan teori dan pengukuran. Pengujian awal yang dilakukan yaitu (a) menguji perbagian atau perblok, (b) melakukan pengujian secara keseluruhan. Hasil perbandingan menunjukkan sistem yang telah dibuat dapat bekerja dan hasilnya mendekati kesamaan antara teori dengan pengukuran.

DAFTAR RUJUKAN

Andrianto, Heri. 2008. *Pemrograman Mikrokontroler AVRATME-GA16*. Bandung: Informatika.

- Atmel Corporation. 2008. *Data Sheet Atmega32*. (online),(<http://www.atmel.com/atmel/acrobat/doc2503.pdf>, diakses 1 April 2011)
- Crameda Intersys, 2008. *Data sheet keypad monobloc*. (online), www.crameda.com/eng/products/pdf/monobloc/mbds-e.pdf. Html, diakses 10 April 2011).
- Fairchild, 2000. *Data sheet 74LS02* (online)(<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/51020/FAIRCHILD/74LS02.html>, diakses 20 April 2011)
- Fairchild, 2000. *Data sheet 74LS08* (online)<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/51024/FAIRCHILD/74LS08.html>, diakses 20 April 2011)
- Fairchild, 2000. *Data sheet 74LS11* (online)(<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/51027/FAIRCHILD/74LS11.html>, diakses 20 April 2011)
- Fairchild semiconductor, 2000. *Data sheet 74LS00* (online)(<http://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/51021/FAIRCHILD/74LS00.html>, diakses 20 April 2011)
- Hermanto, M.Ari., Adi P., Wisnu. 2008. *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler AVR ATMEGA8535*. Yogyakarta: PT. Andi Offset Yogyakarta.
- Motorola, 2000. *Data sheet 74LS10* (online)(<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/12605/ONSEMI/74LS10.html>, diakses 20 April 2011)
- Motorola, 2000. *Data sheet 74LS13* (online)(<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/5657/MOTOROLA/74LS13.html>, diakses 20 April 2011)
- Motorola, 2000. *Data sheet 74LS266* (online)(<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/5695/MOTOROLA/SN74LS266D.html>, diakses 20 April 2011)
- Motorola, 2000. *Data sheet 74LS32* (online)(<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/5707/MOTOROLA/74LS32.html>, diakses 20 April 2011)
- National semiconductor, 1989. *Data sheet 74LS30* (online)(<http://www.alldata sheet.com/datasheet-pdf/pdf/8067/NSC/74LS30.html>, diakses 20 April 2011)
- National semiconductor, 1989. *Data sheet 74LS90* (online)(<http://www.alldata sheet.com/datasheet-pdf/pdf/51093/FAIRCHILD/DM74LS90M.html>, diakses 20 April 2011)
- System logic, 2000. *Data sheet 74LS86* (online)(<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/46213/SLS/74LS86.html>, diakses 20 April 2011)
- Texas instrument, 2002. *Data sheet 74LS04* (online)(<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/27365/TI/74LS04.html>, diakses 20 April 2011)