

# **DISAIN PERANCANGAN ALAT UJI IC TTL / CMOS UNTUK PENUNJANG LABORATORIUM ELEKTRONIKA DIGITAL**

---

**Siswoko<sup>1</sup>, Hariyadi. Singgih<sup>2</sup>, A. Komarudin<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

<sup>1</sup>siswako@gmail.com

<sup>2</sup>hariyadi.singgih07@gmail.com

<sup>3</sup>akomar@polinema.ac.id

## **Abstrak**

Bentuk IC TTL dan CMOS yang kecil dan memiliki jumlah pin bervariasi membuat orang kesulitan untuk melakukan pengujian kondisi IC TTL dan CMOS secara cepat. Beberapa cara pengujian IC TTL dan CMOS secara manual yakni menggunakan protoboard. Akan tetapi hal tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama. Dari permasalahan tersebut, dibutuhkan adanya alat uji yang dapat mempermudah pengguna untuk mengetahui kondisi IC TTL dan CMOS sebelum digunakan. Alat uji IC digital ini dibuat untuk menguji apakah IC yang digunakan dalam keadaan baik atau rusak. Karena jenis IC TTL dan CMOS yang akan diujikan lebih dari satu, maka dalam penelitian ini digunakan keypad sebagai alat untuk menyeleksi IC yang akan diujikan. Keunggulan dari pembuatan alat uji IC ini adalah penyusun dan mengkombinasikan rangkaian dengan menggunakan mikrokontroler AVR Atmega 644 dengan hasil output dapat dilihat pada tampilan di LCD, berupa kondisi dari IC tersebut. Alat uji IC TTL seri 74xxx dan CMOS seri 40xx ini dapat digunakan untuk menguji 100 IC dengan total kesalahan 0%.

**Kata-kata kunci:** Alat uji IC TTL CMOS, Penunjang laboratorium, Elektronika Digital.

## **Abstract**

The shape of TTL and CMOS ICs which are small and have varying number of pins makes it difficult for people to test the conditions of TTL and CMOS ICs quickly. Some ways to manually test TTL and CMOS ICs are using protoboard. However, this requires quite a long time. Thus, we need a test tool

that can make it easier for users to find out the condition of TTL and CMOS ICs before being used. Digital IC test equipment is made to test whether the IC used is in good condition or damaged. Because there are more than one type of TTL and CMOS ICs, keypad is used as a tool to select which ICs to be tested. The advantage of the proposed system lies on the compiler and the combination between existing circuit and AVR Atmega 644 microcontroller such that the output could be displayed on LCD in the form of IC condition. The 74xxx and CMOS 40xx series TTL IC test kits can be used to test 100 ICs with a total error of 0%.

**Keywords:** *IC TTL CMOS test equipment, Laboratory Support, Digital Electronics*

## **1. PENDAHULUAN**

Seiring dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi, tentunya pemanfaatan peralatan baru yang sudah didukung oleh rangkaian terpadu atau *Integrated Circuit (IC)*, cukup banyak penerapannya. Baik itu pada lingkungan industri maupun lingkungan sehari-hari. Pemakaian jenis IC yang banyak digunakan saat ini merupakan keluarga *Transistor-Transistor Logic (TTL)* dan *Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)*.

Dalam teknik pengecekan, keberadaan adanya sebuah alat tester yang mampu secara cepat mengetahui kondisi dari suatu IC sangat diperlukan. Untuk mendukung praktikum Elektronika Digital di Politeknik Negeri Malang, dibutuhkan peralatan yang memadai agar praktikum dapat terlaksana dengan baik. Salah satunya adalah dengan alat penguji IC TTL dan CMOS. Untuk melengkapi hal tersebut maka pada penelitian ini dibuat sebuah “Alat Uji IC TTL dan CMOS untuk menunjang kegiatan Laboratorium Digital Politeknik Negeri Malang”. Keberadaan alat penguji IC TTL dan CMOS tersebut tentunya harus memiliki keandalan, ketelitian serta spesifikasi yang cukup tinggi [1].

Instrumen ini digunakan untuk mengetahui sebuah IC masih dapat digunakan atau tidak. Biasanya ketika menggunakan suatu IC seorang praktikan harus mengetahui konfigurasinya terlebih

dahulu melalui datasheet, dengan alat uji IC digital ini secara otomatis saat kaki IC di deteksi maka hasilnya akan ditampilkan pada layar LCD. Layar LCD akan menampilkan tulisan kondisi bagian kaki IC yang diuji. Alat uji IC digital ini dilengkapi keypad sebagai masukan data tipe sebuah IC, dan mikrokontroler tipe Atmega644 yang digunakan sebagai sistem kendali atau otak program pada sistem alat uji IC. [2]. Tujuan penelitian adalah merancang dan membuat alat uji IC TTL dan CMOS untuk berbagai tipe berbasis mikrokontroler Atmega644 untuk melihat kinerja sistem.

## **2. KAJIAN PUSTAKA**

### **2.1 *Integrated Circuit (IC)***

*Integrated Circuit (IC)* adalah komponen elektronik yang terbuat dari bahan semikonduktor, dimana IC merupakan gabungan dari komponen seperti resistor, kapasitor, dioda, dan transistor yang telah terintegrasi menjadi sebuah rangkaian berbentuk chip. Setelah itu melalui proses pabrikasi yang kompleks akhirnya IC digunakan dalam rangkaian dalam bentuk yang terbungkus rapi dan mudah untuk digunakan seperti terlihat pada Gambar 1.



**GAMBAR 1** BENTUK TAMPILAN LUAR IC[3].

### **2.2 Karakteristik IC TTL dan CMOS**

Berdasarkan teknologi pembuatannya, IC digital dibedakan menjadi dua jenis, yaitu TTL (*Transistor-Transistor Logic*) dan CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*). Perbedaan pokok antara keduanya adalah pada tegangan catu yang digunakan. IC Digital jenis TTL harus dicatu dengan tegangan positif yang lebih stabil ( $5 \pm 5\%$ ) Volt DC, sedangkan jenis CMOS lebih fleksibel dengan jangkauan tegangan kerja dari +3 sampai +18 V. Karena IC CMOS beroperasi pada tegangan kerja yang bervariasi, maka taraf tegangan untuk logika 0 dan logika 1 juga akan bervariasi sesuai dengan tegangan kerja (VDD) yang digunakan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

**TABEL 1** KARAKTERISTIK IC TTL DAN CMOS [1].

Karakteristik	TTL	CMOS		
		$V_{DD} = 5V$	$V_{DD} = 10V$	$V_{DD} = 15V$
$V_{OL} \text{ max (V)}$	0.4	0.5	0.5	0.5
$V_{OH} \text{ min (V)}$	2.4	4.95	9.95	14.95
$V_{IL} \text{ max (V)}$	0.8	1.5	3.0	4.0
$V_{IH} \text{ min (V)}$	2.0	3.5	7.0	11.0

Keterangan

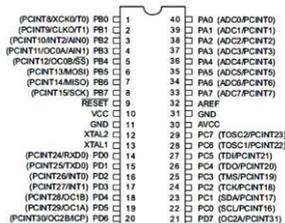
- $V_{OL}$  = Tegangan keluaran logika 0 (rendah)
- $V_{OH}$  = Tegangan keluaran logika 1 (tinggi)
- $V_{IL}$  = Tegangan masukan logika 0 (rendah)
- $V_{IH}$  = Tegangan masukan logika 1 (tinggi)

### 2.3 Teori Pengujian IC

Teori yang digunakan menguji gerbang logika IC adalah teori *exhaustive test*. *Exhaustive test* adalah teori pengujian IC dengan memakai semua kombinasi masukan dicoba satu per satu sesuai dengan tabel kebenaran. Jadi jika sebuah gerbang memiliki N masukan, maka IC akan diuji sebanyak  $2^N$  kombinasi masukan. Metode ini tentunya lebih akurat, namun menggunakan semua masukan akan memakan waktu pengujian yang lebih lama dan pemakaian kapasitas memori yang besar [5].

### 2.4 Mikrokontroler Atmega644

Mikrokontroler (MCU) AVR ATmega644 adalah salah satu Mikrokontroler CMOS 8-bit berdaya rendah yang berbasiskan arsitektur AVR RISC tingkat lanjut. Gambar 2 menunjukkan konfigurasi kaki-kaki IC AVR Atmega644.



**GAMBAR 2** KONFIGURASI PIN AVR ATMEGA644 [4][7].

AVR ATmega644 dilengkapi dengan memori flash ISP 64K byte, EEPROM 2K byte dan SRAM Internal sebesar 4K byte.

Selain itu AVR ATmega644 dilengkapi beberapa fitur seperti; 32 jalur I/O *general purpose*, 32 register *general purpose working*, RTC, 2 *timer/counter* 8-bit dan 1 *timer/counter* 16-bit, 6 *channel* PWM, 8 *channel* ADC 10-bit, antarmuka serial SPI, JTAG dan beberapa fitur lainnya.

### 3. METODOLOGI

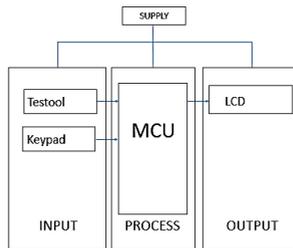
#### 3.1 Jenis Penelitian

Bidang Ilmu dalam penelitian ini berbasis kendali elektronika dalam kategori pengembangan Laboratorium.

#### 3.2 Langkah-langkah Perancangan

##### 3.2.1 Merancang Sistem Diagram

Disain sistem diagram dipakai sebagai acuan penelitian untuk membuat langkah-langkah yang harus diselesaikan. Gambar 3 merupakan diagram blok dari langkah penelitian.



GAMBAR 3 DIAGRAM BLOK SISTEM

##### 3.2.2 Menentukan Spesifikasi IC yang di Uji.

1. Dapat menguji IC TTL seri 74xx dan CMOS seri 40xx yang memiliki pin berjumlah 14, 16, dan 20.
2. Dapat menguji 100 IC yang memiliki fungsi sebagai gerbang dasar, *multiplexer*, *full adder*, *buffer*, *decoder*, *encoder* dan *schmitt trigger*.
3. Indikator berupa display LCD 16x2 yang menunjukkan kondisi operasi sistem IC yang diuji.
4. Dapat dioperasikan dengan catu daya sebesar  $\pm 5$  volt.

Tabel 2 menunjukkan beberapa contoh jenis IC TTL (seri 74xxx) dengan jumlah kaki-kaki 14, 16 dan 20 yang dapat digunakan untuk pengujian. Sedangkan Tabel 3 menunjukkan

beberapa contoh jenis IC CMOS (seri 40xxx) dengan jumlah kaki: 14, 16 dan 20.

**TABEL 2** NOMER SERI DAN JUMLAH PIN IC TTL YANG DIUJI

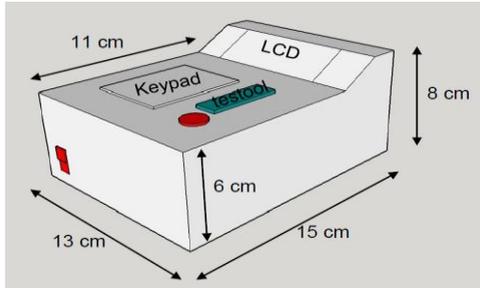
No	No Seri IC	PIN	Keterangan
1	7400	14	2 input NAND
2	7401	14	2 input NAND
3	7402	14	2 input NOR
4	7403	14	2 input NAND
5	7404	14	1 input NOT
6	7405	14	1 input NOT
7	7406	14	1 input NOT
8	7407	14	Hex Buffers with High Voltage

**TABEL 3** NOMER SERI DAN JUMLAH PIN IC CMOS YANG DI UJI

No	No Seri IC	PIN	Keterangan
1	4000	14	Dual 3-Input NOR gate plus inverter
2	4001	14	Quad 2 input NOR gate
3	4002	14	Dual 4-Input NOR gate
4	4008	16	4-Bit Fulladder
5	4009	16	6 inverting Buffer
6	4010	16	6 non-inverting buffers
7	4011	14	Quad 2 input NAND gate
8	4012	14	Quad 4 input NAND gate
9	4016	14	4 digital/analog switch
10	4019	16	Quad 2-bit multiplexewr
11	4023	14	Tripple 3-Input NAND gate
12	4025	14	Tripple 3-Input NOR gate
13	4030	14	Quad 2-Input Exclusive OR gate
14	4041	14	Quad TTL-Buffer
15	4049	16	Hex inverted buffer
16	4050	16	Hex non-inverted buffer

### **3.2.3 Membuat Disain Mekanis**

Disain mekanis dibuat dari bahan akrilik dengan dimensi seperti diberikan dalam Gambar 4.



**GAMBAR 4** DESAIN MEKANIS ALAT

### 3.2.4 Metode Menentukan kerusakan IC

Pada dasarnya metode yang digunakan untuk menentukan kerusakan IC pin 14, 16, 20 menggunakan metode yang sama. Metode yang digunakan yakni dengan cara membandingkan *output* pada IC yang diuji dengan *output* pada *datasheet* yang telah tersimpan di dalam memori internal mikrokontroler. Berikut potongan program untuk IC dengan pin 14, 16, 20 pin [5].

#### 1. IC dengan jumlah pin 14 (IC TTL 7402)

Pada kondisi awal IC yang yang diuji semua input berlogika nol dan tidak diberikan input tegangan (Vcc dan Gnd). Ketika proses pengujian IC yang diuji akan diberi input tegangan sesuai dengan *datasheet*nya, seperti potongan program pada Gambar 5.

```
PORTA =0x00;  
PORTC =0x20;  
_delay_ms(1000);  
scan:  
if(bit_is_set(PINA,0) && t==1)  
{  
t=0;  
if (j==0){t=1;}  
}  
if(j==0 && bit_is_clear(PINA,0) && t==1)  
{  
t=0;
```

**GAMBAR 5** POTONGAN PROGRAM UNTUK PENGUJIAN KONDISI IC 7402

Kemudian *output* dari IC dibandingkan dengan *output* pada *datasheet*, apabila hasilnya sesuai maka IC dalam keadaan baik. Seperti pada Gambar 6.

```
if(t==1)
{
y++;
set_kursor(y,1);
tampilkan_string("1 ");
_delay_ms(1000);
y++;
}
else if(t==0)
{
u++;
set_kursor(u,2);
tampilkan_string("1 ");
_delay_ms(1000);
u++;
}
```

**GAMBAR 6** POTONGAN PROGRAM UNTUK HASIL PERBANDINGAN OUTPUT

2. IC dengan jumlah pin 16 (IC CMOS 4008)

Pada kondisi awal IC yang yang diuji semua input berlogika nol dan tidak diberikan input tegangan (Vcc dan Gnd). Ketika proses pengujian IC yang diuji diberi input tegangan sesuai dengan datasheetnya, kemudian output dari IC dibandingkan dengan output pada Gambar 7.

```
if(ta==1)
{
y++;
set_kursor(y,1);
tampilkan_string("1 ");
_delay_ms(250);
y++;
}
```

**GAMBAR 7** POTONGAN PROGRAM UNTUK HASIL PERBANDINGAN OUTPUT

3. IC dengan jumlah pin 20 (IC TTL 74241)

Pada kondisi awal IC yang yang diuji semua input berlogika nol dan tidak diberikan input tegangan (Vcc dan Gnd). Ketika proses pengujian IC yang diuji akan diberi input tegangan sesuai dengan datasheetnya. Seperti pada Gambar 8. Kemudian output dari IC dibandingkan dengan output pada datasheet, apabila hasilnya sesuai maka IC dalam keadaan baik. Seperti pada Gambar 9.

```
if (t==1)
{
y++;
set_kursor(y,1);
tampilkan_string("1 ");
_delay_ms(250);
}
else if (t==0)
{
u++;
```

**GAMBAR 8** POTONGAN PROGRAM UNTUK PENGUJIAN KONDISI IC 74241

```
PORTA =0x00;
PORTC =0x30;
PORTB &=~_BV(6);
PORTB &=~_BV(7);
PORTD &=~_BV(0);
_delay_ms(1500);
scan:
if(bit_is_clear(PINA,1) && t==1){
t=0;
if (j==0){
t=1;
}
}
if(j==0 && bit_is_set(PINA,1) && t==1){
t=0;
}
```

**GAMBAR 9** POTONGAN PROGRAM UNTUK HASIL PERBANDINGAN OUTPUT

### 3.2.5 Perancangan Kebutuhan Arus Dan Tegangan

Perancangan kebutuhan arus dan tegangan tiap komponen akan berbeda bergantung dari jenis dan tipe IC. Gambar 10 merupakan interface kebutuhan arus dan tegangan. Pada alat ini atmega akan memberi input tegangan dan arus pada IC yang diuji, sehingga untuk merencanakan atmega yang digunakan dapat mengambil salah satu IC yang memiliki konsumsi daya paling besar. IC tersebut yakni IC TTL 74240 yang memiliki pin berjumlah 20. IC tersebut dapat beroperasi dengan tegangan maksimal 4.75volt. Sedangkan spesifikasi tegangan dan arus pada setiap pinnya adalah sebagai berikut:

$V_{IL} = 0.7V; I_{IL} = 0.2mA$   
 $V_{IH} = 2.0V; I_{IH} = 20.0\mu A$   
 $V_{OL} = 0.5V; I_{OL} = 2.4mA$   
 $V_{OH} = 2.0V; I_{OH} = -15mA$

Sehingga dari data tersebut dapat diketahui bahwa atmega yang digunakan haruslah memiliki spesifikasi minimal sebagai berikut:

$$V_{IL} = 0.5V \quad V_{OL} = 0.7V$$

$$V_{IH} = 2.0V \quad V_{OH} = 2.2V$$

$$I_{IL} = 2.4mA \quad I_{IH} = -15mA$$

Capasitas memory = 58.88 bit

Dari data tersebut dapat digunakan Atmega 644 yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

*Maximum Operating Voltage* = 6.0V

$$V_{IL} = 0.3VCC; V_{OL} = 0.7V$$

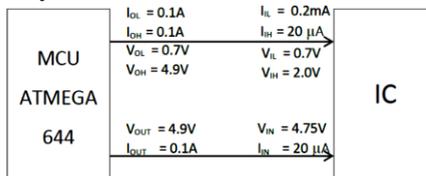
$$V_{IH} = 0.6VCC; V_{OH} = 4.9V$$

$$I_{IL} = 9.0mA; I_{IH} = 1.0mA$$

*DC Current per I/O Pin* = 40.0 mA

*DC Current VCC dan GND Pin* = 200.0 mA

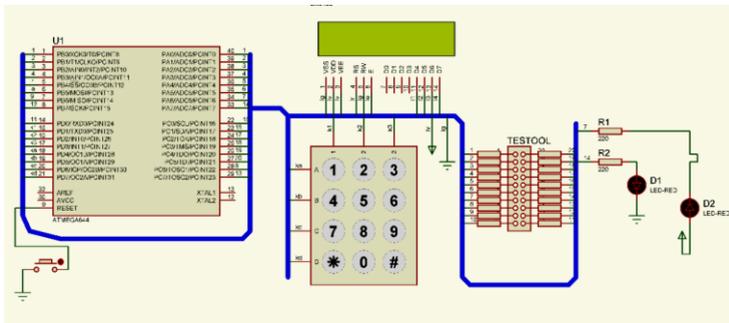
Kapasitas memory = 64.00 bit



**GAMBAR 10** KEBUTUHAN ARUS DAN TEGANGAN ATMEGA DAN IC [6].

### 3.2.6 Perancangan Sistem Elektronik

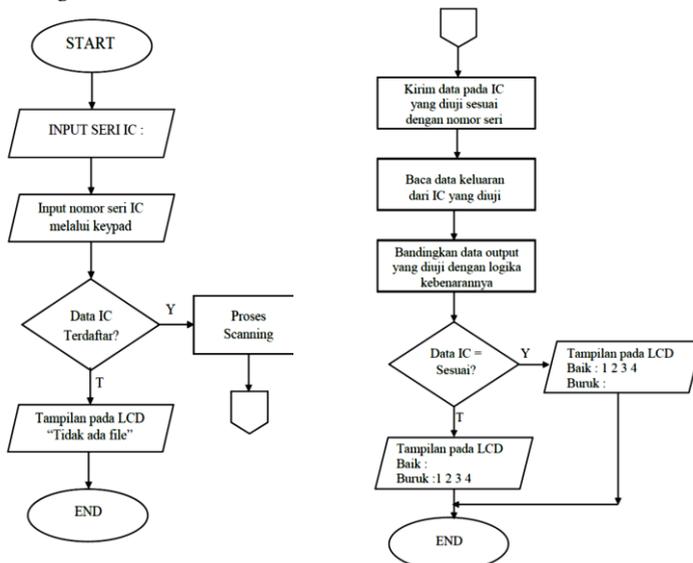
Pemilihan *Atmega644* dikarenakan memiliki internal memory yang cukup besar yaitu 64 Kbyte. Sehingga dengan ukuran memory tersebut mampu untuk menampung besar program yang akan digunakan. Sebagai otak dari pengelolaan data dan pengontrolan sistem, pin-pin *Atmega644* dihubungkan seperti pada Gambar 11. yang bekerja menerima masukan dari data IC yang diuji atas perintah *keypad* dan membandingkan dengan data internal logger memori, hasilnya dikeluarkan melalui tampilan *LCD*. [5].



GAMBAR 11 PERANCANGAN SISTEM ELEKTRONIK

### 3.2.7 Flowchart Program

Gambar 13 merupakan *flowchart* program tampilan menu dan *scanning* :



GAMBAR 13 FLOWCHART TAMPILAN MENU DAN SUBPROGRAM PROSES SCANNING

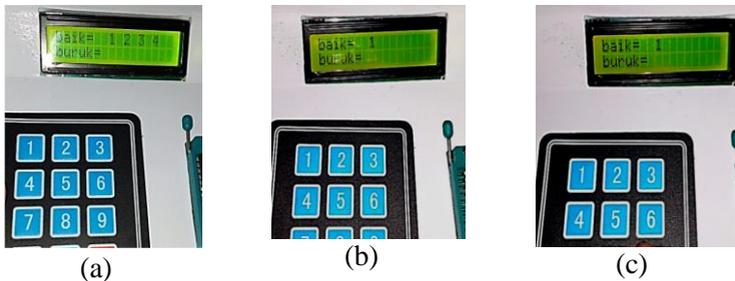
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian alat yang dilakukan untuk *IC TTL* diberikan dalam Tabel 4. dan Tabel 5 data hasil pengujian *IC*

CMOS. Dan Gambar 14 merupakan tampilan visual dari pengujian IC.

**TABEL 4 DATA HASIL PENGUJIAN IC TTL**

No	No Seri IC	Kondisi IC	No	No Seri IC	Kondisi IC
1	7400	Baik	33	7448	Baik
2	7401	Baik	34	7450	Baik
3	7402	Baik	35	7451	Baik
4	7403	Baik	36	7454	Baik
5	7404	Baik	37	7460	Baik
6	7405	Baik	38	7475	Baik
7	7406	Baik	39	7480	Baik
8	7407	Baik	40	7482	Baik
9	7408	Baik	41	7485	Baik
10	7409	Baik	42	7486	Rusak
11	7410	Baik	43	74125	Baik
12	7411	Baik	44	74126	Baik
13	7412	Baik	45	74128	Baik
14	7413	Baik	46	74132	Baik
15	7414	Baik	47	74133	Baik
16	7415	Baik	48	74136	Baik
17	7416	Baik	49	74137	Baik
18	7420	Baik	50	74138	Baik
19	7421	Baik	51	74139	Baik
20	7422	Baik	52	74141	Baik
21	7426	Baik	53	74145	Rusak
22	7427	Baik	54	74147	Baik
23	7428	Baik	55	74148	Baik
24	7430	Baik	56	74151	Baik
25	7432	Baik	57	74153	Baik
26	7437	Baik	58	74155	Baik
27	7438	Baik	59	74156	Baik
28	7440	Baik	60	74158	Baik
29	7442	Baik	61	74240	Baik
30	7445	Baik	62	74241	Baik
31	7446	Baik			
32	7447	Rusak			



**GAMBAR 14** VISUAL HASIL PENGUJIAN IC (A) 7400 (B) 7480 (C) 74147

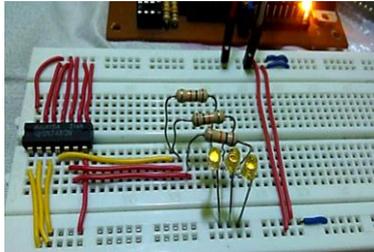
**TABEL 5** DATA HASIL PENGUJIAN IC CMOS

No	No Seri IC	Kondisi IC	No	No Seri IC	Kondisi IC
1	4000	Baik	19	4066	Baik
2	4001	Baik	20	4068	Baik
3	4002	Baik	21	4069	Baik
4	4008	Baik	22	4070	Baik
5	4009	Baik	23	4071	Baik
6	4010	Baik	24	4072	Baik
7	4011	Baik	25	4073	Baik
8	4012	Baik	26	4075	Baik
9	4016	Baik	27	4077	Baik
10	4019	Baik	28	4078	Baik
11	4023	Baik	29	4081	Baik
12	4025	Baik	30	4082	Baik
13	4030	Baik	31	4085	Baik
14	4041	Baik	32	4093	Baik
15	4049	Baik	33	4106	Baik
16	4050	Baik	34	4511	Baik
17	4051	Baik	35	40106	Baik
18	4052	Baik			

Hasil uji coba yang dilakukan, alat berhasil menguji IC TTL dan CMOS yang memiliki konfigurasi kerja tanpa memerlukan komponen eksternal dalam pengoperasiannya. Alat

ini juga dapat menguji *IC TTL* yang outputnya berupa *open collector*. Alat ini dapat mendeteksi kerusakan pada *IC* yang dikarenakan oleh gate terputus dan *IC* yang rusak karena hubung pendek seperti ditampilkan pada Tabel 6. (baik) dan (rusak) Apabila terputus atau output tidak sesuai data sheet maka akan tertampil pada *LCD* sebagai *IC* buruk. Apabila *IC* rusak dalam keadaan hubung pendek maka *LCD* tidak akan menampilkan karakter apapun. Apabila terjadi hal tersebut maka secepat mungkin mematikan alat uji *IC*.

Untuk mengetahui keakuratan alat uji *IC* tersebut, dilakukan perbandingan dengan membuat rangkaian sesuai fungsi *IC* pada *protoboard*. Berikut hasil perbandingan *IC* yang diuji menggunakan alat uji *IC* dengan rangkaian pada *protoboard* seperti Gambar 15.



**GAMBAR 15** CONTOH UJI PEMAKAIAN *IC* 7408 PADA *PROTOBOARD*.

**TABEL 6** RANGKUMAN DATA HASIL PENGUJIAN *IC TTL* DAN *CMOS*

No	No Seri IC	Jenis	Jumlah pin	Hasil uji		% Kesalahan
				Dengan alat	Dengan protoboard	
1	7400	TTL	14	Baik	Baik	0%
2	7480	TTL	14	Baik	Baik	0%
3	74147	TTL	16	Baik	Baik	0%
4	74241	TTL	20	Baik	Baik	0%
5	4093	CMOS	14	Baik	Baik	0%
6	4019	CMOS	16	Baik	Baik	0%
7	7447	TTL	16	Rusak	Rusak	0%
8	7486	TTL	14	Rusak	Rusak	0%

## **5. Kesimpulan**

Kinerja alat uji IC ini terbukti dapat bekerja dengan baik dengan tingkat kesalahan 0 % . yakni dapat menunjukkan kondisi operasi sistem IC dalam keadaan baik dan yang mengalami kerusakan. Alat uji IC ini juga dapat mengetahui jenis IC TTL baik jenis *totempole* maupun *open collector*. Untuk pengembangan kedepan Alat Uji IC ini dapat dikembangkan menjadi alat yang “*Auto Detected*” atau dapat secara otomatis mengetahui jenis IC tanpa memasukkan nomor seri IC.

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Haryadi Singgih, 2011, “Buku Ajar Elektronika Digital”, Politeknik Negeri Malang.
- [2]. Irmansyah, Muhammad. Desember 2013, “Pengimplementasian Teknologi Programmable Logic Device (Pld) Sebagai Biner Code Decimal (Bcd) Untuk Scanning Keypad”. Jurnal Elektron. Vol 5, No. 1, [Http://Repo.Polinpdg.Ac.Id/550/1/729-709-1-Pb.Pdf](http://Repo.Polinpdg.Ac.Id/550/1/729-709-1-Pb.Pdf), 8 April 2017.
- [3]. Widjanarka, Wijaya, 2006, ”Teknik Digital”, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- [4]. Datasheet Atmel Atmega644 tahun 2016
- [5]. Eko, Edy dan Fandi Suhermawan, 2006, “Laporan Akhir Perencanaan dan Pembuatan Alat Penguji IC TTL dan CMOS Dilengkapi Display LCD dan Voice Processor”, Politeknik Negeri Malang.
- [6]. Budiyanto, Setiyo. Januari 2012, “Sistem Logger Suhu dengan Menggunakan Komunikasi Gelombang Radio”. Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana. Vol.3No.1, [publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/jte/article/download/735/617](http://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/jte/article/download/735/617), 8 April 2017.
- [7]. Bachmid, Abdurraziq, Vecky C. Poekoel dan Janny O. Wuwung. 2017 “Osiloskop Portable Digital Berbasis AVR ATmega644”. E-journal Teknik Elektro dan Komputer Universitas Sam Ratulangi Manado Vol. 6 no. 1.