

1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Dalam Perencanaan Jaringan Sensor Nirkabel dengan Pemakaian Daya Tepat Guna
2. Alat Interkom Melalui Jala-Jala Listrik Pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara
3. Alat Pencatat Notasi Langkah Dan Waktu Berjalan Pada Pertandingan Catur Dengan Tampilan Secara Wireless
4. Alat Pengisian Pulsa Elektronik Berbasis Mikrokontroler Dengan Contactless Smart Card
5. Sistem Keamanan Barang Berharga Dengan Monitoring Melalui Jaringan Seluler
6. Sistem Pengawasan Dan Pengontrolan Cooling Tower Pada Industri Manufaktur
7. Alat Penggulung Lilitan Transformator Secara Otomatis Menggunakan Remote Control



TESLA: Jurnal Teknik Elektro

DAFTAR ISI

Daftar Isi.....	i
Daftar Redaksi.....	ii
Editorial.....	iii
1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Dalam Perencanaan Jaringan Sensor Nirkabel dengan Pemakaian Daya Tepat Guna Faktor	1-13
Hendrianto Husada	
2. Alat Interkom Melalui Jala-Jala Listrik Pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara.....	14-24
Robin S, Endah Setyaningsih, Tony Winata	
3. Alat Pencatat Notasi Langkah Dan Waktu Berjalan Pada Pertandingan Catur dengan Tampilan Secara <i>Wireless</i>	25-39
Gunawan, Sigit Wijono, Hadian Satria Utama.	
4. Alat Pengisian Pulsa Elektronik Berbasis Mikrokontroler dengan <i>Contactless Smart Card</i>	40-51
Calvin Oktavianus, Eko Syamsuddin, Hugeng	
5. Sistem Keamanan Barang Berharga dengan Monitoring Melalui Jaringan Seluler ...	52-72
Yansen J, Dali Santun Naga, Tjandra Susila	
6. Sistem Pengawasan Dan Pengontrolan Cooling Tower Pada Industri Manufaktur....	73-84
Handi Winata, Eko Syamsuddin, Yohanes Calvinus	
7. Alat Penggulung Lilitan Transformator secara Otomatis Menggunakan <i>Remote Control</i>	85-101
Hendra Junaidi Yulianus, Tony Winata	

Alat Pencatat Notasi Langkah dan Waktu Berjalan pada Pertandingan Catur dengan Tampilan Secara Wireless

Gunawan¹, Sigit Wijono¹ dan Hadian Satria Utama¹

ABSTRACT: *Chess match is done by moving notation, step by step in a notation form and stopping the chess clock while movement is ended. Design of step notation recording device and stopping run time in chess match can display recording chess notation and stop run time automatically from every player. The result of the output shows recorded players step notation and stopped run time that have been done in computer using Delphi 7 software. Data is transfer wirelessly with ASK's transmitter and receiver. The display for first move is made for 30 minutes, but it also can be set manually. This step notation and chess clock recording system is equipped with reed switch on every block of chess board to detect the presence of pawn on the block. For every move, there will be a change on switch condition of source block and destination block. Buzzer will give a sound after a move is done, which indicates the turn has changed. This design has weakness on detecting condition of check, draw, and checkmate ; so it needs to push button to indicate the condition of check, draw, and checkmate.*

KEYWORDS: *design, chess, wireless*

ABSTRAK: Pertandingan catur dilakukan dengan menggerakkan notasi, langkah demi langkah dalam bentuk notasi dan menghentikan jam catur setelah gerakan terakhir. Desain perangkat perekaman langkah notasi dan menghentikan waktu berjalan dalam pertandingan catur dapat menampilkan notasi catur yang direkam dan menghentikan waktu berjalan secara otomatis dari setiap pemain. Hasil keluaran menunjukkan langkah notasi yang direkam dari setiap pemain dan waktu berjalan di komputer yang menggunakan software Delphi 7. Data ditransfer secara nirkabel dengan pemancar dan penerima ASK. Tampilan untuk langkah pertama dilakukan selama 30 menit, tetapi juga dapat diatur secara manual. Sistem pencatatan notasi langkah dan waktu berjalan ini dilengkapi dengan *reed switch* pada setiap kotak papan catur untuk mengetahui kondisi ada atau tidaknya buah catur pada kotak tersebut. Setiap menjalankan langkah maka akan terjadi perubahan kondisi *switch* di kotak asal dan kotak tujuan. Setiap selesai menjalankan langkah permainan maka *buzzer* akan berbunyi yang mengindikasikan pergantian langkah untuk pihak lawan. Desain ini memiliki kelemahan pada mendeteksi kondisi skak, seri/imbang, dan skakmat, sehingga perlu menekan tombol untuk menunjukkan skak, seri/imbang, dan skakmat.

KATA KUNCI: desain, catur, nirkabel

PENDAHULUAN

Catur merupakan salah satu jenis olahraga yang telah dikenal lama oleh banyak orang dan telah menyebar luas di Indonesia. Olahraga catur ini dimainkan dengan permainan pemikiran atau adu strategi yang berbeda dengan jenis olahraga lainnya yang lebih mengandalkan permainan fisik. Permainan catur dilakukan diatas papan yang terdiri dari 8 lajur dan 8 baris kotak atau petak berwarna hitam dan putih (atau terang dan gelap) secara berselang seling. Bidak atau biji catur yang dimainkan juga ada 2 jenis yaitu hitam dan putih. Susunan awal setiap bidak dapat dilihat pada Gambar 1. Pertandingan atau permainan catur juga memerlukan peraturan yang mengatur pertandingan agar tidak terjadi kecurangan atau terdapat pihak yang dirugikan, seperti olahraga lain. Peraturan catur Internasional diatur oleh Organisasi Catur Dunia yaitu *Federation Internationale des Echecs* (FIDE). Indonesia sendiri memiliki organisasi catur nasional yang dikenal dengan Persatuan Catur Seluruh Indonesia (Percasi).



Gambar 1. Posisi Awal Bidak pada Papan Catur [1]

Pertandingan catur yang resmi dilakukan dengan mencatat waktu berjalan dengan menekan jam catur serta mencatat notasi langkah permainan oleh setiap pemain. Jam catur yang digunakan terdiri dari 2 tampilan waktu yang terhubung antara kedua pemain. Jam catur juga menunjukkan lamanya waktu yang digunakan oleh setiap pemain dalam melakukan sejumlah langkah permainan. Jam pemain putih dijalankan pada waktu yang telah ditetapkan sebagai permulaan permainan, selanjutnya setiap pemain setelah menjalankan buah caturnya akan

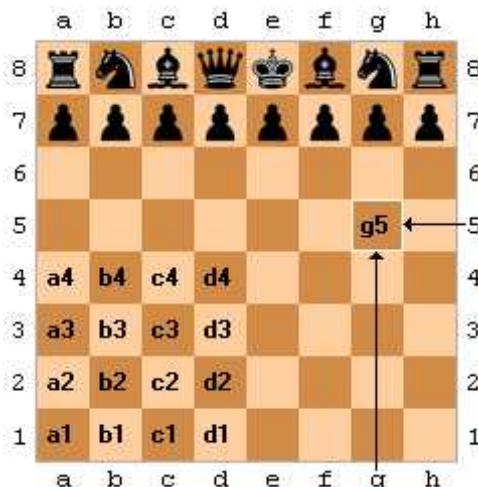
¹ Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara

menghentikan jamnya sendiri dan menjalankan jam lawannya. Tampilan fisik jam catur dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Jam Catur

Pencatatan langkah permainan dilakukan oleh setiap pemain pada formulir yang disediakan pada saat pertandingan berlangsung dalam bentuk notasi – notasi. Cara pencatatan notasi catur adalah dengan menuliskan nama bidak atau buah catur, kemudian diikuti nama kolom (a sampai h), dan terakhir nama baris (1 sampai 8). Nama buah catur yang ditulis disingkat dengan huruf besar seperti K untuk raja (*King*), Q untuk menteri atau ratu (*Queen*), R untuk benteng (*Rook*), B untuk gajah (*Bishop*), N untuk kuda (*Knight*), sedangkan untuk pion (*pawn*) tidak perlu ditulis (cukup ditulis nama kolom dan baris dalam notasinya). Gambar 3 berikut memperlihatkan gambaran notasi pada papan catur :



Gambar 3. Gambaran Notasi pada Papan Catur

Umumnya pada saat akan memulai pertandingan catur setiap pemain akan diberi suatu formulir pencatatan notasi langkah dan diwajibkan menuliskan jalannya permainan, langkah demi langkah (baik langkahnya sendiri maupun langkah lawannya) dengan sejelas mungkin agar dapat dibaca. Bila telah selesai melakukan satu langkah, terlebih dahulu pemain akan menghentikan jam catur, kemudian baru mencatat notasi langkah pada suatu formulir pencatatan notasi langkah. Pencatatan atau penghentian waktu berjalan ini dimaksudkan untuk mengetahui lamanya waktu permainan dari setiap pemain. Dalam suatu pertandingan, masing – masing pemain harus melakukan semua langkah dalam suatu periode waktu yang ditentukan.

Peraturan lain yang harus diperhatikan dalam pertandingan yaitu bila pemain telah mengangkat bidak atau buah catur maka segera mungkin harus dijalankan dan buah catur yang telah dijalankan atau dipindah harus pasti atau tidak boleh diulang. Wasit dalam pertandingan catur ini hanya berperan sebagai pengawas agar peraturan – peraturan permainan ini dapat berjalan dengan baik. Formulir pencatatan notasi langkah permainan dapat dilihat pada Gambar 4.

Pencatatan notasi ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. e4 e5, dalam penulisan notasi ini berarti pada langkah pertama, pion buah putih bergerak ke kotak e4 dan pion hitam bergerak ke kotak e5.
2. Qh5 Nc6, maksudnya menteri atau ratu dari buah putih bergerak ke kotak h5 dan kuda hitam bergerak ke kotak c6.
3. Bc4 Nf6, pada langkah ketiga gajah buah putih bergerak ke kotak c4 dan kuda dari buah hitam bergerak ke kotak f6.
4. Qxf7 #, pada langkah keempat permainan terhenti dengan kemenangan buah putih dengan pemberian tanda # (*checkmate*) setelah menteri atau ratu putih memukul (memakan) buah hitam di kotak f7.

OFFICIAL SCORE SHEET							
Event Democ				Date 8-07-2007			
Round	Board	Section	Opening				
WHITE (Name of Player)		BLACK (Name of Player)					
WHITE		BLACK		WHITE		BLACK	
1	c4		c5	11			
2	Qh3		Nc6	12			
3	Bc1		Nf6	13			
4	Qa1#			14			
5				15			
6				16			
7				17			
8				18			
9				19			
10				20			
RESULTS:				<input checked="" type="checkbox"/> WHITE WON	<input type="checkbox"/> DRAW	<input type="checkbox"/> BLACK WON	

Gambar 4. Formulir Pencatatan Notasi

Beberapa notasi catur lain yang digunakan yaitu :

- X digunakan untuk memukul (memakan) atau menjatuhkan buah lawan.
- + digunakan untuk men-skak raja lawan.
- ++ atau # digunakan untuk menyatakan skak mati raja lawan.
- = atau / digunakan untuk promosi pion setelah pion bergerak ke kotak terakhir lawan.
- 0-0 digunakan untuk blokade pendek antara raja dengan benteng.
- 0-0-0 digunakan untuk blokade panjang antara raja dengan benteng.

Dalam penulisan notasi catur terkadang juga digunakan komentar dalam tanda baca seperti :

- ? digunakan untuk menuliskan keraguan dari langkah (apakah sebuah kesalahan langkah)
- ?? digunakan untuk menunjukkan langkah yang salah (blunder).
- ! digunakan untuk menunjukkan langkah yang bagus.
- !! digunakan untuk menunjukkan langkah yang sangat bagus.

Permainan atau pertandingan akan dinyatakan selesai bila ada salah satu pemain yang berhasil men-skak mati raja lawan. Permainan juga dinyatakan selesai bila terjadi remis (*draw*). Remis yang terjadi dapat dikarenakan adanya kesepakatan atau persetujuan bersama dari kedua pemain sewaktu permainan berlangsung, atau dikarenakan pemain melakukan langkah yang membuat keadaan menjadi remis.

Notasi langkah permainan catur harus dicatat oleh setiap pemain, demikian pula dengan waktu berjalan yang harus dihentikan secara manual oleh tiap pemain. Hal ini sangat tidak efektif karena penghentian waktu dilakukan berdasarkan kecepatan tangan dari tiap pemain untuk menghentikan jam catur, selain itu dapat juga mengakibatkan kehilangan konsentrasi dari setiap pemain akibat pencatatan notasi di tengah – tengah permainan berlangsung, disamping juga dapat terjadi kesalahan pencatatan notasi karena dilakukan secara manual.

Masalah di atas dapat diatasi dengan membuat suatu alat yang dapat melakukan pencatatan notasi dan waktu berjalan secara seragam. Alat ini dapat digunakan untuk mencatat waktu berjalan serta notasi langkah permainan catur secara otomatis sehingga setiap pemain tidak harus melakukan pencatatan notasi dan penghentian waktu berjalan secara manual. Alat ini dapat mengurangi kesalahan pencatatan notasi dan waktu berjalan yang disebabkan oleh kesalahan manusia. Alat ini juga membantu pemain catur untuk lebih berkonsentrasi pada permainannya, tanpa perlu dipusingkan dengan pencatatan notasi langkah dan waktu berjalan.

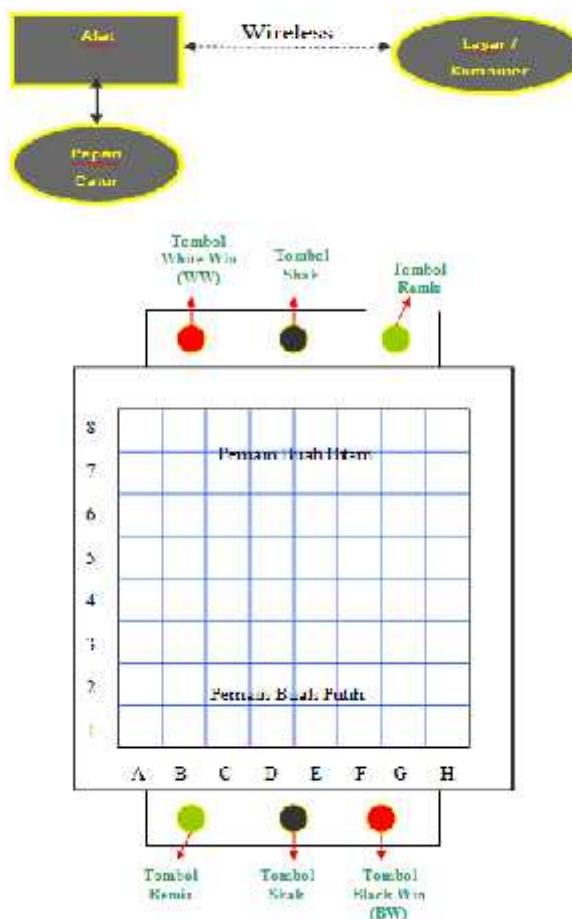
Secara garis besar, sistem pencatatan notasi langkah dan waktu berjalan ini dilengkapi dengan *reed switch* pada setiap kotak papan catur untuk mengetahui kondisi ada atau tidaknya buah catur pada kotak tersebut. Setiap menjalankan langkah maka akan terjadi perubahan kondisi *switch* dari kotak asal dan kotak tujuan. Setiap selesai menjalankan langkah permainan maka *buzzer* akan berbunyi yang mengindikasikan pergantian langkah untuk pihak lawan. Langkah permainan catur akan ditampilkan pada layar, berikut waktu berjalan dari setiap pemain melalui pemancar ASK dan penerima ASK sebagai cara transmisi datanya.

KAJIAN PUSTAKA

Alat ini dibuat untuk membantu pencatatan notasi langkah permainan catur dan waktu berjalan permainan secara otomatis dan hasil pencatatan notasi serta penghitungan waktu berjalan dapat ditampilkan pada layar (monitor). Perancangan papan catur yang terdiri dari 64 kotak hitam putih dihubungkan dengan rangkaian *matrix switch* 8x8. *Switch* yang digunakan berupa *reed switch* sebanyak 64 buah. *Switch* akan terhubung bila setiap buah catur mengisi setiap kotak pada papan catur, sehingga mengindikasikan pada kotak dimana buah catur itu berada terisi oleh buah catur. Pada permulaan permainan, maka *switch* pada kotak a1 sampai h1 dan a2 sampai h2 akan terhubung dimana buah catur putih ditempatkan. *Switch* pada kotak a7 sampai h7 dan a8 sampai h8 juga akan terhubung dimana buah catur hitam ditempatkan.

Posisi dari masing – masing buah baik pion, benteng, kuda, gajah, menteri dan raja telah ditentukan, sehingga memberikan posisi awal a2 sampai h2 untuk pion putih, a1 dan h1 untuk benteng putih, b1 dan g1 untuk kuda putih, c1 dan f1 untuk gajah putih, d1 untuk menteri putih dan e1 untuk raja putih. Posisi awal dari buah hitam yaitu a7 sampai h7 untuk pion, a8 dan h8 untuk benteng, b8 dan g8 untuk kuda, c8 dan f8 untuk gajah, d8 untuk menteri dan e8 untuk raja. Inisialisasi posisi awal dari setiap jenis buah catur ini akan diingat pada memori komputer.

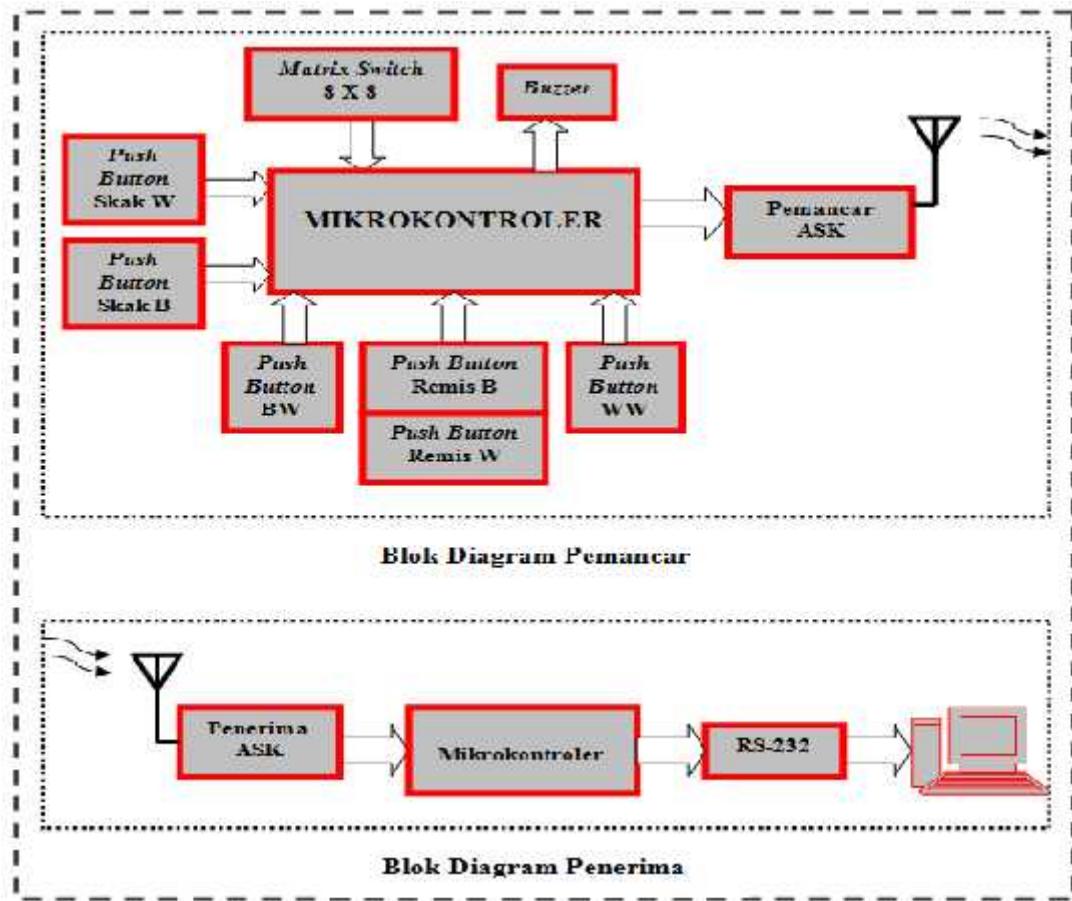
Bila buah catur dijalankan maka akan membuat posisi *switch* pada kotak asal menjadi *open* (tidak terhubung) dan membuat posisi *switch* pada kotak tujuan menjadi terhubung. Mikrokontroler akan membaca perubahan bit dari setiap baris pada papan catur bila buah catur dijalankan. Setiap selesai melakukan langkah, maka mikrokontroler akan membandingkan perubahan bit setiap baris pada papan catur dengan keadaan sebelum buah catur dijalankan, *buzzer* juga akan berbunyi yang mengindikasikan pergantian langkah untuk buah lawan. Perubahan bit ini kemudian akan dikirim ke *Personal Computer* (PC) untuk mengetahui langkah setiap buah catur yang digunakan dan ditampilkan dalam bentuk notasi langkah. Pencatatan waktu berjalan yang dilakukan yaitu pada saat permainan dimulai, maka waktu berjalan untuk pemain putih telah dihitung, tetapi pada pemain hitam belum dilakukan perhitungan waktu berjalan. Setelah pemain putih melakukan langkah, dengan cara memindahkan buah catur ke kotak lain, pada saat itu juga penghitungan waktu berjalan untuk pemain putih berhenti dan otomatis menghidupkan waktu berjalan untuk pemain hitam, begitu seterusnya hingga permainan selesai dilakukan. Permainan akan berakhir bila pemain menekan tombol *push button* yang mengindikasikan remis, atau *push button* yang mengindikasikan kemenangan bagi pemain buah putih atau buah hitam. Konsep sistem dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Konsep Sistem Berikut Desain Papan Caturnya

Diagram Blok

Diagram blok keseluruhan alat terdiri dari dua bagian besar yaitu diagram blok pemancar dan diagram blok penerima. Diagram blok keseluruhan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 6. Diagram Blok Alat

Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu perangkat keras (*hardware*) yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip* IC, sehingga sering disebut dengan *single chip microcomputer* [2]. Mikrokontroler memiliki unit memori sendiri (tertentu) dan unit I/O (*input/output*). Mikrokontroler biasa dikelompokkan dalam satu keluarga, masing-masing mikrokontroler mempunyai spesifikasi tersendiri namun masih kompatibel dalam pemrogramannya. Beberapa contoh keluarga mikrokontroler, diantaranya Intel, Motorola 68HC12, PIC buatan MicroChip, Atmel dan lain-lain [2]. Misalnya keluarga MCS-51 yang diproduksi oleh perusahaan Atmel, dimana *chip* ini sudah terdapat *Flash ROM* yang disebut PEROM (*Programmable and Erasable Read Only Memory*) didalamnya, memori ini digunakan untuk menyimpan instruksi bahasa *assembler* sehingga mikrokontroler ini dapat bekerja tanpa tambahan memori dari luar untuk menyimpan perintah tersebut. Mikrokontroler juga membutuhkan rangkaian osilator untuk membangkitkan *clock*, sehingga mikrokontroler dapat mengeksekusi instruksi program secara serempak. Umumnya digunakan *external crystal* untuk mendapatkan frekuensi *clock* pada rangkaian osilator ini [2]. Perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler dilakukan dengan menggunakan program *assembler* ASM51 yang mengubah text file menjadi hex file dengan ekstensi “*.hex”. File dengan ekstensi “*.hex” merupakan bahasa mesin yang kemudian di-*download* ke dalam mikrokontroler. Program aplikasi mikrokontroler ini merupakan program yang berupa baris-baris perintah dan disimpan dengan ekstensi “*.asm”.

Secara umum sebuah IC mikrokontroler yang terintegrasi terdiri dari beberapa bagian, antara lain [2]:

- Central Processing Unit* (CPU), adalah pengendali utama atau unit pemroses pada suatu *microcontroller unit* (MCU) yang bertugas mengeksekusi instruksi, memanipulasi data, serta melakukan fungsi aritmatika dan logika (ALU).
- Memori MCU, yang terdiri dari 2 macam memori yang sifatnya berbeda, yaitu:
 - Memori data yang disebut *Random Access Memory* (RAM), digunakan untuk menyimpan data yang bersifat sementara. RAM bersifat *volatile*, dimana memori akan hilang jika kehilangan sumber tegangan atau catu daya.

- Memori program yang disebut *Read Only Memory* (ROM)/ *Erasable Programmable Read Only Memory* (EPROM)/ *Programmable and Erasable Read Only Memory* (PEROM), digunakan untuk menyimpan kode program dan konstanta yang sifatnya tetap (permanen). ROM bersifat *non-volatile*, dimana memori tidak akan hilang bila catu daya padam.
- c. *Port I/O (Input/Output)*, digunakan sebagai jalur penghubung antara MCU dengan perangkat di luar MCU secara serial atau paralel, sehingga mikrokontroler dapat berkomunikasi dengan mudah dengan PC atau perangkat standar digital lainnya.
- d. *Timer / Counter*, berfungsi untuk mengatur pewaktuan dari sistem yang berbasis mikrokontroler, misalnya untuk *delay* atau pencacah.
- e. *Interrupt logic*, berfungsi untuk menangani suatu *request* pada saat mikrokontroler sedang *running*. Interupsi menyebabkan CPU melompat ke lokasi tempat terdapatnya sub-rutin yang harus dilaksanakan.

Alat ini menggunakan IC mikrokontroler keluaran ATMEL dengan tipe AT89S52. AT89S52 adalah mikrokontroler keluarga MCS-51 dengan 8 Kbyte flash PEROM (*Programmable and Erasable Read Only Memory*), memori ini digunakan untuk menyimpan instruksi bahasa assembler MCS-51 sehingga mikrokontroler ini dapat bekerja tanpa tambahan memori dari luar untuk menyimpan perintah tersebut. Mikrokontroler AT89S52 juga memiliki daya yang rendah dan dapat beroperasi pada tegangan 5 Volt.

Secara umum mikrokontroler AT89S52 terdiri dari 40 pin, yang terdiri dari tiga puluh dua I/O. I/O tersebut dibagi menjadi 8 bit atau 1 byte yang disebut port, sehingga pada mikrokontroler AT89S52 terdapat 4 port. Konfigurasi dari tiap-tiap pin pada mikrokontroler AT89S52 dapat dilihat pada Gambar 7.

Mikrokontroler bagian penerima menggunakan mikrokontroler keluaran ATMEL dengan tipe AT89C2051. AT89C2051 merupakan mikrokontroler keluarga MCS-51 dengan 2 Kbyte flash PEROM (*Programmable and Erasable Read Only Memory*). Penggunaan mikrokontroler pada bagian penerima ini tidak dibutuhkan memori yang besar, karena hanya berfungsi sebagai penerima dan pengirim bit dari rangkaian pemancar ke PC. Alasan lain penggunaan mikrokontroler ini pada bagian penerima adalah mikrokontroler ini beroperasi pada tegangan kerja antara 2,7V – 6V [3], sehingga bila terjadi penurunan tegangan dari catu daya penerima (dengan sumber tegangan baterai), mikrokontroler ini masih dapat beroperasi dengan baik.

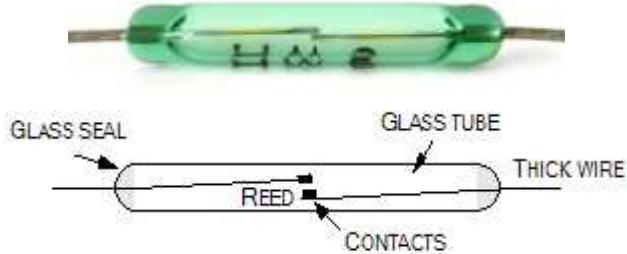
Secara umum mikrokontroler AT89C2051 ini memiliki arsitektur yang sama dengan AT89S52, namun memiliki jumlah pin atau port yang lebih sedikit dari AT89S52 dan memiliki susunan pin yang berbeda. Fungsi dari masing – masing pin pada mikrokontroler ini sama dengan mikrokontroler AT89S52.

(T2) P1.0	1	40	VCC
(T2 EX) P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	I P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	I P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	I P0.3 (AD3)
(MOSI) P1.5	6	35	I P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	I P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	I P0.6 (AD6)
RST	9	32	I P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	EA/VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	I PSEN
(INT1) P3.3	13	28	I P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	I P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	I P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	I P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	I P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	I P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	I P2.1 (A9)
GND	20	21	I P2.0 (A8)

Gambar 7. Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S52

Reed Switch

Suatu jenis *switch* magnet yang berfungsi sebagai input dari sistem. *Input* yang dibutuhkan untuk keseluruhan sistem ini adalah 64 *input*. Dimana setiap *input* mewakili keadaan *switch* waktu terbuka (*open*) dan tertutup (*short*). *Switch* dalam keadaan terhubung mengindikasikan bahwa ada buah catur pada kotak tersebut. *Reed switch* yang digunakan berwarna kehijauan dan terdiri dari 2 kawat (2 kaki). *Reed switch* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini:



Gambar 8. Reed Switch

Cara kerja dari *reed switch* ini dapat diilustrasikan dengan arah gaya magnet (*flux magnet*) yang melewati kawat konduktor pada *reed switch* sehingga menyebabkan kedua kawat konduktor tersebut saling tarik – menarik (terhubung) bila didekatkan dengan magnet. Gambar 2.6 memperlihatkan arah *flux magnet* yang keluar dari kutub utara (N) melewati *reed switch* dan masuk ke kutub selatan (S) magnet. Hal ini menyebabkan kedua kawat konduktor dapat terhubung bila didekatkan pada magnet.

Indikator Suara (Buzzer)

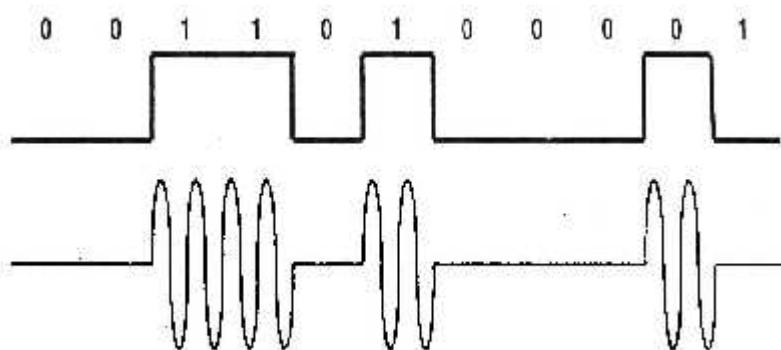
Suatu komponen elektronik yang berupa *speaker* kecil dimana dapat menghasilkan suara. Pada perancangan ini *buzzer* akan digunakan sebagai tanda bahwa langkah permainan telah dilakukan atau untuk inisialisasi pergantian langkah, di mana *buzzer* ini akan dihubungkan ke modul mikrokontroller. Modul mikrokontroler akan memberikan *input* kepada *buzzer* jika terjadi perubahan *switch* akibat perpindahan buah catur bila buah catur dipindahkan atau dijalankan. Gambar 9 memperlihatkan bentuk fisik dari *buzzer* yang digunakan.



Gambar 9. Buzzer

Modulasi Amplitude Shift Keying (ASK)

Modulasi adalah proses penumpangan (pengkodean) sinyal informasi pada suatu sinyal pembawa (*carrier*). Sinyal *input* bisa berupa analog atau digital dan disebut sinyal pemodulasi atau sinyal *baseband* [4]. Pada sistem komunikasi digital bentuk sinyal pemodulasi atau sinyal informasi adalah persegi atau sederetan pulsa. Teknik modulasi sinyal digital dapat dilakukan dengan metode *Amplitude Shift Keying* (ASK), yaitu suatu bentuk modulasi amplitudo dimana *carrier* dimodulasi oleh sederetan pulsa. Bentuk sinyal modulasi ASK dapat dilihat pada Gambar 10 berikut ini :



Gambar 10. Sinyal Modulasi ASK [4]

Pada ASK, dua nilai biner dilambangkan dengan dua amplitudo berbeda dari frekuensi sinyal pembawa [4]. Umumnya, biner 0 diwakili amplitudo yang nilainya nol dan biner 1 yang diwakili oleh keberadaan sinyal pada amplitudo yang konstan dari suatu sinyal pembawa [4]. Bila gelombang pemodulasi berbentuk *square* (kotak) atau disebut dengan sederetan pulsa, maka persamaan ASK menjadi:

Pembangkitan ASK dapat dilakukan dengan suatu *keying operation* dengan penggunaan *baseband unipolar* level nol untuk mengirim informasi ‘0’ dan level sinyal *high* untuk mengirim informasi ‘1’. Sinyal ASK yang didapatkan akan berupa sebuah sinus dengan level V_c untuk nilai informasi ‘1’ dan level nol untuk nilai informasi ‘0’. Osilator dipertahankan pada kondisi *on* (*turn on*) untuk selang waktu pengiriman informasi ‘1’ dan kondisi *off* selama selang waktu pengiriman informasi bernilai ‘0’. Teknik ini dinamakan sebagai teknik *on-off keying* (OOK).

Sinyal ASK juga dapat dihasilkan dengan mengalikan suatu sinyal pemodulasi berupa data biner dengan suatu sinyal *carrier* yang berupa sinyal analog, sehingga didapatkan persamaan:

Perancangan alat ini menggunakan modul pemancar ASK untuk melakukan pengiriman data secara *wireless*. Jenis pemancar ASK yang digunakan adalah TLP434A. Dipilihnya pemancar ASK ini karena telah tersedia dipasaran dan dapat bekerja sesuai pada tegangan catu daya 5VDC. Pemancar ASK TLP434A ini bekerja dengan jangkauan tegangan operasi antara 2 – 12 volt DC [5]. Jenis modulasi pada modul ini adalah *Amplitudo Shift Keying* dengan frekuensi pembawa sekitar 433,92 MHz.

Penerimaan data mengenai kondisi *switch* pada setiap kotak papan catur yang dipancarkan oleh pemancar ASK akan diterima oleh modul penerima ASK. Jenis penerima ASK yang digunakan adalah RLP434A. Alasan penerima ASK RLP434A ini digunakan karena telah tersedia dipasaran dan dapat beroperasi sesuai dengan tegangan catu daya. Penerima ASK RLP434A ini dapat bekerja dengan baik pada jangkauan tegangan antara 3.3 – 6 volt DC [5]. Penerima ASK RLP434A merupakan pasangan dari pemancar ASK TLP434A.

Demodulasi Amplitudo Shift Keying (ASK)

Demodulator ASK digunakan untuk mendemodulasi sinyal ASK yang dilakukan oleh rangkaian *detector*, dimana frekuensi *carrier* akan dihilangkan dan menghasilkan *output* sesuai dengan data biner yang dikirim. Demodulasi ASK dapat dilakukan secara *coherent* (koheren) dan *incoherent* (tidak koheren). Demodulator koheren yaitu demodulator yang memiliki *timing* (fasa dan frekuensi) yang persis dengan sinyal *carrier*. Sedangkan demodulator tidak koheren tidak memerlukan fasa atau frekuensi yang sama persis dengan sinyal *carrier*. Elemen *non linear* yang digunakan dapat berupa sebuah *envelope detector*, *rectifier* atau *square-law device*.

Pada demodulasi ASK koheren, detektor yang digunakan untuk mendeteksi ASK memiliki frekuensi dan phasa yang sama dengan frekuensi *carrier*. Sinyal yang dibangkitkan ini dijadikan referensi agar detektor dapat mendeferensiasi dua keadaan yang dikirim oleh pengirim.

Interface RS-232

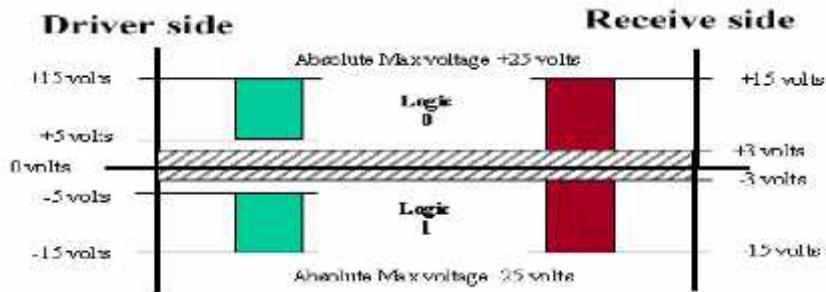
Komunikasi serial RS-232 (*Recommended Standard number 232*) merupakan seperangkat alat yang diciptakan oleh *Electronic Industry Association and the Telecommunications Industri Association* (EIA/TIA) atau EIA-232 pada tahun 1962 yang berfungsi sebagai antarmuka dalam mentransfer data dengan komputer melalui kode biner. Standar ini menyangkut komunikasi data antara *Data Terminal Equipment* (DTE), seperti komputer atau terminal lainnya, dengan *Data Communication Equipment* (DCE), seperti modem, *printer*, PABX, atau alat komunikasi dan pelengkap komputer lainnya. RS-232 sendiri berfungsi sebagai *interface* antara DTE dengan DCE yang memanfaatkan pertukaran data biner serial.

DTE dan DCE harus menggunakan kode yang sama pada karakteristik elektriknya. Format pengkodean sinyal digital yang digunakan adalah *Nonreturn to Zero-Level* (NRZ-L) [4]. Pada pengkodean NRZ-L, voltase negatif digunakan untuk menampilkan biner 1 dan voltase positif untuk menampilkan biner 0 [4]. Sesuai dengan ketentuan dari EIA-232, maka karakteristik elektrik dari RS-232 (Gambar 10) adalah sebagai berikut:

- *Space* (logika 0) mempunyai level tegangan antara +3 hingga +25 volt. Tegangan sebesar +3 volt sampai +15 volt pada *receiver side* (*input line receiver*) dianggap sebagai level tegangan ‘0’. Tegangan output *line driver* ditetapkan berkisar antara +5 hingga +15 volt untuk menyatakan level tegangan ‘0’.
 - *Mark* (logika 1) mempunyai level tegangan antara -3 hingga -25 volt. Tegangan sebesar -3 volt sampai -15 volt pada *receiver side* (*input line receiver*) dianggap sebagai level tegangan ‘1’, sedangkan tegangan output *line driver* ditetapkan antara -5 hingga -15 volt untuk menyatakan level tegangan ‘1’.
 - Level tegangan antara +3 hingga -3 volt disebut *forbidden area*, yaitu daerah tegangan yang tidak memiliki level logika pasti sehingga harus dihindari. Sama halnya dengan daerah level tegangan lebih negatif dari -15

volt atau lebih positif dari +15 volt juga harus dihindari karena tegangan tersebut dapat merusak *line driver* pada saluran RS-232.

- Level tegangan antara ± 3 volt sampai ± 5 volt disebut sebagai *noise margin* dari RS-232, dimana pada daerah ini memungkinkan adanya gangguan *noise*.



Gambar 10. Karakteristik Elektrik RS-232 [6]

Hampir semua komponen digital, seperti mikrokontroler, bekerja pada level tegangan *Transistor-Transistor Logic* (TTL), yaitu +5 volt. Dalam hal ini, level tegangan yang bekerja pada RS-232 berbeda dengan level tegangan TTL. Oleh karena itu, pada rangkaian *interface* RS-232 diperlukan pengkonversi level tegangan timbal balik antara TTL dan RS-232 dalam bentuk rangkaian terintegrasi yaitu *Integrated Circuit* (IC) yang dilengkapi dengan *line receiver* dan *line driver*.

Pada karakteristik mekaniknya, sejumlah pin sinyal dan kontrol digabungkan ke dalam suatu kabel dan terminal *male* atau *female* pada tiap ujung DTE dan DCE. DTE dan DCE harus menggunakan konektor dengan jenis yang berlainan, karena mempengaruhi konesksinya secara fisik [4].



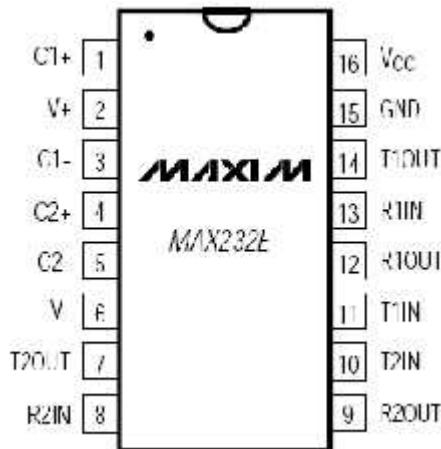
Gambar 11. (a) Konektor DB-9 Male (b) Konektor DB-9 Female [7]

Umumnya pada komunikasi serial terdapat 2 macam tipe ukuran, yaitu *D-Type 25 pin connector* (DB-25) dan *D-Type 9 pin connector* (DB-9). Pada dasarnya hanya 3 pin yang terpakai, yaitu pin pengirim, penerima dan ground. Konektor tipe DB-9 ini digunakan pada komunikasi serial antara mikrokontroler dengan PC, dan ditunjukkan oleh gambar 11 di atas. Fungsi dari masing-masing pin pada konektor DB-9 dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1. Fungsi Masing-masing Pin pada DB-9

Nomor Pin	Nama Pin	Keterangan	Fungsi
1	CD	<i>Carrier Detect</i>	Mendeteksi boleh tidaknya DTE untuk menerima data
2	RD	<i>Received Data</i>	Sebagai jalur penerima data dari DCE ke DTE
3	TD	<i>Transmit Data</i>	Sebagai jalur pengiriman data dari DTE ke DCE.
4	DTR	<i>Data Terminal Ready</i>	Untuk memberitahu kesiapan terminal DTE.
5	SG	<i>Signal Ground</i>	Sebagai ground
6	DSR	<i>Data Set Ready</i>	Untuk menyatakan bahwa status data tersambung pada DCE.
7	RTS	<i>Request To Send</i>	Untuk mengirim sinyal informasi dari DTE ke DCE bahwa akan ada data yang akan dikirim.
8	CTS	<i>Clear To Send</i>	Untuk memberitahu pada DTE bahwa DCE siap untuk menerima data.
9	RI	<i>Ring Indicator</i>	Untuk memberitahu DTE bahwa ada terminal yang menginginkan komunikasi dengan DCE.

Alat ini menggunakan sistem serial *interface* RS-232 yang digunakan sebagai sarana komunikasi antara komputer dan mikrokontroler. Hampir semua komponen digital, seperti mikrokontroler dan pemancar atau penerima ASK, bekerja pada level tegangan TTL (0 volt hingga +5 volt). *Integrated Circuit* (IC) MAX232 merupakan IC yang dirancang khusus untuk sistem antarmuka serial RS-232. IC MAX232 memerlukan tegangan operasi sebesar 5 Volt dan memiliki data *rate* sebesar 120 kilobits/sekon (kbps). Bentuk fisik dan konfigurasi pin dari IC MAX232 dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Konfigurasi Pin IC MAX232 [3]

Komputer

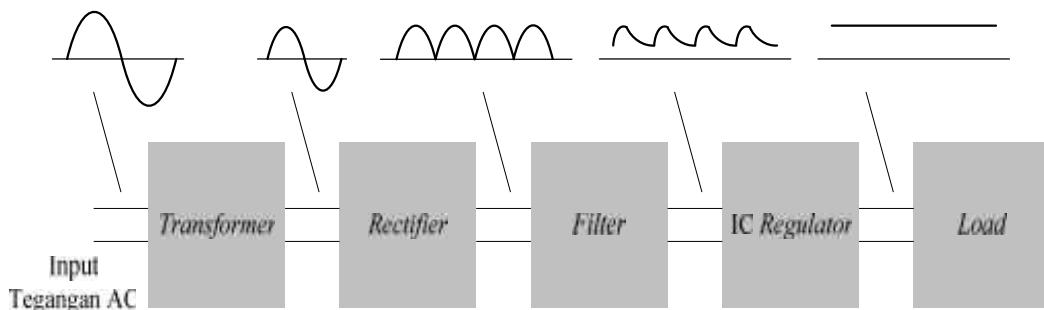
Komputer pada dasarnya terdiri dari dua bagian utama yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). *Hardware* adalah suatu bagian pada perangkat komputer yang dapat dilihat dan dapat disentuh secara fisik. Beberapa contoh dari *hardware* komputer adalah monitor, *keyboard*, *mouse* dan *speaker*. *Software* adalah suatu program yang berisi instruksi-instruksi atau perintah-perintah untuk pengolahan data. Selain *hardware* dan *software*, diperlukan pula manusia (*user*) yang bertugas untuk mengoperasikan dan mengendalikan perangkat komputer.

Komputer pada perancangan alat ini memiliki fungsi utama sebagai *output* atau tampilan dari pengolahan data *input* yang dikirim dari mikrokontroler. Penulis membuat *software* berupa tampilan pada layar komputer untuk simulasi pergerakan langkah buah catur beserta pencatatan notasi langkah dan waktu berjalan dari pertandingan catur. Perangkat Lunak yang digunakan untuk membuat tampilan tersebut adalah Delphi 7.

Software yang digunakan pada alat ini terdiri dari bahasa pemrograman *Assembly* dan perangkat lunak sistem pengembangan Delphi 7. Bahasa pemrograman *Assembly* digunakan pada pemrograman mikrokontroler, sedangkan Delphi 7 digunakan untuk pengaksesan serial *port* dan juga untuk membuat tampilan pada layar komputer.

Catu Daya

Catu daya berfungsi untuk memberikan tegangan listrik ke modul-modul *hardware* yang membutuhkannya. Hampir semua rangkaian elektronik memerlukan sumber tegangan searah (DC) dalam beroperasi. Rangkaian catu daya terdiri dari *transformer* (transformator), penyuarah arus listrik (*rectifier*), penyaring (*filter*), dan *voltage regulator*. Adapun blok diagram yang menunjukkan bagian-bagian dari catu daya terlihat dalam Gambar 13.



Gambar 13. Blok Diagram Catu Daya [8]

Bermula dari tegangan input *alternating-current* (AC) sebagai sumber, *transformer* mengubah besarnya tegangan input AC yang didapat, dalam hal ini yang digunakan adalah trafo *step-down*, yaitu trafo yang

mengubah tegangan listrik PLN 220 V menjadi tegangan *output* yang lebih kecil. Penyearah (*rectifier*) adalah komponen yang mampu mengubah arus listrik *alternating-current* (AC) menjadi arus listrik *direct-current* (DC), dalam hal ini dapat digunakan dioda. *Filter* digunakan untuk meratakan *ripple* (kerut) gelombang pada arus DC. Kapasitor merupakan komponen yang digunakan sebagai *filter* pada suatu *power supply*. IC *regulator* berfungsi untuk menghasilkan tegangan DC yang diinginkan dengan *ripple* tegangan sangat kecil dan juga untuk mempertahankan nilai tegangan DC meskipun masukan tegangan DC atau beban berubah-ubah, dimana pada rancangan sistem ini catu daya yang diperlukan adalah 5 volt DC. IC yang digunakan adalah IC LM7805 yang merupakan salah satu jenis IC *positive voltage regulator* yang memiliki tegangan keluaran stabil sebesar 5 Volt [1]. IC LM7805 ini, baik tegangan input maupun tegangan outputnya, merupakan tegangan searah (DC)

Sumber catu daya yang digunakan pada perancangan alat ini berupa PLN dan baterai. Sumber PLN dengan tegangan 220 volt akan diolah menjadi 5VDC pada realisasi rangkaian catu daya untuk menyuplai tegangan pada bagian pemancar. Selain itu juga digunakan sumber baterai 9 volt yang juga akan diolah menjadi 5VDC pada realisasi rangkaian catu daya untuk menyuplai tegangan pada bagian penerima.

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian modul catu daya dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian catu daya dapat mengeluarkan tegangan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan dengan mengukur langsung arus dan tegangan *output* dari modul catu daya bagian pemancar yang dihubungkan ke rangkaian dengan menggunakan multimeter digital, serta digunakan *oscilloscope* untuk melihat dan mengukur tegangan *ripple*. Pengujian modul catu daya bagian penerima dilakukan dengan pengukuran tegangan *output* tanpa beban dan dengan beban rangkaian. Pengujian mikrokontroler dilakukan untuk mengetahui apakah modul mikrokontroler yang digunakan pada perancangan alat ini dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan program pada mikrokontroler. Hal ini dimaksudkan untuk melihat apakah mikrokontroler dapat menjalankan program yang telah diisikan pada *memory* mikrokontroler tersebut.

Hasil pengujian modul mikrokontroler dengan program *running LED* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Modul Mikrokontroler dengan Program

Periode (detik ke -)	Kondisi LED (pin ke -)							
	Pin 3.7	pin 3.6	pin 3.5	pin 3.4	pin 3.3	pin 3.2	pin 3.1	pin 3.0
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.3, maka dapat disimpulkan bahwa pengujian modul mikrokontroler yang dibuat dapat bekerja dengan baik dimana LED menyala (ditandai dengan ) secara bergiliran dari port 3.7 sampai port 3.0 sesuai dengan *Input* program yang diberikan.

Pengujian rangkaian *matrix switch* 8x8 terlebih dahulu dilakukan dengan cara menguji masing – masing *reed switch* yang digunakan. Pengujian yang dilakukan dengan mendekatkan atau menjauhkan magnet pada setiap *reed switch* yang akan diuji. Bila magnet didekatkan dengan *reed switch* maka diharapkan *switch* dalam keadaan tersambung (*short*), sebaliknya *reed switch* ini akan terbuka (*open*) jika magnet dijauhkan.

Komunikasi antara unit mikrokontroler dengan *Personal Computer* (PC) sangat penting dalam kinerja rancangan sistem ini. Pengujian modul *interface* RS-232 ditujukan untuk mengetahui apakah data dari mikrokontroler dapat diteruskan ke PC. Hal ini dilakukan dengan menguji kondisi level tegangan pada pin *transmitter* dan *receiver* pada modul *interface* ini. Realisasi perancangan modul *interface* RS-232 ini menggunakan 1 buah *Input driver* (pin 11) dan 1 buah *output driver* (pin 14) seperti diterangkan pada bab sebelumnya, sehingga pengujian dilakukan pada kedua pasangan pin *driver* tersebut.

Pengujian modul ASK dilakukan dengan menggunakan *spectrum analyzer* dengan tipe *Hewlett Packard* 8591E yang bertujuan untuk mengetahui besarnya pancaran frekuensi dari pemancar ASK TLP434A yang digunakan. TLP434A yang digunakan dalam perancangan ini bekerja pada frekuensi 433,92 MHz.

Pengujian modul penggerak alarm ditujukan untuk mengetahui apakah rangkaian penggerak alarm ini akan berbunyi saat transistor dalam keadaan *on*, atau sebaliknya. Alat bantu yang digunakan pada pengujian rangkaian

penggerak alarm ini adalah sebuah catu daya DC. Catu daya DC ini berguna sebagai tegangan *Input* bagi pengujian rangkaian penggerak alarm ini. Langkah pengujian yang dilakukan adalah mengamati kondisi *buzzer* untuk kondisi sebelum dan sesudah diberi tegangan *Input high* pada rangkaian penggerak alarm ini. Pemberikan tegangan *high* ini adalah dengan cara mengatur tegangan *output* dari catu daya DC pada tegangan 5 Volt. Tegangan DC 5 Volt ini kemudian dihubungkan pada kaki *Input* rangkaian penggerak alarm ini.

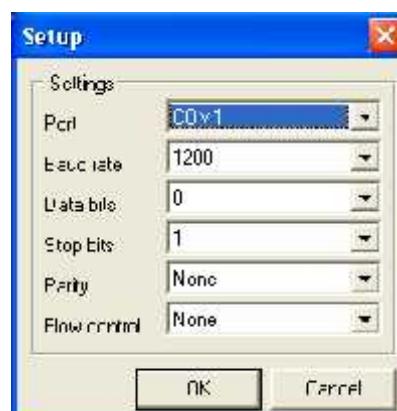
Pengujian *software* dilakukan dengan menjalankan tampilan awal program Delphi 7 yang dibuat. Adapun hasil pengujian ditunjukkan dalam beberapa *point* berikut ini:

- Gambar 14 menggambarkan *form* kondisi awal saat program DELPHI 7 dijalankan. Dalam *form* tersebut terdapat beberapa *command* yang terdiri dari *setting*, *reset*, *start*, keluar.



Gambar 14. *Form* pada Kondisi Awal

- Sebelum memulai permainan, terlebih dahulu harus mengisi *command* atau *form setting*. *Form* ini harus diisi dengan *setting COM* sesuai dengan komputer yang digunakan. Tampilan dari *Form Setting COM* dapat dilihat pada Gambar 4.7. Apabila pengguna telah memasukkan *setting COM* sesuai dengan komputer yang digunakan, maka pengguna dapat menekan tombol *OK* seperti yang terlihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Tampilan *Form Setting*

- Permainan dimulai dengan menekan *start*, yang otomatis akan menjalankan waktu berjalan untuk pemain buah putih. Waktu berjalan ini akan menghitung mundur (*count down*) waktu permainan yang ditetapkan, yang dalam hal ini digunakan waktu 30 menit. Bila pemain buah putih telah menjalankan langkah permainan, maka waktu berjalan untuk pemain putih akan berhenti dan akan tercatat notasi langkah, sedangkan waktu berjalan untuk pemain buah hitam akan berjalan dengan otomatis.
- Bila pemain melakukan kesalahan langkah, maka akan muncul pesan atau informasi yang menyatakan langkah tersebut salah. Tampilan informasi kesalahan langkah dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Tampilan Pesan Kesalahan Langkah

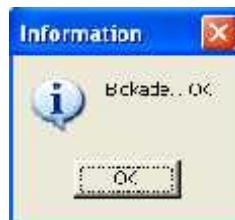
- Bila pion (*pawn*) yang mencapai ujung kotak lawan, maka akan ditampilkan *form* untuk melakukan promosi. Tampilan *form* promosi ini dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Tampilan Form Promosi

Pada tampilan *form* promosi ini, pemain akan memilih salah satu biji atau buah catur yaitu benteng, kuda, gajah atau menteri untuk digantikan dengan pion. Setelah memilih buah catur yang ingin digantikan, kemudian menekan tombol *OK*.

- Pemain ingin melakukan blokade, baik blokade pendek maupun blokade panjang, terlebih dahulu harus menekan *form* blokade, kemudian melakukan blokade dengan merubah posisi buah pada papan catur. Bila blokade dapat dilakukan, maka akan muncul pesan blokade yang berhasil dilakukan. Tetapi bila blokade tidak dapat dilakukan maka akan muncul pesan blokade yang tidak dapat dilakukan. Gambar 18 dan Gambar 19 menampilkan pesan blokade yang berhasil dilakukan dan blokade yang tidak dapat dilakukan.



Gambar 18. Tampilan Pesan Blokade yang Berhasil



Gambar 19. Tampilan Pesan Blokade Tidak Dapat Dilakukan

- Bila pemain melakukan langkah yang menyebabkan keadaan skak, maka pemain wajib menekan tombol *push button* skak. Tombol skak terdapat pada masing – masing sisi dari papan catur setiap pemain. Tampilan pesan skak dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Tampilan Pesan Skak

- Remis (*draw*) terjadi bila masing – masing pemain menekan tombol *push button* remis yang terdapat pada papan catur. Tampilan informasi remis dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Tampilan Informasi Remis

- Permainan yang berakhir dengan kemenangan salah satu pihak (pemain buah putih atau hitam) harus menekan tombol *push button* hitam menang atau putih menang yang terdapat pada papan catur. Bila pemain putih memenangkan permainan, maka pemain buah hitam harus menekan tombol putih menang (*Black Lose*), sebaliknya bila pemain hitam menang maka pemain buah putih harus menekan tombol hitam menang (*White Lose*). Gambar 22 dan Gambar 23 menunjukkan tampilan informasi putih menang dan hitam menang.



Gambar 22. Tampilan Informasi Putih Menang



Gambar 23. Tampilan Informasi Hitam Menang

KESIMPULAN

Secara keseluruhan, pencatatan notasi langkah dan waktu berjalan dapat dilakukan dengan baik sesuai dengan tujuan perancangan yang dilakukan. Setiap penempatan buah catur pada papan catur harus dipastikan *reed switch* dalam keadaan terhubung, sehingga jalannya langkah permainan dapat dilakukan dengan baik. Alat ini tidak terdapat indikator untuk mengetahui keadaan *reed switch* yang terbuka atau terhubung, sehingga saat melakukan langkah permainan terkadang tidak dapat berjalan dengan baik. Alat ini memiliki keterbatasan dalam pendekripsi keadaan skak, remis dan skak mati.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] FIDE, "Actual Handbook", September 2007, <http://www.fide.com/official/handbook.asp>

- [2] A.V. Deshmukh, *Microcontrollers (Theory and Applications)*, New York: McGraw Hill Co., 2005, ch.: 1-2 pp.: 3-25.
- [3] Maxim Integrated Product, “MAX202E-MAX213E,MAX232E/MAX241E”, Maret 2008, http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/M/A/X/Z/MAZX232.shtml
- [4] W. Stallings, *Komunikasi Data Komputer: Dasar-Dasar Komunikasi Data*, edisi ke enam, Jakarta: Salemba Teknika, 2001, ch.: 5-6 pp.: 144-187.
- [5] Laipac Technology Inc., “TLP434A & RLP434A”, Maret 2008, http://www.tranzistoare.ro/datasheets/37/467327_DS.pdf
- [6] A.A Trianto, “Pembuatan Monitoring Ruangan Berbasis Camera Server –Pengontrolan Arah Kamera Menggunakan Mikrokontroler-“, October 2007, http://kebo.vlsm.org/~alfian/TA_ne_kendo/TA_alfian_049.pdf
- [7] Dhoto, “Perakitan Kabel Null Modem DB9, DB25, RJ45”, December 2007, <http://www.lecturer.eepis-its.edu/~dhoto/kuliah/prak-komdat/komdat1%20-%20perkabelan.pdf>
- [8] R. Boylestad dan L. Nashelsky, *Electronic Devices & Circuit Theory*, Fifth Edition, New Jersey: Prentice Hall, 1992, ch.: 19 pp.: 789-794.