

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MATRIX SWITCH BERBASIS
RASPBERRY PI UNTUK MENDUKUNG REMOTE LAB**

SKRIPSI



Disusun Oleh :

Nama : RIKI RIFANGGA

NIM : 12.12.514

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK KOMPUTER
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2017

LEMBAR PERSETUJUAN
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MATRIX SWITCH BERBASIS
RASPBERRY PI UNTUK Mendukung REMOTE LAB
SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

Disusun oleh :

RIKI RIFANGGA

NIM. 12.12.514

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y 1039500274



M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P 1030100358

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK KOMPUTER
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2017

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MATRIX SWITCH BERBASIS RASPBERRY PI UNTUK Mendukung Remote Lab

RIKI RIFANGGA

12.12.514

Konsentrasi Teknik Komputer Jurusan Teknik Elektro ITN Malang S-1

Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang

E-Mail: Riki_Rifangga@yahoo.com

Abstrak

Laboratorium remote adalah lingkungan perangkat lunak yang mendukung kegiatan praktikum jarak jauh, di mana user yang berada pada jarak yang jauh dimungkinkan untuk berinteraksi dengan perangkat pengukuran dan peralatan laboratorium yang sesungguhnya. Sebuah laboratorium jauh sistem embedded atau sistem mikroprosesor umumnya terdiri dari sebuah modul percobaan yang dilengkapi dengan beberapa modul input output (I/O) dan beberapa instrumentasi elektronik. Sistem laboratorium jauh dikendalikan oleh sebuah server web yang berfungsi untuk menjembatani antara pengguna dan modul percobaan yang memiliki lokasi berbeda. Permasalahan utama pada laboratorium remote sistem embedded adalah bagaimana cara menghubungkan antara modul percobaan dengan beberapa modul I/O atau dengan sebuah sistem instrumentasi yang dikendalikan dari jauh (remote) oleh pengguna. Untuk menjawab permasalahan tersebut pada penelitian ini dikembangkan sebuah remote matrix switch yang dapat dikendalikan secara remote melalui internet. Disain purwarupa remote matrix switch berbasiskan web yang dikendalikan oleh sebuah sistem embedded Raspberry PI dengan spesifikasi: sangat efisien, biaya rendah, daya rendah, dan mendukung era komputer hijau. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa sistem remote matrix switch berbasis Raspberry PI dapat berjalan dengan baik untuk menghubungkan port-port mikrokontroler dengan beberapa macam modul I/O dan peralatan pengukuran. Program aplikasi yang diinstalasi pada web server berbasis Raspberry PI dapat berjalan dengan baik pada beberapa macam web browser.

Kata kunci: Matrix Switch, Remote Laboratorium, Embedded Sistem

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul **“PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MATRIX SWITCH BERBASIS RASPBERRY PI UNTUK MENDUKUNG REMOTE LAB”** dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Komputer ITN Malang.

Sebagai pihak penyusun penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Dr. Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M. Ibrahim Ashari, ST ,MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Dr. Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Pembimbing Satu Skripsi dan Dosen Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
5. M. Ibrahim Ashari, ST , MT, selaku Pembimbing Dua Skripsi dan Dosen Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
6. Sahabat - sahabat dan rekan-rekan yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu baik dari segi teknis maupun dukungan moral dalam terselesaikannya skripsi ini.

Usaha telah kami lakukan semaksimal mungkin, namun jika ada kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan, kami mohon saran dan kritik yang sifatnya membangun. Begitu juga sangat kami perlukan untuk menambah kesempurnaan laporan ini dan dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, Febuari 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan	i
Abstrak	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Web.....	5
2.1.1 Fungsi Web server	5
2.1.2 Cara kerja dari web server sebagai berikut	5
2.1.3 Pengertian HTML dan PHP	6
2.2 Sistem Matrix	8
2.3 Driver Relay	9
2.4 Rumus Driver Relay	10
2.5 Transistor	10
2.5.1 Transistor Bipolar.....	10
2.6 Relay.....	16
2.6.1 Bentuk dan simbol relay	17
2.7 MCP 23017-i2c Expander port.....	17
2.8 Raspberry Pi	19
2.8.1 Raspberry Pi board mempunyai input dan output antara	

lain	19
2.8.2 GPIO merupakan sederet pin yang terdiri dari 26 pin dengan berbagai fungsi diantaranya	20

BAB III PERANCANGAN DAN ANALISA SISTEM

3.1 Pendahuluan.....	21
3.2 Diagram blok	21
3.3 Cara kerja alat.....	22
3.4 Disain remote matrix switch.....	22
3.5 Perhitungan driver relay	23
3.6 Perancangan software	25
3.6.1 Flowchart Perancangan Software	25
3.6.2 Install Software On Raspbery Pi	25
3.6.3 Desain Tampilan Web	27

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Pendahuluan.....	28
4.2 Pengujian matrix switch berbasis web server.....	28
4.2.1 Peralatan yang digunakan.....	29
4.2.2 Langkah – Langkah Pengujian	29
4.2.3 Pengujian Rangkaian Driver Relay	29
4.2.4 Pengujian Matrix Switch	30

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran	50

DAFTAR PUSTAKA	51
-----------------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur matrix	8
Gambar 2.2 Rangkaian driver relay	9
Gambar 2.3 Skematik PNP dan NPN.....	10
Gambar 2.4 Aliran arus elektron PNP dan NPN.....	10
Gambar 2.5 Pengecekan transistor PNP	13
Gambar 2.6 Transistor bipolar (BJT).....	14
Gambar 2.7 Identifikasi Transistor bipolar (BJT).....	15
Gambar 2.8 Bentuk relay dan symbol relay.....	17
Gambar 2.9 Skema MCP23017-i2c expander port 16 bit.....	18
Gambar 2.10 Data sheet MCP23017-i2c expander port 16 bit.....	19
Gambar 2.11 Raspberry Pi	20
Gambar 2.12 Pin GPIO	20
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem	21
Gambar 3.2 Rangkaian Matrix Switch n x m.....	23
Gambar 3.3 Flowchart Perancangan Software.....	25
Gambar 3.4 Cara install OS Raspbian Jessie on Micro SD Card.....	25
Gambar 3.5 Tampilan Destop OS Raspbian Jessie Raspberry pi	26
Gambar 3.6 Setting IP address static Raspberry Pi LX terminal	26
Gambar 3.7 Install Apache Web Server.....	27
Gambar 3.8 Install Php 5 dan Mysql.....	27
Gambar 3.9 Tampilan Web	27
Gambar 4.1 Driver relay	29
Gambar 4.2 Rangkaian remote matrix switch.....	30
Gambar 4.3 Tampilan web melalui Internet Explorer remote matrix switch	31
Gambar 4.4 Tampilan web melalui Mozzila Firefox remote matrix switch .	31
Gambar 4.5 Tampilan web melalui Google Chrome remote matrix switch .	32
Gambar 4.6 Tampilan web melalui Opera remote matrix switch	32
Gambar 4.7 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submite untuk proses.....	33

Gambar 4.8 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	33
Gambar 4.9 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submite untuk proses.....	34
Gambar 4.10 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	34
Gambar 4.11 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submite untuk proses.....	35
Gambar 4.12 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	35
Gambar 4.13 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submite untuk proses.....	36
Gambar 4.14 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	36
Gambar 4.15 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submite untuk proses.....	37
Gambar 4.16 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	37
Gambar 4.17 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submite untuk proses.....	38
Gambar 4.18 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	38
Gambar 4.19 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submite untuk proses.....	39
Gambar 4.20 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	39
Gambar 4.21 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submite untuk proses.....	40
Gambar 4.22 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	40

Gambar 4.23 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses.....	41
Gambar 4.24 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	41
Gambar 4.25 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses.....	42
Gambar 4.26 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	42
Gambar 4.27 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses.....	43
Gambar 4.28 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	43
Gambar 4.29 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses.....	44
Gambar 4.30 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	44
Gambar 4.31 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses.....	45
Gambar 4.32 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	45
Gambar 4.33 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses.....	46
Gambar 4.34 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	46
Gambar 4.35 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses.....	47
Gambar 4.36 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	47
Gambar 4.37 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses.....	48
Gambar 4.38 Hasil dari Web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar diatas	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengujian Rangkaian Relay	30
Tabel 4.2 Relay 1,1	33
Tabel 4.3 Relay 1,2	34
Tabel 4.4 Relay 1,3	35
Tabel 4.5 Relay 1,4	36
Tabel 4.6 Relay 2,1	37
Tabel 4.7 Relay 2,2	38
Tabel 4.8 Relay 2,3	39
Tabel 4.9 Relay 2,4	40
Tabel 4.10 Relay 3,1	41
Tabel 4.11 Relay 3,2	42
Tabel 4.12 Relay 3,3	43
Tabel 4.13 Relay 3,4	44
Tabel 4.14 Relay 4,1	45
Tabel 4.15 Relay 4,2	46
Tabel 4.16 Relay 4,3	47
Tabel 4.17 Relay 4,4	48



BAB I PENDAHULUAN

1.1. LatarBelakang

Laboratorium adalah bagian penting dari pendidikan di bidang teknik. Percobaan-percobaan di laboratorium berguna untuk meningkatkan motivasi belajar mahasiswa dan memperkuat pemahaman mereka tentang konsep-konsep abstrak dan teori-teori yang diajarkan dalam perkuliahan. Aktivitas laboratorium meliputi pengukuran, pengumpulan data, analisa, desain, dan pengalaman menggunakan peralatan secara langsung.^[1]

Laboratorium remote adalah lingkungan perangkat lunak yang mendukung percobaan melalui interaksi dengan peralatan nyata, di mana pemakai yang berada pada jarak yang jauh dimungkinkan untuk berkomunikasi dengan perangkat pengukuran dan peralatan laboratorium yang sesungguhnya. Laboratorium remote menawarkan tidak hanya simulasi yang interaktif, tetapi memiliki realitas seperti bekerja di laboratorium tradisional.^[2] Pemakai dapat mengakses laboratorium remote dari rumah atau dari mana saja dengan menggunakan fasilitas internet.^[3] Menurut Garcia Zubia ada beberapa keuntungan penggunaan laboratorium remote yaitu kinerja laboratorium yang lebih baik karena peralatan laboratorium dapat digunakan oleh siswa sepanjang hari selama 24 jam penuh dan 365 hari dalam setahun. Ruang laboratorium tidak harus buka sepanjang hari dan dengan laboratorium *remote* baik mahasiswa maupun dosen dapat mengatur waktu lebih baik, seperti pengaturan jadwal praktikum. Dengan laboratorium jauh makalah irsistem otonomi belajar (*autonomous learning*), dan mengijinkan model pembelajaran jarak jauh (*distance learning*).

Laboratorium remote juga memungkinkan digunakan oleh mahasiswa yang cacat fisik (*physical handicapped*), karena semua peralatan perangkat keras praktikum dikendalikan oleh komputer.^[4] Sebuah laboratorium remote bidang mikro elektronik biasanya terdiri dari sebuah modul system mikrokontroler atau mikroprosesor dan dilengkapi dengan beberapa peralatan antarmuka input output (I/O). Pada kegiatan laboratorium offline atau konvensional, mahasiswa dapat melakukan percobaan system mikro dengan cara melakukan pemrograman system

dan mencoba berbagai macam I/O dengan cara mengganti secara manual atau melepas dan memasang koneksi antara modul mikro dan I/O. Jika dalam percobaan memerlukan sebuah peralatan ukur seperti oscilloscope atau memerlukan sebuah pembangkit gelombang, maka dengan mudah mahasiswa dapat melakukan pemasangan kabel probe pada terminal modul yang diinginkan. Pada laboratorium remote system mikroelektronik dimana modul praktikum berada di tempat yang jauh maka diperlukan cara tersendiri untuk dapat menghubungkan modul mikro dengan berbagai macam I/O atau menghubungkan dengan peralatan ukur seperti oscilloscope dan peralatan pembangkit sinyal.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka perlu dibuat sebuah matrix switch yang dapat dikendalikan secara remote untuk menghubungkan modul system mikrokontroler dengan berbagai macam modul I/O dan peralatan instrumentasi.

1.3. Tujuan

Tujuan skripsi ini adalah melakukan perancangan dan pembuatan matrix switch yang dapat dikendalikan secara remote untuk mendukung laboratorium remote system mikrokontroler.

1.4. Batasan Masalah

Agar tidak terjadi penyimpangan, maksud dan tujuan utama penyusunan skripsi ini maka perlu diberikan batasan masalah, antara lain:

1. Pengendali matrix switch adalah Raspberry PI
2. Saklar di dalam matrix switch hanya sesuai kebutuhan.
3. Antarmuka pengguna menggunakan aplikasi berbasis web

1.5. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah:

1. Studi literature

Mencari referensi–referensi yang berhubungan

dengan perencanaan dan pembuatan alat yang akan dibuat.

2. Perancangan alat

Sebelum melaksanakan pembuatan terhadap alat dilakukan perancangan terhadap alat yang meliputi merancang rangkaian setiap blok, serta penalaran metode yang digunakan.

3. Pembuatan alat

Pada tahap ini realisasi alat yang dibuat dilakukan perakitan system terhadap seluruh hasil rancangan yang telah dibuat.

4. Pengujian alat

Untuk mengetahui cara kerja alat maka dilakukan pengujian secara keseluruhan dan menganalisa hasil pengujian alat untuk membuat kesimpulan.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan arah yang tepat mengenai hal-hal yang akan dibahas maka dalam skripsi ini disusun sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Memuat tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, dan sistematika penulisan.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Membahas tentang dasar teori mengenai permasalahan yang berhubungan dengan penelitian.

BAB III : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Membahas tentang perencanaan dan proses pembuatan meliputi perencanaan, pembuatan alat, cara kerja dan penggunaan alat.

BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISA

Menjelas kan hasil analisa dari proses pengujian pada alat yang telah dibuat.

BAB V : PENUTUP

Berisi tentang semua kesimpulan yang berhubungan dengan penulisan skripsi dan saran yang digunakan sebagai pertimbangan dalam pengembangan program selanjutnya.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Web

Pengertian Web server adalah sebuah software yang memberikan layanan berbasis data dan berfungsi menerima permintaan dari HTTP atau HTTPS pada klien yang dikenal dan biasanya kita kenal dengan nama web browser dan untuk mengirimkan kembali yang hasilnya dalam bentuk beberapa halaman web dan pada umumnya akan berbentuk dokumen HTML. itulah pengertian web server sebenarnya. dalam bentuk sederhana web server akan mengirim data HTML kepada permintaan web Browser sehingga akan terlihat seperti pada umumnya yaitu sebuah tampilan website.

2.1.1 Fungsi Web Server

Fungsi utama Web server adalah untuk melakukan atau akan tranfer berkas permintaan pengguna melalui protokol komunikasi yang telah ditentukan sedemikian rupa. halaman web yang diminta terdiri dari berkas teks, video, gambar, file dan banyak lagi. pemanfaatan web server berfungsi untuk mentransfer seluruh aspek pemberkasan dalam sebuah halaman web termasuk yang di dalam berupa teks, video, gambar atau banyak lagi.

Beberapa Jenis Web Server di antaranya adalah :

1. Apache Web Server / The HTTP Web Server
2. Apache Tomcat
3. Microsoft windows Server 2008 IIS (Internet Information Services)
4. Lighttpd
5. Zeus Web Server
6. Sun Java System Web Server

2.1.2 Cara kerja dari web server sebagai berikut :

1. Cara kerja dari Web Server merupakan salah satu mesin yang dimana tempat software atau aplikasi beroperasi dalam mendistribusikan web page ke user/pengguna, ini bisa ditentukan pada permintaan user.

2. Menghubungkan antara Web Server dan Web Browser Internet dan ini merupakan gabungan dari jaringan Komputer yang ada di seluruh dunia. Setelah semuanya terhubung secara fisik, Protocol TCP , IP atau networking protocol yang memungkinkan semua komputer di dunia dapat berkomunikasi satu sama lainnya. Ketika browser meminta data web page kepada server maka instruksi dari permintaan data browser tersebut akan di kemas di dalam TCP yang merupakan satu protocol transport kemudian dikirim ke alamat, dalam hal ini adalah protocol berikutnya yaitu HTTP atau Hyper Text Transfer Protocol yang sudah kita kenal. HTTP ini merupakan sebuah protocol yang akan digunakan dalam WWW (World Wide Web) antar komputer yang saling terhubung dalam jaringan internet di dunia ini. Untuk dapat mengenal protocol anda bisa mengetik http:// dan seketika itu anda akan di bawa ke jaringan internet seluruh dunia data yang di passing dari browser ke Web server biasanya disebut HTTP request yang akan meminta web page dan kemudian web server akan mencarikan data HTML yang ada dan akan di kemas dalam bentuk TCP protocol kemudian di kirim kembali ke browser dan data yang dikirim dari mulai server ke browser disebut HTTP response. dan bila data yang diminta oleh web browser tidak ditemukan Web server maka akan menimbulkan error yang biasanya kita sebut dengan halaman error 404 atau Page Not Found.

2.1.3 Pengertian HTML dan PHP

1. HTML adalah bahasa markup internet (web) berupa kode dan simbol yang dimasukkan kedalam sebuah file yang ditujukan untuk ditampilkan didalam sebuah website. Singkatnya, HTML adalah bahasa markup yang digunakan untuk membuat website. Website yang dibuat dengan HTML ini, dapat dilihat oleh semua orang yang terkoneksi dengan internet. Tentunya dengan menggunakan aplikasi penjelajah internet (browser) seperti Internet Explorer, Mozilla Firefox dan Google Chrome. Seperti yang sudah saya jelaskan sebelumnya, HTML adalah singkatan dari Hyper Text Markup Language. Tapi mengetahui singkatannya saja tidak akan cukup. Karena itu saya akan menyajikan arti dari kata kata tersebut. HyperText adalah metode dimana kita "berpindah" disekeliling web, dengan mengklik sebuah teks yang bernama hyperlink. Hyperlink adalah sebuah teks khusus di internet, dimana saat teks tersebut diklik, akan membawa kita ke

halaman web selanjutnya/halaman web lain yang telah ditentukan. Markup adalah hal yang dilakukan oleh tag HTML kepada teks yang ada didalamnya. HTML menandai teks yang berada didalamnya sebagai tipe teks tertentu. Misalnya saja jika kita menandai sebuah teks dengan tag html , maka teks tersebut akan berubah menjadi italic (huruf yang miring). Sedangkan jika kita menandainya dengan maka teks tersebut akan berubah menjadi bold (huruf tebal). Language yang berarti bahasa. HTML adalah sebuah bahasa, yang memiliki kata kata berupa kode dan syntax seperti bahasa yang lain. Saat ini bahasa HTML masih terus dikembangkan Hal ini dikarenakan pengguna internet semakin hari semakin berkembang pesat. Oleh karena itu bahasa HTML harus ditingkatkan lagi agar bisa menciptakan halaman web yang lebih berkualitas. Untuk itulah dibentuk sebuah organisasi yang bertanggung jawab mengembangkan bahasa HTML.

2. PHP adalah bahasa pemrograman script yang paling banyak dipakai saat ini. PHP banyak dipakai untuk memrogram situs web dinamis walaupun tidak tertutup kemungkinan digunakan untuk pemakaian lain. Contoh terkenal dari aplikasi PHP adalah forum (phpBB) dan MediaWiki (software di belakang Wikipedia). PHP juga dapat dilihat sebagai pilihan lain dari ASP.NET/C#/VB.NET Microsoft, ColdFusion Macromedia, JSP/Java Sun Microsystems, dan CGI/Perl. Contoh aplikasi lain yang lebih kompleks berupa CMS yang dibangun menggunakan PHP adalah Mambo, Joomla!, Postnuke, Xaraya, dan lain-lain.^[5]

Kelebihan PHP dari bahasa pemrograman lain

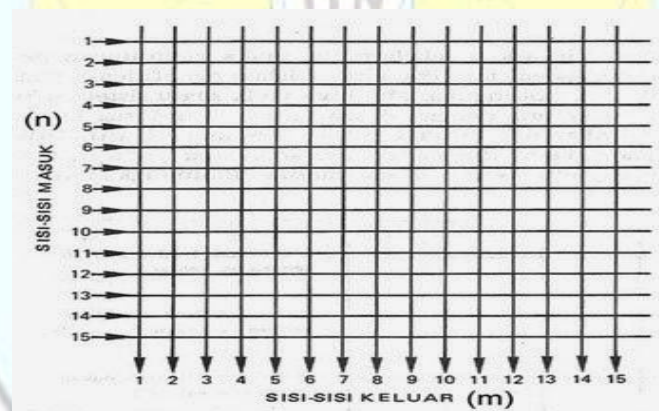
1. Bahasa pemrograman PHP adalah sebuah bahasa script yang tidak melakukan sebuah kompilasi dalam penggunaannya.
2. Web Server yang mendukung PHP dapat ditemukan dimana - mana dari mulai apache, IIS, Lighttpd, hingga Xitami dengan konfigurasi yang relatif mudah. Dalam sisi pengembangan lebih mudah, karena banyaknya milis - milis dan developer yang siap membantu dalam pengembangan.
3. Dalam sisi pemahaman, PHP adalah bahasa scripting yang paling mudah karena memiliki referensi yang banyak.

4. PHP adalah bahasa open source yang dapat digunakan di berbagai mesin (Linux, Unix, Macintosh, Windows) dan dapat dijalankan secara runtime melalui console serta juga dapat menjalankan perintah-perintah system.

2.2 Sistem Matriks

Matrix switch adalah salah satu cara penyambungan dan pemutusan hubungan dalam jaringan komunikasi. Prinsip dari matriks ini dapat dijelaskan dengan memperhatikan rangkaian-rangkaian yang saling dihubungkan satu sama lain pada sudut kanan garis-garis horisontal dan vertikal. Garis-garis ini menggambarkan sisi-sisi masuk dan keluar dari suatu sakelar penghubung. Perpotongan antara garis horizontal dan garis vertikal dinamakan titik perpotongan (cross points). Pada tiap titik potong dibutuhkan kontak-kontak sakelar untuk melengkapi hubungan antara garis-garis horizontal dan vertikal.

Berikut gambar sistem matrik :



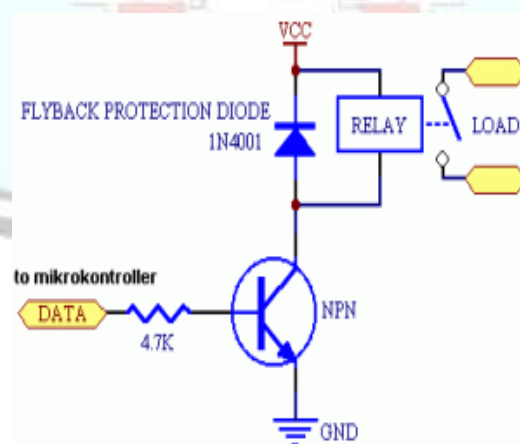
2.1 Gambar struktur matrik

Setiap satu dari 15 sisi masuk dari sakelar penghubung dapat disambungkan dengan setiap satu dari 15 sisi keluar sakelar penghubung tersebut, yaitu dengan cara menutup kontak-kontak dari sakelar yang bersangkutan. Diantara 15 buah sisi masuk dan 15 buah sisi keluar terdapat 225 buah titik-titik perpotongan. Ini berarti bahwa jumlah titik-titik potong pada setiap sistem sakelar penghubung matriks dapat dihitung dengan mengalikan jumlah sisi-sisi masuk dengan jumlah sisi-sisi keluar. Bila terdapat n sisi masuk dan m sisi keluar, maka jumlah titik-titik potong

adalah ($n \times m$) Bila n lebih besar daripada m , yaitu bila jumlah sisi-sisi masuk lebih besar dari pada jumlah sisi-sisi keluar. Bila semua sisi keluar telah digunakan, maka akan ada beberapa sisi masuk yang belum digunakan. Bila m lebih besar daripada n , yaitu bila jumlah sisi-sisi keluar lebih besar dari pada jumlah sisi masuk, dan semua sisi-sisi masuk telah dihubungkan pada sisi keluar, akan ada beberapa sisi keluar yang belum digunakan. Dengan demikian, maka jumlah maksimum sambungan yang dapat dilakukan secara simultan (bersama-sama pada suatu saat) adalah sesuai dengan jumlah terkecil sisi masuk maupun sisi keluar. Misalkan jika terdapat 20 sisi masuk dan 10 sisi keluar, maka jumlah maksimum hubungan simultan yang dapat dilakukan adalah 10.^[6]

2.3 Driver Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch) Relay pada aplikasi kontrol sering digunakan sebagai switching input ataupun output pada PLC atau mikrokontroler. Misalnya kita membuat sensor yang keluarannya 5 Volt maka diperlukan relay untuk membuat sensor tersebut dapat dibaca oleh PLC atau kita ingin menghidupkan lampu 220 Volt AC dengan mikrokontroler maka kita memerlukan relay sebagai komponen tambahan karena keluaran pada mikrokontroler hanya 5 volt.^[7]



Gambar 2.2 Rangkaian driver relay

2.4 Rumus Driver Relay

Ketika arus yang masuk ke kaki basis sangat kecil bahkan mendekati nol, kondisi ini mengakibatkan transistor berada pada kondisi Cut-Off sehingga arus pada kolektor menjadi nol dan besar tegangan antara kaki kolektor dan emitter sama dengan supply (VCC). kondisi ini tidak ada arus mengalir antara kaki kolektor dan emitter seperti saklar terbuka atau OFF.^[8]

Transistor akan berada pada kondisi saturasi jika arus yang masuk ke kaki basis sangat besar, bahkan sampai ketitik jenuh sehingga arus pada kaki kolektor akan maksimum ($I_C = V_{CC}/R_L$). Kondisi seperti ini diibaratkan seperti saklar pada posisi ON. Arus yang mengalir pada kolektor adalah maksimum ($I_c = V_{cc}/R_L$) Tegangan basis - emitter (V_{BE}) lebih besar dari 0,7V

Rumus yang digunakan $I_B = I_C/\beta_{dc}$

Cara mencari arus basis. Arus pada kaki kolektor dapat diatur sesuai kebutuhan dengan cara memasang resistor pembatas arus pada kaki basis. dimana $R_B = R$ basis, V_{BE} = tegangan basis-emiter, I_B = arus basis

Rumus yang digunakan $R_B = (V_{IN} - V_{BE}) / I_B$

2.5 Transistor

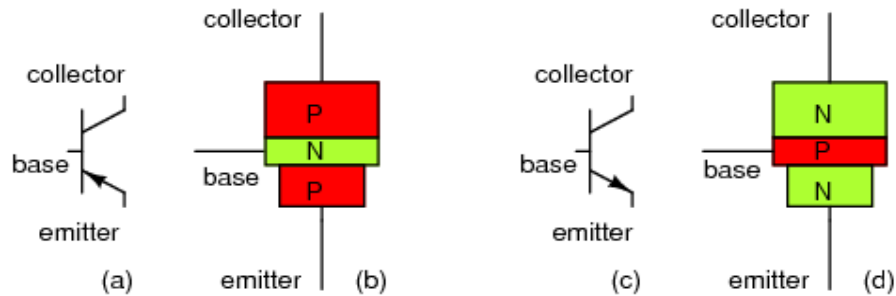
Transistor adalah komponen elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor dan mempunyai tiga elektroda (triode) yaitu dasar (basis), pengumpul (kolektor) dan pemancar (emitor). Dengan ketiga elektroda (terminal) tersebut, tegangan atau arus yang dipasang di satu terminalnya mengatur arus yang lebih besar yang melalui 2 terminal lainnya. Pengertian transistor berasal dari perpaduan dua kata, yakni “transfer” yang artinya pemindahan dan “resistor” yang berarti penghambat. Dengan demikian transistor dapat diartikan sebagai suatu pemindahan atau peralihan bahan setengah penghantar menjadi penghantar pada suhu atau keadaan tertentu.

2.5.1 Transistor Bipolar :

1. Pengenalan Dasar Transistor Bipolar (Bipolar Junction Transistor)

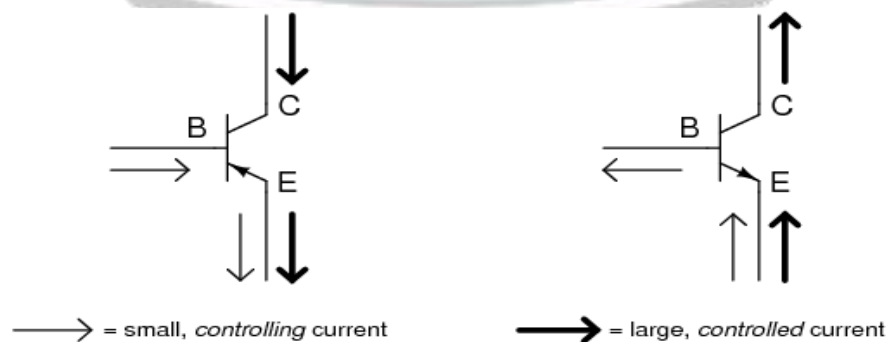
Bipolar junction transistor (BJT) atau yang biasa dikenal dengan transistor bipolar merupakan komponen elektronika yang terdiri dari tiga lapis bahan semikonduktor, baik untuk yang bertipe PNP ataupun NPN. Pada setiap lapisan

yang membentuk transistor tersebut memiliki nama-nama tersendiri (kolektor, basis, dan emitor). Dan pada tiap lapisan tersebut terdapat kontak kawat untuk koneksi ke rangkaian. Simbol skematik transistor tipe PNP dan NPN ditunjukkan pada gambar dibawah ini (gambar a untuk PNP dan gambar c untuk NPN).



2.3 Gambar skematik PNP dan NPN

Perbedaan fungsi antara transistor PNP dan transistor NPN terdapat pada mode bias (polaritas) dari persimpangan ketika transistor beroperasi. Untuk setiap keadaan operasi tertentu, arah arus dan polaritas tegangan untuk setiap jenis transistor yang persis akan berlawanan satu sama lain. Transistor bipolar bekerja sebagai regulator arus yang dikontrol oleh arus. Dengan kata lain, transistor membatasi jumlah arus yang mengalir. Pada transistor bipolar arus utama yang dikendalikan mengalir dari kolektor ke emitor atau dari emitor ke kolektor tergantung dari masing-masing jenis transistor tersebut (PNP atau NPN). Arus kecil yang mengontrol arus utama mengalir dari basis ke emitor atau dari emitor ke basis, sekali lagi tergantung dari jenis masing-masing transistor tersebut (PNP atau NPN). Menurut standar simbologi semikonduktor, arah panah selalu menunjukkan arah yang berlawanan dengan arah aliran elektron. Perhatikan gambar dibawah ini.



2.4 Gambar Aliran arus elektron PNP dan NPN

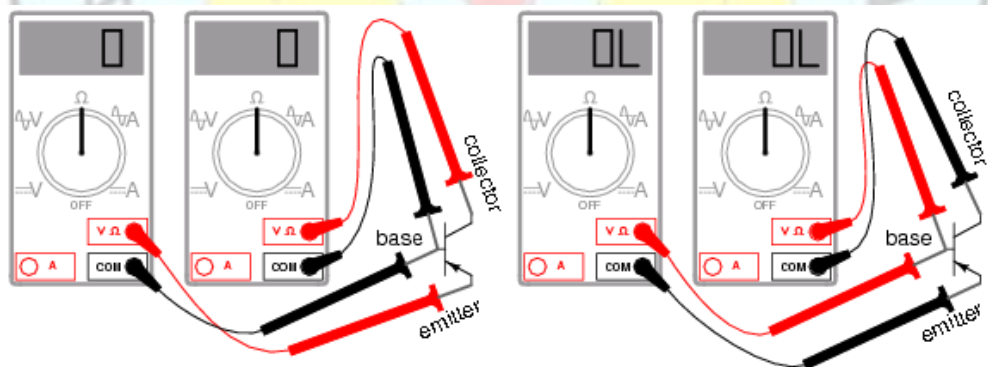
Transistor bipolar disebut bipolar karena aliran utama elektron yang mengalir melewati transistor berlangsung dalam dua tipe bahan semikonduktor, yaitu P dan N, sebagai arus utama yang mengalir dari emitor ke kolektor (atau sebaliknya). Dengan kata lain ada dua jenis polaritas pembawa muatan arus listrik, yaitu pembawa muatan elektron dan pembawa muatan positif atau lubang (hole). Seperti yang anda lihat, arus yang mengontrol dan arus yang dikontrol akan selalu melewati kawat emitor dan aliran elektron mereka selalu mengalir melawan arah panah transistor. Semua arus harus mengalir dalam arah yang tepat sehingga device dapat bekerja sebagai pengatur atau regulator arus. Pada transistor bipolar, arus kecil pengendali itu biasanya disebut arus basis, karena arus tersebut adalah satu-satunya arus yang masuk atau mengalir melewati basis transistor. Sebaliknya, arus utama atau arus yang dikontrol atau dikendalikan itu disebut sebagai arus kolektor, karena arus utama merupakan satu-satunya arus yang melewati kawat kolektor dari transistor. Sedangkan arus emitor adalah jumlah arus basis dan arus kolektor, sesuai dengan hukum arus kirchhoff (Kirchhoff's Current Law). Jika tidak ada arus pada basis transistor, maka transistor akan seperti saklar terbuka yang akan mencegah arus utama mengalir melalui kolektor. Jadi, arus pada basis inilah yang juga akan mengubah transistor menjadi seperti saklar tertutup dan memungkinkan jumlah arus yang proporsional melalui kolektor.

2. Prinsip Dasar Transistor Sebagai Saklar

Setelah pada artikel sebelumnya kita membahas pengenalan transistor, maka pada artikel kali ini kita akan membahas bagaimana transistor bila difungsikan sebagai saklar. Pada transistor bipolar, arus kolektor secara proporsional dibatasi oleh arus basis. Sehingga hal ini membuat transistor bisa digunakan sebagai jenis saklar pengontrol arus. Sebuah aliran elektron yang relatif kecil yang mengalir melalui basis mampu mengontrol aliran elektron yang jauh lebih besar yang mengalir melalui kolektor.

3. Cara mengetahui atau mengecek kondisi transistor bipolar (BJT)

Transistor bipolar merupakan komponen elektronika yang terdiri dari tiga lapis bahan semikonduktor, baik yang berjenis PNP maupun NPN. Transistor dapat dibayangkan seperti dua dioda yang terhubung membelakangi (back to back) saat diuji atau dicek dengan multimeter. Seperti yang diilustrasikan oleh gambar dibawah ini. hasil pembacaan resistansi rendah akan didapatkan bila ujung probe yang berwarna hitam(-) dihubungkan dengan basis yang bertipe N pada transistor PNP. Dan ujung probe yang berwarna merah(+) dihubungkan dengan kaki emitor, hasil yang sama (resistansi rendah) juga akan ditunjukkan bila ujung probe merah(+) dihubungkan dengan kolektor, dan ujung probe satunya (-) tetap terhubung dengan basis. Dan pembacaan hasil resistansi rendah ini disebut bias maju, dan begitu sebaliknya bila polaritas pengukuran dibalik, maka resistansi akan menunjukkan nilai yang begitu besar. Dan hasil resistansi yang begitu besar ini disebut bias mundur.

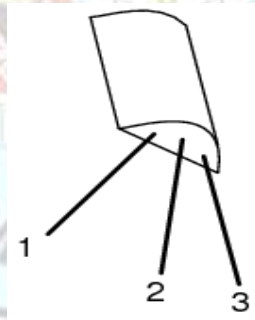


2.5 Gambar Pengecekan transistor PNP

Beberapa multimeter biasanya tidak hanya dilengkapi dengan Ohmmeter, tapi juga ada yang dilengkapi dengan fungsi khusus untuk dioda yaitu “dioda check”. Jika multimeter anda terdapat fungsi ukur khusus dioda, maka menggunakan itu akan lebih baik dari pada menggunakan ohmmeter. Dengan fungsi pengukuran khusus dioda tersebut kita bisa mengetahui tegangan maju yang sebenarnya pada persimpangan NPN. Pada transistor NPN tentu saja hasil pembacaan multimeter akan sebaliknya, karena kedua persimpangannya menghadap kearah lain. Hasil pembacaan dengan nilai resistansi rendah akan

didapat bila probe multimeter (ohmmeter) yang berwarna merah(+) tersebut berada pada kaki basis yang bertipe positif(+).mJika kita menguji atau mengukur transistor dengan “dioda check” maka kita akan mengetahui kalau tegangan maju basis-emitor akan sedikit lebih besar dari tegangan maju basis-kolektor. Perbedaan tegangan maju ini dikarenakan adanya perbedaan konsentrasi dalam sebuah proses saat membuat transistor yang dinamakan doping(level doping). Perbedaan level doping antara emitor dan kolektor, dimana emitor terdiri dari bahan semikonduktor yang level dopingnya lebih tinggi daripada kolektor, menyebabkan drop tegangan maju emitor dengan basis, sedikit lebih tinggi atau lebih besar.

Mengetahui hal ini kita bisa menentukan atau mengetahui kawat atau kaki-kaki transistor. Hal ini penting karena biasanya kemasan transistor tidak standar, sehingga kita tidak bisa menentukan kaki-kaki transistor tersebut hanya secara fisik. Transistor memiliki tiga kawat atau kaki yang bernama emitor,basis, dan kolektor. Misalkan saja seorang teknisi ingin mengetahui kaki-kaki transistor menggunakan multimeter dengan fungsi khusus dioda(diode check). Teknisi tersebut mengukur dan mencatat hasil yang diperoleh dari pengukuran tiap pasang kaki transistor tersebut. Perhatikan gambar dibawah ini dan lihat hasil pengukurannya.



2.6 Gambar Transistor bipolar (BJT)

Hasil pengukuran yang didapat pada tiap pasang kaki atau kawat transistor adalah sebagai berikut :

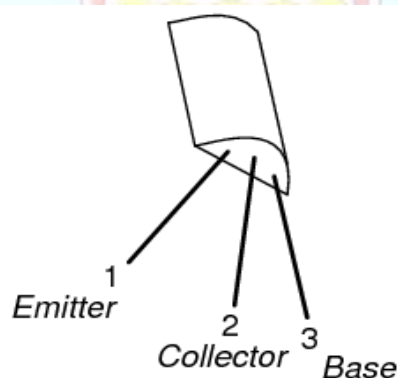
1. Pada kawat 1(+) dan kawat 2(-) adalah “OL”
2. Pada kawat 1(-) dan kawat 2(+) adalah “OL”
3. Pada kawat 1(+) dan kawat 3(-) adalah “0,655 V”

4. Pada kawat 1(-) dan kawat 3(+) adalah "OL"
5. Pada kawat 2(+) dan kawat 3(-) adalah "0,621 V"
6. Pada kawat 2(-) dan kawat 3(+) adalah "OL"

Dari hasil pengukuran diatas tersebut yang menunjukkan tegangan maju adalah

1. kawat 1 dan 3, dimana kawat 1 dihubungkan dengan probe berwarna merah atau positif(+) dan kawat 3 yang dihubungkan dengan probe yang berwarna hitam(-), dan tegangan maju 0,655V.
2. kawat 2 dan 3, dimana kawat 2 dapat probe positif dan kawat 3 dapat probe negatif. Dan tegangan maju 0,621 V.

Kedua tegangan maju tersebut merupakan drop tegangan maju dari persimpangan emitor-basis dan kolektor-basis. Karena kedua tegangan maju tersebut adalah hubungan kaki-kaki transistor dengan kaki basis transistor, maka jelas terlihat bahwa kaki atau kawat 3 adalah basis transistor itu. Dan dari hasil pengukuran diatas juga terlihat, kalau kedua tegangan maju tersebut terdiri dari kawat 1-3 dan kawat 2-3, dan kawat 3 yang merupakan basis transistor tersebut mendapatkan probe ukur warna hitam atau negatif (-), dan dari situ kita bisa menyimpulkan bahwa basis transistor merupakan bahan semikonduktor yang bertipe-N atau dengan kata lain transistor ini bertipe PNP dengan basis pada kawat 3, emitor pada kawat 1, dan kolektor pada kawat 2. (Seperti yang dijelaskan pada gambar dibawah ini).



2.7 Gambar Identifikasi Transistor bipolar (BJT)

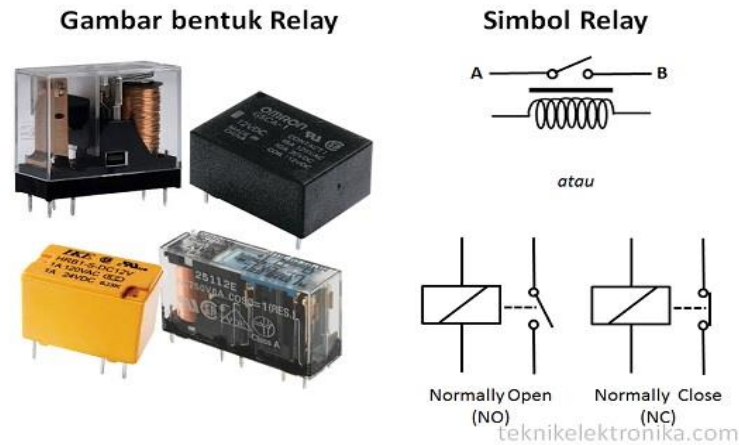
Dari gambar diatas kita bisa menyimpulkan, kalau transistor seperti dua dioda yang dihubungkan itu mungkin hanya sebuah gambaran dengan tujuan untuk mempermudah kita dalam pengujian transistor. Sebenarnya bagaimana prinsip dasar transistor itu bekerja Pada bias mundur (reverse bias) sambungan basis-kolektor mencegah arus kolektor saat transistor dalam mode cutoff (ketika tidak ada arus basis). Dan jika sambungan basis-emitor menjadi bias maju oleh sinyal pengendali, transistor menjadi jenuh dan tindakan sambungan basis-kolektor yang tadinya memblokir/mencegah aliran arus akan berubah menjadi mengalirkan arus, meskipun arah aliran itu dalam bias mundur (reverse bias). Faktor level atau konsenstrasi doping lah yang telah memainkan bagian penting dalam kemampuan khusus yang dimiliki transistor, fakta ini dibuktikan lebih lanjut bahwa kolektor dan emitor tidak dapat di tukar. Bila sebuah transistor hanya digambarkan sebagai dua sambungan NPN yang back to back, atau hanya sebagai lapisan PNP atau NPN yang polos, mungkin akan tampak seolah-olah kedua ujung transistor dapat berfungsi sebagai kolektor atau bisa juga sebagai emitor. Namun kenyataannya transistor tidak seperti itu, kolektor dan emitor tidak dapat ditukar, meskipun dalam kenyataannya lapisan emitor ataupun kolektor terbuat dari bahan atau jenis doping yang sama (baik N atau P), namun emitor dan kolektor tentu tidak sama secara identik.^[9]

2.6 Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) Untuk menghantarkan listrik 220V 2A.^[10]

2.6.1 Bentuk dan Simbol Relay

Dibawah ini adalah gambar bentuk Relay dan Simbol Relay yang sering ditemukan di Rangkaian Elektronika.

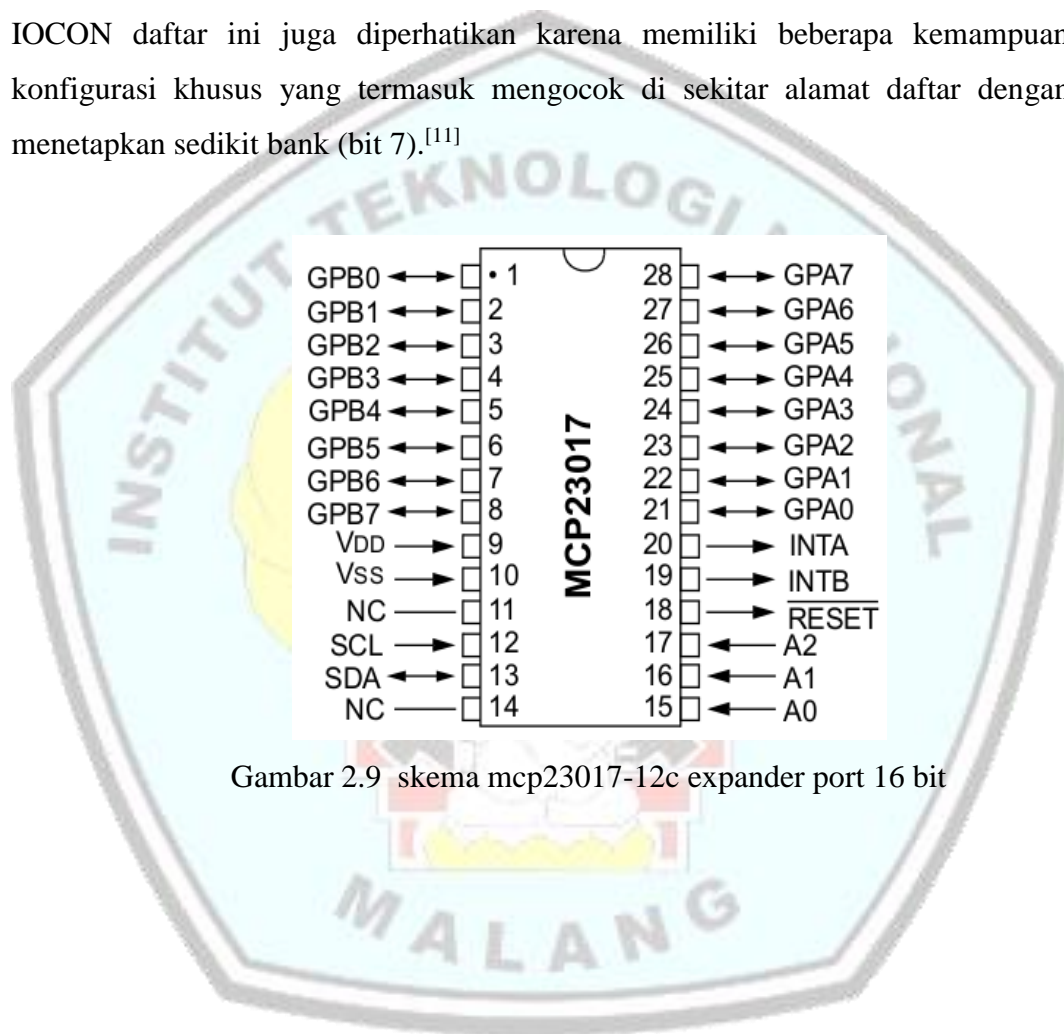


Gambar 2.8 Bentuk relay dan simbol relay

2.7 MCP23017-I2C Expander Port

Mcp23017 12c expander port adalah perangkat yang memungkinkan Anda untuk mengontrol jumlah port yang menggunakan data yang Anda kirim ke perangkat. I2C adalah protokol komunikasi serial yang memungkinkan chip untuk bertukar data "bus" yang sama. Port expander mengambil data dan kontrol pin sesuai. Hal ini memungkinkan banyak sensor dan perangkat untuk dapat dikendalikan menggunakan hanya beberapa Pi GPIO pin. Anda mungkin menebak dari nama, tetapi sebuah port. expander adalah sebuah chip MCP23017 dari Microchip adalah sebuah chip kecil yang rapi yang datang di 28-PDIP, 28-SOIC dan paket 28 SSOP dan membuat tersedia dua tambahan 8-bit Port. Pin keluar diagram untuk chip. MCP23017 memiliki alamat 7-bit perangkat. 4 bit paling signifikan "0100", sementara tiga sisa signifikan bit ditentukan oleh tegangan pada A2, A1 dan A0 pin. Hal ini memungkinkan kita untuk menghubungkan expander GPIO hingga 8 pada bus yang sama memberi kita maksimum $16 * 8 = 128$ pin GPIO. yang memberikan Anda lebih banyak pelabuhan GPIO. WiringPi2 memiliki driver untuk beberapa port expander chip. MCP23017 chip memiliki set register yang perlu ditulis, untuk mengontrol perilaku chip's. Untuk contoh

IODIRA & IODIRB register menentukan apakah pin pada port A & B masing-masing adalah inputs(1) atau output (0). Untuk membaca status pin input pada port A atau B, Anda perlu membaca GPIOA atau GPIOB Register, dan untuk menetapkan pin output pada port A atau B ke tinggi atau keadaan yang rendah, Anda perlu menulis nilai yang sesuai ke OLATA atau OLATB Register. Chip memiliki banyak lebih register dengan fungsi tambahan seperti membalik polaritas, memungkinkan internal pull-up dan memungkinkan menyela. Akhirnya IOCON daftar ini juga diperhatikan karena memiliki beberapa kemampuan konfigurasi khusus yang termasuk mengocok di sekitar alamat daftar dengan menetapkan sedikit bank (bit 7).^[11]



Gambar 2.9 skema mcp23017-12c expander port 16 bit

Register Name	Address (hex)	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	POR/RST value
IODIRA	00	IO7	IO6	IO5	IO4	IO3	IO2	IO1	IO0	1111 1111
IODIRB	01	IO7	IO6	IO5	IO4	IO3	IO2	IO1	IO0	1111 1111
IPOLA	02	IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	IP0	0000 0000
IPOLB	03	IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	IP0	0000 0000
GPINTENA	04	GPINT7	GPINT6	GPINT5	GPINT4	GPINT3	GPINT2	GPINT1	GPINT0	0000 0000
GPINTENB	05	GPINT7	GPINT6	GPINT5	GPINT4	GPINT3	GPINT2	GPINT1	GPINT0	0000 0000
DEFVALA	06	DEF7	DEF6	DEF5	DEF4	DEF3	DEF2	DEF1	DEF0	0000 0000
DEFVALB	07	DEF7	DEF6	DEF5	DEF4	DEF3	DEF2	DEF1	DEF0	0000 0000
INTCONA	08	IOC7	IOC6	IOC5	IOC4	IOC3	IOC2	IOC1	IOC0	0000 0000
INTCONB	09	IOC7	IOC6	IOC5	IOC4	IOC3	IOC2	IOC1	IOC0	0000 0000
IOCON	0A	BANK	MIRROR	SEQOP	DISSLW	HAEN	ODR	INTPOL	—	0000 0000
IOCON	0B	BANK	MIRROR	SEQOP	DISSLW	HAEN	ODR	INTPOL	—	0000 0000
GPPUA	0C	PU7	PU6	PU5	PU4	PU3	PU2	PU1	PU0	0000 0000
GPPUB	0D	PU7	PU6	PU5	PU4	PU3	PU2	PU1	PU0	0000 0000
INTFA	0E	INT7	INT6	INT5	INT4	INT3	INT2	INT1	INT0	0000 0000
INTFB	0F	INT7	INT6	INT5	INT4	INT3	INT2	INT1	INT0	0000 0000
INTCAPA	10	ICP7	ICP6	ICP5	ICP4	ICP3	ICP2	ICP1	ICP0	0000 0000
INTCAPB	11	ICP7	ICP6	ICP5	ICP4	ICP3	ICP2	ICP1	ICP0	0000 0000
GPIOA	12	GP7	GP6	GP5	GP4	GP3	GP2	GP1	GP0	0000 0000
GPIOB	13	GP7	GP6	GP5	GP4	GP3	GP2	GP1	GP0	0000 0000
OLATA	14	OL7	OL6	OL5	OL4	OL3	OL2	OL1	OL0	0000 0000
OLATB	15	OL7	OL6	OL5	OL4	OL3	OL2	OL1	OL0	0000 0000

Gambar 2.10 datasheet mcp23017

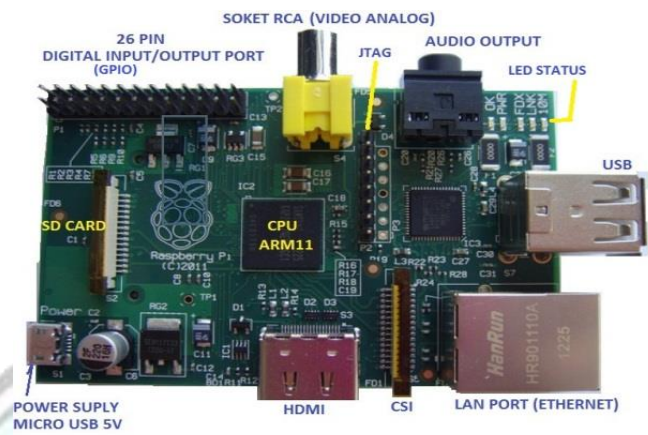
2.8 Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah modul micro computer yg juga mempunyai input output digital port seperti pada board microcontroller. Diantara kelebihan Raspberry Pi dibanding board microcontroller yg lain yaitu mempunyai Port/koneksi untuk display berupa TV atau Monitor PC serta koneksi USB untuk Keyboard serta Mouse (spt tampak pada gambar 2 dan 4 dibawah). Raspberry Pi dibuat di Inggris oleh Raspberry Pi Foundation Pada awalnya Raspberry Pi ditunjukkan untuk modul pembelajaran ilmu komputer disekolah.^[12]

2.8.1 Raspberry Pi board mempunyai input dan output antara lain :

1. HDMI, dihubungkan ke LCD TV yg mempunyai port HDMI atau dgn cable converter HDMI to VGA dapat dihubungkan ke monitor PC.
2. Video analog (RCA port) , dihubungkan ke Televisi sbg alternatif jika anda tdk memilih monitor PC .
3. Audio output
4. 2 buah port USB digunakan untuk keyboard dan mouse
5. 26 pin I/O digital
6. CSI port (Camera Serial Interface)
7. DSI (Display Serial Interface)

8. LAN port (network)
9. SD Card slot untuk SD Card memori yg menyimpan sistem operasi berfungsi spt hardisk pd PC.



Gambar 2.11 Raspberry Pi

2.8.2 GPIO merupakan sederet pin yang terdiri dari 26 pin dengan berbagai fungsi diantaranya:

elain sebagai input output pada beberapa pin GPIO juga berfungsi sebagai komunikasi serial diantaranya I2C, SPI dan serial komunikasi UART

3.3V	1	2	5V
I2C0 SDA	3	4	DNC
I2C0 SCL	5	6	GROUND
GPIO4	7	8	UART TXD
DNC	9	10	UART RXD
GPIO 17	11	12	GPIO 18
GPIO 21	13	14	DNC
GPIO 22	15	16	GPIO 23
DNC	17	18	GPIO 24
SP10 MOSI	19	20	DNC
SP10 MISO	21	22	GPIO 25
SP10 SCLK	23	24	SP10 CE0 N
DNC	25	26	SP10 CE1 N

Gambar 2.12 Pin GPIO

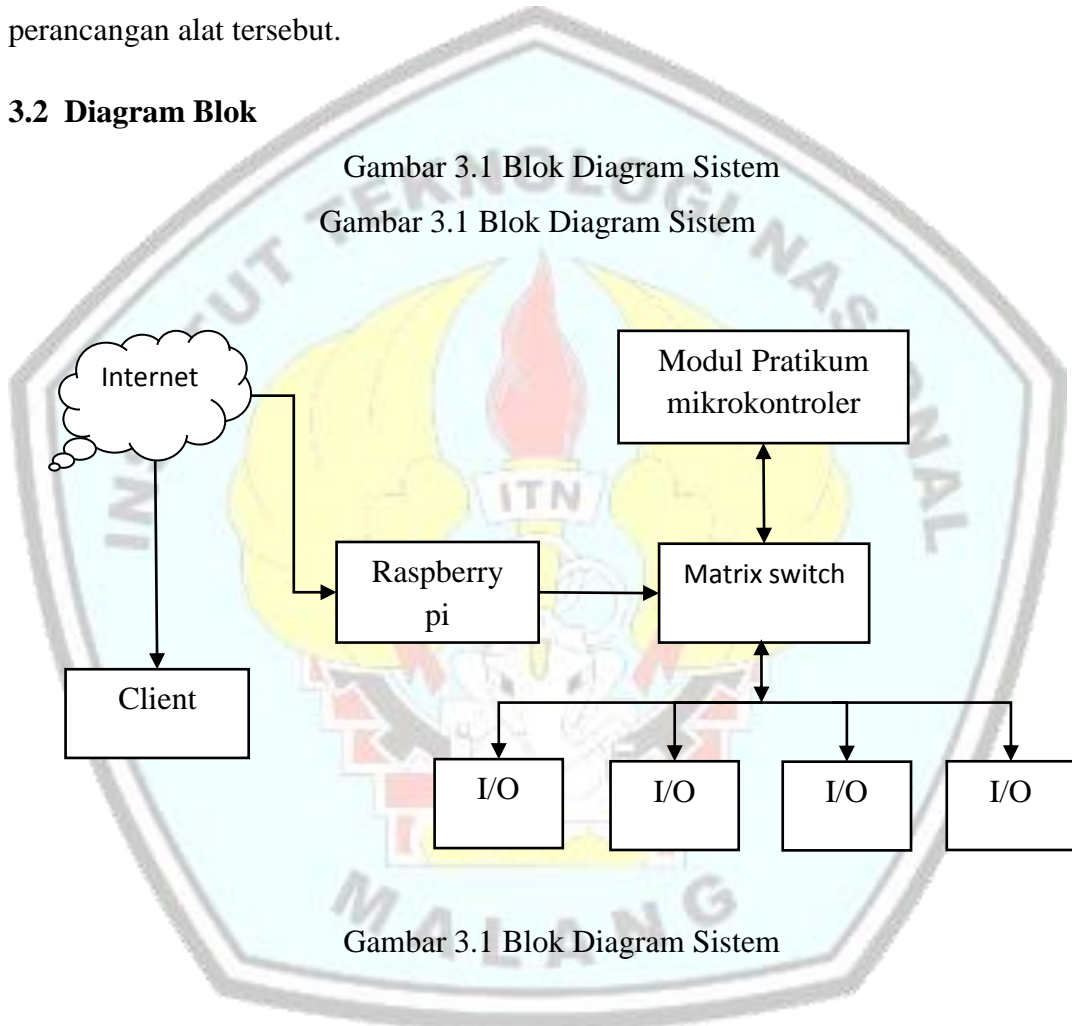
BAB III PERANCANGAN DAN ANALISA SISTEM

3.1 Pendahuluan

Pada perancangan sistem ini akan menjelaskan tentang bagaimana merancang alat matrix switch menggunakan Raspberry Pi, baik itu rangkaian diagram blok, rangkain skematik, penulisan program python pada Raspberry Pi, dan flowchart perancangan alat tersebut.

3.2 Diagram Blok

Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

Berikut ini Penjelasan blok diagram adalah :

1. Internet

Internet sebuah jaringan komputer yang saling terhubung dengan menggunakan suatu sistem standar global transmission control protocol/internet protocol suite (TCP/IP) yang digunakan sebagai protokol pertukaran paket dalam melayani miliaran pengguna yang terdapat di seluruh dunia. Internet merupakan kependekan dari interconnected network.

2. Raspberry pi

Raspberry pi sebagai pengontrol matrix switch yang akan mengendalikan relay melalui web server kemudian akan diproses melalui raspberry.

3. Matrix switch

Digunakan sebagai switch pemilih I/O yang akan digunakan pada praktek.

4. Modul pratikum mikrokontroler

Alat yang akan digunakan sebagian modul pratikum jarak jauh yang ada di laboratorium.

5. I/O

Raspberry pi sebagai input dari server remote lab, jika server menginputkan nilai 1 (menyala), maka akan diproses raspberry dan output berupa LED dll akan menyala

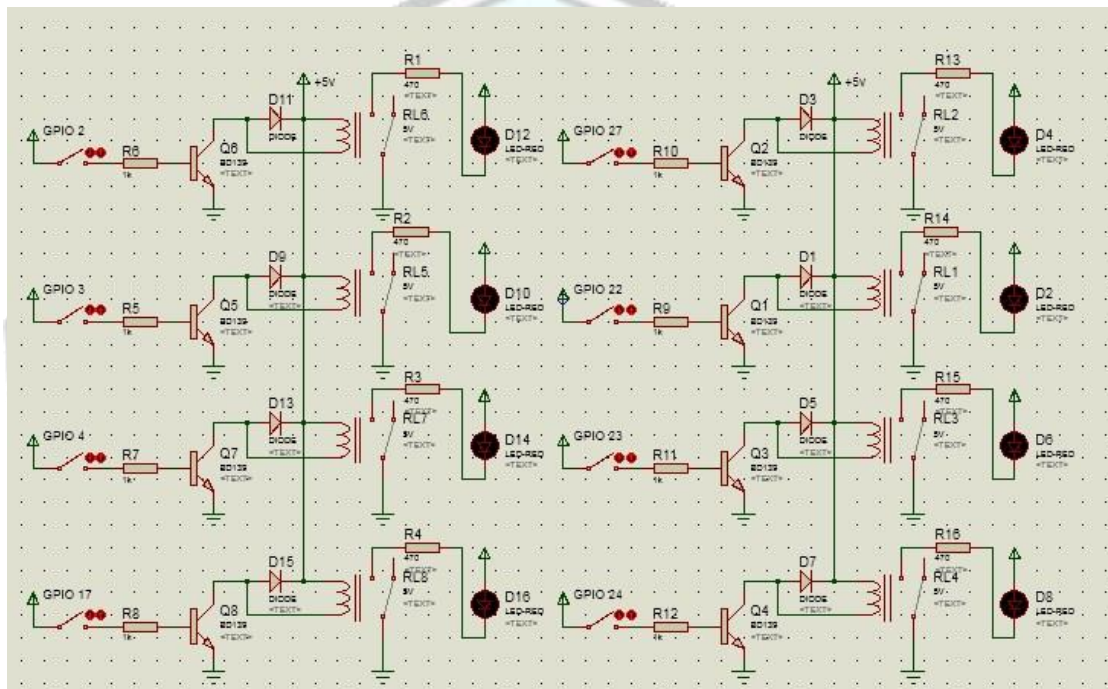
3.3 Cara kerja alat

Program aplikasi *remote matrix switch* berbasis web dibuat dengan bahasa pemrograman PHP dan Python. Program aplikasi berfungsi mengontrol perangkat keras *matrix switch* untuk mengkoneksikan antara port-port I/O modul percobaan sistem mikrokontroler dan modul-modul I/O atau sistem instrumentasi. Untuk menghubungkan port-port mikrokontroler dengan modul I/O atau peralatan instrumentasi dilakukan dengan memberikan centang pada checkbox yang bersesuaian dengan matrix $n \times m$. Proteksi *short circuit* antar port diproteksi secara software untuk menghindari kesalahan koneksi yang dilakukan oleh pengguna laboratorium *remote*.

3.4 Disain Remote Matrix Switch

Remote matrix switch merupakan serangkaian switch yang disusun dalam bentuk matrix dengan sejumlah baris dan kolom. Model rangkaian *matrix switch* memberikan keuntungan yaitu kontrol switch yang mudah, lebih fleksibel dan lebih efisien untuk mengkoneksikan sejumlah besar titik yang akan dihubungkan. Tugas matrix switch pada sebuah sistem laboratorium remote adalah untuk mengkoneksikan antara port-port mikrokontroler dengan peralatan instrumentasi atau modul- modul input output (I/O). Koneksi dapat diprogram sesuai yang diinginkan oleh pemakai laboratorium remote. Disain *remote matrix switch*

ditunjukkan pada gambar 3.3 Rangkaian *remote matrix switch* dibangun dari sejumlah komponen relay kontaktor yang disusun n baris dan m kolom. Setiap baris dan kolom dikendalikan oleh sebuah transistor driver QC0 – QCm (kolom) dan QR0 – QRn (baris). Pengendali switch matrix adalah chip 16 bit I/O expander MCP23017 yang terhubung dengan sebuah sistem embedded Raspberry PI melalui port I2C. Untuk mengaktifkan sebuah relay kontaktor pada posisi baris n dan kolom M maka transistor driver QCn dan QRm harus diberikan logika high.



Gambar 3.2 Rangkaian *Matrix Switch* n x m

3.5 Perhitungan Driver relay

Ketika arus yang masuk ke kaki basis sangat kecil bahkan mendekati nol, kondisi ini mengakibatkan transistor berada pada kondisi Cut-Off sehingga arus pada kolektor menjadi nol dan besar tegangan antara kaki kolektor dan emitter sama dengan supply (VCC). kondisi ini tidak ada arus mengalir antara kaki kolektor dan emitter seperti saklar terbuka atau OFF. Elektromagnetik $R_{coil} = 130 \Omega$

Transistor akan berada pada kondisi saturasi jika arus yang masuk ke kaki basis sangat besar, bahkan sampai ketitik jenuh sehingga arus pada kaki kolektor

akan maksimum ($I_C = V_{CC}/R_L$). Kondisi seperti ini diibaratkan seperti saklar pada posisi ON. Arus yang mengalir pada kolektor adalah maksimum ($I_C = V_{CC}/R_L$)

$$I_C = \frac{5 \text{ v}}{R_{coil}} = \frac{V_{ce}}{R_{coil}} = \frac{3,3}{130} = 1,51 \text{ mA}$$

$$\beta_{dc} = 250$$

Tegangan basis - emiter (V_{BE}) lebih besar dari 0,7V

Rumus yang digunakan $I_B = I_C/\beta_{dc}$

Cara mencari arus basis. Arus pada kaki kolektor dapat diatur sesuai kebutuhan dengan cara memasang resistor pembatas arus pada kaki basis.

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_{dc}} = \frac{1,51}{250} = 6,04 \times 10^{-3} \text{ mA}$$

dimana $R_B = R$ basis, V_{BE} = tegangan basis-emiter, I_B = arus basis

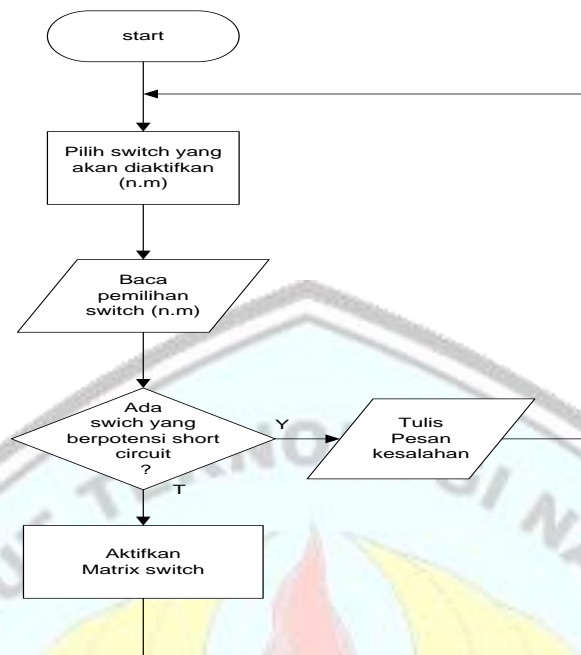
Rumus yang digunakan $R_B = (V_{IN} - V_{BE}) / I_B$

$$R_B = (3,3\text{V} - 0,7) / 4,303 \text{ A}$$

$$R_B = 4,304\Omega = 4 \text{ K}\Omega$$

3.6 Perancangan Software

3.6.1 Flowchart Perancangan Software

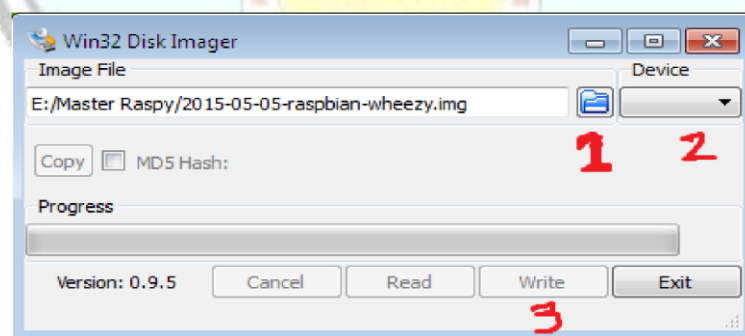


Gambar 3.3 Flowchart Perancangan Software

3.6.2 *Install Software On Raspberry Pi*

1. Install Os Raspbian Jessie On MicroSD Card

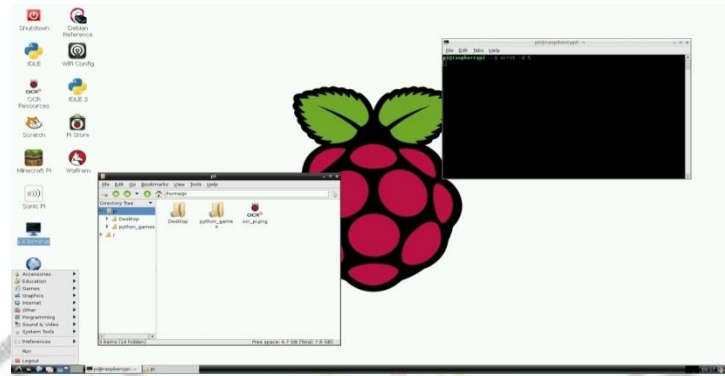
Langkah pertama adalah install OS Raspbian Jessie dengan aplikasi Win32DiskImager pada MicroSD Card Sandisk Class 10 sebesar 8 GB. Kemudian masukkan MicroSD Card Sandisk 16 GB Class10 ke dalam card reader dan buka aplikasi Win32 Disk Imager pada laptop.



Gambar 3.4 Cara Install OS Raspbian Jessie on MicroSd Card

Pada gambar diatas terlihat angka “1” adalah langkah memilih folder tempat menyimpan OS Raspbian Jessie. Kemudian langkah “2” memastikan drive

MicroSD Card. Langkah “3” klik “write”, tunggu sampai muncul notification “Write Successful”. Instalasi OS Raspbian Jessie sudah selesai. Untuk selanjutnya masukkan MicroSD Card yang telah terinstall OS Raspbian Jessie ke slot pada Raspberry Pi 3 Tipe B. Kemudian sambungkan Power Adaptor dan Dekstop.



Gambar 3.5 Tampilan Dekstop OS Raspbian Jessie Raspberry Pi

Pada gambar di atas adalah tampilan dekstop dari OS Raspbian Jessie Raspberry Pi 3 Tipe B. Dimana operating sistem berbasis linux debian dan bersifat open source.

2. Setting Network IP Static

Mengatur IP address static untuk Raspberry Pi, buka LX terminal atau seperti command prompt di windows dan masukkan perintah `sudo nano /etc/dhcpd.conf` Kemudian setting seperti gambar dibawah ini:

```

pi@raspberrypi: ~
GNU nano 2.2.6 File: /etc/network/interfaces
auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
allow-hotplug eth0
iface eth0 inet static
address 192.168.0.10
netmask 255.255.255.0
gateway 192.168.0.1

auto wlan0
allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet manual
wpa-conf /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf

auto wlan1
allow-hotplug wlan1
iface wlan1 inet manual
wpa-conf /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf

```

Gambar 3.6 Setting IP address static Raspberry Pi melalui LX terminal

Setelah selesai mengatur IP, lakukan save dengan menekan Ctrl + O, kemudian tekan Enter dan lakukan langkah keluar dengan menekan Ctrl + X. Setelah itu Restart Raspberry Pi dengan mengetikkan perintah “sudo reboot now” pada LX Terminal.

3. Install Apache Web Server

Sistem kontrol yang akan dibuat dirancang dikontrol melalui halaman webiste, untuk itu diperlukan installasi web server. Dan yang digunakan adalah Apache Web Server. Untuk melakukan installasi dilakukan dengan cara mengetikkan perintah pada LXTerminal seperti terlihat pada gambar di bawah ini.

```
pi@raspberrypi ~ $ sudo apt-get install apache2 -y
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
apache2 is already the newest version.
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 5 not upgraded.
pi@raspberrypi ~ $
```

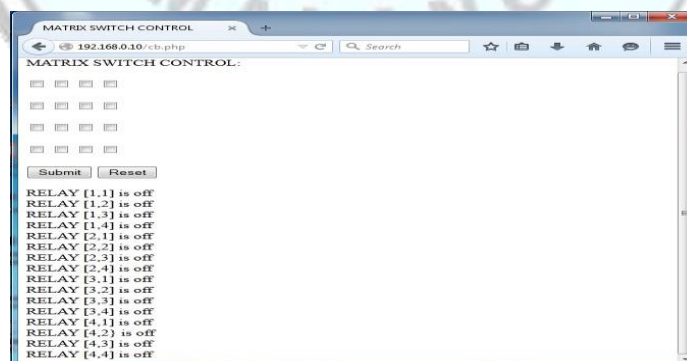
Gambar 3.7 Install Apache Web Server

4. Installasi php5 dan mysql

```
pi@raspberrypi ~ $ sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5-y
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
E: Unable to locate package libapache2-mod-php5-y
pi@raspberrypi ~ $ sudo apt-get install php5-mysql
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
php5-mysql is already the newest version.
```

Gambar 3.8 Install Php5 dan Mysql

3.6.3 Desain Tampilan Web



Gambar 3.9 Tampilan web

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1. Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang pengujian serta pembahasan hasil perancangan dari sistem yang telah dirancang sebelumnya agar dapat diketahui bagaimana kinerja dari keseluruhan sistem maupun kinerja masing – masing bagian. Dari hasil pengujian tersebut akan dijadikan dasar untuk menentukan kesimpulan serta point – point kekurangan yang harus segera diperbaiki agar kinerja keseluruhan sistem dapat sesuai dengan perencanaan dan perancangan yang telah dibuat.

Setelah perancangan dan pembuatan alat telah selesai maka selanjutnya akan diuji terlebih dahulu masing – masing blok rangkaian. Setelah semua blok dari sistem telah diuji dan bekerja dengan baik maka selanjutnya dilakukan pengujian alat secara keseluruhan.

Pengujian yang dilakukan meliputi :

1. Pengujian hardware matrix switch.
2. Pengujian Web server.
3. Pengujian keseluruhan meengontrol matrix switch melalui web server.

4.2 Pengujian matrix switch berbasis web server

Pengujian matrix switch berbasis web dibuat dengan bahasa pemrograman PHP dan Python. Program aplikasi berfungsi mengontrol perangkat keras matrix switch dan modul-modul I/O atau sistem instrumentasi Untuk Menghubungkan port-port mikrokontroler dengan modul I/O bertujuan untuk diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai switch terprogram yang dapat dikendalikan dari jauh melalui jaringan internet dan dapat mendukung untuk berbagai keperluan khususnya untuk mendukung *remote lab*. dilakukan dengan memberikan centang pada checkbox yang bersesuaian dengan matrix $n \times m$. Proteksi *short circuit* antar port diproteksi secara software untuk menghindari kesalahan koneksi yang dilakukan oleh pengguna *remote lab*.

4.2.1 Peralatan yang digunakan

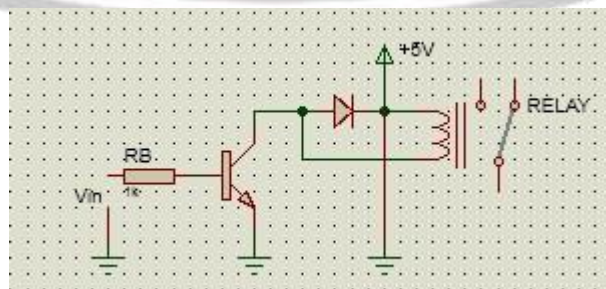
1. Relay 5 volt
2. Transistor
3. Raspberry Pi 3
4. Power supply 5 Volt 5 amper
5. Kabel LAN
6. Kabel HDMI to VGA
7. Laptop
8. Software Putty

4.2.2 Langkah – Langkah Pengujian

1. Menghubungkan Power Supply 5V ke Raspberry Pi 3.
2. Menghubungkan Pin POWER , GROUND, Peralatan Matrix Switch ke Pin GPIO ,2,3,4,17,27,22,23,24,10,9,11,7,8,25,18,15 Raspberry pi 3.
3. Menghubungkan kabel LAN dari laptop ke Raspberry Pi.
4. Mengkoneksikan Raspberry Pi dengan *Software Putty* agar dapat di program melalui laptop.
5. Memprogram Raspberry Pi agar matrix switch dan web server dapat diakses dan dijalankan modul pratikum.

4.2.3 Pengujian Rangkaian Driver Relay

Rangkaian driver relay menggunakan transistor NPN tipe bc547 ,relay transistor menggunakan tegangan 5 volt dan arus 200 mA. Rangkaian Pengujian di table di bawah ini .



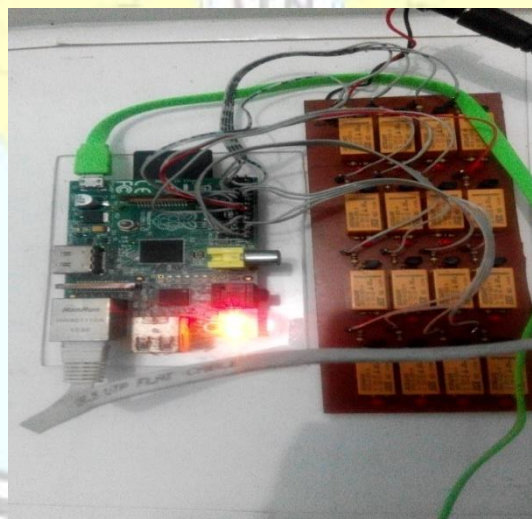
Gambar 4.1 Driver relay

Tabel 4.1 Pengujian Rangkaian Relay

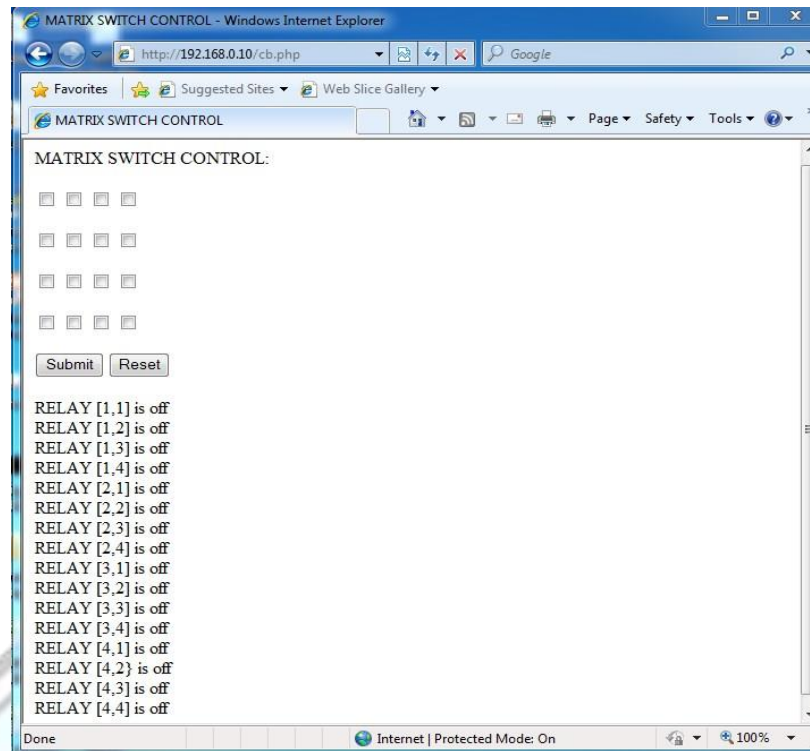
no	V input	Relay
1	0 Volt	OFF
2	3,3 Volt	ON

4.2.4 Pengujian Matrix Switch

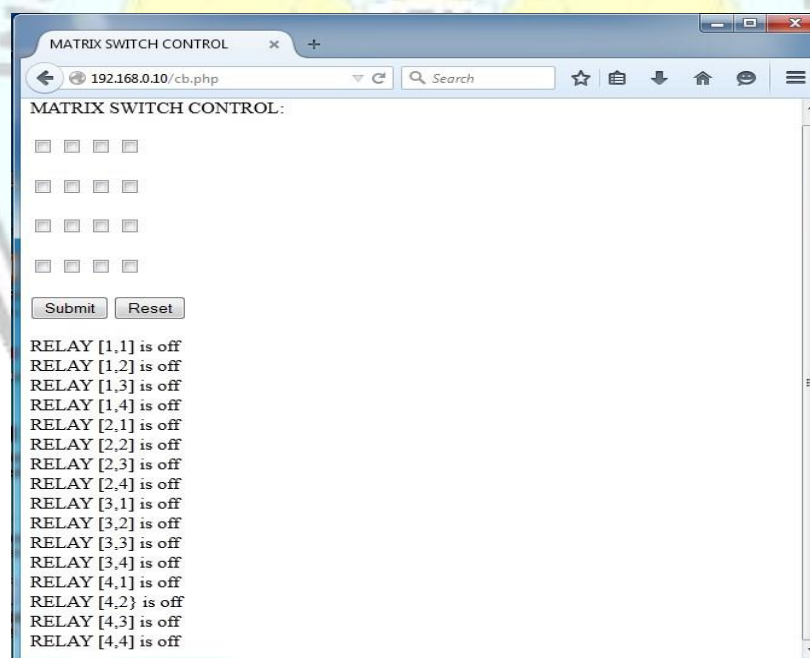
Pengujian aplikasi *remote matrix switch* dilakukan dengan cara menjalankan aplikasi web di berbagai macam web browser. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa aplikasi dapat berjalan pada beberapa macam web browser seperti Mozilla Firefox, Google Chrome, internet Explorer dan Opera. Pengujian kinerja matrix switch dilakukan dengan mencoba seluruh koneksi yang mungkin dan memberikan hasil pengujian yang sangat baik. Rangkaian *remote matrix switch* berbasis web ditunjukkan pada Gambar 4.2



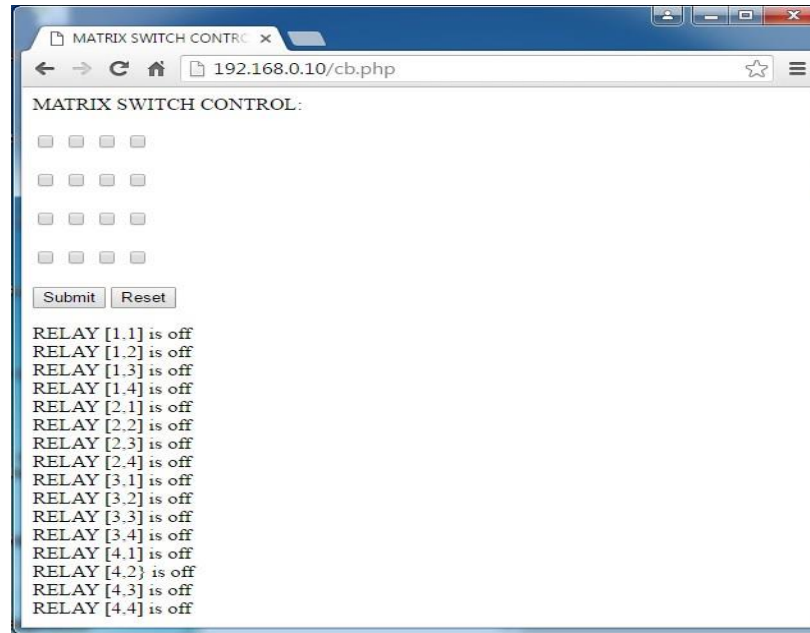
Gambar 4.2 Rangkain remote matrix switch



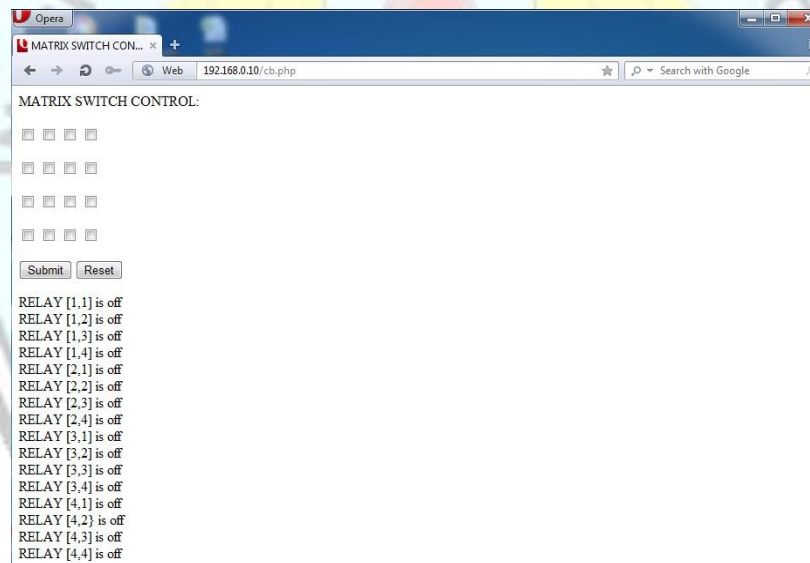
Gambar 4.3 Tampilan Web Melalui Internet Explorer Remote Matrix Switch



Gambar 4.4 Tampilan Web Melalui Mozzila Firefox Remote Matrix Switch



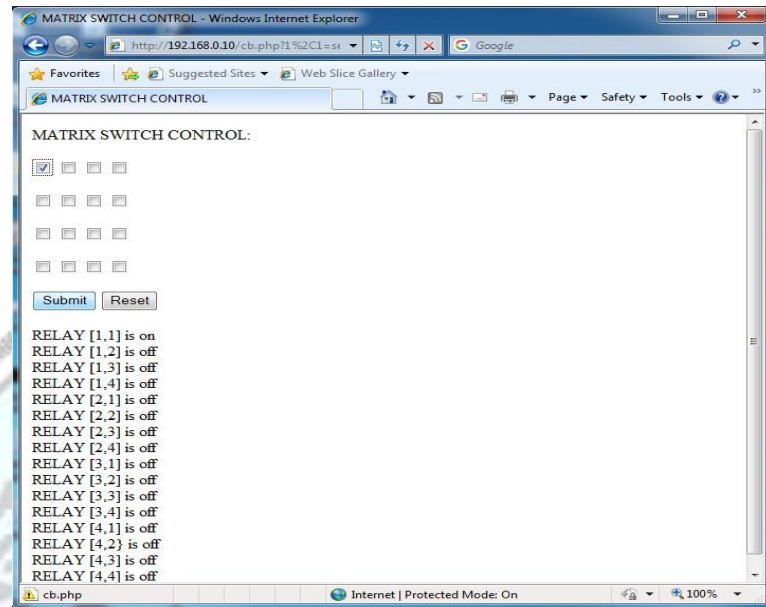
Gambar 4.5 Tampilan Web Melalui Google Chrome Remote Matrix Switch



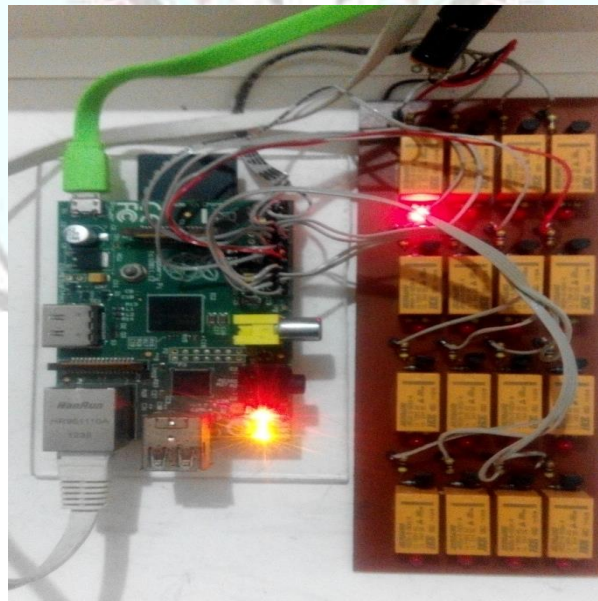
Gambar 4.6 Tampilan Web Melalui Opera Remote Matrix Switch

Tabel 4.2 Relay 1,1

no	input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



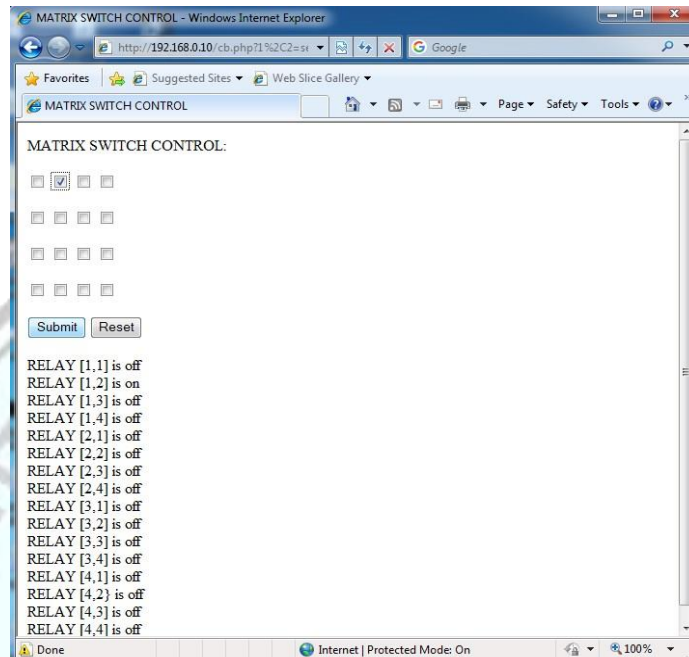
Gambar 4.7 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



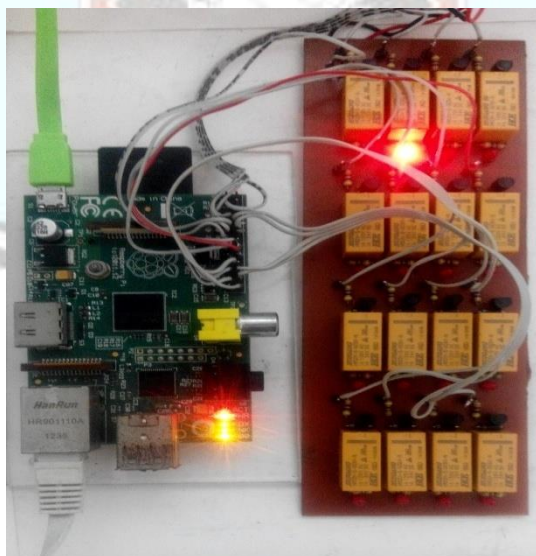
Gambar 4.8 Hasil dari web sever di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.3 Relay 1,2

no	Input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



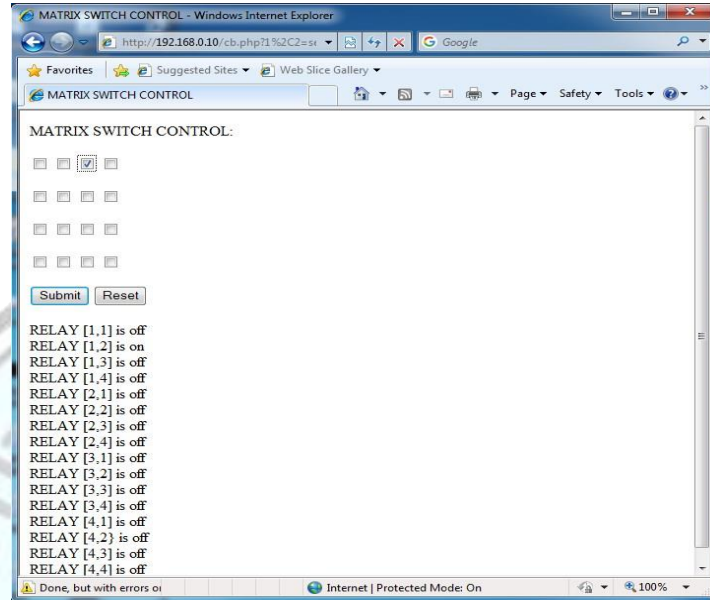
Gambar 4.9 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



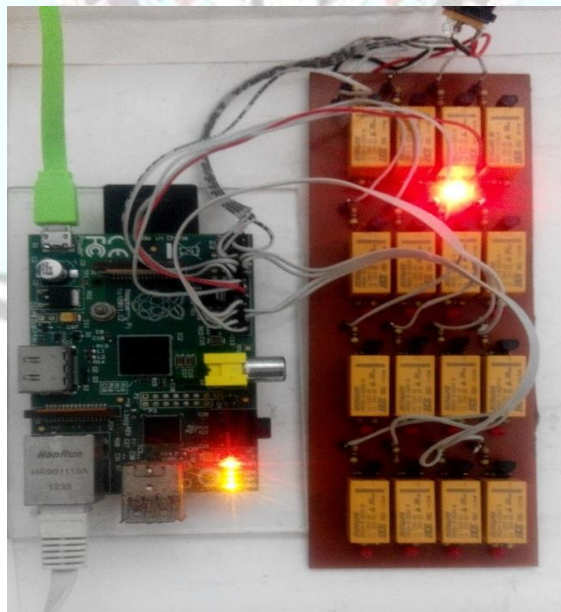
Gambar 4.10 Hasil dari web sever di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.4 Relay 1,3

no	Input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



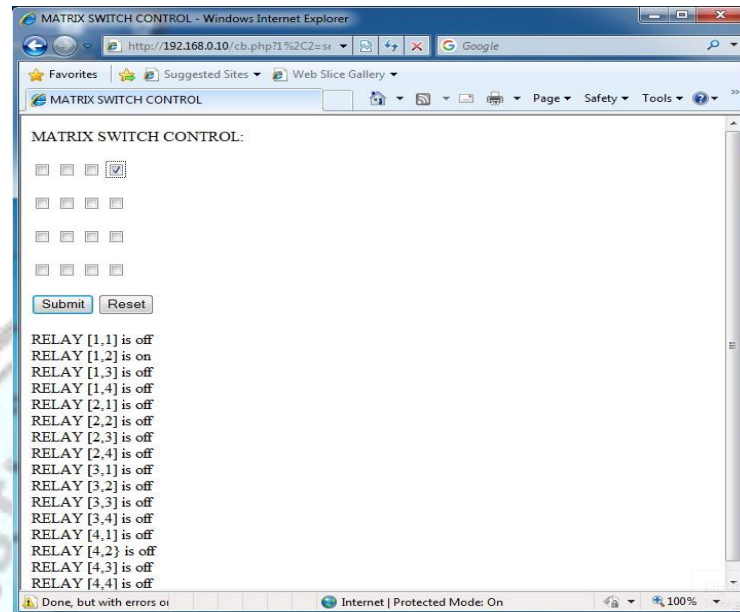
Gambar 4.11 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



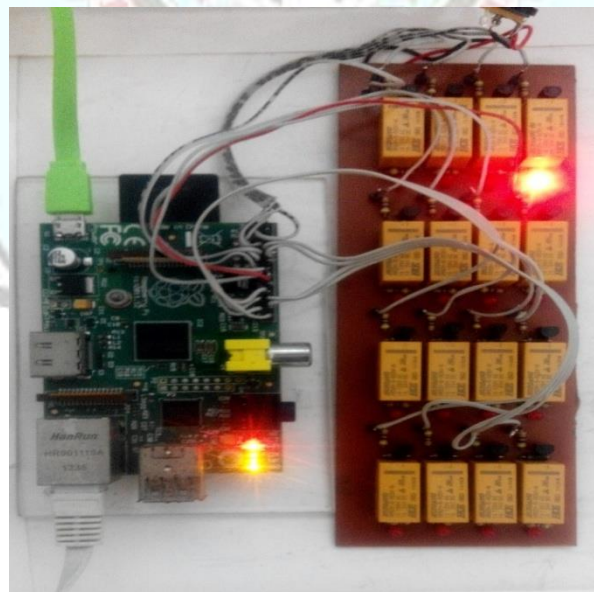
Gambar 4.12 Hasil dari web sever di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.5 Relay 1,4

no	Input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



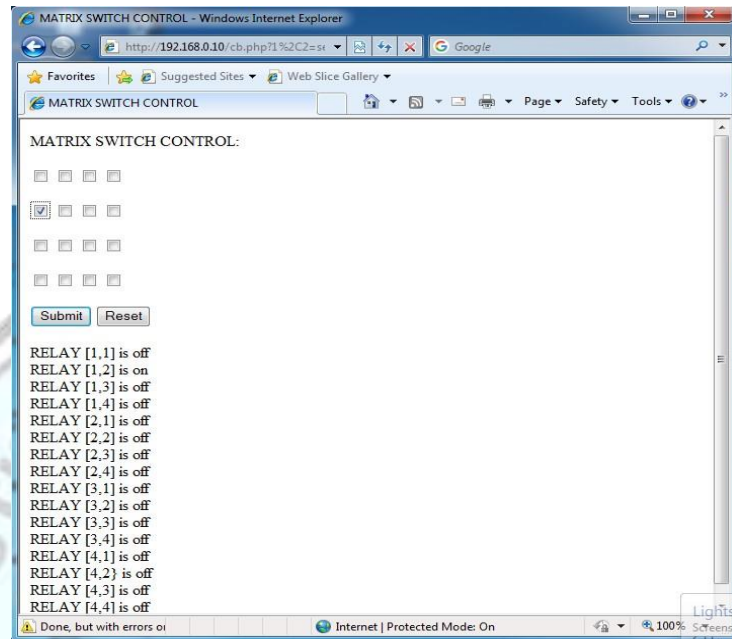
Gambar 4.13 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



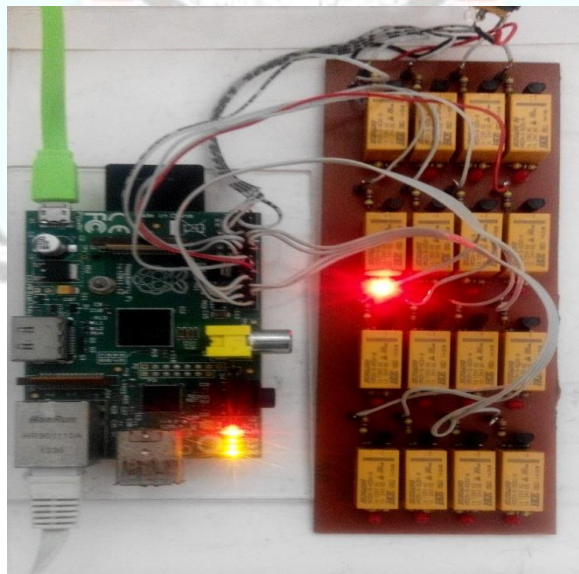
Gambar 4.14 Hasil dari web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.6 Relay 2,1

No	input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



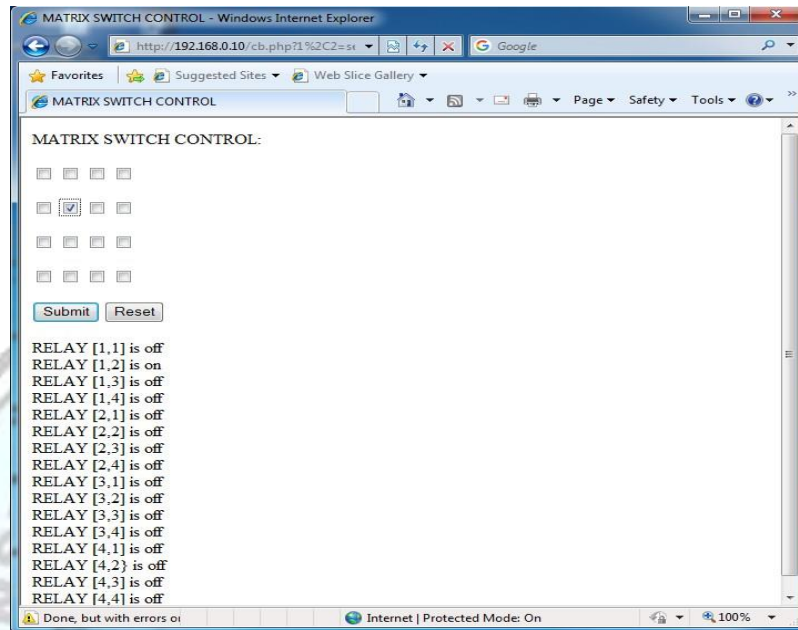
Gambar 4.15 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



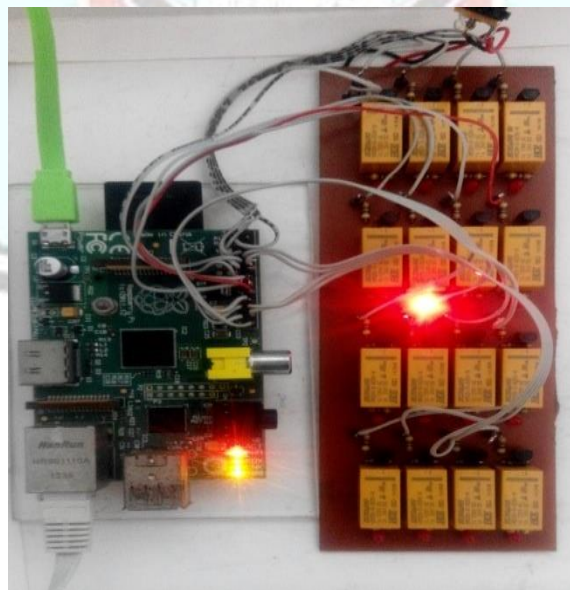
Gambar 4.16 Hasil dari web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.7 Relay 2,2

No	input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



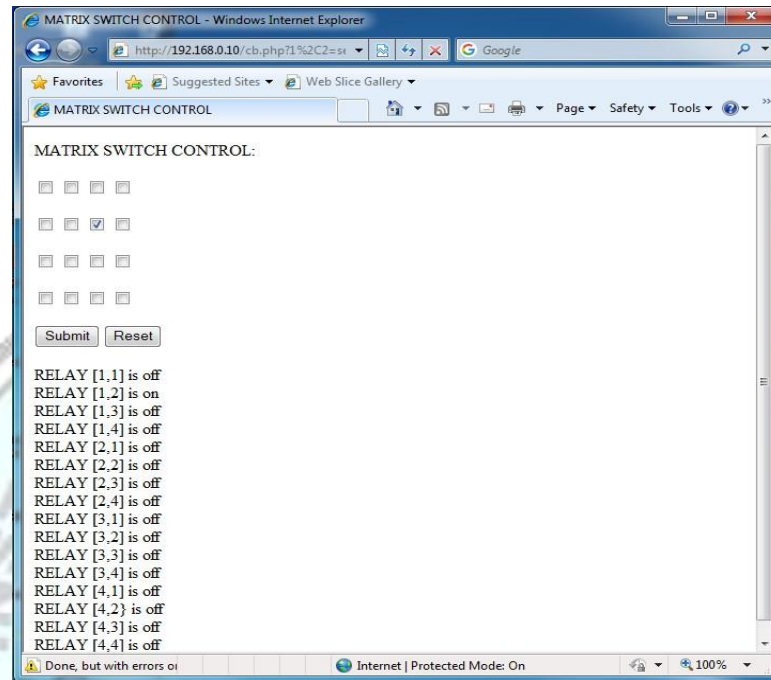
Gambar 4.17 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



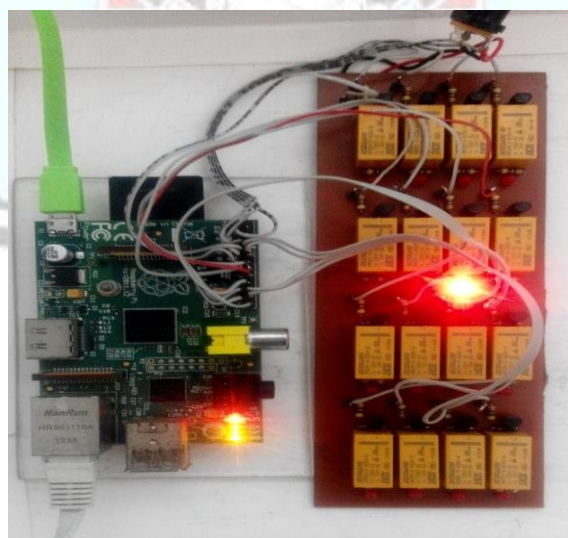
Gambar 4.18 Hasil dari web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.8 Relay 2,3

No	Input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



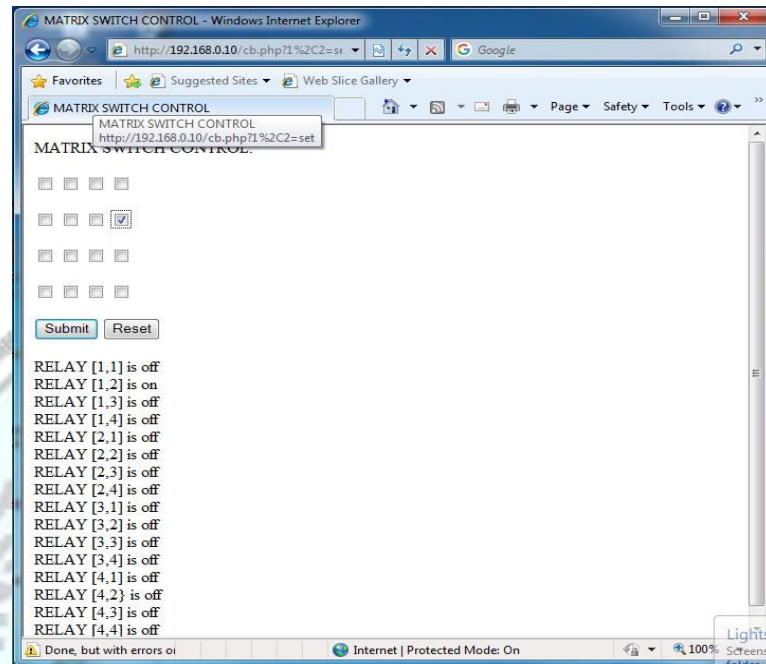
Gambar 4.19 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



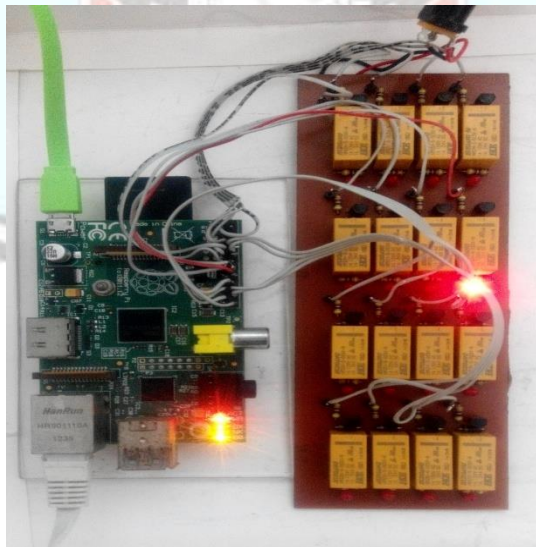
Gambar 4.20 Hasil dari web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.9 Relay 2,4

No	input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



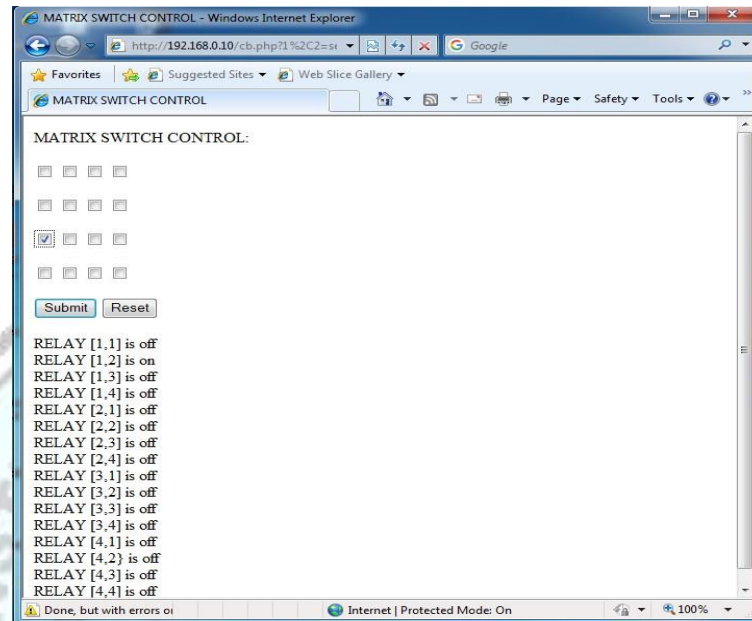
Gambar 4.21 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



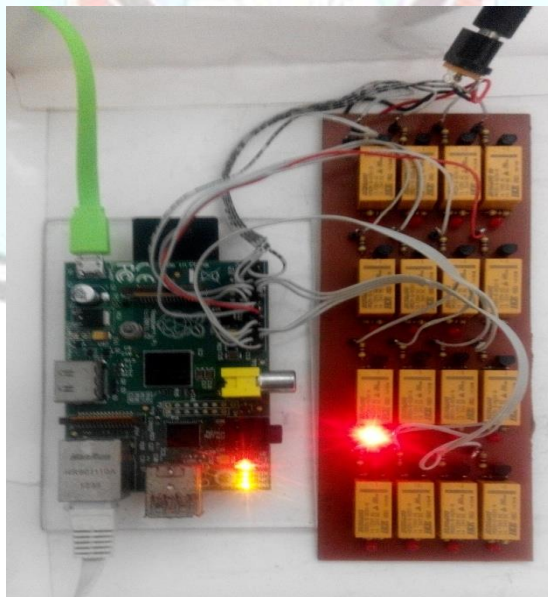
Gambar 4.22 Hasil dari web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.10 Relay 3,1

No	Input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



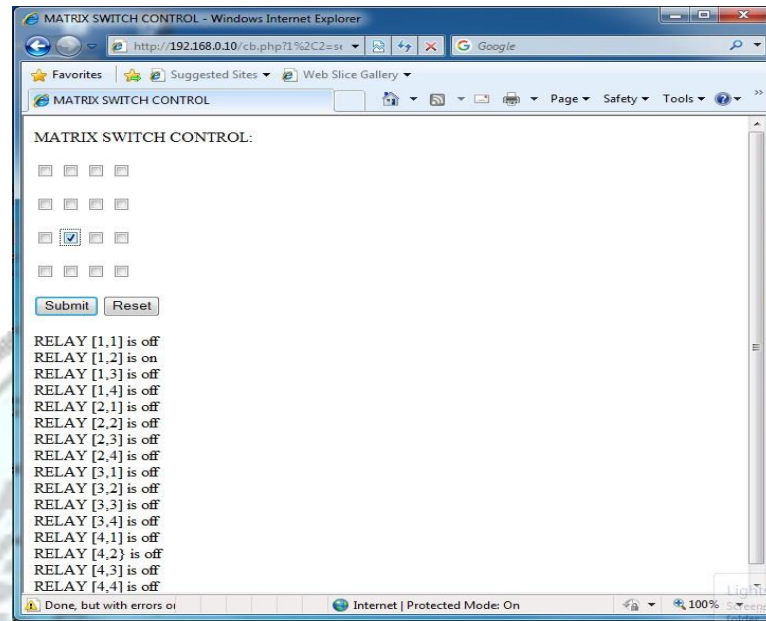
Gambar 4.23 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



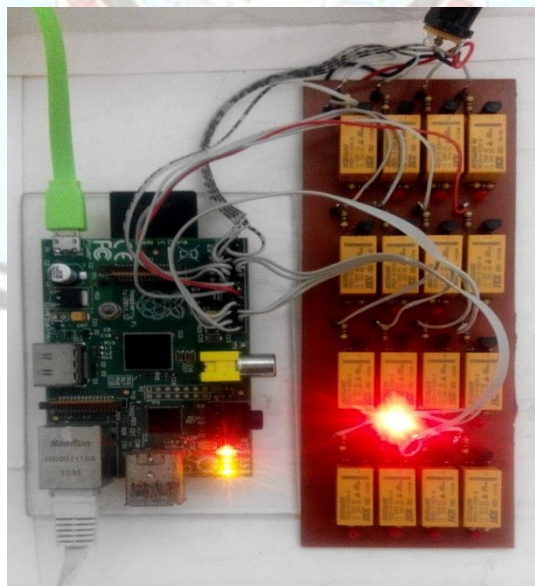
Gambar 4.24 Hasil dari web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.11 Relay 3,2

No	input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



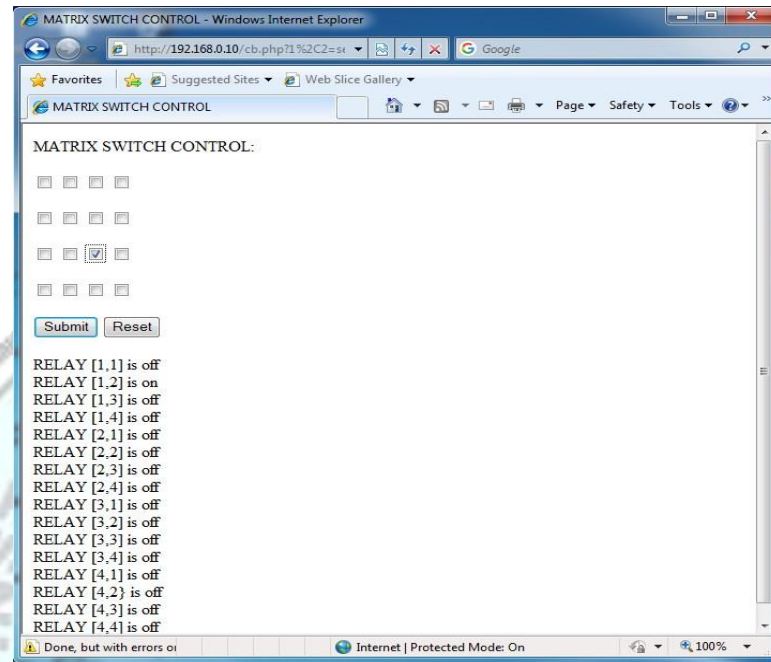
Gambar 4.25 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



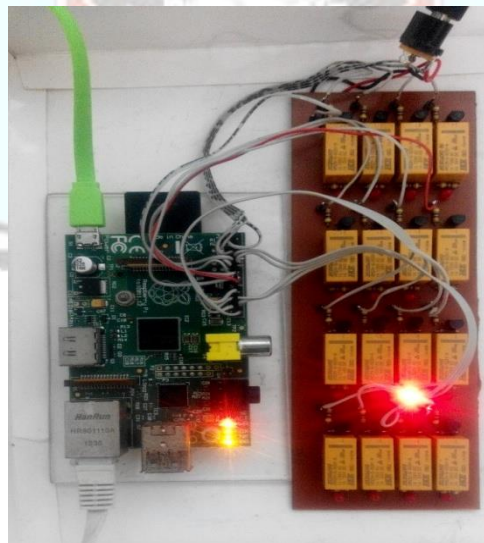
Gambar 4.26 Hasil dari web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.12 Relay 3,3

No	input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



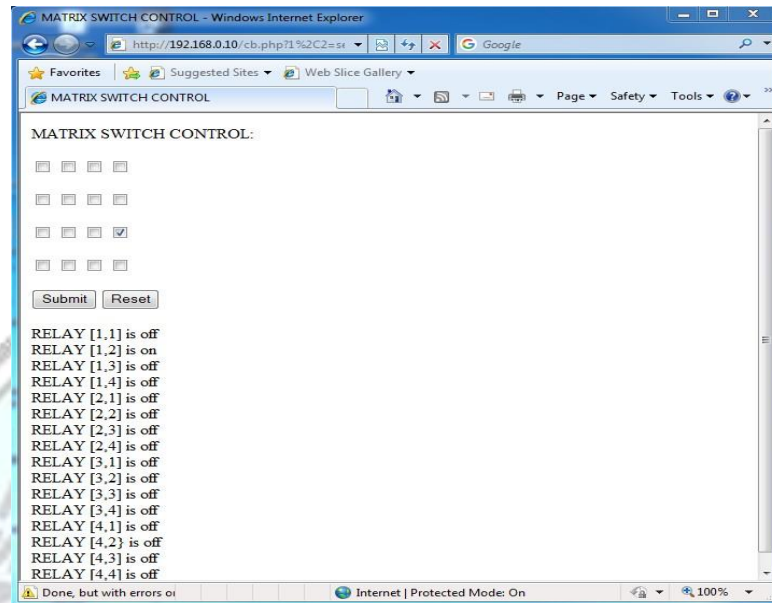
Gambar 4.27 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



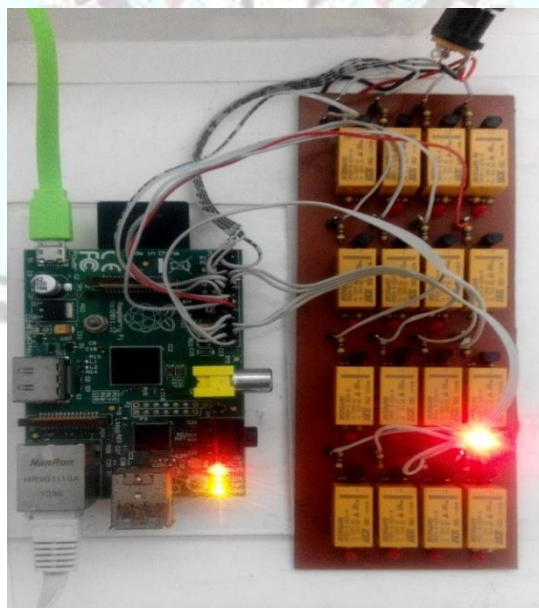
Gambar 4.28 Hasil dari web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.13 Relay 3,4

No	input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



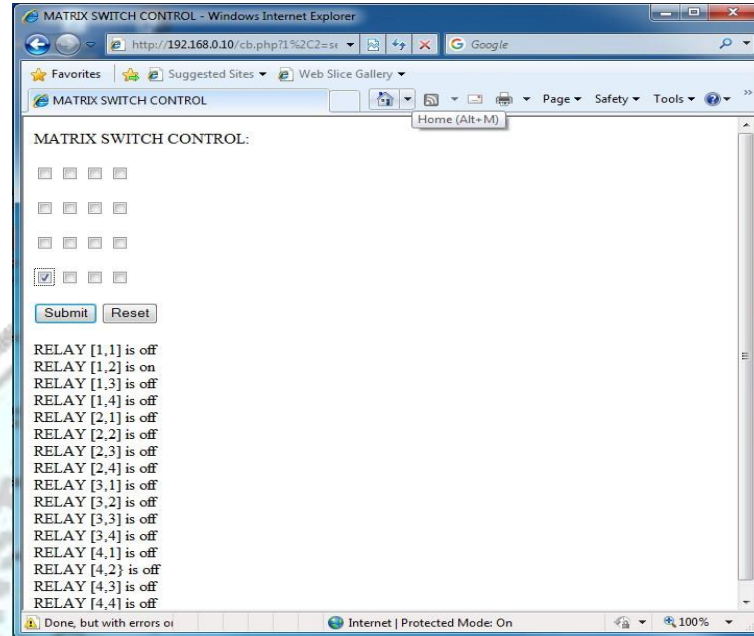
Gambar 4.29 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



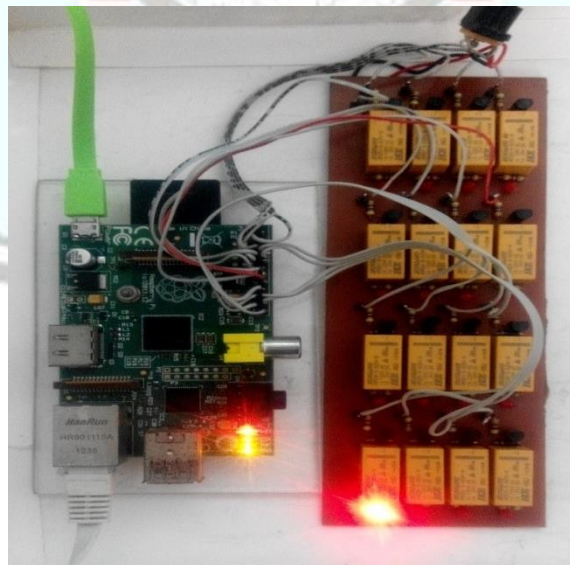
Gambar 4.30 Hasil dari web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.14 Relay 4,1

No	Input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



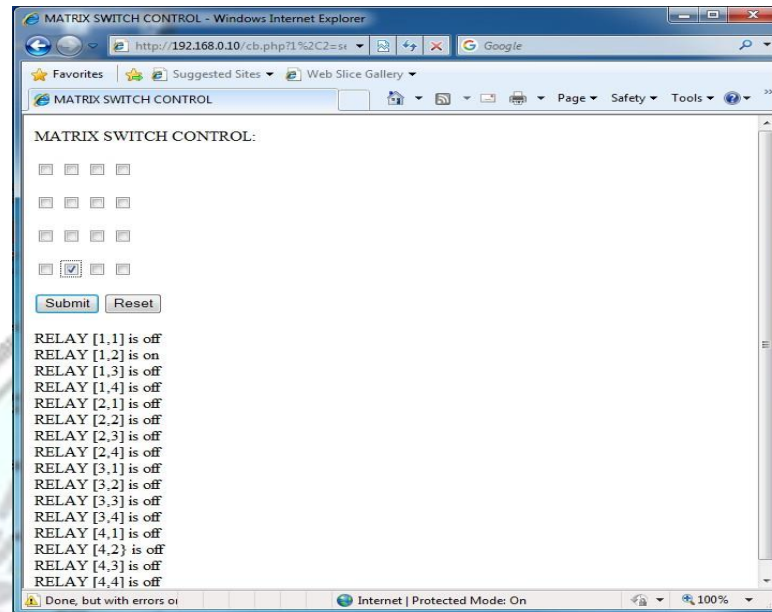
Gambar 4.31 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



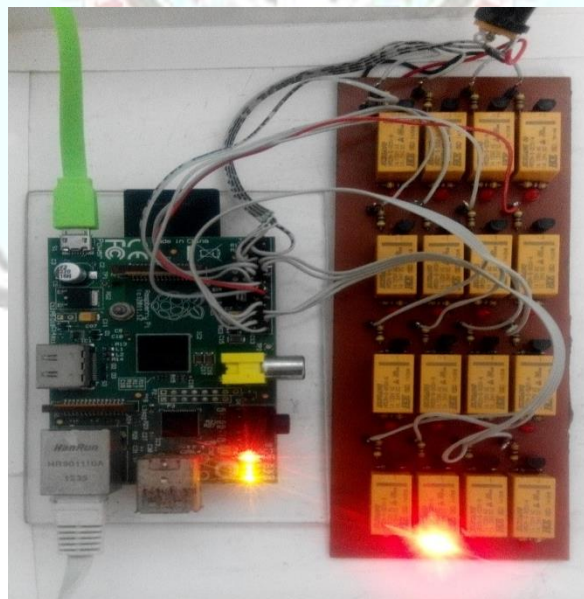
Gambar 4.32 Hasil dari web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.15 Relay 4,2

No	Input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



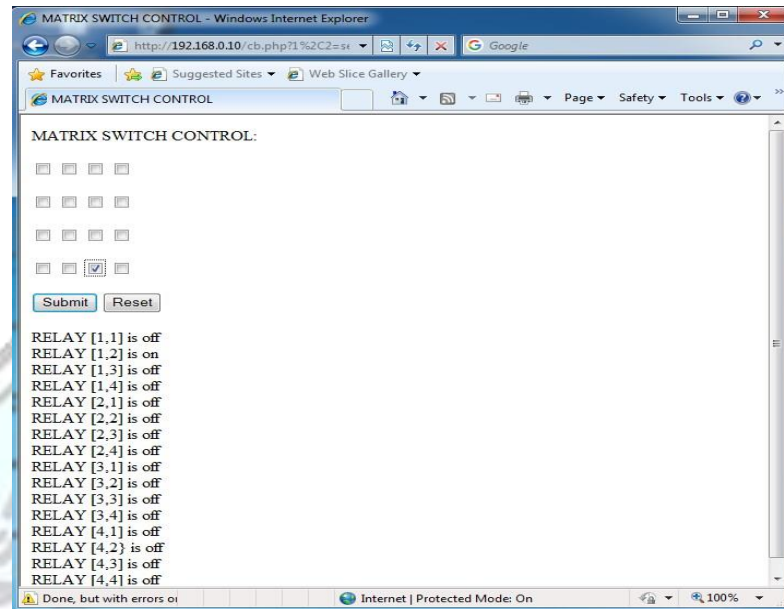
Gambar 4.33 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



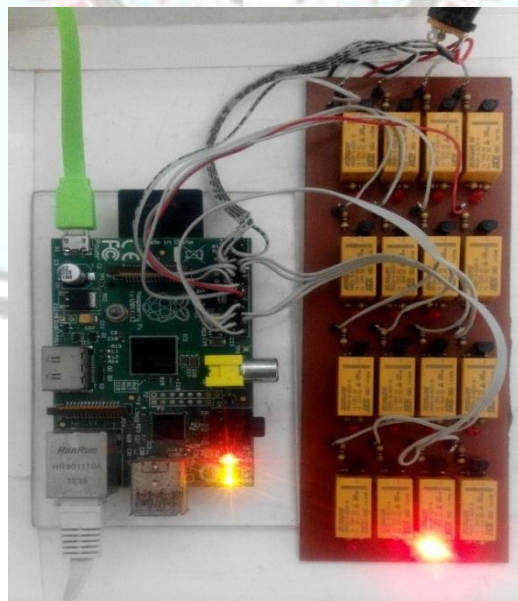
Gambar 4.34 Hasil dari web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.16 Relay 4,3

No	Input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



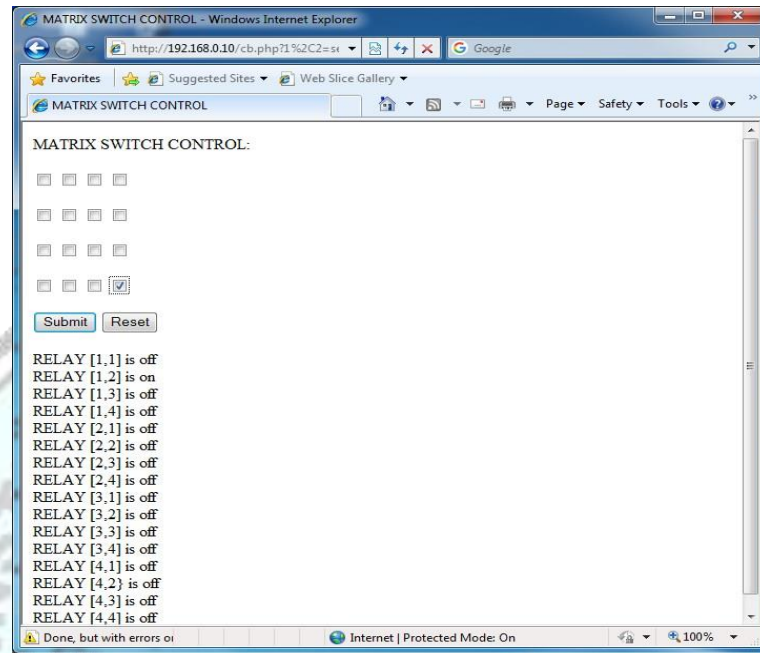
Gambar 4.35 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



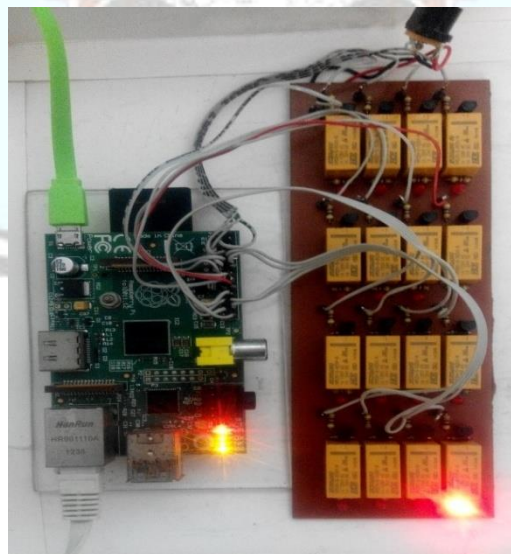
Gambar 4.36 Hasil dari web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Tabel 4.17 Relay 4,4

No	Input	Status relay
1	0	OFF
2	1	ON



Gambar 4.37 Web server seperti gambar diatas di centang dan di tekan tombol submit untuk proses



Gambar 4.38 Hasil dari web server di centang maka Led akan menyala seperti gambar di atas

Pada rangkaian Matrix Switch aktif – high, Led akan menyala jika diberi logika 1 (high) dan akan mati jika diberi logika 0 (low). Ketika diberi logika 1, maka tegangan pada kaki anoda Led lebih positif dibandingkan dengan kaki katoda Led. Selisih tegangan pada kaki anoda dan katoda Led ini melebihi tegangan jatuh Led, sehingga Led pun menghantar (dialiri arus listrik) dan menyala. Sebaliknya ketika diberi logika 0, maka tegangan pada kaki anoda Led tidak lebih positif dari pada kaki katoda Led, oleh karenanya Led tidak menghantar (tidak dialiri arus listrik) sehingga Led pun tidak menyala.



BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan , pengujian, dan analisa sistem, maka dapat disimpulkan beberapa hal yang dapat digunakan untuk perbaikan dan pengembangan selanjutnya, yaitu :

1. Dari hasil pengujian matrix switch 4x4 berhasil sampai mengaktifkan led.
2. Rangkaian *matrix switch* dapat bekerja dengan baik, yaitu mampu mengkoneksikan Switch atau peralatan instrumentasi.
3. Aplikasi *remote matrix switch* berbasis web dapat berjalan dengan baik pada beberapa browser seperti Mozilla Firefox, Google Chrome, internet Explorer dan Opera.
4. Web bisa mengontrol matrix switch jarak jauh.

5.2. Saran

Pada pembuatan skripsi ini tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kesalahan baik dari perancangan sistem maupun peralatan yang telah penulis buat, maka dari itu agar sistem dapat menjadi lebih baik maka dapat dikembangkan lebih sempurna, saran dari penulis antara lain sebagai berikut :

1. Penggunaan bahasa pemrograman bisa menggunakan bahasa python yang memang banyak direkomendasikan oleh banyak programmer di website atau rekomendasi dari bapak dosen pembimbing.
2. Desain tampilan Web bisa ditingkatkan lagi agar lebih menarik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ashby, J.E., 2008. The effectiveness of collaborative technologies in remote lab delivery systems, in: *Frontiers in Education Conference*, 2008. (diakses 26 september 2016)
- [2] Gomes, L., Bogosyan, S., 2009. Current Trends in Remote Laboratories. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 56, 4744–4756. (diakses 26 september 2016)
- [3] Garcia-Zubia, J., Hernandez, U., Angulo, I., Orduña, P., Irurzun, J., 2009. Acceptance, Usability and Usefulness of WebLab-Deusto from the Students Point of View. *Int. J. Online Eng. IJOE* 5, pp. 9–15. (diakses 26 september 2016)
- [4] Garcia-Zubia, J., Lopez-de-Ipiña, D., Orduña, P., 2005. Evolving towards better architectures for remote laboratories: a practical case. *Int. J. Online Eng. IJOE* 1. (diakses 26 september 2016)
- [5] <http://bukainfo.com/pengertian-web-server-sebenarnya> (diakses 26 september 2016)
- [6] <http://agung241.blogspot.co.id/2012/01/cara-kerja-sistem-telepon.html> (diakses 26 september 2016)
- [7] <https://pccontrol.wordpress.com/2011/05/04/driver-relay/> (diakses 26 september 2016)
- [8] <http://komunitas-hobielektronika.blogspot.co.id/2011/05/cara-menghitung-tahanan-basis-pada.html> (diakses 26 september 2016)
- [9] <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.co.id/2013/11/Pengenalan-Transistor-Bipolar.html> (diakses 26 september 2016)
- [10] <http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/> (diakses 26 september 2016)
- [11] <http://hertaville.com/interfacing-an-i2c-gpio-expander-mcp23017-to-the-raspberry-pi-using-c.html> (diakses 26 september 2016)
- [12] <https://pccontrol.wordpress.com/2014/06/17/pengetahuan-dasar-dan-pemrograman-raspberry-pi/> (diakses 26 september 2016)