

ALAT TERAPI PULSA MEDAN ELEKTROMAGNETIK BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16

Fajar Satrio Nugroho
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Email : Pelorapi@Gmail.Com

ABSTRAKSI

Medan magnet erat kaitannya dengan medan listrik, keduanya tidak dapat dipisahkan, hubungan ini selanjutnya dikenal dengan istilah elektromagnetik. Tujuan penelitian ini adalah merancang sebuah alat terapi pulsa medan elektromagnetik berbasis mikrokontroler yang murah dengan spesifikasi yang sama dengan alat di pasaran. Dilengkapi dengan pengaturan standar alat terapi pulsa medan elektromagnetik dan pengaturan dasar sebagai pendukung penelitian pulsa medan elektromagnetik lebih lanjut pada tubuh manusia.

Alat terapi pulsa medan elektromagnetik ini bekerja berdasarkan teori timer sebagai pembangkit pulsa dan pengatur timer countdownnya. Pulsa utama berasal dari timer 0 mikrokontroler ATmega16 dengan clock eksternal kristal sebesar 11,0592 MHz, didukung pula dengan perhitungan prescaler software aplikasi KAVRCalc versi 1.15 sehingga meningkatkan kepresisian perhitungan timer yang berhubungan dengan perhitungan pembentukan frekuensi dan timer countdown alat terapi

Frekuensi kerja berada pada 60 Hz untuk mode standar dan memiliki range frekuensi 18 Hz – 100 Hz untuk mode dasarnya.. Memiliki dua macam input data, yaitu input data berupa tombol dan potensiometer. Penggunaan pad dipilih untuk menginduksikan medan elektromagnetik dari alat ke tubuh pasien. Ambang batas aman kuat medan elektromagnetik pada tubuh manusia berada dibawah 500 μ T, dan alat ini bekerja di bawah ambang tersebut sehingga dikatakan aman pada tubuh manusia.

Kata Kunci: *frekuensi, medan elektromagnetik, mikrokontroler, mode, timer.*

1. PENDAHULUAN

Magnet merupakan bagian tak terpisahkan dari kehidupan manusia masa kini. Medan magnet erat kaitannya dengan medan listrik, keduanya tidak dapat dipisahkan, hubungan ini selanjutnya dikenal dengan istilah elektromagnetik. Selain digunakan di dunia kelistrikan, magnet juga digunakan di dunia medis, yaitu sebagai penyembuhan beberapa jenis penyakit dan kecantikan. Sejarah magnet terus berkembang sampai abad ke XVIII, Michael Faraday yang terkenal sebagai penemu biomagnetik mengadakan penelitian tentang penyembuhan secara magnetik. Hasil pekerjaannya tersebut hingga saat ini digunakan sebagai dasar perawatan magnetik bagi manusia.

Beberapa waktu yang lalu diberitakan belakangan ini penggunaan gelang dan kalung magnet sedang tren. Aksesori magnetik yang harganya ratusan ribu hingga jutaan rupiah ini laris manis karena diyakini bermanfaat bagi kesehatan. Dijelaskan oleh Dr. Erwin Kusuma, Sp.KJ(K), seorang terapis cara holistik dari

Klinik Pro-V, pengaruh magnet antara lain melancarkan peredaran darah. "Medan magnet dapat mempengaruhi peredaran darah. Aliran darah dalam tubuh akan meningkat. Ketika aliran darah meningkat, otomatis oksigen dan nutrisi lain akan disalurkan lebih cepat lagi ke seluruh tubuh".

Untuk itu dibutuhkan sebuah perangkat yang dapat mengalirkan energi magnet yang aman dan dapat digunakan untuk praktek penyembuhan maupun terapi. Dari uraian diatas penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat terapi pulsa medan elektromagnetik berbasis mikrokontroler ATmega16 yang memiliki dua buah mode pengaturan yaitu mode standar yang didasarkan pada penelitian sebelumnya dan mode dasar yang memiliki pengaturan yang lebih kompleks.

Penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan topik pembahasan dan dijadikan bahan untuk melakukan pengembangan penelitian adalah sebagai berikut :

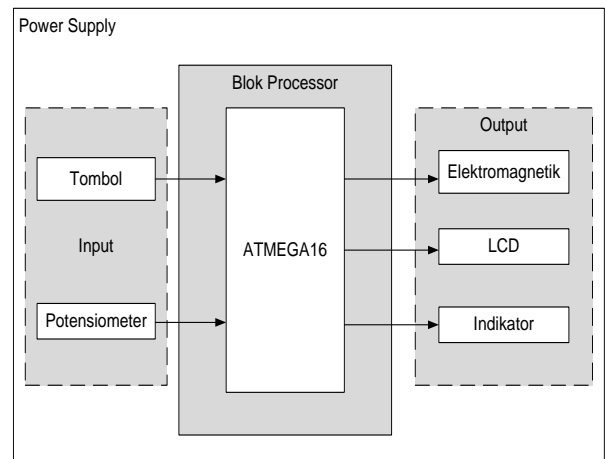
- a) *Rhumart Tesla-Schumann Resonance Regenerator* yang dibuat oleh Dr. Roland A. Drolet, Ph.D. dan Dr. Talibi, M.D. (1970), dijelaskan penelitian yang dilakukan berdasarkan pulsa frekuensi resonansi alami bumi dimana tesla mengidentifikasi frekuensi ini berada pada 60 Hz. Tesla percaya bahwa listrik dapat digunakan untuk menyembuhkan tubuh manusia dan secara teratur memberikan tenaga pada dirinya menggunakan elektromagnetik. Dr. Roland merancang sebuah alat yang memiliki 5 macam jenis sinyal modulasi dengan pengaturan amplitudo yang terintegrasi didalamnya. Penggunaan ring dan pad digunakan sebagai media induksi medan magnet ke dalam tubuh manusia dengan dua macam daya yang berbeda, ring menggunakan arus 2 A sedangkan pad menggunakan arus 4 A. Hasil penelitian tersebut dapat dan terbukti bermanfaat bagi fisiologis dasar manusia.
- b) Penelitian Edi Purwanto tentang Perhitungan Besar Medan Listrik dan Medan Magnet Pada Saluran Transmisi 500 KV dan Pengaruh Terhadap Tubuh Manusia. Berdasarkan penelitiannya diketahui bahwa batas aman medan elektromagnetik yang mengalir pada tubuh manusia berada dibawah 500 μ T.

2. METODE PENELITIAN

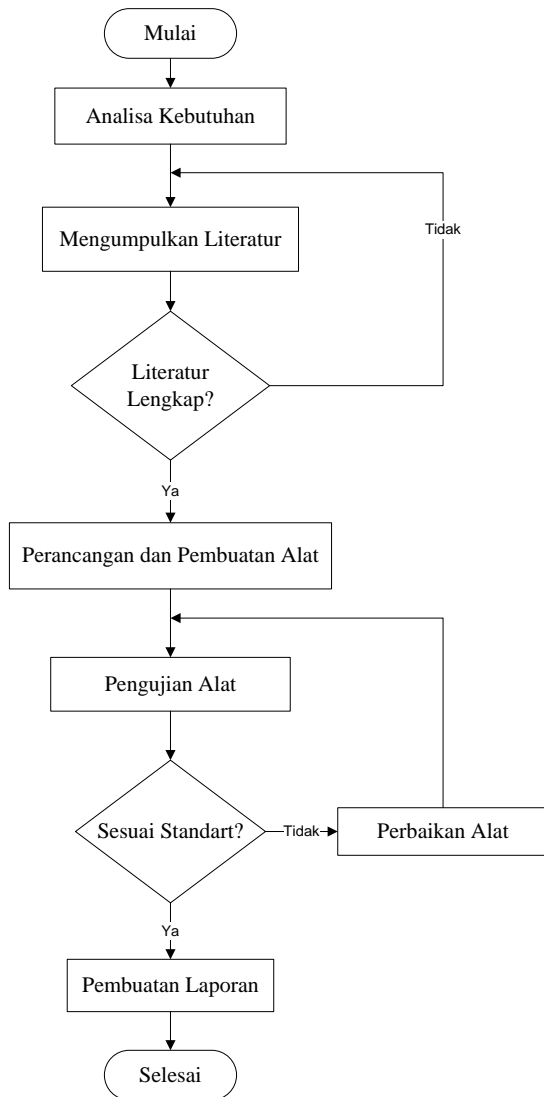
Perancangan alat terapi ini dimulai dengan pembuatan blok diagram alat yang meliputi 4 blok utama yaitu *power supply*, *input*, *processor* dan *output*. Blok *power supply* bekerja disemua bagian alat dan bertanggung jawab menyediakan daya bagi alat sehingga digambarkan paling besar. Pada blok *input* digambarkan terbagi atas 2 bagian lagi yaitu tombol dan potensiometer dimana memiliki fungsi yang sama sebagai input dan pengatur kerja dari alat terapi. Bagian ketiga yaitu *processor* yang berfungsi sebagai pemroses data dari bagian input berdasarkan program logika yang telah dibuat dan menghasilkan data *output* yang nantinya akan dibaca oleh perangkat *output*. Bagian terakhir yaitu *output* kemudian membaca data dari bagian *processor*

dan menerjemahkannya berdasarkan kerja dasar dari tiap-tiap perangkat *output*. Kesemuanya dirangkai menjadi satu sistem yang kompleks dan bekerja sama satu sama lainnya.

Bentuk yang lebih detail dari blok diagram pada Gambar 1 dibagi lagi menjadi rangkaian-rangkaian lain diantaranya rangkaian *power supply*, rangkaian variabel tegangan, rangkaian sistem minimum ATmega16, rangkaian tombol, rangkaian potensiometer dan selektor, rangkaian LCD, rangkaian indikator (*buzzer* dan led), rangkaian elektromagnetik (*driver*, dan lilitan).



Gambar 1. Blok Diagram Rangkaian



Gambar 2. Flowchart Penelitian

2.1 Perancangan Hardware

Box universal ukuran panjang 202 mm, lebar 167 mm, dan tinggi 66 mm digunakan sebagai tempat penyusunan semua komponen elektronika dalam alat ini.

Sisi depan bok digunakan sebagai panel depan tempat peletakan panel kontrol yang meliputi panel tombol dan panel potensiometer, serta penempatan LCD 16x4 sebagai layar tampilan informasi penggunaannya.

Sisi belakang bok dipakai sebagai panel belakang yang diperuntukkan sebagai panel konektor input dan output rangkaian.



Gambar 3. Panel Depan Alat Terapi



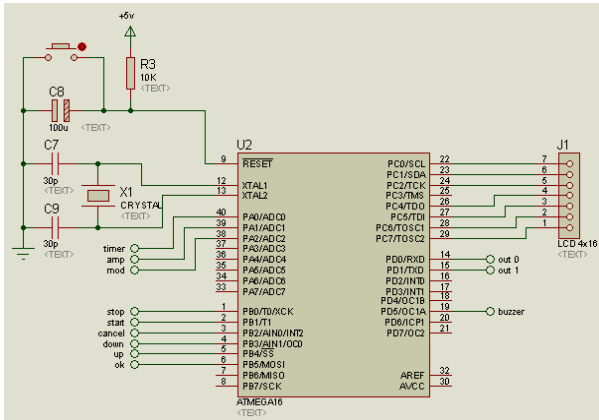
Gambar 4. Panel Belakang Alat Terapi

Perancangan Alat Terapi Pulsa Medan Elektromagnetik ini menggunakan sebuah sistem mikrokontroler ATmega16 sebagai basis pengontrol semua fungsi *input* dan *outputnya*.

Input mikrokontroler ATmega16 terdiri dari *input* tombol dan *input* potensiometer. Pada *input* tombol digunakan komponen *tag switch* sebagai *inputannya* dimana pin yang digunakan adalah PINB.0 sampai dengan PINB.5, dimana secara berurutan merupakan fungsi *Stop*, *Start*, *Cancel*, *down*, *Up*, *Ok*. Fungsi tombol ini hanya akan aktif ketika mendapat logika low (0 V).

Input dari potensiometer dimasukkan pada pin ADC (*Analog Digital Converter*) dimana pin ini dapat merubah tegangan *input* analog menjadi data digital sehingga dapat lebih mudah diolah oleh mikrokontroler. Pin yang digunakan pada fungsi ini meliputi PINA.0 sampai dengan PINA.2 yang secara berurutan merupakan fungsi *Adjust Timer*, *Adjust Amplitudo*, dan *Adjust Modul*.

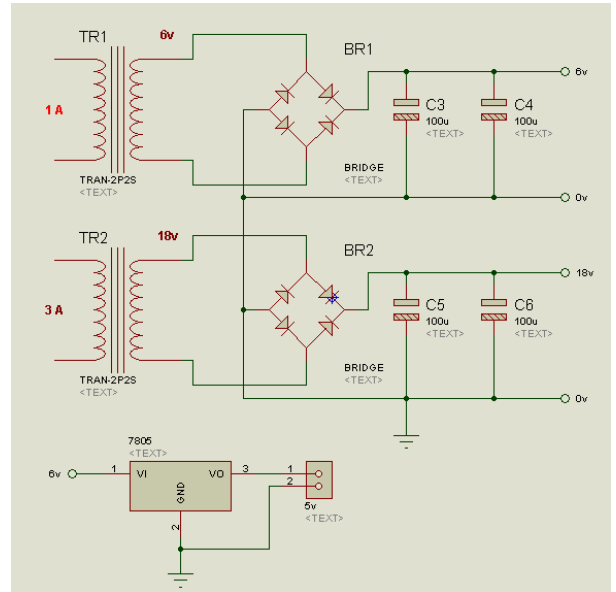
Sama halnya dengan bagian *input*, pada bagian *output* terdiri juga atas beberapa bagian yaitu *output* LCD, *output* pulsa elektromagnetik dan *output* indikator *buzzer*.



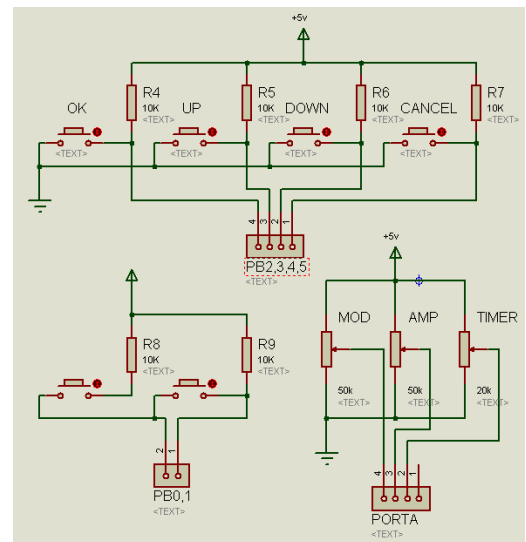
Gambar 5. Sistem Minimum ATmega16

Power supply pada alat terapi ini berkemampuan 1 Amper dan 3 Amper, untuk 1 Amper selanjutnya dirubah menjadi 2 buah tegangan yang berbeda yaitu tegangan 5V dan 12V DC. Tegangan 5V berfungsi untuk menyuplai mikrokontroler, rangkaian LCD dan *buzzer*. Sedangkan tegangan 12V digunakan untuk menyuplai *fan* pendingin. *Power supply* yang menggunakan daya 3 Amper hanya digunakan untuk menyuplai perangkat elektromagnetik, Hal ini bertujuan agar daya untuk elektromagnetik dapat secara penuh tersalurkan tanpa terbebani perangkat lain. Selain itu tegangan elektromagnetik dirancang variabel sehingga dapat diubah-ubah dengan bantuan regulator LM317.

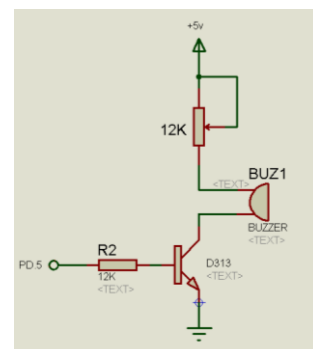
Rangkaian tombol tersusun atas tombol *tag switch* dan sebuah resistor 10KΩ yang dirancang sedemikian rupa sehingga tombol memiliki fungsi aktif *low*. Rangkaian *adjust* difungsikan untuk mengatur *timer*, amplitudo dan modul. Semuanya tersusun atas sebuah komponen potensiometer yang keluarannya kemudian akan diolah oleh mikrokontroler. Rangkaian tombol dan *adjust* lebih lengkap dapat dilihat pada Gambar 7. Rangkaian *buzzer* pada Gambar 8 hanya tersusun oleh komponen transistor sebagai *switch*, potensiometer sebagai pembagi tegangan dan *buzzer* untuk indikator keluarannya.



Gambar 6. Rangkaian *Power Supply*



Gambar 7. Rangkaian Tombol dan *Adjust*



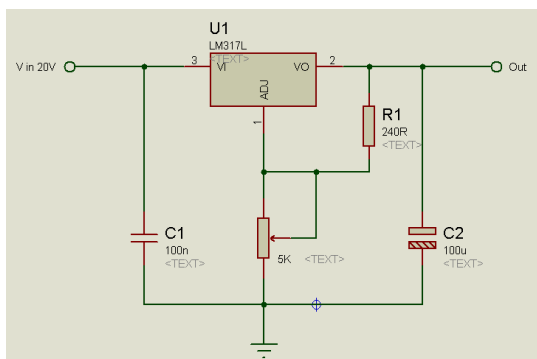
Gambar 8. Rangkaian *Buzzer*

Rangkaian variabel tegangan digunakan untuk mengatur tegangan keluaran dari elektromagnetik sehingga didapat kuat lemah medan elektromagnetik sesuai kebutuhan pengguna berdasarkan perubahan daya pada *input* elektromagnetik. Tersusun atas komponen regulator LM317, resistor dan kapasitor. Rangkaian ini memiliki keluaran tegangan antara 1,2V sampai dengan 20V.

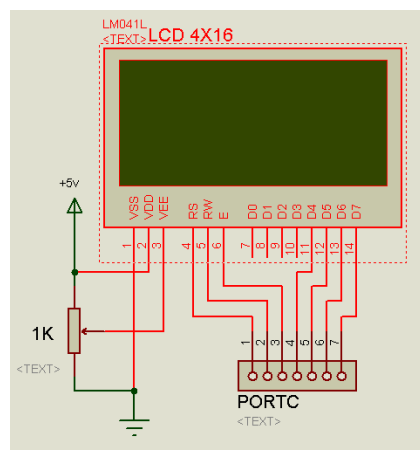
LCD 16x4 merupakan perangkat *output* yang penting dalam proyek ini dimana semua informasi penggunaan dan informasi *output* alat ditampilkan.. Gambar 10 menampilkan rangkaian dari LCD 16x4 yang dilengkapi dengan potensiometer 10KΩ pada pin VEE untuk mengatur kontras/pencahayaan tampilan LCD, dalam Gambar 10 ditampilkan juga rangkaian LCD dihubungkan pada PORTC mikrokontroler ATmega16.

Driver elektromagnetik alat terapi ini disusun dari komponen MOSFET, resistor dan dioda. Mosfet yang dipakai disini adalah tipe IRF640, Mosfet dipilih disini karena memiliki banyak keunggulan antara lain yaitu memiliki kecepatan *switch* yang tinggi, mampu bekerja pada arus tinggi, memiliki penanganan tegangan tinggi dan memiliki karakteristik transfer yang linier.

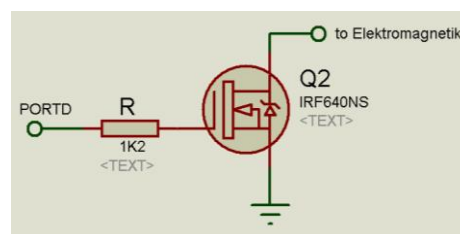
Pad elektromagnetik ini berbentuk persegi panjang dengan penampang 10x7cm dengan luas gulungan 7x6,5cm dimana digunakan kawat email berdiameter 0,9mm. Penghantar menggunakan kabel *microphone* dengan panjang 3 meter dan dilengkapi dengan konektor *microphone* juga.



Gambar 9. Rangkaian Variabel Tegangan



Gambar 10. Rangkaian LCD 16x4



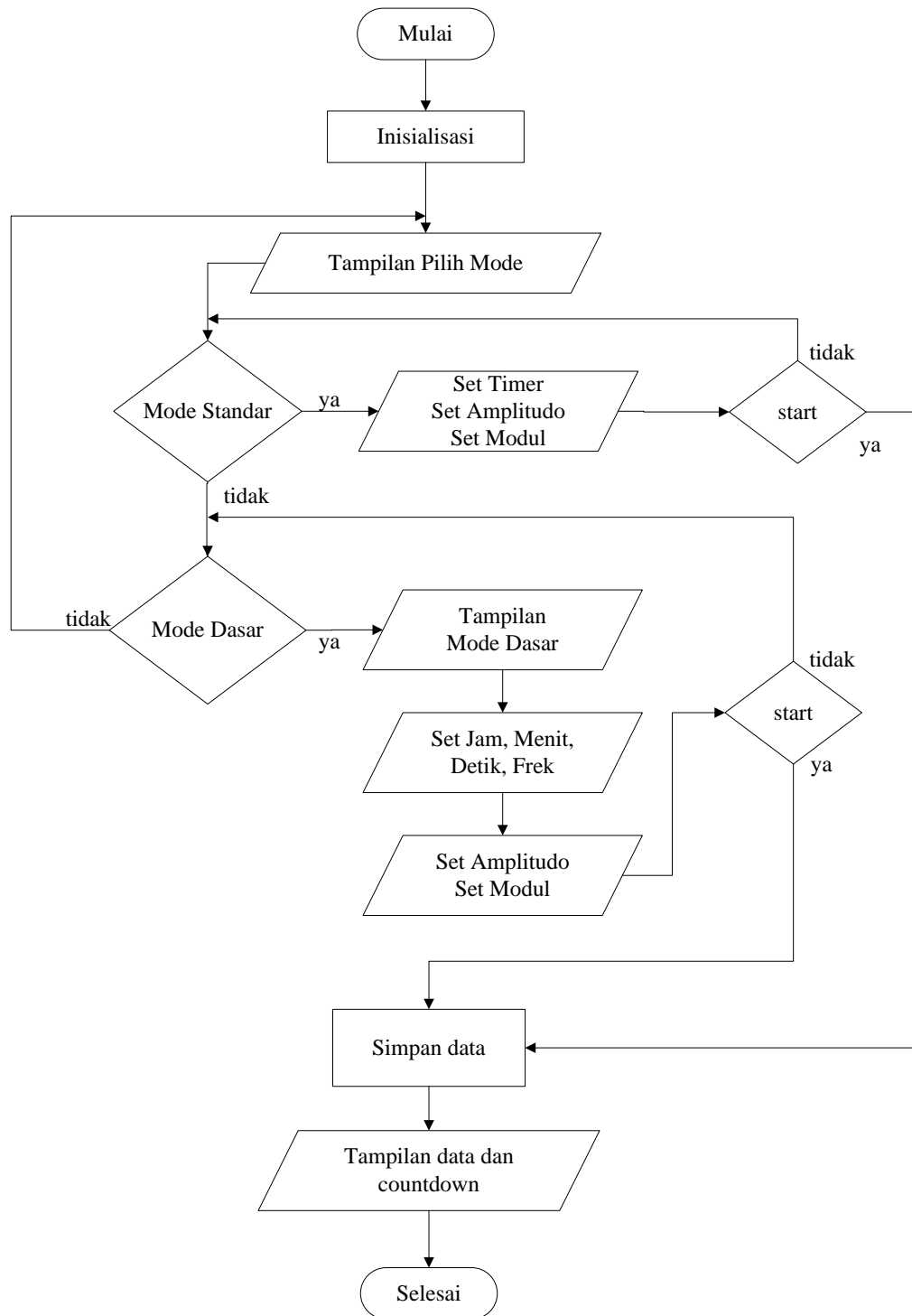
Gambar 11. Rangkaian *driver* Elektromagnetik



Gambar 12. Pad elektromagnetik

2.2. Perancangan Software

Perancangan program pada alat terapi pulsa medan elektromagnetik ini diawali dengan membuat *flowchart* untuk mempermudah penulis dalam menyusunnya yang kemudian dari *flowchart* tersebut akan digunakan sebagai pedoman dalam membuat program dalam sistem ini.



Gambar 13. Flowchart program utama

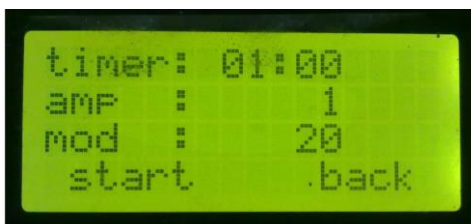
3. HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

Berdasarkan proses yang telah dijelaskan tentang kerja sistem *hardware* tersebut, dalam menjalankan rangkaian tersebut dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

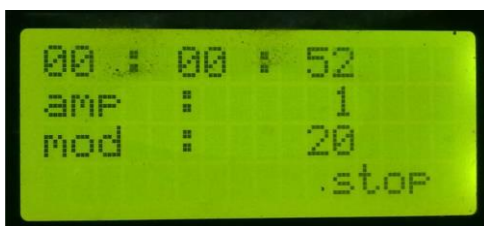
1. Sistem dihidupkan dengan menekan saklar ON yang berada di panel belakang alat, maka LCD 16x4 akan menyala dan setelah beberapa saat akan menampilkan menu awal pilih mode alat terapi seperti yang terlihat pada Gambar 13. Terdapat 2 mode yang dapat dipilih, yang pertama yaitu mode standar, dimana untuk menggunakan mode ini dapat dipilih dengan menekan tombol *Up*. Mode ini memiliki output yang telah ditetapkan nilainya sesuai referensi nilai frekuensi dan nilai modulasinya. Mode yang kedua yaitu mode dasar, dapat dipilih dengan menekan tombol *Down*. Mode ini memiliki pengaturan yang lebih kompleks dari pada mode standar.
2. Masuk pada sub menu dari mode standar, akan ditampilkan menu pengaturan *timer*, amplitudo, dan modul. Pada menu ini, frekuensi diatur tetap pada 60 Hz karena didasarkan pada literatur yang dipakai sebagai acuan oleh penulis dalam perancangan alat terapi ini. Pada Gambar 14 terlihat nilai minimum pada setiap pengaturannya. Pada *timer* terdapat nilai 1 menit, amplitudo pada level 1 dan modul 20 berarti sinyal mengeluarkan sinyal kontinu. Saat tombol *start* ditekan pada Gambar 14, maka alat akan mulai bekerja dan melakukan *countdown* selama 1 menit seperti yang terlihat di Gambar 15. Pada *countdown* berjalan, hanya tombol Stop yang bisa berfungsi untuk mengakiri kerja alat/*countdown*.
3. Mode yang kedua yaitu mode dasar. Saat mode ini dipilih maka tampilan awal mode dasar ditampilkan seperti terlihat pada Gambar 16.



Gambar 13. Tampilan menu awal LCD



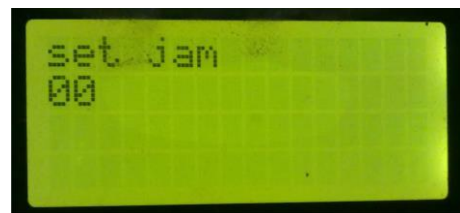
Gambar 14. Sub menu mode standar



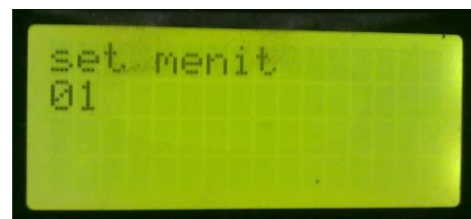
Gambar 15. *Countdown* sub menu mode standar



Gambar 16. Tampilan awal mode dasar



Gambar 17. Sub menu mode dasar pengaturan jam



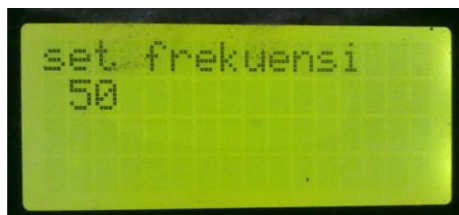
Gambar 18. Sub menu mode dasar pengaturan menit

Tampilan awal mode dasar ini menunjukkan terdapat 3 fungsi tombol yang dapat dipilih. Saat tombol *start* dipilih maka data pengaturan variabel-variabelnya akan *default*. Saat tombol *ok* ditekan maka menu selanjutnya akan ditampilkan, tapi sebaliknya jika tombol *cancel* ditekan maka menu akan kembali ke menu awal LCD/menu pilihan mode.

4. Berlanjut ke sub menu mode dasar, maka tampilannya berturut-turut terdiri atas pengaturan jam, pengaturan menit, pengaturan detik dan pengaturan frekuensi, seperti terlihat pada Gambar 17 sampai Gambar 20. Pengaturan *timer* yang meliputi pengaturan jam, menit dan detik memiliki nilai maksimal 59 jam, 59 menit dan 59 detik, dengan data *default* 0. Sedangkan data frekuensi berada pada range 18 Hz sampai dengan 100 Hz, dengan nilai *default* data 50 Hz.
5. Saat mode data telah ditampilkan dan dikonfirmasi kebenarannya, maka tombol *start* dapat ditekan untuk mulai menjalankan program dan proses *countdown timer*.
6. Setelah proses *countdown* seperti yang terlihat pada Gambar 4.11 selesai maka akan diakhiri bunyi indikator *buzzer* dan menu akan dikembalikan pada tampilan menu awal mode dasar.



Gambar 19. Sub menu mode dasar pengaturan detik



Gambar 20. Sub menu mode dasar pengaturan frekuensi



Gambar 21. Tampilan data mode dasar

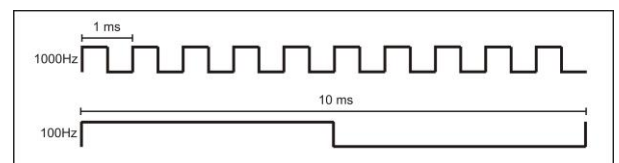


Gambar 22. Countdown sub menu mode dasar

3.1. Pengujian dan Analisis Frekuensi

Pengujian frekuensi dilakukan untuk mengetahui karakteristik *output* alat apakah sesuai dengan yang telah dirancang. Pengujian ini memuat data pemrograman dan data pembacaan osiloskop yang telah diolah dan dicocokkan. Frekuensi disini memanfaatkan *timer 0* sebagai *clocknya*, dimana *timer 0* adalah *timer 8 bit*.

Penggunaan frekuensi dasar 1000 Hz digunakan untuk pedoman dalam perhitungan dan penetapan konversi frekuensi-frekuensi lain dalam alat ini. Salah satunya perhitungan pada frekuensi 100 Hz terlihat pada Gambar 23, dimana pencuplikan hanya dilakukan pada 1 periode gelombang 100 Hz saja.



Gambar 23. Frekuensi dasar 1000 Hz dan contoh frekuensi 100 Hz

```

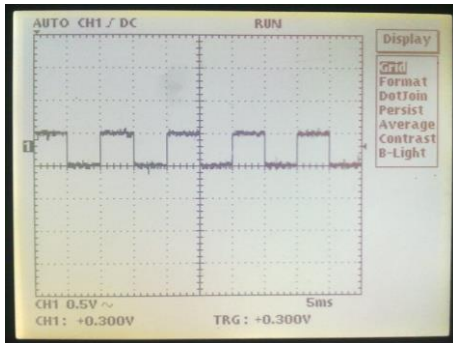
23 // Timer 0 overflow interrupt service routine
24 interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
25 {
26     TCNT0=0x53;
27     count++;
28     y++;
29     if(count<=t) f=1; else f=0;
30     if(count>=x){count=0; pulsa++;}

```

Gambar 24. Program konversi frekuensi


```
556      x=1000/frek;
557      t=x/2;
```

Gambar 25. Program penentuan variabel periode frekuensi



Gambar 26. Keluaran frekuensi 100 Hz

Perhitungan dan penetapan konversi dari frekuensi 1000 Hz menjadi 100 Hz dapat dilihat pada Gambar 24 dan 25. Sehingga nilai periode sinyal dari frekuensi 100 Hz adalah 10 ms dan setengah periode adalah 5 ms. Berdasarkan Gambar 24 program variabel count akan berjalan dan bertambah terus sesuai dengan periode 1 ms dengan nilai *out* awal *high*. Saat nilai count telah mencapai 5 kali periode (5 ms) maka nilai *out* akan bernilai *low* sampai nilai count sebanyak 10 kali periode (10 ms) setelah itu nilai count akan direset ke nilai 0 kembali. dan proses akan berlanjut terus menerus untuk *output* frekuensi 100 Hz. Berdasarkan data keluaran frekuensi 100 Hz pada Gambar 26 didapat bahwa perhitungan program frekuensi berjalan dengan baik dengan sesuai dengan perancangan.

3.2. Pengujian dan Analisis Timer

Timer yang dimaksud disini adalah fungsi *timer countdown* yang dijadikan sebagai pembatas waktu penggunaan alat oleh pengguna. *Timer* untuk mode standar terbatas pada fungsi menit dimana variabel data menit disini terdiri dari 1 menit, 2 menit, 3 menit, 4, menit, 5 menit, 10 menit, 15 menit dan 30 menit. Berbeda dengan mode dasar yang memiliki pengaturan data *timer* yang lebih kompleks.

```
y++;
if (!jam && !menit && !detik){jam=0; menit=0; detik=0; n=0;}else
{
    if (y==1000) {detik--; y=0;}
    if (detik>59) {detik=59;menit--;}
    if (menit>59) {menit=59;jam--;}
}
```

Gambar 27. Program *countdown timer*

Kerja *timer countdown* didasarkan pada frekuensi 1000 Hz dimana setelah data *y* sama dengan 1000 itu berarti telah ada 1000 gelombang dalam satu detik maka data detik berkurang 1, begitu seterusnya hingga nilai jam, menit dan detik bernilai 0.

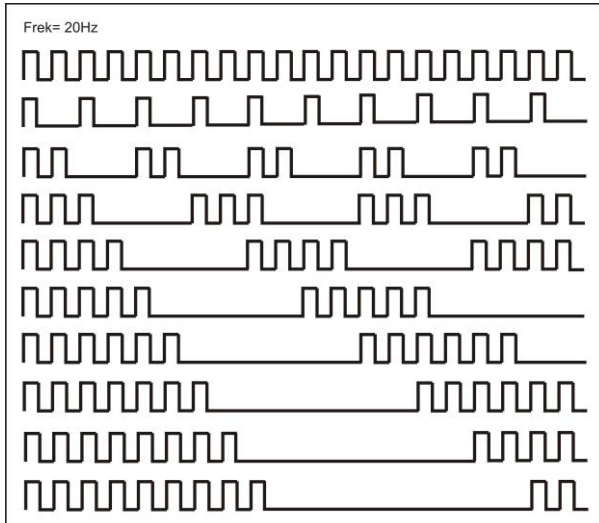
Berdasarkan data yang telah ditampilkan pada Gambar 13 dan Gambar 22 ditampilkan proses *countdown* kedua mode, terlihat *countdown timer* berjalan lancar sesuai program yang telah dibuat.

3.3. Pengujian dan Analisis Modul Output

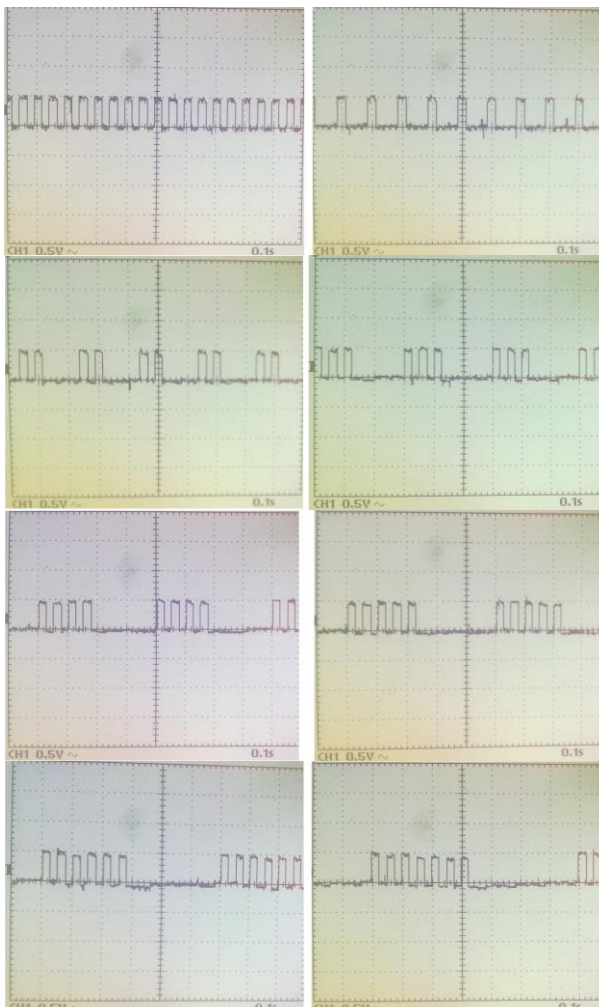
Modul keluaran alat ini terbagi atas 10 modul, yaitu modul kontinyu dan modul 1 sampai dengan 9. Modul 20 adalah modul dengan keluaran kontinyu berdasarkan nilai frekuensi yang telah diatur. Nilai 1 pada modul 1 memiliki pengertian *output* modul bernilai 1 gelombang dan diikuti pulsa negatif sebesar 1 gelombang. Terdapat pula fungsi khusus modul 1 dimana nilai pulsa negatif dapat diatur jumlahnya dengan merubah nilai variabel nolnya. Proses ini berangsur terus menerus selama periode frekuensi yang telah diatur. Pengertian ini berlaku juga untuk modul-modul yang lain, dan untuk lebih jelasnya ditunjukkan oleh ilustrasi Gambar 29.

```
24 interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
25 {
26     TCNT0=0x53;
27     count++;
28     y++;
29     if (count<=t) f=1; else f=0;
30     if (count>=x){count=0; pulsa++;}
31
32     if (n==20){out0=f;}
33     else{
34         if (pulsa>=n)out0=0; else out0=f;
35         if ((low==0) && (pulsa>=(n*2)))pulsa=0;
36         if ((low==1) && (pulsa>=(n*nol)))pulsa=0;
37     }
38 }
```

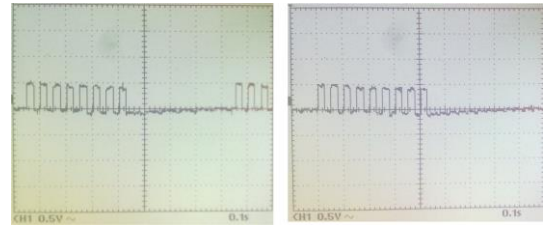
Gambar 28. Program modul



Gambar 29. Bentuk sinyal keluaran modul



Gambar 30. Hasil pembacaan *output* modul kontinyu sampai dengan modul 7



Gambar 31. Hasil pembacaan *output* modul 8 dan 9

Melihat dan membandingkan hasil pengukuran osiloskop seperti yang terlihat pada Gambar 4.25 sampai Gambar 4.29 dengan perancangan program didapatkan nilai kesamaan yang signifikan sehingga pengujian *output* modul berjalan lancar.

3.4. Pengujian dan Analisis Amplitudo

Pengaturan amplitudo digunakan untuk mengatur intensitas kuat medan magnet yang dihasilkan oleh elektromagnetik, sehingga nilai penguatan dapat diatur oleh pengguna sesuai dengan kebutuhannya. Amplitudo disini memiliki *range* tegangan antara 1,45 v sampai dengan 7,70 v seperti tampak pada tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran Rangkaian Variabel Tegangan

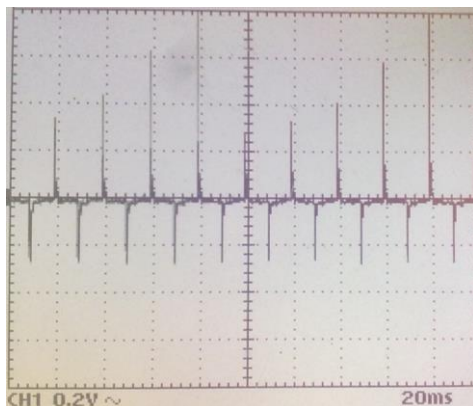
Level	Range Output (volt)
1	1,45 – 2,75
2	2,76 – 3,80
3	3,81 – 4,65
4	4,66 – 5,45
5	5,46 – 6,20
6	6,21 – 6,80
7	6,81 – 7,25
8	7,26 – 7,55
9	7,56 – 7,60
10	7,61 – 7,70

3.5. Pengujian dan Analisis Sinyal Pad Elektromagnetik

Penggunaan pad dipilih untuk menginduksikan medan elektromagnetik dari alat ke tubuh pengguna. Berdasarkan literatur yang dipakai oleh penulis sebagai acuan, penggunaan medan elektromagnetik pada tubuh manusia tidak boleh melebihi $500\mu\text{T}$. Alat terapi ini bekerja dalam range medan elektromagnetik $0\mu\text{T}$ sampai dengan $453\mu\text{T}$. Nilai tersebut didapat dengan melakukan pengukuran *output* pad dengan menggunakan alat *EMF Field Tester/Electromagnetic Field Radiation Tester*, seperti tampak pada Gambar 32.



Gambar 32. Pengukuran Pad dengan EMF Field Tester



Gambar 33. Hasil *output* pad modul kontinyu

Gambar 33 menunjukkan hasil pengukuran *output* pad elektromagnetik dengan pengaturan modul kontinyu dan frekuensi 50 Hz. Berdasarkan hasil tersebut nilai yang ditunjukkan sesuai dengan nilai pengaturan yang dilakukan oleh penulis pada alat terapi, sehingga dapat dikatakan bahwa *driver* elektromagnetik dan pad elektromagnetik berjalan dengan baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Alat Terapi Pulsa Medan Elektromagnetik Berbasis Mikrokontroler ATmega16 ini bekerja pada frekuensi 18 Hz sampai dengan 100 Hz.
2. *Timer 0* dapat digunakan sebagai sumber pembangkit pulsa didukung dengan software aplikasi KAVRCalc sehingga memiliki kepresisian cukup tinggi.
3. Alat Terapi Pulsa Medan Elektromagnetik memiliki 10 modul kerja, sedangkan literatur yang digunakan penulis sebagai acuan memiliki 6 modul kerja. Modul tambahan ini bertujuan untuk menambah variasi kerja alat terapi.
4. Kerja Elektromagnetik berada pada *range* kuat medan $0\mu\text{T}$ sampai dengan $453\mu\text{T}$. Range tersebut berada pada level aman dimana ambang batas maksimal medan elektromagnetik pada tubuh manusia yaitu $500\mu\text{T}$.
5. *Timer countdown* digunakan untuk membatasi penggunaan medan elektromagnetik berlebihan oleh pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2012. “Manfaat lain dari Listrik”. <http://tuban.olx.co.id/manfaat-lain-dari-listrik-iid-102971028>. Diakses tanggal 1 Maret 2012.
- Anonim. 2012. “Biografi William Sturgeon, Penemu Elektromagnetik”. <http://www.cafeberita.com/serba-serbi/biografi/penemu-ilmuwan/2012/08/25/biografi-william-sturgeon-penemu-elektromagnetik/7250>. Diakses tanggal 29 Agustus 2012.
- Anonim. 2012. “Sejarah Magnet dan kegunaanya Untuk Kesehatan”. <http://www.anneahira.com/sejarah-magnet.htm>. Diakses tanggal 29 Agustus 2012.
- F. Suryatmo. 1996. *Dasar – Dasar Teknik Listrik*. Edisi Kedua. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Drolet, Roland A. 1980. “Rhumart Tesla-Schumann Resonance Regenerator”. <http://www.rhumart.com/>. Diakses 1 Maret 2012.
- Purwanto, Edi. “Perhitungan Besar Medan Listrik dan Medan Magnet Pada Saluran Transmisi 500 KV dan Pengaruh terhadap Manusia”. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Surabaya.
- Saputro, D. N. 2012. “Propeller Display Berbasis Mikrokontroler ATmega16”. Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Siregar, O. P. 2012. “Desain Motor Untuk Sepeda Listrik”. Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta
- Widodo Soemitro, Herman. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*. (Terjemahan dari penulis Robert F. Coughlin dan Frederick F. Driscoll). Jakarta : Erlangga.
- Wildi, Theodore. 1997. *Electrical Machines, Drives, and Power System*. America : Prentice hall, Inc.
- Zuhail. 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.