

GENERATOR SINYAL ELECTROMYOGRAPHIC DENGAN MENGGUNAKAN METODE FAST FOURIER TRANSFORM

Nur Kholis

Teknik Elektro FT. Universitas Muhammadiyah Ponorogo
e-mail: www.kholis2as@yahoo.com

ABSTRAK

Generator Sinyal mempunyai peranan penting dalam identifikasi sinyal biomedik. Salah satu sinyal biomedik adalah sinyal Electromyographic (EMG). Sinyal Electromyographic merupakan sinyal yang dihasilkan oleh otot dan dapat dianalisis dengan mengamati bentuk, amplitudo dan frekuensinya. Dengan membandingkan frekuensinya kita dapat membedakan antara sinyal EMG normal dengan sinyal pasien yang mempunyai kelainan. Sedangkan metode untuk mendapatkan respon frekuensinya dapat digunakan Fast fourier transform (FFT). Pada penelitian ini telah dibuat sinyal generator EMG yang menghasilkan 4 sinyal normal dan 4 sinyal yang mempunyai kelainan. Sinyal normal yang dihasilkan mempunyai range frekuensi 6 – 15 Hz dengan amplitudo –2.5 sampai 2.5 milivolt pada saat otot beristirahat. Daerah pengukuran terletak pada otot Biceps, Tibialis Anterior, First Dorsal Interosseus, dan triceps. Sinyal abnormal yang dihasilkan terdiri dari myopathy dengan daerah pengukuran di otot biceps, neuropathy di Tibialis Anterior, neuropathy di Biceps, dan cedera syaraf sciatica di Tibialis Anterior. Untuk sinyal abnormal yang telah dihasilkan cenderung terjadi pengurangan amplitudo dan penambahan frekuensi.

Kata kunci: *Electromyographic, Fast Fourier Transform, amplitude*

PENDAHULUAN

Perkembangan Biomedika, telah membawa perubahan yang cukup besar dalam memperbaiki kualitas hidup manusia. Hal ini tentunya juga dipengaruhi oleh semakin banyaknya pengembangan teknologi elektronika yang mengarah ke bidang biomedika.

Dengan banyaknya sinyal tubuh yang dapat diukur dan dianalisa semisal ECG, EEG, dan EMG ternyata cukup membantu dalam menentukan kesehatan seseorang. Sinyal sinyal tersebut mempunyai bebarapa informasi tentang penyakit yang diderita oleh pasien.

Salah satu sinyal biomedik yang sering digunakan adalah sinyal Electromyographic. Untuk mempelajari sinyal ini tentunya dibutuhkan alat pendukung yang dapat mempermudah dalam mengukur dan mengidentifikasi sinyal EMG tersebut.

Dalam mempelajari sinyal EMG diperlukan suatu sinyal generator yang dapat menghasilkan sinyal normal dan tidak normal. Untuk membantu mengecek kebenaran alat ukur sinyal emg maka diperlukan alat yang dapat mensintesa sekaligus mendisplaykan sinyal tersebut.

Untuk mendesain filter dalam pengukuran sinyal EMG harus diperhatikan tanggapan frekuensi dari sinyal tersebut. Sinyal EMG normal dan abnormal dapat dibedakan dengan mengamati bentuk dan respon frekuensinya. Respon frekuensi sinyal EMG dapat diperoleh dengan menggunakan metode *Fast fourier transform*.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain instrumentasi yang dapat menghasilkan sinyal EMG normal dan abnormal sekaligus menampilkan bentuk dan respon frekuensinya pada LCD grafik.

Dengan selesainya penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dalam mempelajari sinyal EMG. Generator sinyal ini juga dapat membantu dalam perancangan dan pembuatan alat ukur sinyal EMG.

Sinyal EMG

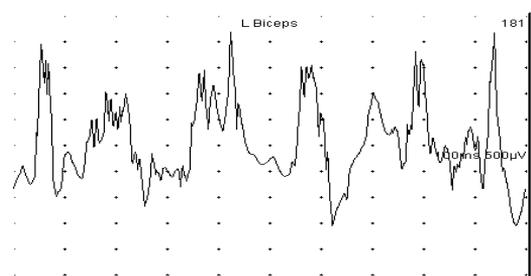
Electromyographic adalah sinyal yang dihasilkan oleh otot yang mengandung informasi tentang keadaan otot tersebut. Peristiwa peristiwa listrik yang terjadi pada otot dapat direkam oleh alat *electromyograph*. Listrik ini diwujudkan sebagai impuls-impuls pesan dari organ-organ indera ke sistem saraf pusat dan perintah dari sistem saraf pusat untuk dilaksanakan.

Sinyal EMG Normal

Sinyal EMG normal mempunyai kekhasan tersendiri, walaupun untuk membedakan antara sinyal normal dan tidak normal perlu pengetahuan yang lebih dalam. Salah satu analisa yang dipakai untuk membedakan sinyal emg normal dan tidak adalah respon frekuensi sinyal tersebut. Analisa yang lain adalah dengan melihat amplitudonya, menganalisa *motor unit potensial* (MUP), analisa pola gangguan di otot dan beberapa macam cara yang lain. Sinyal normal EMG mempunyai nilai amplitudo maksimal dan frekuensi yang berbeda beda dalam tiap otot di bagian tubuh yang berbeda. Pada umumnya sinyal normal EMG mempunyai range frekuensi antara 6 –15 Hz dan amplitudo –2.5 milivolt sampai 2.5 milivolt dalam keadaan otot beristirahat. Berikut ini adalah sinyal siyal EMG normal yang telah disintesa.

Biceps

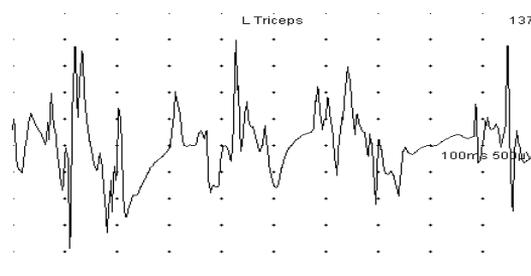
Sinyal Biceps normal mempunyai range frekuensi antara 6 –10 Hz . Gambar 2.6 salah satu contoh sinyal EMG yang diukur di otot biceps dalam keadaan istirahat.



Gambar 1 Sinyal Normal EMG Biceps

Triceps

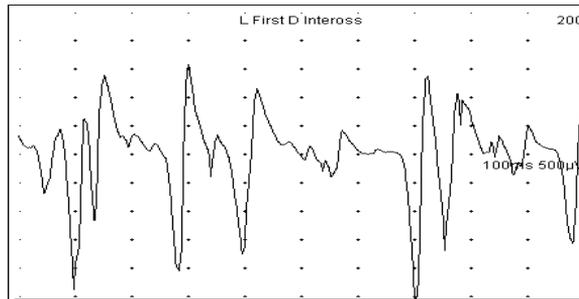
Sinyal Triceps normal mempunyai frekuensi sekitar 10 Hz



Gambar 2 Sinyal Normal EMG Triceps

First Dorsal Interosseus

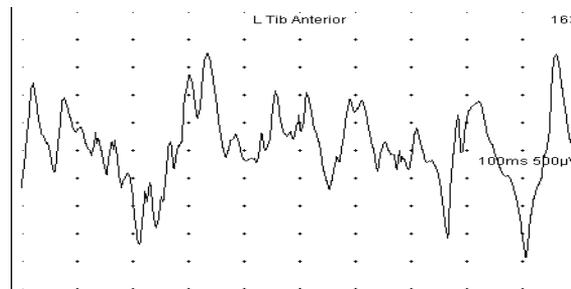
First Dorsal Interosseus mempunya sinyal normal sekitar 11 Hz. Contoh sinyal EMG dibagian ini seperti gambar 2.8



Gambar 3 Sinyal Normal EMG First Dorsal Interosseus

Tibialis Anterior

Sinyal normal didaerah ini mempunyai range sekitar 8 - 9 Hz.



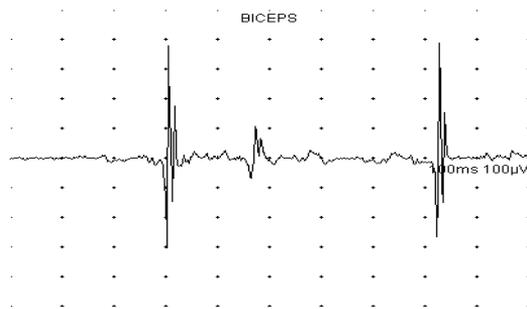
Gambar 4 Sinyal Normal EMG Tibialis Anterior

Sinyal EMG Abnormal

Sinyal EMG abnormal mempunyai berbagai macam kelainan yang dapat dikenali dengan berbagai macam metoda. Otot yang mengalami suatu penyakit atau kelelahan umumnya sinyal EMG nya mengalami penambahan atau pengurangan frekuensinya, tetapi terkadang juga mempunyai frekuensi yang tidak berubah tetapi amplitudonya mengalami pengurangan. Ada beberapa macam kelainan pada sinyal EMG semisal *myopathy*, *neurophy*, *esential tremors*, dan *idiopathic torticolis*.

Myophaty

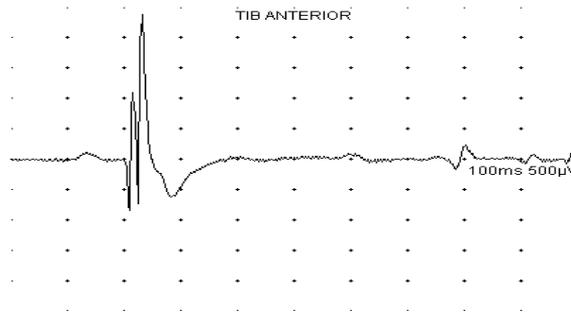
Myophaty adalah salah satu macam penyakit salah urat. Penyakit ini menyebabkan berkurangnya serat otot, *altrophy*, *hypertrophy*, pergantian serat otot ,dan *reinervation*. Sinyal EMG dari penyakit ini bisa tetap normal ataupun mengalami penambahan, tetapi amplitudo sinyal mengalami pengurangan dari normalnya. Kelainan ini dapat dideteksi di otot biceps.



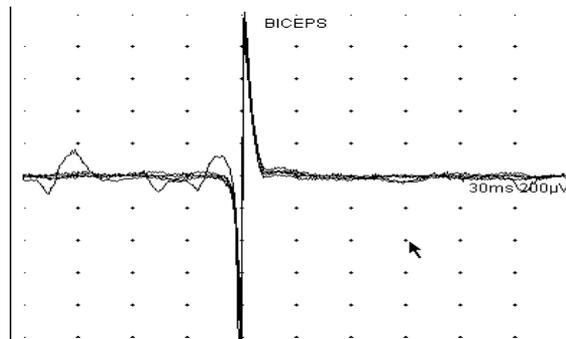
Gambar 5 Sinyal EMG Biceps yang menderita Myopathy

Neurophaty

Neurophaty adalah penyakit yang menyebabkan terjadinya ketegangan sistem otot. Tiga hal yang sering dialami oleh orang yang mengalami diabetes antara lain *peripheral neuropathy*, *autonomic neuropathy*, dan *mononeuropathy*. Pengaruh terbesar pada penderita *peripheral neuropathy* tertletak pada bagian lengan dan kaki. Proses penyakit ini misalnya berkurangnya motor unit (*neuron/axon*), *Reinnervation*, *Hypertrophy*, dan kerusakan pada Motor unit. Kelainan yang diakibat *neurophaty* dapat diukur di otot bagian biceps dan tibialis anterior.



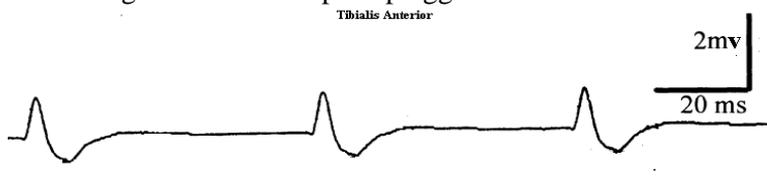
Gambar 6 Sinyal EMG di Tibialis Anterior yang menderita Neurophaty



Gambar 7 Sinyal EMG di Biceps yang mengalami Neurophaty.

Cedera Syaraf Sciatica

Sciatica adalah syaraf perasa sakit yang menyebar kebawah dari punggung sampai pantat hingga ke bawah lutut. Berikut ini adalah sinyal EMG di Tibialis Anterior yang dideritaoleh pasien berumur 60 tahun yang mengalami cedera syaraf sciatica setelah mengalami dislokasi pada pinggul selama 2 tahun



Gambar 8 Sinyal EMG Tibialis Anterior yg mengalami cedera syaraf sciatica.

METODOLOGI PENELITIAN

Akuisisi Data

Dalam mensintesa sinyal ataupun mencuplik sinyal peran akuisisi data sangat penting. Hal hal yang perlu diketahui dalam akuisisi data antara lain adalah konverter digital ke analog atau sebaliknya dan teorema pencuplikan atau *sampling*.

Untuk DAC dan ADC perlu diperhatikan kecepatan pemrosesan data dari *device* tersebut. Hasil cuplikan dari ADC dan DAC adalah *discrete* yang mempunyai nilai pada waktu tertentu saja. Seshingga outputan DAC dan inputan ADC merupakan pendekatan sinyal yang berbentuk tangga. Dalam proses pengeluaran dan pemasukan data hal terpenting adalah delta t atau waktu pencuplikan mempunyai *delay* yang sama, atau dalam kata lain mempunyai frekuensi *sampling* yang stabil.

Proses *sampling* yang dilakukan haruslah sesuai dengan teorema nyquist, bahwa frekuensi pencuplikan minimal dua kali lebih besar dari frekuensi sinyal yang dicuplik.

Fast Fourier Transform

Fast fourier transform merupakan salah satu metode dari *Discrete fourier transform*. *Fast Fourier transform* yang disingkat sebagai FFT merupakan cara merubah fungsi domain waktu menjadi domain frekuensi. Seluruh sinyal dapat diuraikan menjadi sinyal sinus dengan sudut fase tertentu dan masing masing mempunyai amplitudo dan frekuensi yang tertentu ditambah dengan komponen DC.

Algoritma Fast Fourier Transform

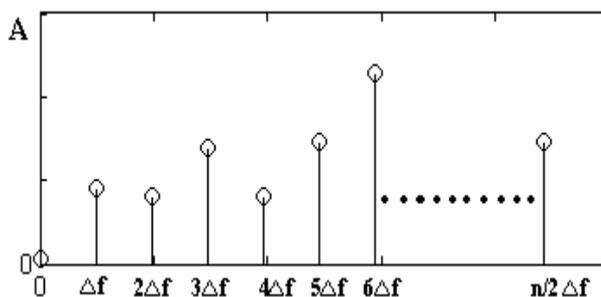
Algoritma yang dipakai adalah algoritma Cooley Tukey. Pada FFT akan terdapat parameter yaitu :

- N : Jumlah cuplikan atau data, untuk FFT (nilai N harus 2^n)
- t cuplik : lama pencuplikan
- Δf : Nilai penambahan tiap komponen (frekuensi)
- A : Magnitude atau amplitudo dari tiap komponen frekuensi
- Y : Nilai Hasil FFT yang berupa bilangan kompleks
- X : nilai dari data
- Fs : Frekuensi sampling
- Ts : Waktu sampling/ delay tiap pencuplikan/periode cuplik
- n : nomer data untuk Y
- k : nomer data untuk X

$$Y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} X(k)W^{nK}, w = e^{-j2\pi/N}$$

Dengan $n = 0, 1, \dots, N-1$, $\Delta f = 1/t$ cuplik, t cuplik = $N \cdot Ts$ atau t cuplik = $N \cdot 1/fs$

$$A = \frac{1}{N/2} \text{abs}(Y)$$



Gambar 9 Fast Fourier Transform

Mikrokontroler

Mikrokontroler yang sering digunakan adalah keluarga MCS 51 yaitu terdiri dari 8031, At89C51, AT89S51, dan AT2051. Mikrokontroler tersebut mempunyai beberapa fungsi penting antara lain :

a. Interrupt

Terdiri dari sepasang *interrupt* eksternal yaitu INT0 dan INT1. Untuk mengaktifkan kedua *interrupt* ini maka pada register IE diberi angka aktif 1 pada bit pertama dan ketiga. Prioritas dari interrupt ini diatur oleh register IP, juga pada bit pertama dan ketiga. Untuk mematikan kerja *interrupt* sementara maka register EA diberi nilai 0 atau dengan program `clr EA`.

b. Timer

Selain *interrupt* eksternal port control ini terdapat sepasang *interrupt timer* T0 dan T1. Untuk mengaktifkan kedua *timer* harus melalui beberapa prosedur dahulu. Pertama adalah penentuan jenis *timer* dengan register TMOD. Register ini tidak bisa diakses bit per bit. biasanya setting dilakukan pada awal inisialisasi program. Setelah setting TMOD maka timer siap untuk dijalankan (start), dihentikan atau lain-lainnya dengan mengakses register timer khusus yaitu SFR (*Special Function Registers*).

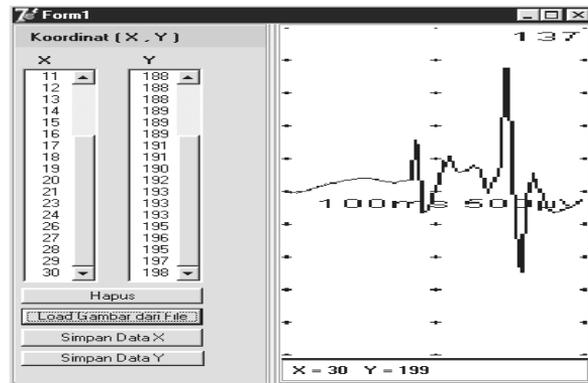
c. Serial

Pada *Port Control* ada sepasang pin serial, dimana digunakan untuk komunikasi data serial. Mode komunikasi serial ini ada empat macam yang kesemuanya diatur pada register SCON (*Serial Control Register*) pada alamat 099H.

Desain Perangkat Keras (Hardware)

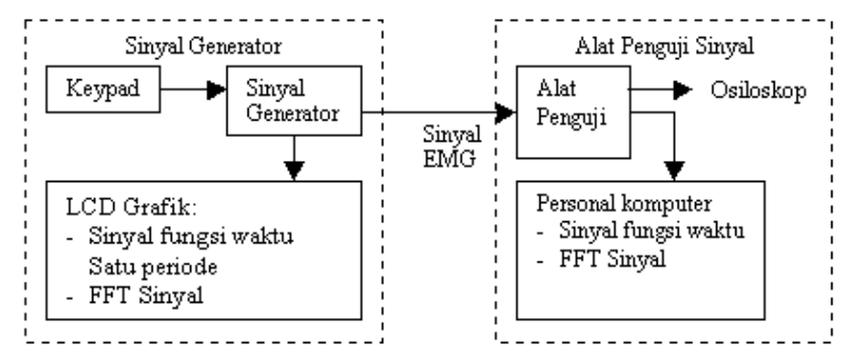
Proses Pengambilan Data

Berdasarkan referensi di internet maka akan didapat gambar sinyal yang disertai dengan ukurannya. Proses pengambilan data dilakukan dengan penyamplingan gambar sinyal tersebut dengan menggunakan software delphi secara manual. Gambar sinyal akan di *stretch* sehingga ukuran sinyal perpixel menjadi 10 mikrovolt dan 1 milisecond . Gambar sinyal akan disampling perpixel sehingga frekuensi *sampling* menjadi 1 Khz. Hasil sampling akan tersimpan dalam koordinat x dan y dan disimpan di file.



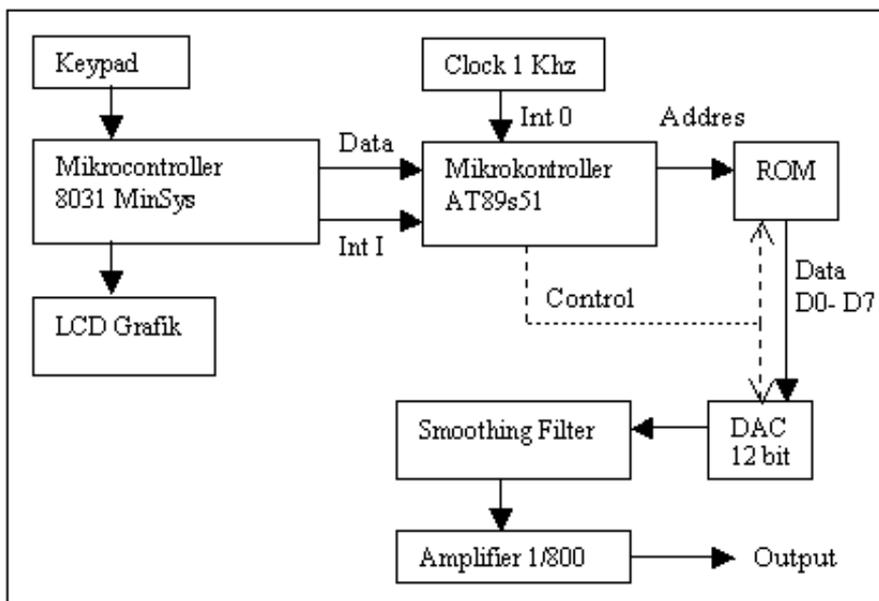
Gambar 10 Software pencuplikan data

Perancangan perangkat keras pada penelitian kali ini terdiri dari dua macam. Sinyal generator EMG sebagai perangkat utama dan alat pengujian sebagai pembanding atau pengujian sinyal generator. Secara garis besar diagram blok keseluruhan sistem adalah sebagai berikut.



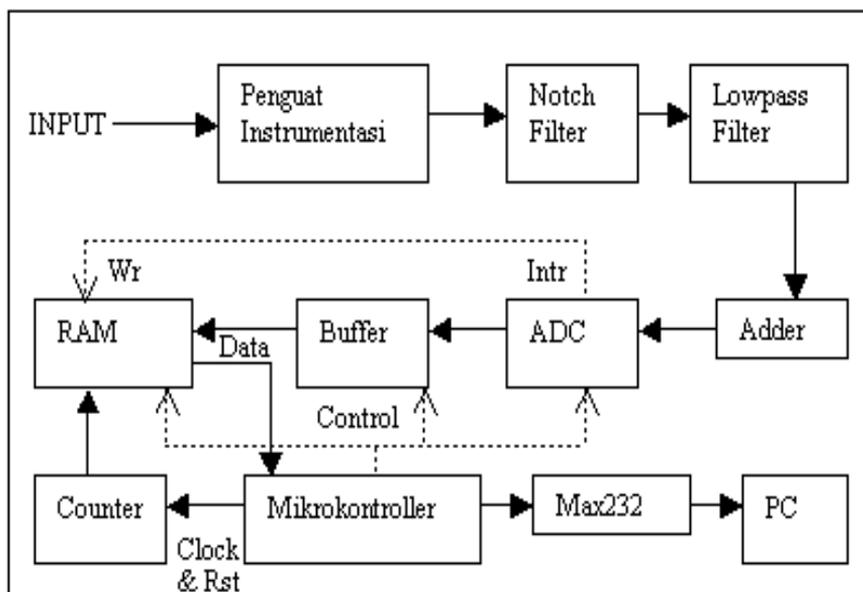
Gambar 11 Diagram Blok Sistem secara keseluruhan

Sinyal Generator



Gambar 12 Diagram Blok Sinyal generator

Alat Penguji.

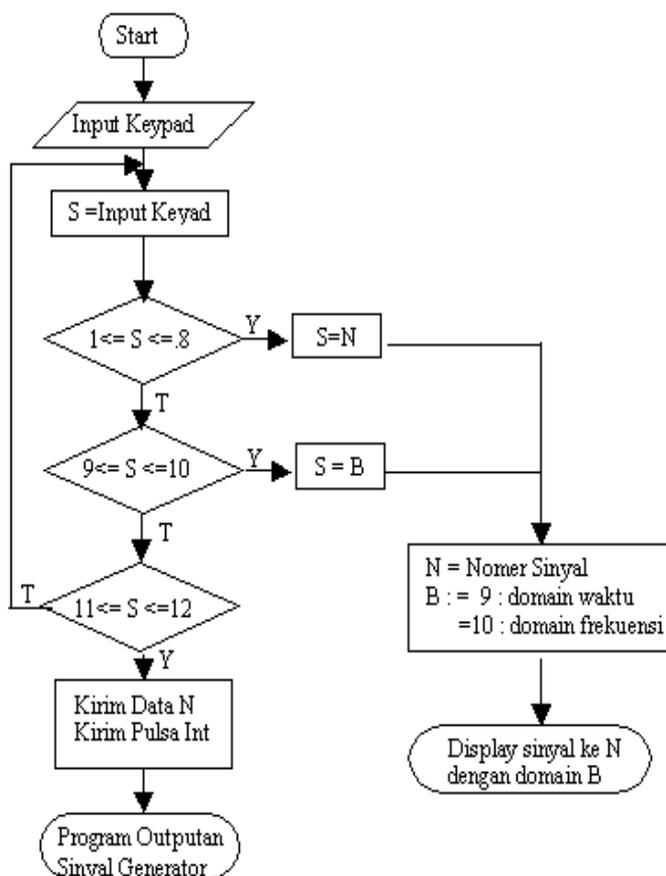


Gambar 13 Diagram Blok Alat Penguji

Desain Perangkat Lunak (Software) Sinyal Generator

Sinyal generator menggunakan mikrokontroler sebagai sentral proses pada sinyal generator terdapat 2 mikrokontroler sebagai sentral proses. Fungsi mikrokontroler yang pertama adalah menangani proses *input*-an dan *display* dan yang kedua mengurus proses *output*-an sinyal.

Proses Masukan dan Display



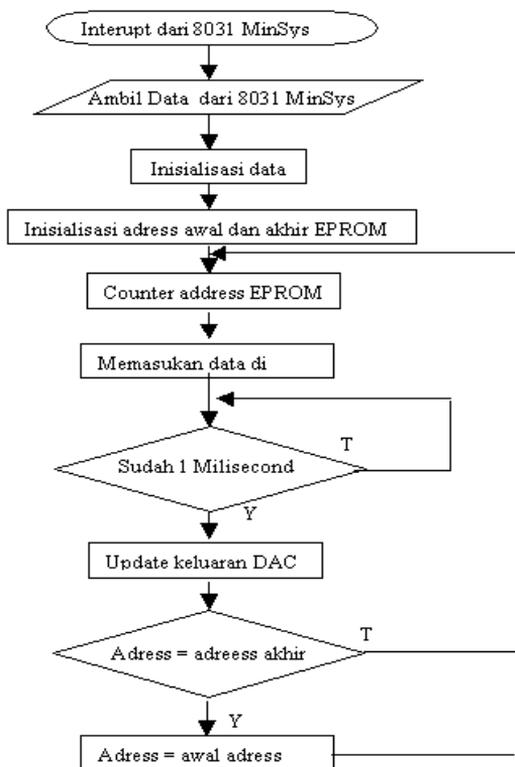
Gambar 14 Diagram Blok Masukan dan Display

Keypad akan mengirim masukan pada nomor sinyal yang akan dikeluarkan untuk tombol 1- 8. Setelah diinputkan maka sinyal akan didisplaykan ke ICD dengan domain yang terakhir diset. Jika ingin mengubah tampilan menjadi domain waktu, ditekan tombol 9 dan tombol 10 untuk menjadi tampilan domain

frekuensi. Untuk memulai output sinyal maka ditekan tombol 11 dan memberhentikannya tombol 12. Ketika tombol 11 dan 12 maka akan dikirim data sinyal dan menginterupsi program *output-an* sinyal generator.

Proses Keluaran Sinyal

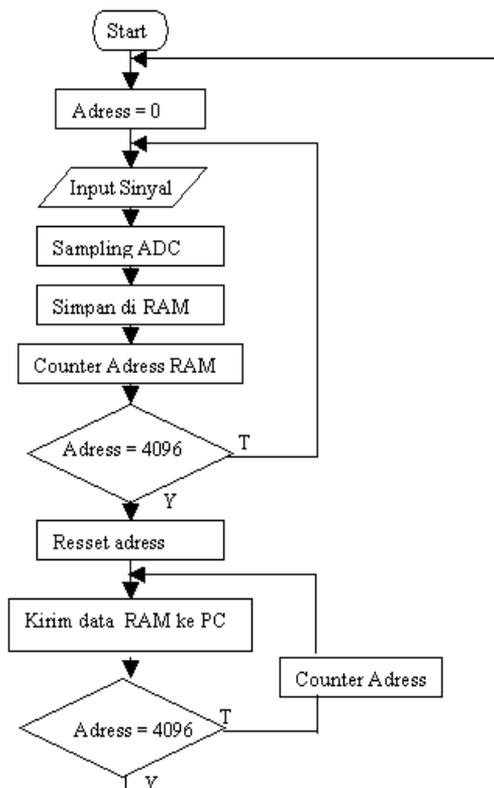
Dalam proses keluaran sinyal EMG prosesnya tergantung dengan proses *input-an* dan *display*. Setiap tombol 10 dan 11 keypad ditekan maka akan terjadi interupsi dengan prioritas tertinggi. Setelah menerima interupsi mikrokontroller AT89c51 akan mengambil data yang dikirim oleh *minimum system* 8031. Dari data itulah maka mikrokontroller akan menginisialisasi data yang akan dikeluarkan. Data yang diinisialisasi berupa awal alamat data low 8 bit dan high 4 bit serta akhir alamat data sinyal di EPROM. Untuk mengeluarkan data dengan frekuensi yang stabil maka diperlukan interupsi pewaktu atau *clock*.



Gambar 15 Diagram Blok Proses Output-an sinyal

Clock disini berfungsi sebagai penginterupsi dari mikrokontroller setiap 1 *milisecond*. Ketika mikrokontroller diinterupsi maka mikro akan mengupdata data DAC. Selama proses sebelum interupsi *clock*, mikro akan melakukan *counter*

alamat data sinyal tertentu di ROM dan memasukkannya kedalam DAC. Setelah itu mikro akan menunggu interupsi dari clock. Setelah diinterupsi maka mikro akan melakukan *looping*.



Gambar 16 Diagram Blok Alat Penguji

Write ADC, *Write RAM*, *Counter Address* akan mendapat frekuensi 2048 hertz ketika proses penyimpanan data ke RAM. Setelah terjadi *clock* sebanyak 4096 maka counter adress akan direset. Data yang telah tersimpan di dalam RAM akan dikirim ke PC dengan *Clock* dengan frekuensi tertentu sampai data habis atau sebanyak 4096 data.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Setelah melalui proses desain dan desain perangkat keras dan lunak, selanjutnya seluruh modul dicoba dan dikalibrasi untuk memastikan bahwa seluruh sistem pengukuran bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan terhadap DAC, Amplifier, penguat instrumentasi, ADC, Sistem Secara keseluruhan, dan software penganalisa FFT.

Pengujian DAC :

Pengukuran yang dilakukan terhadap DAC ini bertujuan untuk mengetahui kesalahan (error) yang sebenarnya dari proses konversi data Digital ke analog. Proses pengujian dengan cara memasukan data digital 12 bit dan mengukur output tegangan dengan AVO digital. Output perhitungan diperoleh dengan cara.

$$Output = \left(\frac{InputDigital - 2048}{1000} \right) V$$

Pengujian Amplifier 1/800 :

Pengukuran amplifier ini untuk mengetahui kebenaran pelemahan yang dilakukan amplifier. Untuk mencoba keluaran amplifier dengan menggunakan AVO digital maka inputan diusahakan tidak terlalu kecil mengingat ketelitian dari AVO digital hanya sampai pada milivolt. Inputan berupa pembagian tegangan dari -2 volt sampai 2 volt Output Amplifier perhitungan dengan membagi output DAC dengan 800.

Pengujian Penguat Amplifier

Penguat instrumentasi akan diuji dengan menginputkan tegangan -2 sampai 2 milivolt dengan mengukurnya menggunakan AVO digital. Output Penguat Instrumentasi perhitungan akan didapat dengan mengalikan inputan dengan 1000.

Pengujian ADC

Pengukuran DAC dilakukan dengan menginputkan tegangan pada rangkaian adder yang terhubung dengan input ADC. Tegangan yang diinputkan bernilai antara -2 sampai 2 volt. Nilai Perhitungan diperoleh dengan rumus.

$$Output = \frac{Input}{5/256}$$

Hasil Pengujian Sistem

Dalam pengujian sistem ini untuk melihat error dari input digital DAC sampai output digital ADC. Ini diperlukan untuk melihat kesalahan yang diakibatkan oleh sinyal kondisioning yang berada di sinyal generator ataupun di alat penguji.

Tabel 1 Pengujian Sistem

Inputan DAC (lsb)	Perhitungan ADC (lsb)	Pengukuran ADC (lsb)	Error (lsb)
248	12	26	-14
548	32	36	-4
1048	64	72	-8
1548	96	102	-6
1948	121	125	-4
2048	128	128	0
2148	134	136	-2
2548	160	160	0
3048	192	186	6
3548	224	214	10
3648	230	222	8
4000	252	251	1

Hasil Pengujian FFT

Pengujian FFT ini untuk mengetahui tingkat kebenaran software analisa fourier yang dibuat di komputer. Pengujian ini dilakukan dengan cara menginputkan sinyal sinus pada alat penguji dan dilihat respon frekuensinya. Inputan sinyal diambil dari sinyal generator.

Tabel 2 Pengujian FFT

Inputan (Hz)	Pengukuran (Hz)	Pergeseran frekuensi (Hz)
1	0 & 1	1 Hz
5	5	0 Hz
8	8 & 9	1 Hz
10	10	0 Hz
15	15	0 Hz
20	19 & 20	0 -1 Hz
25	25 & 26	0 - 1 Hz
50	52, 53 & 54	2 - 4 Hz
60	61 & 62	1 - 2 Hz
70	71 & 73	1 - 3 Hz
80	79 & 80	0 - 1 Hz
100	98	2 Hz

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, maka didapatkan beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Pada penelitian kali ini sistem terdiri dari sinyal generator dan sinyal pengujian.
2. Sinyal generator yang dibuat dapat menghasilkan 4 sinyal EMG normal dan 4 sinyal abnormal dan diuji oleh alat pengujian dan osiloskop.
3. Sinyal normal yang dihasilkan diukur pada otot Biceps, Tibialis Anterior, First Dorsal Interosseus, dan triceps. Sinyal abnormal yang dihasilkan terdiri dari *myopathy* dengan daerah pengukuran di otot biceps, *neuropathy* di Tibialis Anterior, *neuropathy* di Biceps, dan cedera syaraf sciatic di otot Tibialis Anterior.
4. Sinyal normal yang dihasilkan mempunyai range frekuensi 6 – 15 hertz dan amplitudo –2.5 sampai 2.5 milivolt.
5. Sinyal Abnormal yang dihasilkan umumnya mengalami pengurangan amplitudo dan penambahan frekuensi.
6. Sinyal generator yang telah dibuat dapat menampilkan sinyal yang dihasilkan minimal dalam 1 periode beserta transformasi fourierna.
7. Sinyal yang dihasilkan DAC mempunyai undakan yang terlihat seperti noise oleh sebab itu diperlukan smoothing filter.
8. Untuk pengambilan data dengan amplitudo dan frekuensi kecil perlu menggunakan penguat instrumentasi, notch filter dengan frekuensi cutoff 60 Hz dan lowpass filter dengan frekuensi 240 Hz.

DAFTAR PUSTAKA

- K. Ming Chan, **Needle EMG Abnormalities in Neurogenic and Muscle Diseases**, Oxford University Press.
- Robert F Coughlin, Frederick F Driscoll, 1992, **Penguat Operasional Dan Rangkaian Terpadu Linear**, Edisi kedua, diterjemahkan oleh Herman Widodo Soemitro, Jakarta, Erlangga.
- Willis J. Tompkins, 1995, **Biomedical Digital Signal Processing**, University of Wisconsin-Madison, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey.
- Normal EMG Activity**, <http://www.Casaengineering.com/normal.htm>
- Motor Unit Potensial Analysis**, <http://www.casaengineering.com/muap.html>.
- M.A.J.Tijssen, J.F Marsden, P.Brown, **Frequency analysis of EMG activity in patients with idiopathic torticollis**, Oxford University Press.
- Rachnad Setiawan, 1999, **Sistem Pengukuran Sinyal Biomedika**, Institut Sepuluh Nopember Surabaya.
- Muhammad Rivai, 2000, **Sistem Pemrosesan Sinyal**, Institut Sepuluh Nopember Surabaya.
- Moh. Ibnu Malik S. Anistradi, 1997, **Bereksprimen dengan Mikrokontroler 8031**, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.