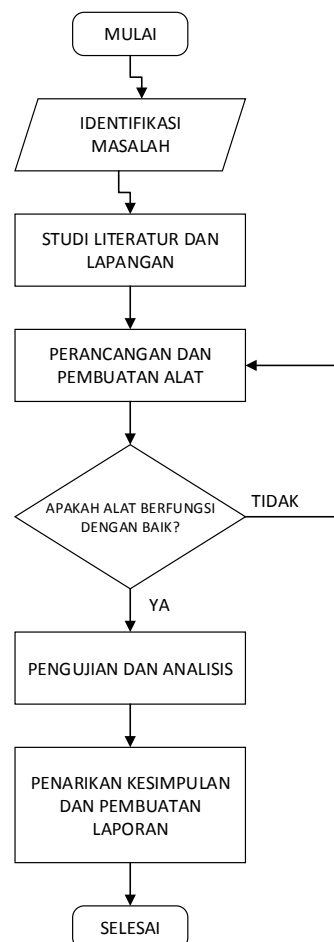


BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen (uji coba) alat. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui cara kerja dari Sistem Miniatur Pendeteksi Kejanggalan Benang yang bersifat Komputerisasi dengan sensor kapasitif pada *measuring head* USTER dan mikrokontroler Arduino ini. Beserta kelebihan dan kekurangannya. Penelitian eksperimen ini dilakukan pada perancangan sistem, baik pada perancangan perangkat keras (*Hardware*) maupun perancangan perangkat lunak (*Software*) dari sistem alat ini.

3.1. Prosedur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Tujuan Utama dari penelitian ini adalah untuk membuat dan uji coba sistem pendeteksi kejanggalan benang dengan menggunakan komputer dan berbasis sensor kapasitif pada *measuring head* USTER dan mikrokontroler Arduino. Prosedur penelitian dilakukan dengan mengikuti diagram alir prosedur penelitian pada gambar 3.1.

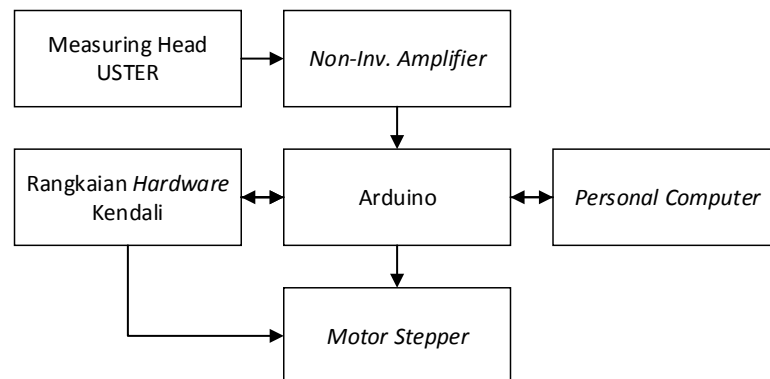
Langkah pertama adalah identifikasi masalah seperti latar belakang masalah, bagaimana proses alat bekerja yang akan dirancang dan bagaimana sistem pemrogramannya, dan juga membaca laporan-laporan dan skripsi dengan masalah yang mirip atau menunjang masalah ini sebagai referensi. Langkah selanjutnya adalah mencari beberapa studi literatur dan lapangan yang dapat menunjang penelitian ini beserta teori-teori pendukungnya, seperti membaca buku-buku mengenai dasar teori penelitian, wawancara dengan dosen dan orang teknis yang ahli dibidang-nya yang dapat membantu proses penelitian, membaca laporan dan jurnal bertopik hampir sama yang dapat membantu proses perancangan, dan membaca *datasheet* setiap komponen alat dalam perancangan alat. Selanjutnya, dilakukanlah sistem perancangan dan pembuatan alat. Tahap perancangan dan pembuatan alat ini terbagi menjadi 2, yaitu perancangan perangkat keras (*Hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*Software*). Setelah perancangan selesai dilakukan, alat dibuat dan hasilnya sesuai dengan yang diharapkan, maka dilanjutkan ke tahap pengujian dan analisis. Dimana dalam tahap ini dilakukan beberapa uji coba alat apakah alat bekerja sesuai dengan prinsip kerja sistem yang diinginkan dan bekerja sesuai dengan yang diinginkan? Setelah itu dilakukan tahapan penarikan kesimpulan dan pembuatan laporan.

3.2. Spesifikasi Perancangan Alat

Spesifikasi perancangan alat merupakan acuan untuk perancangan dan pembuatan alat, dari komponen-komponen yang dibutuhkan. Hal tersebut menjadi ukuran berhasil atau tidaknya program yang telah dibuat, sehingga alat yang telah dirakit dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Spesifikasi yang diinginkan yaitu sebagai berikut:

1. *Measuring Head* USTER MK-C15-MC yang memiliki sensor kapasitif untuk mendeteksi kejanggalan benang yang berbeda massa-nya atau tidak rata beserta kelayakannya, dan diproses oleh rangkaian *oscillator* dan *demodulator* didalamnya sehingga menghasilkan sinyal tegangan DC pada output *measuring head*.
2. Arduino UNO R3 untuk sistem kendali hampir keseluruhan alat.
3. Catu Daya Simetris 15V (+15V/-15V) sebagai *Power Supply*.
4. *Motor Stepper* Jenis 28BYJ-48 beserta *driver* ULN2003 sebagai perangkat penarik benang dan akan berhenti apabila ada kejanggalan pada benang seperti bergelembung atau berbulu yang terbaca oleh *measuring head*.
5. *Personal Computer/Laptop* dengan USB yang berjalan sebagai Sistem monitoring alat khusus. Untuk monitoring jumlah sinyal tegangan dari sensor yang mendeteksi benang sehingga dapat diatur tegangan yang masuk pada Arduino oleh offset Op-Amp dan melihat apabila Motor penarik benang menyala dengan kecepatan tertentu atau tidak menyala.
6. Rangkaian-rangkaian dasar dan pendukung alat. Seperti rangkaian Regulator sebagai pengatur tegangan dari Catu Daya; 2 tahap rangkaian *Non-Inverting Amplifier* untuk menguatkan dan menstabilkan sinyal tegangan DC dari *measuring head* USTER ke Arduino, yang menggunakan *operational amplifier* disetiap tahap; dan rangkaian *hardware* kendali sebagai sistem kendali Arduino seperti *smart push-button* untuk mengaktifkan dan menonaktifkan motor, lampu LED sebagai Indikator sensor (menyala apabila ada kejanggalan yang terdeteksi oleh sensor pada benang), dan pengatur kecepatan motor oleh potentiometer.

3.3. Diagram Blok Alat



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Alat

Pada perancangan alat ini seperti yang dijelaskan pada gambar 3.2:

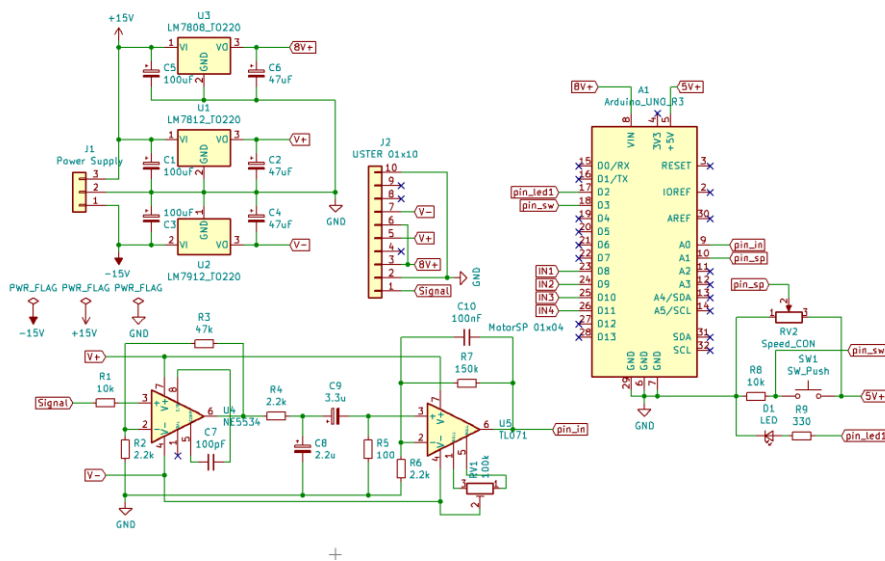
1. Benang ditarik oleh *motor stepper* dan melewati sensor kapasitif pada *measuring head USTER*;
2. 2 tahap rangkaian *Non-Inverting Amplifier* sebagai penguat dan penstabil sinyal tegangan DC yang didapat dari *measuring head USTER* yang kemudian masuk ke salah satu pin analog Arduino;
3. Mikrokontroler Arduino sebagai perangkat kendali induk untuk hampir seluruh bagian alat dan pemroses sinyal tegangan DC yang sudah dikuatkan dan distabilkan oleh rangkaian *amplifier*;
4. Komputer dan Rangkaian *hardware* Kendali sebagai sistem *monitor* dan *control* alat;
5. Motor Stepper sebagai perangkat penarik benang dan apabila ada benang yang janggal berupa benjolan terdeteksi oleh sensor maka motor akan dengan sendirinya berhenti dan akan menyala kembali apabila sensor tidak mendeteksi kejanggalan tersebut lagi.

3.4. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

3.4.1. PCB (*Printed Circuit Board*)

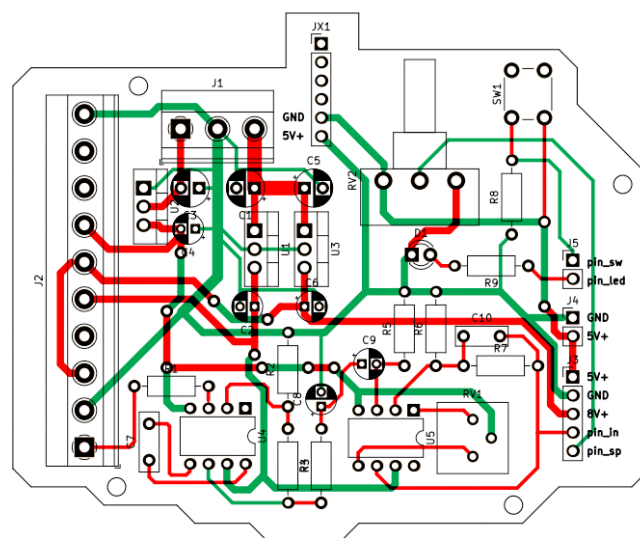
PCB (*Printed Circuit Board*) merupakan perangkat yang digunakan untuk menempatkan dan menghubungkan komponen rangkaian pembantu dan pengendali. PCB ini terbuat dari sejenis bahan fiber sebagai media

isolasi yang digunakan untuk komponen elektronika yang dipasang dan dirangkai, dimana salah satu sisinya dilapisi tembaga untuk menyolder kaki-kaki komponen. PCB juga memiliki jalur-jalur konduktor yang terbuat dari tembaga yang berfungsi untuk menghubungkan satu komponen dengan komponen lainnya. Perangkat Lunak yang digunakan untuk mendesain Skematik dan PCB untuk proyek ini adalah dengan menggunakan perangkat lunak *KiCad EDA* dan diprint oleh perusahaan pembuatan PCB.



Gambar 3.3 Skematik rangkaian keseluruhan alat, oleh perangkat lunak *KiCad EDA*.

Untuk versi lebih jelas telah dilampirkan di Lampiran.



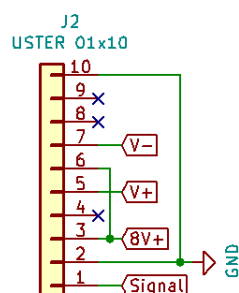
Gambar 3.4 Desain PCB, untuk versi lebih jelas telah dilampirkan di Lampiran

3.4.2. Sensor Kapasitif

Pada perancangan alat ini, dibutuhkan sensor kapasitif sebagai sensor pendeteksi kejanggalan berupa ketidak-rataan benang. Sensor yang dipakai adalah sensor kapasitif yang terdapat pada *measuring head* USTER jenis MK-C15-MC yang memiliki jarak 1.5mm antar pelat kapasitor dalam sensor kapasitif yang akan dilewati benang. Sensor ini dapat berfungsi apabila *measuring head* diberi sumber tegangan +12V, -12V, dan +8V, pada beberapa pin *measuring head*, sebagian digunakan untuk rangkaian *Oscillator* dan *Demodulator* dalam bentuk IC didalam *measuring head* dan berpengaruh besar dalam proses perhitungan sinyal output *measuring head*. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah *Power Supply* Simetris lebih dari 12V (+12V keatas dan -12V kebawah); dan rangkaian regulator tegangan untuk mengatur tegangan yang awalnya memiliki tegangan lebih dari +12V menjadi +12V dan +8V, dan tegangan yang kurang dari -12V menjadi -12V



Gambar 3.5 (a) Measuring Head USTER yang memiliki sensor kapasitif yarn clearing



Gambar 3.5 (b) Skema pin output dari measuring head USTER ke alat

(**Signal** = Output sinyal tegangan dari sensor; **V+** = Supply +12V;
V- = Supply -12V; **+8V+** = Supply +8V; **GND** = ground)

Kapasitansi (C) Plat Sensor ketika tidak ada benang:

$$C = k \cdot \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Dimana :

C : Kapasitansi plat (F)

k : Konstanta dielektrik bahan dielektrik (Udara = 1)

ϵ_0 : Permittivitas ruang hampa (8,85.10⁻¹² F/m)

A : Luas Penampang Plat Kapasitif (dalam m²)

d : Jarak Antar Plat Kapasitif (dalam m)

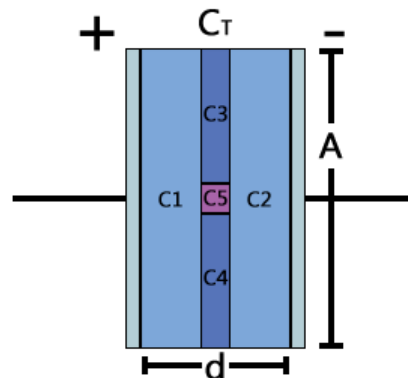
A = 2.5 cm x 2 cm (yang terhitung oleh penggaris, tidak ada spesifikasi dari perusahaannya)

$$= 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 1.5 \text{ mm} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} C &= k \cdot \epsilon_0 \frac{A}{d} \\ &= 8.85 \times 10^{-12} \frac{5 \times 10^{-4}}{1.5 \times 10^{-3}} \\ &= 8.85 \times 10^{-12} \frac{0.5}{1.5} \\ &= 2.833 \times 10^{-12} \text{ F} = 2.833 \text{ pF} \end{aligned}$$

Untuk bagian sensor kapasitif. Kapasitansi udara (C) didalam plat sensor akan berubah apabila ada bahan dielektrik selain udara yang memasuki plat sensor, jumlah perubahannya bergantung dari k (konstanta dielektrik) Bahan dielektrik yang masuk, beserta luas penampang dan jarak yang mempengaruhi volume udara didalamnya. Jika ada 2 atau lebih dielektrik didalam plat kapasitor dan bahan dielektrik selain udara didalamnya hanya mengisi sebagian dari plat kapasitor, dapat dianggap sebagai susunan kapasitor seri maupun parallel.



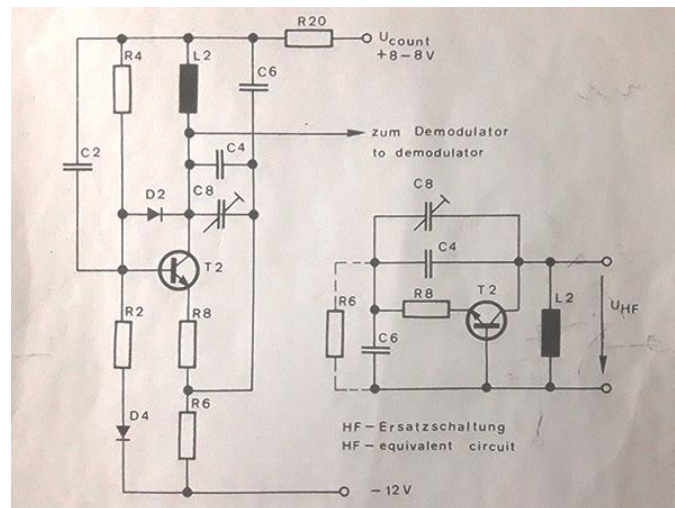
Gambar 3.6 Dielektrik bertumpuk yang menghasilkan 5 kapasitor

Dalam gambar 3.6, merupakan perumpamaan plat kapasitor dimana Bagian C_1 hingga C_4 dan C_5 (saat belum ada benang) merupakan bagian bahan dielektrik dalam plat kapasitor yang berupa udara. C_1 dan C_2 terhubung seri dengan Kapasitor gabungan C_3 , C_4 , dan C_5 yang dihubungkan paralel. Plat kapasitor terisi oleh udara dengan konstanta dielektrik (k) = 1 ketika tidak ada benang, menghasilkan C_T . Namun apabila plat kapasitor dilewati oleh benang berbahan dielektik pada bagian C_5 , maka konstanta dielektrik (k) pada bagian C_5 tidak akan sama dengan 1 (udara) dan alhasil Kapasitansi dibagian C_5 pun akan berbeda. Sehingga dengan menggunakan rumus kapasitor seri dan paralel, didapat:

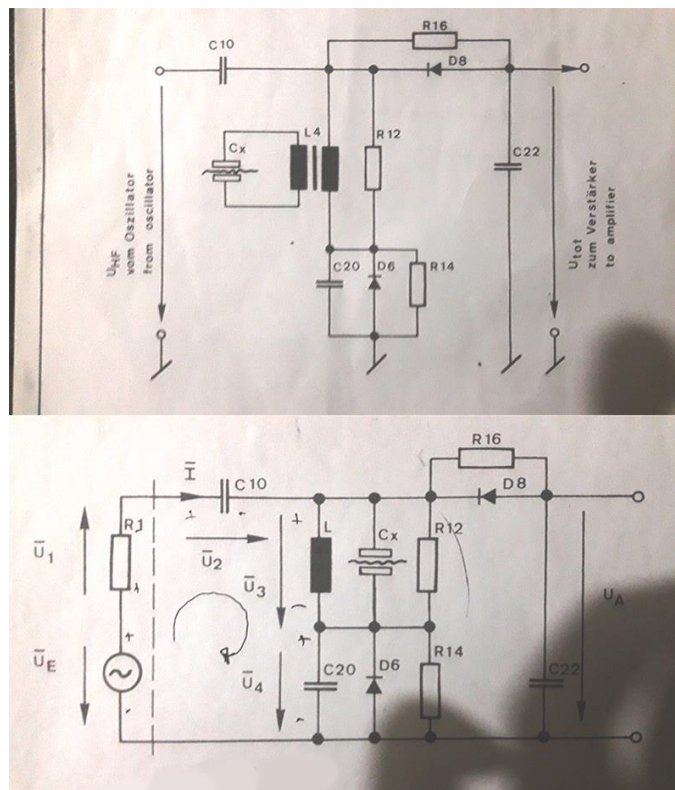
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3 + C_4 + C_5}$$

Dari rumus $C = k \cdot \epsilon_0 \cdot A/d$ dan pada bagian C_5 , dimana semua variabel tetap kecuali konstanta dielektrik (k) yang berubah dari 1 (udara). Jumlah kapasitansi C_5 akan membesar karena konstanta dielektrik benang lebih besar dari udara, karena konstanta k dan kapasitansi C berbanding lurus. Maka secara otomatis C_T akan bertambah. Ketika ada benjolan pada benang, maka kapasitansi C_T akan bertambah pula karena sebagian dari bagian C_1 hingga C_4 mengalami perubahan konstanta dielektrik (k) seperti C_5 . Teori

ini membuktikan apabila ketika plat kapasitor dimasuki oleh suatu bahan dielektrik yang memiliki konstanta dielektrik (k) lebih dari 1, maka kapasitansi plat kapasitor tersebut akan bertambah.



Gambar 3.7 Rangkaian pengganti Oscillator didalam Measuring Head USTER



Gambar 3.8 Rangkaian pengganti Demodulator didalam Measuring Head USTER

Frekuensi *Oscillator* dalam *measuring head* didapat 30 MHz (Data dari Datasheet *measuring head* USTER yang terbatas). Induktor dan Kapasitor dalam Tank Circuit *Oscillator* beserta perhitungan rangkaian *demodulator* didalam *Measuring Head* USTER tidak diketahui jumlahnya, karena sudah berbentuk IC dan bersifat rahasia hak cipta oleh pihak teknis yang meminjamkan *measuring head* USTER. Tetapi berdasarkan IC yang terdiri dari rangkaian *Oscillator* dan *Demodulator* dalam *Measuring Head* ini, sudah ditetapkan agar langsung menghasilkan sinyal tegangan keluaran mendekati 0V. Pada pin sinyal output *measuring head* ketika tidak ada benang yang melewati sensor.

Untuk rangkaian *Demodulator*, dikarenakan variabel yang berubah dari *measuring head* hanya jumlah kapasitansi C_x pada gambar 3.8 sebagai sensor plat kapasitif yang kapasitansinya bertambah akibat munculnya benang. Maka *Oscillator* diabaikan, dan persamaan *Demodulator* saja yang digunakan. Pertama dicari Impedansi (Z) rangkaian $L//C_x$. Dimana:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}}$$

Dan karena C saja yang berubah, maka rumus Reaktansi Kapasitif (X_c) adalah:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

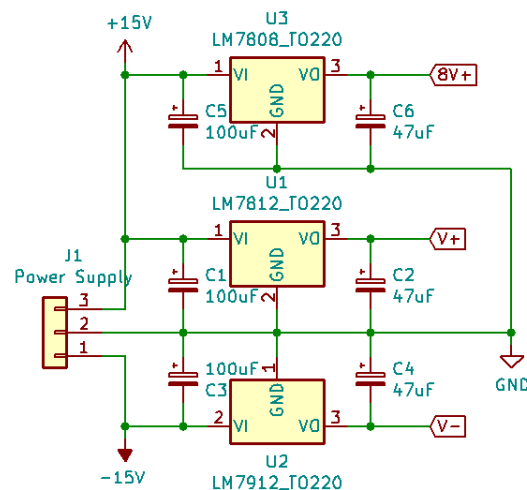
Berdasarkan rumus Reaktansi Kapasitif (X_c) yang disebutkan. Apabila ada benang pada sensor yang mengakibatkan variabel C_T bertambah, maka X_c berkurang. Kemudian apabila X_c berkurang, maka Impedansi RLC (Z) yang didapat akan bertambah.

Kemudian berdasarkan hukum kirchoff pada gambar 3.8. I (Arus) demodulator berkurang apabila Tegangan (U/V) dari *Oscillator* tetap dan Impedansi (Z) berkurang. Tegangan jatuh pada C20 juga ikut berkurang karena arus berkurang. Berdasarkan persamaan rumus tegangan U_A yang didapat dari datasheet dasar teori measuring head pada lampiran, didapat:

$$|\bar{V}_A| = |\bar{V}_3 + \bar{V}_4| - |\bar{V}_4|$$

Tegangan $V_3 + V_4$ seharusnya bertambah mutlak ketika ada benang. Dan Tegangan V_A ikut bertambah mutlak dan tidak sama dengan 0V lagi. Sinyal tegangan AC berfrekuensi tinggi yang berasal dari *Oscillator* (sinyal *carrier*) dan Rangkaian RLC (sinyal informasi) tersebut disearahkan menjadi sinyal DC melewati Kapasitor C22 dan Dioda D6 dan D8 lalu keluar dari measuring head menuju rangkaian *Amplifier*. R12 digunakan untuk *damping* dan proteksi rangkaian *Demodulator*.

3.4.3. Regulator



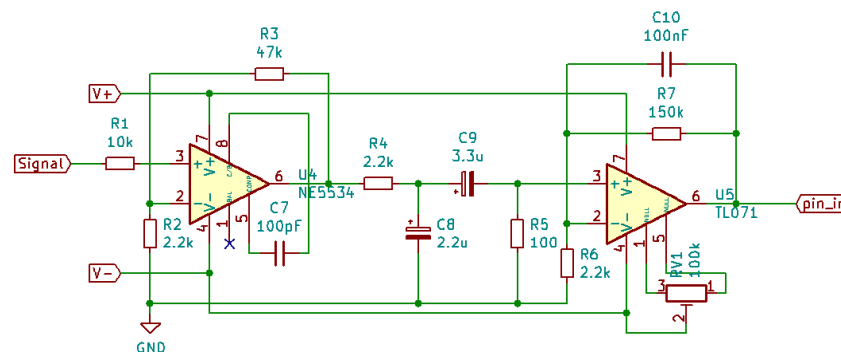
Gambar 3.9 Rangkaian Regulator

Untuk mendapatkan tegangan +12V, -12V, dan +8V. Digunakan regulator tegangan LM7812 sebagai regulator tegangan ke +12V, LM7912 sebagai regulator tegangan ke -12V, dan LM7808 sebagai regulator

tegangan ke +8V. Selain komponen-komponen yang disebutkan, ditempatkan pula beberapa kapasitor jenis *Electrolytic Polar* dan ditempatkan di bagian input dan output regulator dan disambungkan dengan *ground*, sebagai penstabil dan pengurang *noise* tegangan masuk dari *power supply* dan tegangan keluar menuju alat.

Selain digunakan sebagai *Power Supply measuring head* USTER. Rangkaian regulator ini pula dapat digunakan sebagai *Power Supply* Arduino, yaitu menggunakan output 8V dari rangkaian regulator sebagai tegangan input Arduino karena Arduino dapat beroperasi dengan tegangan input antara 7V-12V dan arus dibawah 1A. Selain untuk Arduino juga, rangkaian regulator ini dapat digunakan sebagai *power supply* untuk dua *operational amplifier* yang digunakan pada rangkaian *Amplifier*. Rangkaian regulator yang digunakan dalam alat ini sangat penting dalam alat ini.

3.4.4. Non-Inverting Amplifier



Gambar 3.10 Rangkaian Non-Inverting Amplifier

Dari gambar 3.10, rangkaian ini berfungsi sebagai penguat dan penstabil tegangan dari sinyal tegangan yang berasal dari *measuring head* USTER. Dalam rangkaian ini terdiri dari 2 tahap: Dua tahap rangkaian penguat tegangan yang menggunakan *Operational Amplifier* NE5534 dan TL071; dan juga rangkaian *Band-stop filter* dimana merupakan gabungan *Low-pass filter* & *High-pass filter* diantara kedua Op-Amp yang berfungsi sebagai pengkondisi sinyal tegangan yang berasal dari *measuring head* USTER dengan menyaring tegangan berfrekuensi tertentu dan menghalangi

atau membuang sebagian arus DC atau AC yang lewat. *Low-pass filter* berfungsi sebagai penstabil tegangan agar noise yang keluar dari Op-Amp NE5534 dibuang oleh kapasitor C8. Sedangkan *High-pass filter* berfungsi sebagai pereset tegangan DC ke sinyal tegangan mendekati 0V karena kapasitor C9 menghalangi arus DC masuk dan hanya melewatkan arus AC. Sehingga tegangan DC yang keluar dari *High-pass filter* akan mendekati 0V setelah dicut-off dengan delay tertentu. Kejadian ini menghasilkan *Transient response* Tegangan dimana terjadi perubahan tegangan yang berubah sejenak dan kembali ke asal.

Pada kedua rangkaian penguat tegangan yang menggunakan masing-masing satu *Operational Amplifier*. Didapat rumus penguatan tegangan *non-inverting* dan frekuensi *cut-off Band-stop filter* antara kedua Op-Amp sebagai berikut:

- *OP-Amp* NE5534

$$\begin{aligned} \text{Gain} &= 1 + (R_2/R_1) \\ &= 1 + (47k/2,2k) \\ &= 1 + 21,36 \\ &= 22,36 \end{aligned}$$

- *Op-Amp* TL071

$$\begin{aligned} \text{Gain} &= 1 + (R_2/R_1) \\ &= 1 + (150k/2,2k) \\ &= 1 + 68,19 \\ &= 69,19 \end{aligned}$$

Note: Kapasitor C10 diabaikan karena sinyal berbentuk DC

- *Low-pass filter*

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{2\pi RC} \\ &= \frac{1}{2\pi \cdot 2200 \cdot (2,2 \times 10^{-6})} \\ &= \frac{1}{30,4 \times 10^{-3}} \end{aligned}$$

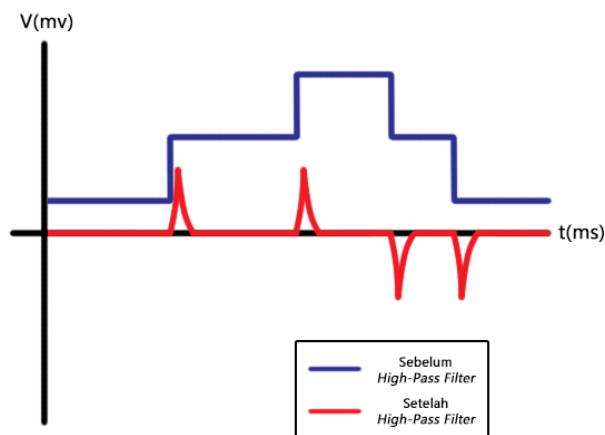
$$= 32 \text{ Hz}$$

- *High-pass filter*

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{2\pi RC} \\ &= \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot (3,3 \times 10^{-6})} \\ &= \frac{1}{2,073 \times 10^{-3}} \\ &= 482 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Jadi didapatkan Gain untuk Op-Amp NE5534 = 22,36x; Gain untuk Op-Amp TL071 = 69,19x; frekuensi *cut-off Low-pass filter* = 32 Hz; frekuensi *cut-off High-pass filter* = 482 Hz.

Gain untuk OP-Amp NE5534 digunakan untuk menguatkan dan menstabilkan sinyal tegangan DC yang berasal dari *measuring head*, sedangkan *Gain* untuk Op-Amp TL071 sengaja dimaksudkan lebih besar dari *Gain* OP-Amp NE5534 adalah karena setelah sinyal tegangan melewati Filter *Low-pass* dan *High-pass* antara kedua Op-Amp, tegangan sinyal DC sudah mendekati 0V dikarenakan sinyal tegangan DC yang berfrekuensi 0 Hz yang berasal dari *measuring head* dan Op-Amp NE5534 dihalangi dan dihambat oleh *high-pass filter*. Karena kapasitor tidak bisa dilewati oleh arus DC dan hanya melewatkan arus AC yang berupa noise, namun antara sinyal tegangan DC mulai berubah karena pengaruh sensor dan saat tegangan kembali ke 0V setelah melewati filter, terdapat bentuk response berupa *transient response* yang merupakan response saat ada fluktuasi beban dan jarak waktu antara ketika fluktuasi terjadi dan ketika sinyal kembali ke angka sinyal tertentu seperti 0V, yang bisa digunakan untuk mendeteksi perubahan kondisi benang dan akhirnya kembali ke posisi semula.

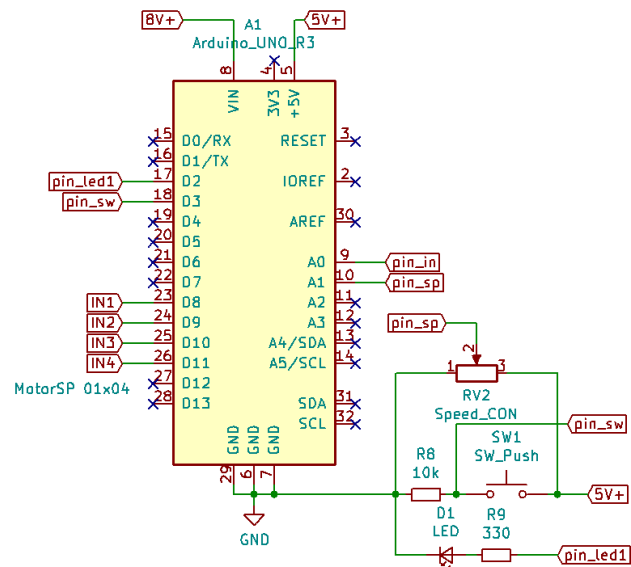


Gambar 3.11 Grafik hipotesis tegangan sinyal DC sebelum dan sesudah High-Pass Filter

Pada OP-Amp TL071 terdapat pengaturan offset output yang menggunakan Trim-Potentiometer dan tegangan -12V , yang digunakan untuk mengatur Tegangan keluaran yang diinginkan dari rangkaian ini. Sedangkan Gain pada Op-Amp TL071 digunakan untuk menguatkan tegangan dan arus yang sudah difilter oleh *High-Pass Filter* karena mendekati 0V . Sehingga Gain yang dibutuhkan TL071 harus besar agar dapat dapat membedakan noise sinyal dan *transient response* ketika ada perubahan kondisi pada sensor kapasitif karena jika kecil atau tidak dikuatkan maka tidak akan terlihat *transient response* tegangannya terhadap noise sinyal.

Sebelum menyambungkan *pin_in* seperti yang dijelaskan pada gambar 3.10 dan nantinya akan disambungkan ke salah satu pin Arduino, dianjurkan untuk mengecek tegangan keluaran *pin_in* dahulu sebelum disambungkan ke pin input Arduino agar ada diantara 0V hingga $+5\text{V}$ dengan mengatur offset keluaran Op-Amp TL071 dan jika tidak maka dapat mengakibatkan pin Arduino rusak. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan tegangan keluaran sekitar $+1\text{V}$ atau $+1000\text{mV}$ dan Trim-Pot 100k Ohm disetting sekitar 8.3% . Dikarenakan program Arduino hanya mendeteksi perubahan tegangan apabila diluar jangkauan $+800\text{mV}$ dan $+1200\text{mV}$.

3.4.5. Mikrokontroler Arduino UNO R3



Gambar 3.12 Rangkaian Arduino dan Rangkaian Hardware Kendali

Seperti yang dijelaskan dalam Gambar 3.12. Pada bagian ini merupakan perangkaian sistem perangkat keras rangkaian Arduino dan rangkaian *hardware* kendali, yang merupakan rangkaian kendali HMI/*Human Machine Interface* alat.

Arduino UNO R3 merupakan sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO ini memiliki 14 Pin Digital I/O (6 diantaranya dapat digunakan sebagai pin PWM/*Pulse Width Modulation*); 6 pin Analog I/O; pin 5V dan pin 3,3V sebagai pin sumber daya dari Regulator Arduino ke komponen rangkaian; *Crystal Oscillator* 16MHz; Port Koneksi USB untuk sambungan ke Komputer dan sejenisnya dan sebagai sumber daya; sebuah Power Jack sebagai sumber daya external selain dari USB; sebuah ICSP Header; dan *Reset button*. Arduino UNO memuat semua kebutuhan yang dibutuhkan dalam penelitian ini dan juga jumlah pin I/O yang lebih dari cukup digunakan untuk alat. Arduino mengambil sumber daya +8V yang berasal dari rangkaian regulator, namun

hanya sumber daya dari USB ketika disambungkan dengan komputer pun sudah cukup.

Dari gambar 3.12. Dijelaskan bahwa dalam gambar tersebut. Selain pin A0 sebagai *pin_in* yang dijelaskan sebelumnya sebagai input sinyal tegangan dari rangkaian *Non-Inverting Amplifier*, digunakan juga beberapa pin I/O. Diantaranya pin A1 sebagai *pin_sp* yang berfungsi untuk mengatur kecepatan motor dan terhubung dengan sebuah potentiometer; pin D2 sebagai *pin_led* yang berfungsi sebagai indikator lampu LED; pin D3 sebagai *pin_sw* yang berfungsi sebagai *smart push-button* untuk mengatur jalan dan tidaknya Motor Stepper penarik benang; dan pin D8, D9, D10, D11 sebagai pin untuk Motor Stepper yang sudah disambungkan dengan dengan driver ULN2003, sehingga memudahkan pekerjaan tanpa harus diprogram lagi Motor Stepper tersebut dan disupply oleh pin +5V Vcc Arduino. Pada rangkaian *Hardware* kendali, sumber daya yang digunakan untuk memberi tegangan dan daya kepada LED, Potentiometer, dan *Smart Push-Button* adalah +5V yang berasal dari Pin Vcc Arduino.

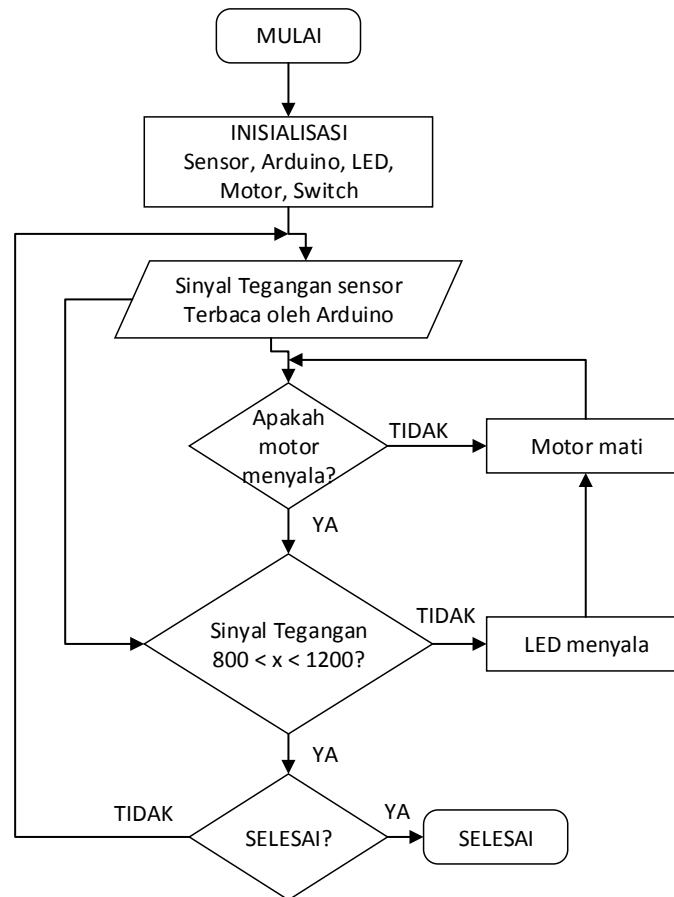
3.5. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada bagian perancangan perangkat lunak (*Software*) ini. Penulis merancang perangkat terdiri dari 2 bagian: Pemrograman Arduino UNO sebagai program kendali Arduino terhadap keseluruhan Alat dengan menggunakan Arduino IDE; dan Pemrograman *User Interface* antara Alat dengan Komputer yang terhubung dengan USB pada board Arduino UNO dengan menggunakan Delphi 7.

3.5.1. Pemrograman Arduino UNO

Bahasa pemrograman dalam program Arduino menggunakan bahasa C+. Untuk membuat program, memprogram dan mengunggahnya ke board mikrokontroller Arduino digunakan sebuah *software* bernama Arduino IDE (*Integrated Development Environment*).

Diagram alir pemrograman Arduino adalah sebagai berikut:



Gambar 3.13 Diagram Alir Pemrograman Arduino

Penjelasan diagram alir pada gambar 3.13 dapat diuraikan sebagai berikut:

- **Inisialisasi**

Bagian awal dari proses pemrograman Arduino adalah menentukan *library* yang akan digunakan, *port* Arduino yang digunakan dan terhubung dengan komponen-komponen rangkaian dan menghubungkan board Mikrokontroler Arduino ke Komputer digunakan sebelum pemrograman utama. *Library* merupakan pemanggilan pustaka tertentu yang menyediakan kegunaan tambahan yang akan digunakan dalam *sketch* pemrograman Arduino, dan *Port* merupakan pin-pin yang

terdapat pada Arduino yang terhubung kepada komponen elektronika tertentu.

- **Input Data**

Input Data yang dimaksud merupakan data sinyal tegangan yang dikirim oleh sensor yang telah distabilkan dan dikuatkan sinyal tegangannya oleh rangkaian *non-inverting amplifier*, data dari *smart push-button* yang membaca apakah tombol tertekan dan tidak, dan *port* untuk potentiometer pada rangkaian *Hardware* kendali sebagai pengatur kecepatan motor stepper.

- **Baca Data**

Setelah proses *Input Data* berjalan dengan baik. Maka dilakukan proses pembacaan data, dimana data yang diperoleh dari pin-pin tersebut dibaca oleh Arduino. Berapakah jumlah tegangan yang berasal dari *measuring head* dan rangkaian *non-inverting amplifier*? Apakah *smart push-button* tertekan atau tidak? Berapakah tegangan yang diatur oleh potentiometer sebagai pengatur kecepatan *motor stepper*? Apabila proses pembacaan data tidak berjalan dengan baik seperti ada data yang tidak terbaca, maka dilakukan proses *troubleshooting* dari bagian Inisialisasi.

- **Proses Data**

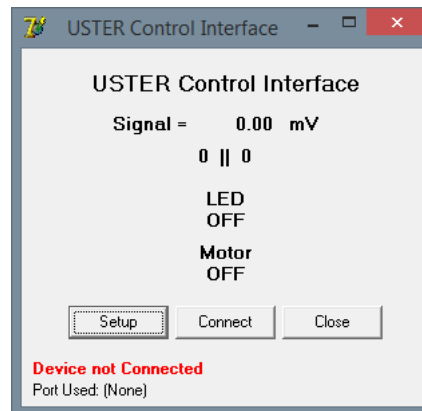
Apabila proses pembacaan data berjalan dengan baik. Maka dilakukan Proses Pengolahan Data. Dimana data yang diterima dan terbaca oleh Arduino di proses didalam board mikrokontroler Arduino dan juga menghasilkan *Output*. Seperti memperlihatkan jumlah sinyal tegangan yang berasal dari sensor dan *Amplifier* kepada program *User Interface*, menyalakan dan mematikan motor apabila *smart push-button* ditekan, mematikan motor dan menyalakan LED secara otomatis apabila ada bagian benang yang janggal, dan juga memberikan data kecepatan motor yang

diinginkan yang diatur oleh Potentiometer. Proses Data ini terjadi berulang-ulang selama Arduino diberi sumber daya.

Untuk program keseluruhan *firmware* Arduino yang dibuat dalam Arduino IDE telah dilampirkan pada bagian Lampiran.

3.5.2. Pemrograman *User Interface*

User Interface merupakan aplikasi antarmuka yang digunakan sebagai perangkat antarmuka antara user dan komputer. Dalam alat ini, *user interface* merupakan perangkat antarmuka antara Komputer sebagai Master dan Arduino sebagai Slave yang merupakan hubungan *Serial User Interface Master-Slave*. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam pembuatan *User Interface* antara Komputer dan Arduino sebagai hubungan *Master-Slave* adalah bahasa Pascal dalam software Delphi 7.



Gambar 3.14 *User Interface* Alat yang sudah jadi

Dalam hal ini, seperti yang dilihat pada Gambar 3.14. Keseluruhan *User Interface* Alat ini hanya terdiri dari sistem monitoring alat yang berupa layar yang menampilkan sinyal tegangan yang didapat dari sensor dan *amplifier*, sinyal tegangan minimum dan maksimum untuk batas penentuan sensor oleh offset Op-Amp TL071 yang memisahkan mana benang yang janggal dan mana yang kualitasnya layak, Status LED dan Motor apabila mereka bekerja atau tidak. Beserta komponen lain seperti status Port USB

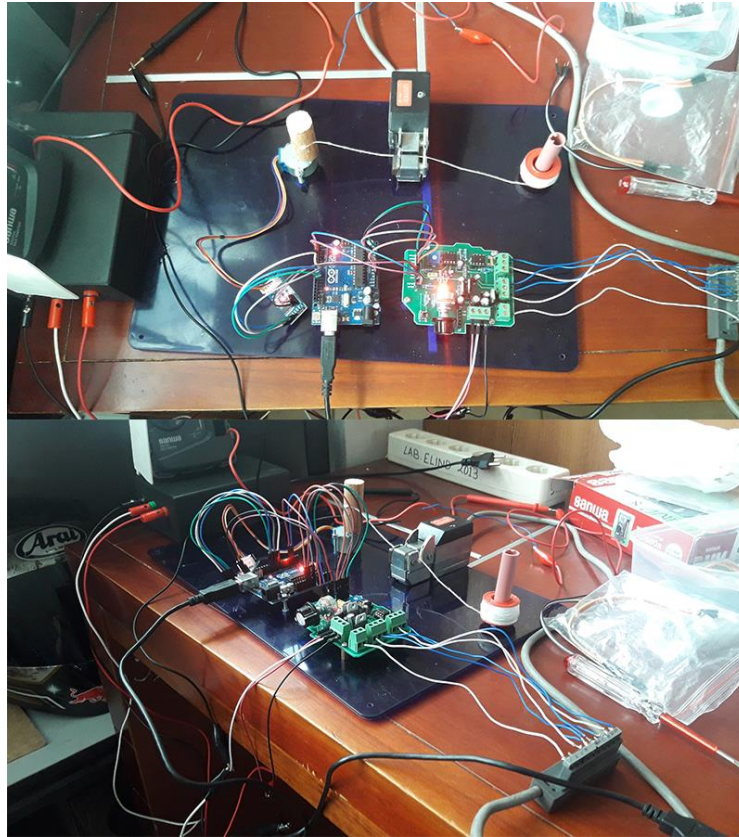
antara Arduino dan Komputer apakah tersambung atau tidak beserta komponen pengaturan Port.

Adapun susunan komponen-komponen desain yang dijalankan untuk mendesain User Interface ini terdiri dari:

1. Form – Layar window aplikasi.
2. Title – Dalam bentuk komponen “Label” sebagai judul dari Aplikasi.
3. Signal Voltage – Dalam bentuk komponen “Label” sebagai label monitoring sinyal tegangan yang berasal dari rangkaian *amplifier* dan sensor.
4. Min || Max – Dalam bentuk komponen “Label” sebagai label angka minimum dan maksimum untuk sinyal tegangan yang berasal dari sensor, memisahkan sinyal saat kondisi dimana benang janggal atau benang layak.
5. Status LED dan Motor – Dalam bentuk komponen “Label” sebagai label monitoring status LED menyala atau tidak, dan status motor apabila bekerja atau tidak beserta kecepatan motor apabila bekerja.
6. Port Control – Dalam bentuk komponen “Button” sebagai control port USB yang terhubung dengan Arduino, *Connect* dan *Disconnect* Port USB beserta *Close App* untuk mengakhiri aplikasi.
7. Port Status – Dalam bentuk komponen “Label” sebagai label monitoring status Port USB apabila tersambung (*Connect*) atau tidak tersambung (*Disconnect*) beserta port mana yang digunakan.

Tulisan Pemrograman pada Delphi 7 telah dilampirkan pada lampiran.

3.6. Mekanisme dan Cara Kerja



Gambar 3.15 Keseluruhan perangkat alat yang telah jadi

Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.15, keseluruhan perangkat alat merupakan gabungan dari keseluruhan alat dan rangkaian yang sebelumnya disiapkan. Yaitu:

1. *Measuring Head* USTER MK-C15-MC yang memiliki sensor kapasitif yang dibutuhkan, sebagai sensor pendeteksi kelayakan benang.
2. PCB (*Printed Circuit Board*) yang terdiri dari rangkaian *Voltage Regulator* sebagai pengatur tegangan dari *power supply*, rangkaian *Non-Inverting Amplifier* sebagai rangkaian penguat dan penstabil sinyal tegangan DC dari *measuring head*, dan rangkaian *Hardware Kendali* untuk kendali Arduino dan Motor.
3. Arduino UNO R3 sebagai sistem kendali keseluruhan alat.

4. Motor Stepper jenis 28BYJ-48 beserta driver UNL2003 sebagai perangkat penarik benang dari gulungan benang.
5. *Firmware* Arduino yang telah diprogram oleh Arduino IDE untuk sistem induk alat, dan *User Interface* Alat yang telah diprogram oleh Delphi 7 untuk tampilan monitoring Alat pada Komputer.

Untuk benang yang digunakan pada penelitian ini merupakan benang jenis katun yang berdiameter sekitar 0.5 mm, dikarenakan benang ini sangat optimal pada sensor kapasitif pada *measuring head* USTER jenis MK-C15-MC yang memiliki jarak plat sensor sekitar 1.5 mm.

Keseluruhan bagian komponen alat yang disebutkan ini digabung menjadi satu dalam sebuah papan peraga, dan kemudian disambungkan dengan Catu Daya Simetris +15V/-15V untuk catu daya keseluruhan alat dan Kabel USB sebagai penghubung antara alat dengan komputer yang melewati board Arduino UNO yang kemudian bisa memonitor cara kerja alat dengan aplikasi *User Interface Master-Slave* alat yang telah dibuat. Dapat ditambah Voltmeter untuk *troubleshooting* sinyal tegangan dari *amplifier* menuju pin Arduino agar tetap +1V.

Untuk Daya keseluruhan yang dibutuhkan pada alat, penulis menggunakan data arus output maksimal yang digunakan pada komponen seperti IC Voltage Regulator, Op-Amp, board Arduino UNO, dan Motor Stepper yang didapat dari Datasheet setiap komponen sehingga daya maksimal alat yang dibutuhkan yang didapat sebagai referensi adalah sebagai berikut: (Daya = Tegangan x Arus).

Tabel 3.1 Tabel Jumlah Daya pada alat

No	Nama Komponen	Arus maksimal (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)
1	IC7812	1.5	12	18
2	IC7912	1.5	12	18
3	IC7808	1.5	8	12
4	NE5534	0.038	12/-12	0.456
5	TL071	0.0015	12/-12	0.018
6	LED	0.02	5	0.1
7	Arduino	1	8	8
8	Motor Stepper	0.04 x 4 = 0.16	5	0.8
Total				57.3

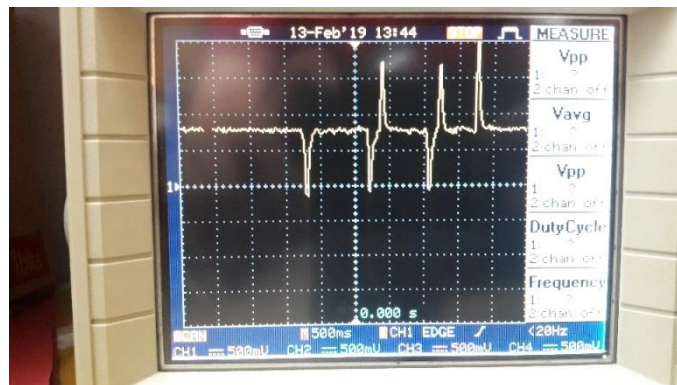
Dalam Tabel 3.1 sebelumnya, Daya total maksimal yang dibutuhkan alat adalah sekitar 57,3 Watt, sehingga dapat disimpulkan bahwa daya total yang dibutuhkan alat adalah sekitar 55-60 Watt sebagai titik aman alat.

Untuk Cara Kerja keseluruhan alat ini terdiri dari:

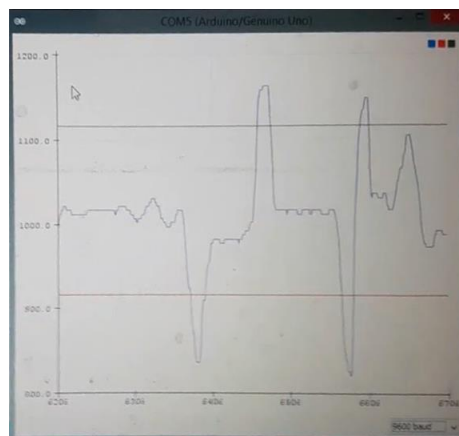
1. Benang dipasang untuk persiapan penarikan benang oleh motor stepper dan melewati plat sensor pada measuring head USTER. Sambungkan Catu Daya Simetris +15V/-15V dengan kabel terhadap pin input *power Supply* alat yang langsung terhubung dengan rangkaian *Voltage Regulator*. Sambungkan kabel USB antara Arduino dan Komputer untuk hubungan serial *Master-Slave* Arduino dan PC. Lalu jalankan *User Interface* dan *Connect* ke Alat.
2. Atur offset tegangan yang keluar ketika benang diam menjadi +1000mV dengan melihat hasil monitor sinyal tegangan dari *User Interface*. +1000mV agar sesuai dengan titik tengah antara bilangan minimum-maksimum yang membedakan kondisi benang dan telah diprogram dalam Arduino IDE, ditulis +800mV dan +1200mV.
3. Tekan tombol *push-button* yang ada pada rangkaian *hardware* kendali di PCB untuk menjalankan motor penarik benang, dan knob potentiometer sebagai pengatur kecepatan motor. Tombol ini juga dapat digunakan untuk mematikan motor meskipun tidak terdapat kejanggalan pada benang berupa benjolan.
4. Apabila motor berhenti secara tiba-tiba dan lampu LED menyala sejenak, maka terjadi perubahan sinyal tegangan yang berasal dari sensor dan sensor kapasitif mengalami perubahan kondisi berupa terjadinya kejanggalan pada benang yang berupa benjolan seperti pada gambar 3.16 dan 3.17. Perubahan sinyal tegangan ketika terdapat kejanggalan benang yang melewati sensor terdeteksi karena terjadinya *transient response* yang terjadi selama beberapa milisekon yang menyebabkan sinyal tegangan melewati batas minimum-maksimum sejenak seperti pada

gambar 3.17, sehingga mengakibatkan motor berhenti dan kemudian kembali ke titik tengah sinyal yang merupakan sekitar +1000mV.

5. Semakin bagian benang yang janggal mendekati bagian tengah plat sensor, semakin kuat kapasitansi plat sensor kapasitif didalam measuring head. Perubahan sinyal tegangan yang keluar dari measuring head akan semakin besar. Berdasarkan rumus sensor kapasitif plat dan sensitivitas sensor karena kapasitor plat lebih terfokus pada bagian tengah plat yang mendekati kabel penghubung sensor dan measuring head.
6. Apabila kejanggalan sudah diatasi seperti memproses ulang benang atau hanya sekedar melewati sensor secara manual oleh tangan, motor dapat bekerja kembali untuk mendeteksi kejanggalan benang berikutnya.



Gambar 3.16 Transient response keluaran amplifier ke Arduino ketika terjadi perubahan kondisi benang pada sensor kapasitif. (Skala Blok: 500mV x 500ms)



Gambar 3.17 Transient response pada layar monitor plotting Arduino IDE ketika kondisi benang pada sensor berubah.