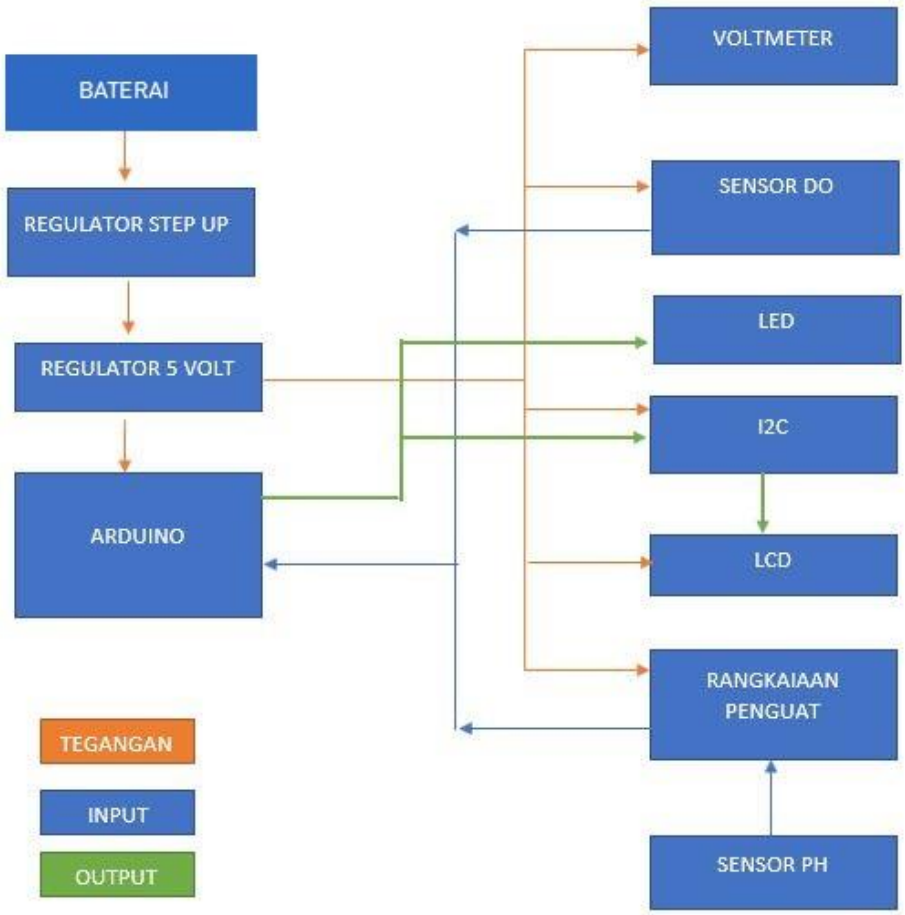
BAB III

PERANCANGAN SISTEM

Secara garis besar sensor akan dibuat dengan menggunakan teknologi Film Tebal melalui beberapa prosedur. Prosedur-prosedur tersebut diantaranya adalah mendesain sensor pH dan DO, melakukan proses *screen printing* sensor pH dan DO pada media pembantu, pembentukan pola sensor pH dan DO pada lapisan alumina (Al_2O_3), Penambahan $FeCl_3$ dan KCl pada sensor, membuat rangkaiaan Op-Amp, melakukan pemrograman sensor, menetukan supply tegangan, dan yang terakhir adalah mendesain kerangka Sistem.

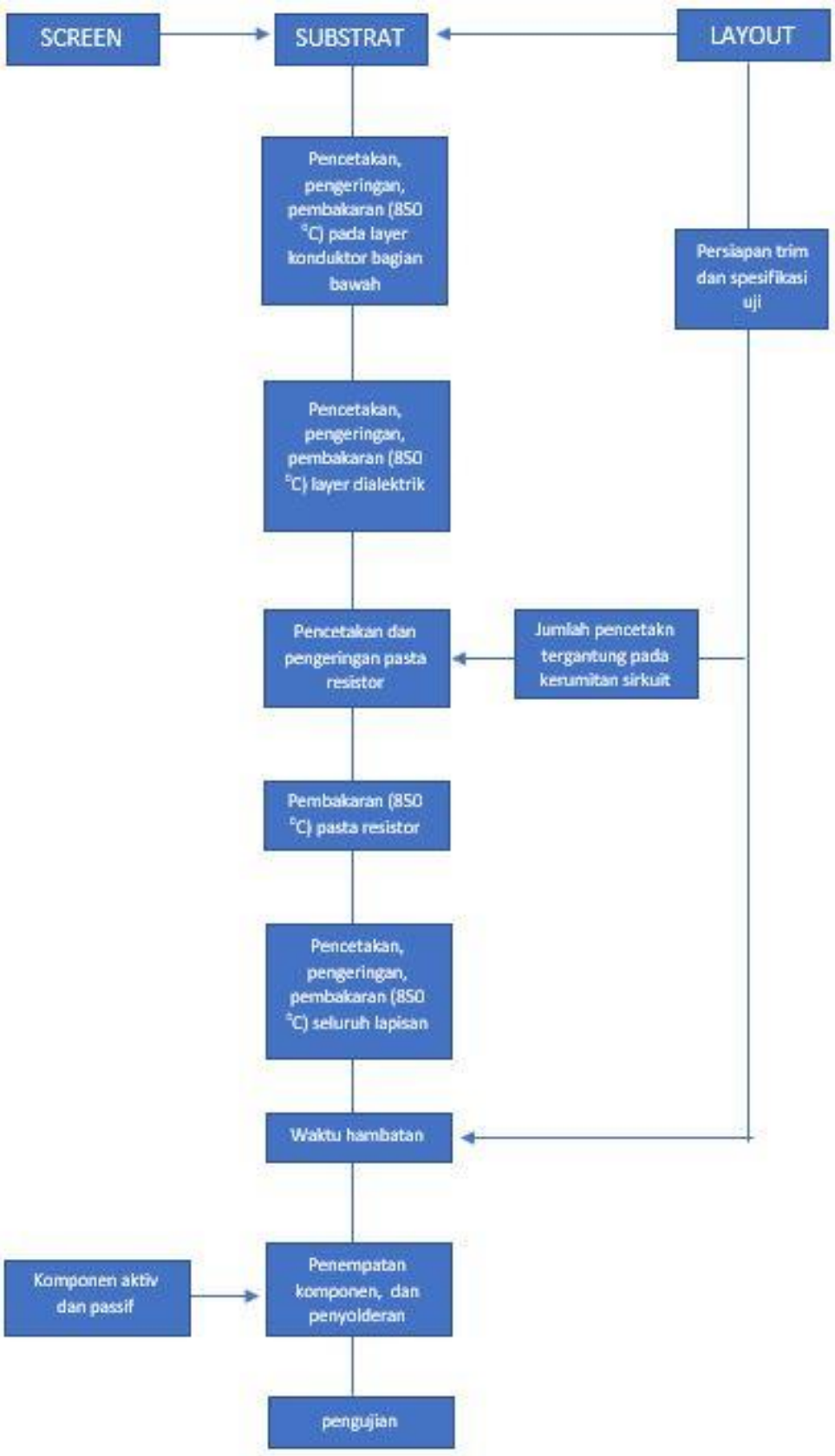


Gambar 3. 1 Implementasi Sensor pH dan DO

Seperti tampak pada gambar 3.1 mengenai implementasi sensor pH dan DO bahwa supply tegangan akan masuk melalui step-up regulator tujuannya adalah untuk meningkatkan tegangan. Setelah keluar dari step-up regulator selanjutnya akan menjadi input pada regulator 5 volt. Tegangan keluaran dari legulator 5 volt akan disalurkan ke dalam beberapa komponen seperti voltmeter, sensor DO, LED indikator, arduino, dan rangkaiaan penguat. Input yang masuk ke arduino berasal dari sensor DO, dan rangkaiaan penguat. Sedangkan output dari arduino akan menjadi input ke LED, dan I_2C. Yang mana output dari I_2C sendiri akan menjadi input ke LCD.

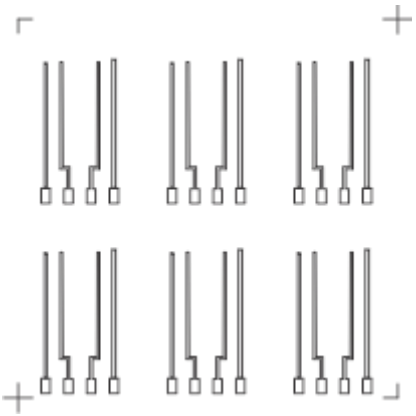
3.1 Desain Sensor pH dan DO

Penggunaan teknologi film tebal dalam proses fabrikasi sensor oksigen terlarut dan sensor pH merupakan salah satu bentuk pengembangan, dimana komponen-komponen sensor diminiaturisasi kedalam sebuah substrat dengan ukuran yang relatif kecil sehingga dimungkinkan untuk membuat sebuah divais sensor oksigen terlarut dan pH yang berukuran jauh lebih kecil dibandingkan bentuk sensor amperometri konvensional. Selain memiliki keunggulan dari segi ukuran, penggunaan teknologi film tebal juga menjadikan biaya produksi relatif lebih rendah tanpa mengurangi fungsionalitas dari sensor tersebut. Teknologi film tebal merupakan salah satu teknik dalam proses pembuatan komponen-komponen elektronika berdimensi kecil atau mikroelektronika.



Gambar 3. 2 Proses Manufaktur Teknologi Film Tebal

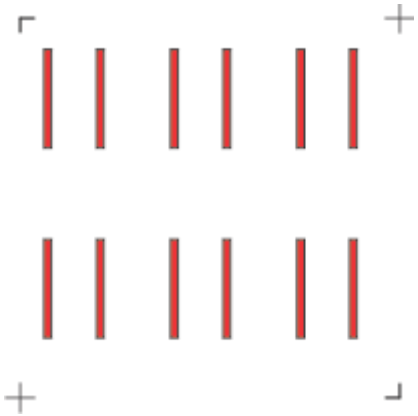
Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan terlebih dahulu merancang desain komponen-komponen sensor melalui penggunaan aplikasi CorelDraw X7 untuk kemudian dicetak kedalam sebuah ortho film negatif. Sensor tersusun atas 4 buah elektroda yang diminiaturisasi kedalam sebuah substrat alumina berukuran 1×2,5 cm. Elektroda kerja yang digunakan dalam perancangan ini adlah berupa logam RuO_2. Ag/AgCl digunakan sebagai elektroda referensi dan AgPd digunakan sebagai jalur konduktor yang menghubungkan antara rangkaiaan dengan hasil kimiawi yang terjadi antara elektroda-elektroda pada sensor dengan air. Keempat elektroda di masukkan kedalam larutan tipis elektrolit jenuh KCl 3,5M selama 5 menit dan gelatin serta bagian elektroda luar yang digunakan untuk mengukur kadar oksigen terlaut dalam air dilapisi dengan lapisan TiO_2 sebagai membran. Gelatin pada elektrolit digunakan sebagai gelling agent. Dengan begitu tingkat adhesifitas antara elektrolit dan substrat akan meningkat. Sensor yang dibuat dengan menggunakan teknologi Film Tebal meemerlukan beberapa layer lapisan sesuai dengan fungsi dan kegunaan layer-layer tersebut.



Gambar 3.3 Desain Sensor pH dan DO Layer1

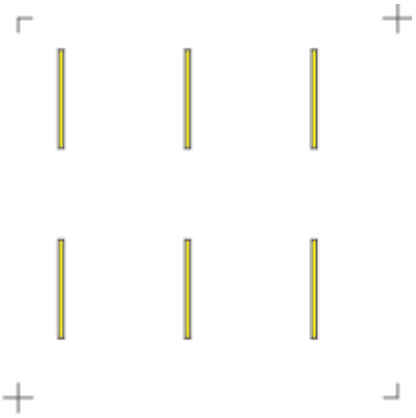
Seperti yang telah paparkan di atas bahwa salah satu langkah desain sensor adalah menentukan setiap layer. Dimana layer-layer tersebut berfungsi untuk memisahkan antara bahan yang satu dan yang lainnya sehingga pada proses pembuatan menjadi lebih mudah. Pada gambar 3. 3 tentang desain sensor pH dan Do layer1 sensor dimuat dalam film yang berukuran 5 cm x 5 cm. Yang harus diperhatikan pada tahap pembuatan layer adalah jarak antara sensor yang satu dengan yang lainnya jangan sampai berimpitan karena hal tersebut akan mengakibatkan kerusakan pada tahap pemotongan.

Untuk Gambar 3.3 Desain Sensor pH dan DO layer1 adalah bagian AgPd yang berfungsi sebagai konduktor. Sehingga dengan begitu aliran arus listrik yang diakibatkan dari sensor tersebut dengan larutan uji dapat merambat melalui bahan konduktor tersebut. Adapun alasan dibuatnya desain melekuk pada bagian elektroda yang letaknya berada ditengan sensor adalah untuk antisivasi dari kurangnnya tingkat ke presisian mesin printing. Sehingga ketika proses pelapisan layer kedua dilakukan maka bagian elektroda lainnya tidak terganggu. Lebar dari elektroda yang diperlihatkan pada Gambar 3.3 adalah 0.3 mm dan panjangnya adalah 22 mm. Sedangkan panjang bagian konduktor yang digunakannya adalah 13 mm dihitung dari pangkal ujung bawah sensor sampai ke bagian elektroda yang melekuk. Ukuran lebar untuk bagian layer pertama sendiri dirasa sangat proporsional karena jika dibandingkan dengan lebar elektroda pada desain-desaini sebelumnya desain ini memiliki ukuran yang pas. Dikatakan pas karena dilihat dari banyaknya desain layer dengan menggunakan teknologi film tebal yang telah berhasil.



Gambar 3.4 Desain Sensor pH dan DO layer2

Untuk Gambar 3.4 Desain Sensor pH dan DO layer2 adalah bagian RuO_2 yang berfungsi sebagai resistansi. Selain berfungsi sebagai resistansi RuO_2 juga berfungsi untuk mengikat ion H^+ dan oksigen di dalam air. Desainnya dibuat lebih lebar namun tidak lebih panjang dari layer pertama. Dengan desain tersebut diharapkan dapat menutupi bagian penting pada lapisan pertama. Ukuran dari lebarnya sendiri adalah 0.7 mm dan panjangnya adalah 9 mm. Nila panjang dari desain sensor layer2 tersebut adalah setengah dari ukuran panjang sensornya sendiri. Dengan ukuran tersebut hanya bagian penting dari pembacaan sensor saja yang dilapisi oleh RuO_2. Ukurannya panjang layer2 memiliki panjang yang lebih pendek dari layer3 karena untuk digunakan sebagai dasar percobaan mencari desain sensor yang proporsional untuk Sensor pH dan DO dengan menggunakan teknologi Film Tebal.



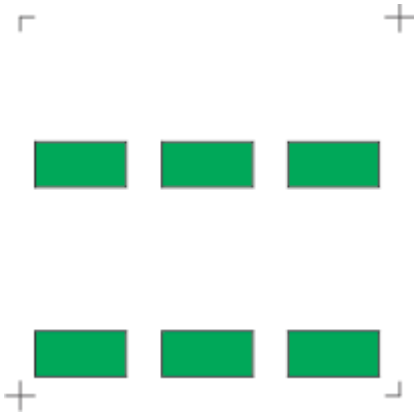
Gambar 3.5 Desain Sensor pH dan DO layer3

Gambar 3.5 Desain Sensor pH dan DO layer3 adalah bagian dari Ag/AgCl yang fungsinya sebagai elektroda referensi. Desainnya memiliki lebar lebih besar sedikit jika dibandingkan dengan layer1 dan memiliki lebar lebik kecil jika dibandingkan dengan layer2 yaitu 0.5 mm. Sedangkan panjangnya lebih besar dari layer2 yaitu 12 mm. Fungsinya dari lebar yang lebih besar dari layer1 adalah sama yaitu untuk menutupi bagian layer pertama supaya tidak mengalami kebocoran dan salah satu antisivasi dari masalah kecilnya tingkat kepresisian dari mesin screen printing. Sifat bahannya sendiri mampu menghantarkan arus listrik atau konduktor. Ukuran lebar yang berbeda dengan layer2 adalah sebagai salah satu dasar percobaan untuk menemukan ukuran lebar yang proporsional dipakai dalam fabrikasi sensor pH dan Do dengan menggunakan Teknologi Film Tebal.



Gambar 3.6 Desain Sensor pH dan DO layer4

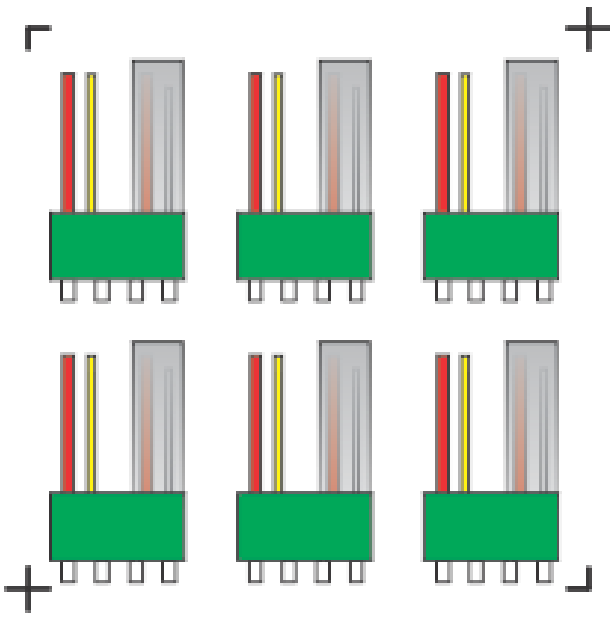
Gambar 3.6 Desain Sensor pH dan DO layer4 adalah gambar yang berfungsi sebagai membran. Dimana membran ini digunakan untuk meloloskan oksigen terlarut dalam air. Desain tersebut memiliki lebar yang mampu menutupi dua bagian elektroda untuk sensor oksigen saja. Dengan lebar 4.5 mm diharapkan mampu menutupi kedua bagian elektroda sensor DO tanpa mengganggu bagian elektroda untuk sensor lainnya. Sedangkan untuk lebarnya sendiri adalah 13 mm sehingga dengan panjang tersebut sensor mampu menutupi bagian terpenting dari pembacaan sensor DO karena bagian elektrodanya sendiri memiliki ukuran panjang yang lebih kecil.



Gambar 3.7 Desain Sensor pH dan DO layer5

Gambar 3.7 Desain Sensor pH dan DO layer5 adalah gambar desain dari bagian dielectric. Bagian dielektrik ini berfungsi sebagai pengaman dari terjadinya short circuit dari setiap bagian elektroda. Lapisan dielektrik ini akan menutupi bagian-bagian yang tidak digunakan dalam melakukan pembacaan sensor. Sehingga dengan adanya lapisan dielektrik ini sensor diharapkan tidak mengalami/terjadinya short circuit. Ukurannya sendiri memiliki lebar 12 mm yang berfungsi untuk menutupi bagian lebar dari sensor sendiri. Panjangnya adalah 7 mm yang berfungsi untuk menutupi bagian sensor yang tidak digunakan dan menutupi bagian yang terprediksi mengakibatkan terjadinya kesalahan pembacaan dalam penggunaan sensor.

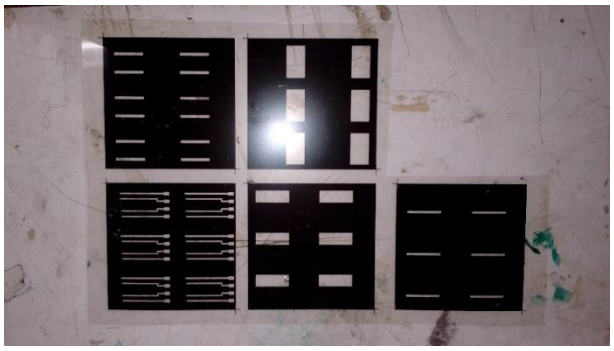
Layer-layer yang dipaparkan diatas adalah setiap bagian yang nantinya akan disatukan menjadi satu buah sensor. Dibawah ini adalah ilustrasi gambar hasil dari penggabungan setiap lapisan layer.



Gambar 3.8 Desain Sensor pH dan DO

Pada Gambar 3.8 tentang Desain Sensor pH dan DO adalah ilustrasi penggabungan dari layer-layer yang telah dibuat. Urutan sensor DO dan pH dari layer pertama sampai terakhir adalah bahan koduktor (AgPd), Elektroda Referensi (Ag/AgCl), Elektroda Kerja (RuO_2), lapisan membran (TiO_2), dan yang terakhir adalah bagian lapisan dielektrik. Adapun ukuran dari desain substrat tersebut adalah 54 mm x 54 mm, memiliki panjang sensor sekitar 22 mm , dan lebar adalah 12 mm.

Setelah setiap layer telah dibuat selanjutnya adalah membuat film sensor pH dan DO. Untuk pembuatan film sendiri menggunakan jasa percetakan PCB yaitu Spectra yang berada di Kosambi, Bandung. Hal tersebut dilakukan karena terbatasnya alat untuk membuat sensor ini sendiri. Pembuatan film sendor pH dan DO sendiri dimuat dalam desain film negative dan positive yang ditunjukkan pada Gambar 3.9. Pada film sendiri sebaiknya harus hati-hati menyimpannya jangan sampai terjadi menempelnya kotoran pada film tersebut.

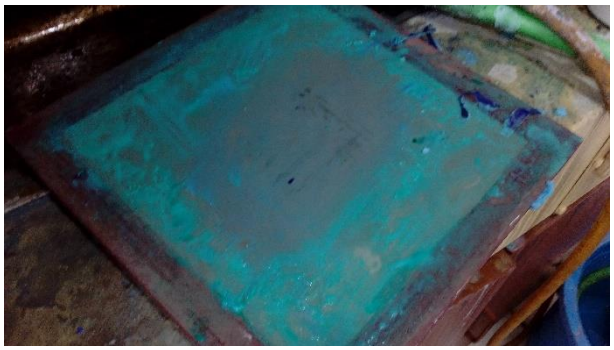


Gambar 3.9 Film Sensor pH dan DO

3.2 Proses *Screen Printing* Sensor pH dan DO pada Media Pembantu

Pada tahap ini sensor yang telah selesai di desain selanjutnya akan di cetak dengan menggunakan mesin *printing*. Sebelum mencetak sensornya

sendiri ada beberapa bahan yang perlu dipersiapkan. Salah satu yang perlu kita persiapkan adalah media *screen*-nya sendiri. Media *Screen* adalah bahan berbentuk kotak yang dipakai untuk menempelkan pola desain sensor yang berfungsi sebagai dasar dalam pembuatan. Karena dalam pola desain sensor pH dan DO terdapat 4 sub layer, maka perlu dipersiapkan 4 media utnuk menmpelkan *screen* untuk masing-masing layer.



Gambar 3.10 Media Sensor sebelum dibersihkan

Setelah media tersebut berhasil dipersiapkan selanjutnya adalah mencuci media tersebut dengan menggunakan ulano gel 23 pembersih. Caranya adalah mengambil ulano gel 23 pembersih dengan menggunakan sikat yang sering digunakan. Kemudian selanjutnya adalah membilas media *screen* yang tadi dengan air dan menyikat setiap bagian media *screen* sampai benar-benar bersih. Setelah itu media *screen* di keringkan dengan menggunakan head layer. Setelah itu media *screen* yang telah kering kemudian dibawa ketempat yang terlindungi dari sinar ultraviolet untuk ditempelkan sebuah resis.



Gambar 3.11 Media *Screen* setelah dibersihkan



Gambar 3.12 Ulano 133 Resistant

Setelah media *screen* dibawa keruang gelap selanjutnya mempersiapkan ulano yang fungsinya sebagai perekat resis. Untuk mendapatkan perekat yang bagus yang harus dilakukan adalah mencampurkan ulano 133 resistant yang berukuran besar dengan ulano 133 sensibilator yang berukuran kecil hingga keduanya benar-benar tercampur. Perbandingan antara ulano 133 resistant dengan ulano 133 sensibilisator berukuran kecil adalah 3 : 1.



Gambar 3.13 Ulano 133 Sensibilisator



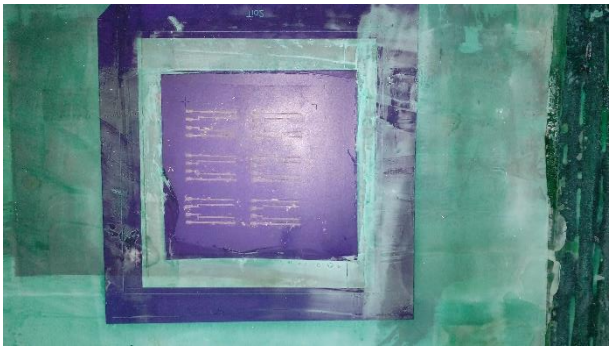
Gambar 3.14 Campuran Ulano 133 Resistant dan Sensibilisator

Pada tahap selanjutnya adalah menempelkan resis cdf pada pada Media *Screen*. Sebelumnya karena resis cdf tidak dapat menempel pada Media *Screen* maka dapat direkatkan resis tersebut dengan menggunakan solatipe. Kemudian lapisi tepat dibagian bawah pola sensor yang telah ditempelkan pada Media *Screen* tadi dengan menggunakan hasil campuran ulano tadi. Untuk melapisi *screen* tersebut dengan ulano usahakan sampai benar-benar merata. Kemudian selanjutnya adalah mengeringkan kembali lapisan yang telah tertutup ulano perekat dengan menggunakan head layer. Pada tahap pengeringan ulano harus benar-benar kering karena jika masih lembap dapat merusak bagian resis ketika hendak dicabut.

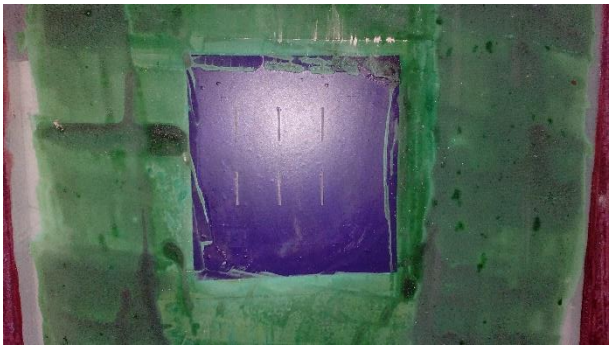


Gambar 3.15 Mesin *Screen Maker*

Selanjutnya adalah tahap pembuatan *screen*. Pada tahap ini media *Screen* yang telah dilapisi resis cdf akan dimasukkan kedalam mesin *Screen Maker*. Sesuai dengan namanya alat ini berfungsi untuk membuat *screen* sensor. Prinsip dasar alat ini bekerja adalah dengan cara memanfaatkan proses fotoresistif dimana intensitas cahaya tinggi akan ditembakan ke *screen maker* sehingga bagian lain dari *screen maker* yang terhalang oleh pola menyerap sumber cahaya. Dengan begitu lapisan cdf pada bagian *screen maker* yang terpapar langsung oleh sinar akan kering dan mengeras. Waktu yang diperlukan untuk melakukan penyinaran pada *screen maker* sekitar 3 menit atau 15 satuan. Dimana semua udara yang terdapat pada screen maker akan disedot hingga tidak ada udara yang tersimpan di dalamnya untuk membentuk pola sesuai dengan *screen*.



Gambar 3.16 *Screen* layer1 Sensor pH dan DO



Gambar 3.17 *Screen* layer2 Sensor pH dan DO

Setelah proses pembuatan *screen* selanjutnya adalah membersihkan bagian resis untuk dilihat hasil dari pola desain sensor pH dan DO. Sama sepertihalnya dengan membersihkan media *screen* hanya bedanya pada tahap ini air cukup disemprotkan kepermukaan media *screen*. Air yang disemprotkan ke permukaan usahakan merata dan *screen* disimpan dibawah agar hasil dari proses tersebut menghasilkan pola desain sensor yang baik. Jika bentuk dari setiap layer sensor telah tampak, maka selanjutnya keringkan media sensor dengan menggunakan head layer. Selanjutnya adalah melapisi kembali media sensor dengan menggunakan ulano yang telah tercampur tadi. Namun disini yang dilapisi oleh ulano adalah permukaan yang tidak terkena resis. Kemudian keringkan kembali *screen* tersebut.

Setelah hasil setiap *printing* sudah selesai selanjutnya adalah menguji setiap *screen* yang akan digunakan sebagai dasar pembentukan pola pada alumina (Al_2O_3). Pada proses pengujian, *screen printing* yang akan dilihat kualitasnya dibawa ke laboratorium lain yang dimana didalam laboratorium tersebut terdapat mikroskop canggih yang dapat menampilkan Gambar *screen* dengan ukuran lebih besar berkali-kali lipat. Pada Gambar 3.21 adalah proses pengujian *screen printing*.



Gambar 3.18 Proses Pengujian Jalur *Screen*

Kualitas standar *screen* pada proses pengujian adalah setiap jalur pada *screen* harus benar-benar rapi dan tidak boleh ada *screen* yang bolong, memutus jalur dan hal-hal lain yang dapat merusak proses pembentukan pola pada alumina. Karena jika terjadi kecacadan pada *screen* maka pada proses pembentukan pola akan merusak semua desain, dimana setiap desain yang di buat mempunyai tujuan tertentu demi kualitas hasil pembacaan pada zat yang akan diukur.

Dari hasil pengukuran mikroskop yang dilakukan oleh praktikan menunjukkan bahwa pola yang terdapat pada bagian film dengan pola yang dihasilkan pada media *screen* tidak akurat. Jika dibandingkan pola yang dihasilkan pada bagian media *screen* memiliki ukuran yang lebih besar dari pada pola pada bagian *screen*. Hal tersebut terjadi karena menggunakan media *screen* yang berukuran 325 mesh sehingga hasil dari polanya memiliki ukuran yang lebih besar.

3.3 Pembentukan Pola Sensor pH dan DO pada Lapisan Alumina (Al_2O_3)

Setelah lolos uji pola jalur *screen* selanjutnya melapisi setiap bagian alumina (Al_2O_3) dengan bahan dasar pembuatan sensor. Pada proses ini adalah mempersiapkan bahan-bahannya terlebih dahulu seperti Al_2O_3, AgPd, RuO_2, TiO_2, lapisan dielectrik, dan Ag/AgCl. Yang pertama adalah proses mempersiapkan alumina (Al_2O_3). Sebelum alumina dilapisi oleh setiap elemen pembentukan sensor, alumina harus dipastikan benarr-benar bersih.

Untuk membersihkan alumina dari kotoran-kotoran yang menempel maka digunakan pure water. Kelebihan dari air ini adalah tidak mengandung zat-zat lain baik organik maupun anorganik, bakteri, pirogen, gas, atau partikel yang dapat terlarut. Sehingga semua kotoran yang menempel pada alumina akan terikat oleh adanya pure water yang murni ini.

Selain dari pada itu alumina yang terdapat pada pure water harus digetarkan dengan menggunakan teknologi ultrasonik. Dengan menggunakan teknologi ultrasonik yang inovatif ini sangat diharapkan untuk menghasilkan medan kavitasi yang sangat kuat, sehingga pembersihan yang sangat baik dapat dicapai dengan kecepatan tinggi. Kavitasi sendiri adalah efek yang dihasilkan dalam cairan oleh gelombang ultrasonik yang sangat intensif. Waktu yang diperlukan untuk mengangkat semua kotoran yang menempel dengan teknologi ini adalah sekitar 30 menit.

Belum cukup sampai disitu pembersihan alumina harus melewati satu kali lagi pembersihan. Dan kali ini zat pembersih yang digunakannya adalah aseton. Dengan sifatnya yang mudah larut maka aseton dapat mengangkat

semua kotoran yang tidak dapat dilakukan oleh pure water. Kelebihan dari sifat inilah aseton digunakan untuk memastikan semua kotoran terangkat. Karena aseton ini adalah salah satu pembuat keton yang membentuk hasil dari pemecahan pada lemak. Karena sifatnya yang sangat penting dalam proses pembersihan alumina maka dengan begitu hanya dibutuhkan 20 menit saja getaran dari teknologi ultrasonik. Bukan hanya itu saja karena sifatnya yang mudah larut maka pure water yang ada pada alumina akan ikut larut bersama aseton sehingga pengeringan pada substrat alumina tidak membutuhkan waktu yang lama.

Jika semua substrat telah dibersihkan dan dalam keadaan kering maka selanjutnya adalah melapisinya dengan elektroda-elektroda berdasarkan desain yang telah dibuat. Karena yang akan di buat adalah jenis sensor pH dan DO maka lapisan pertama pada bagian substrat adalah konduktor (AgPd). Lapisan konduktor sendiri memiliki persentase sekitar 96%.

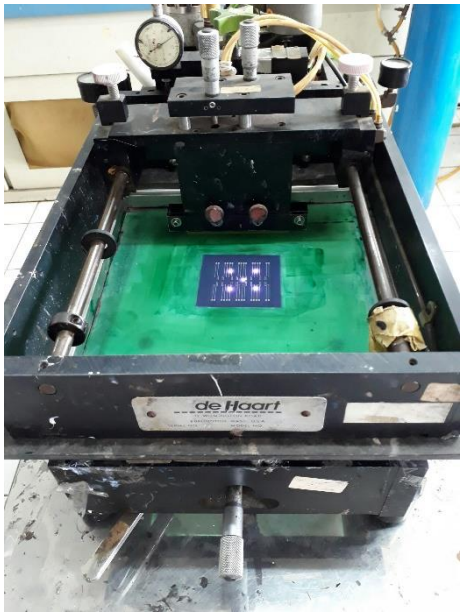
Pertama siapkan *screen* dengan desain konduktor (AgPd). Kemudian tempelkan *screen* tersebut ke baigan besi yang berfungsi sebagai pengunci *screen* tersebut pada saat dilapisi. Untuk menempelkan *screen* dapat menggunakan baut yang dipasang secara bersilangan. Jika baut dirasa telah terpasang dengan kencang tahap selanjutnya adalah menmpelkannya ke mesin yang digunakan untuk melapisi elektroda (mesin de Haart). Untuk menempelkannya putar baut dari keempat sisi *screen* sampai benar-benar kuat.

Jika *screen* telah berhasil terpasang pada mesin yang digunakan untuk melapisi elektroda, maka seanjutnya mengatur dan menyesuaikan pola bagian

pada *screen* dengan pola yang terdapat pada film. Sebelum menyesuaikan pola nyalakan ke-5 lampu LED yang terdapat dalam mesin de Haart dengan cara menghubungkan setop kontak yang terhubung. Untuk menyesuakannya dapat dilakukan dengan menaruh substrat alumina di dalam mesin yang kemudian datasnya disesuaikan pola film yang digunakan dengan substrat. Jika pola film telah sesuai dengan ukuran substrat selanjutnya adalah menyesuakan *screen* dengan pola pada film.

Untuk menyesuakan *screen* terhadap pola pada film dapat dilakukan dengan cara memutar tuas kiri, tuas kanan, dan tuas kemiringan. Namun jangan lupa untuk menghiudupkan lubang gas sebagai sumber tenaga untuk mesin de Haart yang berda di bawah berupa saluran selang sebesar jempol tangan. Tuas-tuas tersebut memiliki ukuran masing-masing. Sedangkan jika diinginkan mesin menutup maka dapat menekan tombol setup pada bagian ujung mesin. Di bagian mesin pun terdapat bagian tuas pengunci yang berguna untuk mengunci posisi *screen* tehadap pola film agar berada ditempat. Pada Gambar 3.22 ditunjukkan Gambar mesin de Haart tampak dari depan.

Jika posisi pola pada film dan *screen* dirasa telah sesuai, maka selanjutnya adalah mencabut pola film dari substrat yang ditempelkan pada mesin. Untuk melapisi AgPd secara otomatis dengan menggunakan mesin de Haart, taruh senyawa AgPd tersebut di atas *screen* secukupnya. Kemudian angkat tuas dengan nama setup yang berada di bagian ujung dan injaklah pedal yang berada pada sisi kiri dari bagian mesin de Haart. Dengan begitu mesin tersebut secara otomatis akan bekerja.



Gambar 3.19 Mesin de Haart tampak depan

Untuk menghasilkan lapisan elektroda pada substrat, alangkah lebih baik jika selalu mengecek kondisi lapisan berbahan nilon yang digunakan untuk melapisi *screen*. Nilon tersebut berada dibagian tengah mesin berwarna kuning yang sifatnya fleksibel. Indikasi bahwa nilon tersebut sudah rusak adalah bahwa nilon tersebut memiliki lapisan ujung yang bergelombang atau tidak datar yang dapat mengakibatkan hasil dari proses pelapisan yang buruk. Adapun hal-hal yang dapat menyebabkan nilon tersebut rusak adalah pada saat mesin bekerja *screen* tidak dilapisi dengan pelumas. Disini pasta elektroda yang digunakan selain digunakan untuk melapisi substrat juga berfungsi sebagai pelumas untuk mencegah rusaknya nilon yang digunakan. Biasanya jika mesin bekerja tanpa menggunakan pelumas, maka seluruh bagian nilon akan rusak dan tidak dapat digunakan.

Jika pada proses melapisi bagian *screen* dirasa gagal maka *screen* dapat dibersihkan dengan menggunakan cairan tiner dengan cara membasuh bagian-

bagian tertentu bekas dari electroda. Electroda yang terkena cairan tiner tersebut dapat diberdihkan dengan menggunakan kapas atau lap sampai benar-benar bersih. Namun hati-hati jika membersihkan bagian tiner yang digunakan sebagai pola akan lebih baik jika *screen* dibersihkan mulai dari belakang. Jika seluruh *screen* dirasa telah bersih dari elektroda maka selanjutnya adalah menghilangkan lapisan elektroda yang kasat mata. Untuk menghilangkannya dapat digunakan dengan cara menyemprot *screen* tersebut secara perlahan sehingga kotoran yang menempel pada sela-sela pola *screen* dapat terlepas.

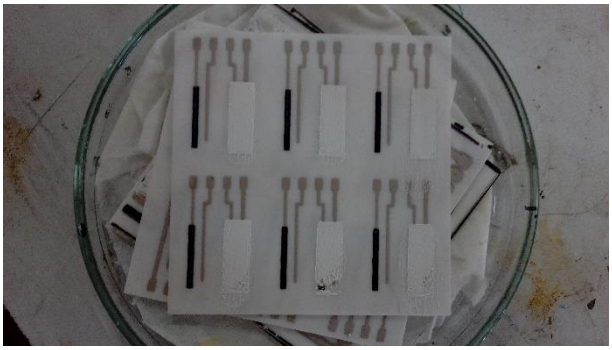
Proses pelapisan yang dilakukan dengan mesin de Haart menghasilkan ukuran pola yang lebih besar jika dibandingkan pada pola yang terdapat pada media *screen* dan juga film. Hal yang membuat ukuran pola menjadi semakin lebar adalah kenceran pada elektroda yang digunakan dan bahan elektroda yang digunakan. Biasanya bahan elektroda yang buruk dari ketiga elektroda yang digunakan yaitu TiO_2, AgPd, dan RuO_2 adalah bahan TiO_2. Hal tersebut terjadi karena bahan TiO_2 berasal dari serbuk yang tidak mudah larut dengan cairan tiner atau air.

Jika proses melapisi bagian substrat dengan elektroda dirasakan telah berhasil maka selanjutnya adalah membakar substrat tersebut dalam suhu 150 ^{0}C. Untuk proses pembakaran dapat digunakan mesin open sebagai pemanggang substrat. Proses pemanggangan dibuthkan sekitar 15 menit. Hal semcam itu bertujuan untuk menahan dan membuat lapisan elektroda agar tetap menempel pada bagian substrat sehingga lapisan elektroda tadi tidak mengelupas atau meleber kemana-mana saat terjadi guncangan atau sejenisnya.

Seteleah proses tersebut maka selanjutnya adalah membakar substrat tersebut di mesin pembakaran pada suhu sekitar 850^0 C. fungsi dari pembakaran (*firing*) ini tujuannya adalah untuk mengubah senyawa-senyawa kimia yang ada pada lapisan substrat menjadi lapisan yang bersifat konduktor, resistor, atau dielektrik.

Namun biasanya untuk mencapai temperature yang diinginkan atau mencapai set point pada mesin ini memerlukan waktu sekitar 1 jam atau lebih. Hal tersebut terjadi karena kenaikan suhu pada mesin ini terbilang sangat lama. Biasnya mesin ini tidak benar-benar mencapi set point meskipun mesin telah lama dinyalakan. Biasanya mesin ini panas hingga 500 ^{0}C hingga 700 ^{0}C. Sehingga biasanya meskipun temperature belum mencapai set point maka substrat dimasukkan ke dalam mesin pembakaran.

Dalam proses tersebut substrat akan dipanaskan dan diujung mesin tersebut akan didinginkan. Secara otomatis substrat akan berjalan dengan sangat lambat. Dalam jangka 45 menit substrat dapat diambil yang dihitung dari pertama kali dimasukkan.



Gambar 3.20 substrat setelah proses *firing*

Gambar 3.20 adalah gambar yang menunjukkan bahwa substrat telah melalui proses pembakaran (*Firing*). Dalam gambar tersebut substrat telah dilapisi bagian AgPd yang berfungsi sebagai konduktor dimana bagian ini pula sekaligus berfungsi sebagai elektroda kerja. Bagian yang berwarna hitam dari Gambar 3.20 adalah bagian lapisan yang berfungsi sebagai elektroda kerja baik untuk sensor pH maupun untuk sensor DO yang berasal dari bahan RuO_2. RuO_2 harus menutupi bagian AgPd agar pada proses pengukuran tidak terjadi short circuit yang disebabkan oleh bahan konduktor. Kemampuan yang dimiliki RuO_2 yang dapat mengikat oksigen dan melepaskan ion H^+ merupakan salah satu manfaat yang digunakan dalam pembuatan sensor ini. Dimana ketika RuO_2 mengikat oksigen maka hambatan yang terhubung antar kaki semakin besar dan begitupun yang terjadi pada kaki untuk bagian sensor pH semakin RuO_2 melepaskan ion H^+ maka nilai kelektronegatipannya akan bertambah atau sifat konduktivitasnya meningkat.

3.4 Penambahan $FeCl_3$ dan KCl

Sensor tersebut dimuat dalam alumina yang berukuran $5cm^2$ yang dimuat menjadi enam sensor bagian. Ukuran untuk setiap bagian sensor tersebut memiliki tinggi 25 mm, lebar 18 mm, dan tebal 3mm. Setiap sensor nantinya akan dipotong dengan menggunakan kater pemotong alumina. Material yang digunakan antara lain adalah *Silver-Palladium* yang berfungsi sebagai jalur konduktor untuk menghantarkan tegangan hasil dari proses kimia yang terjadi dengan rangkaian, *Ruthenium* kompleks yang berfungsi sebagai resistor pada sensor. Yang mendorong penggunaaan bahan *Ruthenium Oksida* sebagai elektroda kerja adalah karena bahan tersebut adalah logam oksida yang mampu

melakukan proses kimiawi sehingga logam ini dapat melakukan pertukaran ion-ion H^+ antara larutan uji dengan elektroda sensor.

Ketika semua bahan dasar telah dipasang dan juga telah dibakar yaitu AgPd *(Sillver Palladium),* RuO_2 (*ruthenium based*), TiO_2, dan lapisan dielektrik maka selanjutnya adalah memberikan larutan $FeCl_3$ (klorinsi) untuk bagian elektroda referensi. Untuk memudahkan proses klorinasi akan lebih baik jika hal yang harus dilakukan adalah memotong substrat menjadi dua buah. Bagian yang berfungsi sebagai elektroda referensi terbentuk karena proses kimiawi yang terjadi antara Ag dengan $FeCl_3$. Proses pembentukannya sendiri dengan cara memasukan elektroda berbahan dasar Ag kedalam larutan $FeCl_3$. Konsentrasi molaritas yang dimiliki $FeCl_3$ dalam perancangan ini adalah ± 0.05M dalam waktu 50 detik. Sebelum dicelupkan kedalam larutan tersebut bagian-bagian dari elektroda yang tidak melalui proses klorinasi ditutupi dengan menggunakan solatipe. Setelah dicelupkan kedalam besi klorida sensor tersebut dibersihkan dengan menggunakan air. Setelah dibersihkan kemudian masukkan sensor kedalam oven dengan suhu 100^0C. Diamkan sensor tersebut dalam oven selama 5 menit dan tiriskan sensor tersebut jika sensor tengah selesai di oven sampai benar-benar sensor tersebut dingin.

Dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

m $FeCl_3$ = M. Mr $FeCl_3$V

Mr $FeCl_3$ = $\sum FeCl_3$

Ar Fe = 55.84

Ar Cl = 35.45

Mr $FeCl_3$ = 55.84 + 3(35.45)

= 162.19

Volume Air = 100 ml

$$mFeCl_3 = 0.05\ M\ \times \left(162.19\ \frac{gr}{mol}\right) \times 0.1$$

$$m\ FeCl3 = 0.81\ gram$$

Dengan begitu didapat bahwa FeCl3 yang harus ditambahkan kedalam air bervolume 100 ml dengan konsentrasi molaritas 0.05 M adalah sebanyak 0.81 gram.

Setelah proses pembuatan lapisan elektroda referensi pada sensor maka selanjutnya adalah melapisi elektroda-elektroda pada sensor dengan menggunakan larutan KCl. Konsentrasi molaritas yang dimiliki KCl sendiri adalah 3,5 M. Dimana larutan KCl ini telah mengandung gelatin sebanak 7% yang berfungsi sebagai zat perekat. Dengan sifat KCl yang berbentuk gel diharpkan larutan ini dapat mekat pada lapisan elektroda referensi. Proses pelapisan KCl dilakukan dengan cara menuangkan KCl ke bagian elektroda referensinya saja dengan menggunakan pupet secukupnya saja. Setelah gelatin ditambahkan maka masukan lagi sensor tersebut kedalam oven dengan suhu yang sama dalam waktu 5 menit. Jangan lupa untuk melepaskan bagian solatipe agar pada proses pembakaran solatipe tidak terbakar dan merusak kinerja sensor itu sendiri.

Setelah semua prosedur telah dilakukan saatnnya memotong semua sensor sesuai ukuran yang telah ditentukan. Proses pemotongan sensor ini adalah dengan alat pemotong khusus. Dimana bagian dari mata pisaunya sendiri menggunakan bahan yang paling keras yaitu intan. Alat pemotongnya sendiri dapat dilihat pada Gambar 3.21 Alat Pemotong Substrat Alumina



Gambar 3.21 Alat Pemotong Substrat Alumina

3.5 Merancang Rangkaiaan Penguat (Op-Amp)

Untuk menguatkan tegangan keluaran dari sensor pH dan DO maka digunakanlah rangkaiaan penguat (Op-Amp). Mula-mula rangkaiaan diuji coba dengan menggunakan projectboard. Jika rangkaiaan dirasa telah bekerja sesuai dengan kinerjanya maka rangkaian dibuat dengan menggunakan software desain PCB. Salah satu software desain PCB yang di gunakan adalah Eagel. Sedangkan IC-nya sendiri menggunakan dari jenis LM324. Sebenarnya LM324 sendiri tidak hanya dapat digunakan sebagai penguat saja melainkan LM324 juga dapat digunakan untuk komparator, multivirator, rangkaiaan integral, rangkaiaan diferensial, dan filter aktif.

Empat buah penguat operasional yang terdapat pada LM324 menjadikan IC ini memiliki fitur yang cukup banyak sebagai salah satu dari jenis IC Op-Amp. Selain daripada itu IC ini memiliki masukkan diferensial sejati. Kelebihan yang cukup unik dari IC ini jika dibandingkan dengan IC Op-Amp lainnya

adalah memiliki berbagai aplikasi bercatudaya tunggal. Karena memiliki 4 penguat operasional maka IC ini juga dapat disebut sebagai Quad Operational Amplifiers.

Rentang tegangan Penguat Operasianal ini dapat bekerja antara tegangan 3 V sampai 32V dengan arus mode siaga. Itu artinya memiliki efisiensi rentang kerja tegangan yang cukup lebar untuk sebuah Op-Amp. Dengan adanya rentang masukan pada moda yang umum sudah termasuk catu daya negative yang menghilangkan keharusan menggunakan komponen pembias eksternal. Fitur-fitur ini sangat dibutuhkan pada banyak aplikasi dari rangkaiaan penguat. Pasokan tegangan negative ini pun tersedia pada pin keluarannya.

IC LM 324 N yang digunakan dalam perancangan ini adalah berbentuk dalam kemasan DIP (Dual in Line Package). Karena kemasan IC ini berbentuk DIP-14 itu artinya ic ini tersusu atas 14 pin. Pitch standar dalam pengemasan industri untuk ic ini berukuran 2,54 mm. Dimana arus bias masukkan yang dimiliki ic ini karakteristiknya adalah rendah dan rentang arusnya antara 90 nA sampai dengan 250 nA.

Rangkiaan penguat yang digunakan dalam perancangan ini adalah rangkaiaan penguat non-pembalik. Karena resistansi yang digunakan dalam perancangan ini yaitu 2,2 Kilo Ohm, 330 Kilo Ohm dan 47 Okm. Dengan asumsi R1 pada rangaiaan ini adalah hasil pararel antara resistor 2,2 Kilo Ohm dengan resistor 330 Ohm dan R2 pada rangkaiaan ini adalah 47 Kilo Ohm. Untuk mencari penguatan yang akan dihasilkan oleh rangkaiaan ini maka perlu di hitung besar R1 yaitu:

$$\mathrm{R1} = \left(\frac{R3 * \mathrm{R4}}{R3 + \mathrm{R4}}\right)$$

$$\mathrm{R1} = \left(\frac{330\ Ohm * 2200\ \mathrm{Ohm}}{330\ \mathrm{Ohm} + 2200\ \mathrm{Ohm}}\right)$$

$$\mathrm{R1} = \left(\frac{726000\ \mathrm{Ohm}}{2530\ \mathrm{Ohm}}\right)$$

$$\mathrm{R1} = 286,95\ Ohm$$

Setelah didapatkan besar R1 yaitu 286,95 Ohm maka selanjutnya adalah mencari penguatan yang dihasilkan antara input terhadap output dengan cara sebagai berikut:

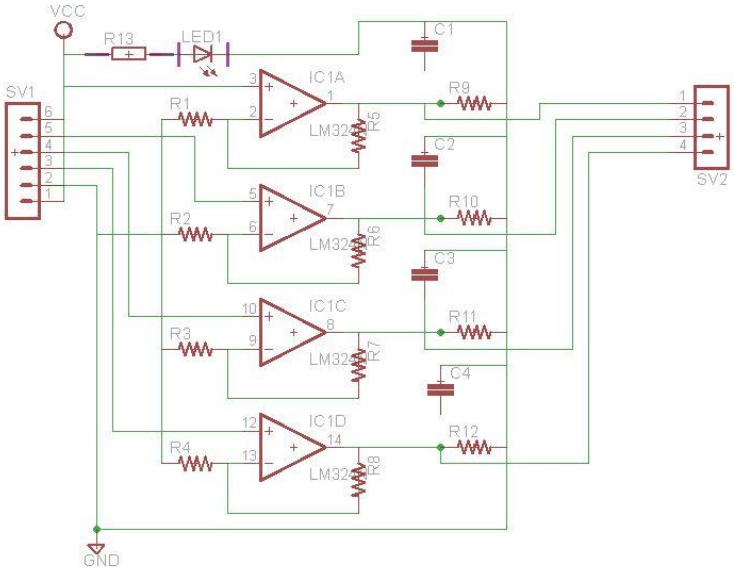
$$V_{out} = V_{in}\left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

$$V_{out} = V_{in}\left(1 + \frac{47\ Kilo\ Ohm}{286,95\ Ohm}\right)$$

$$V_{out} = V_{in}(1 + 163,79)$$

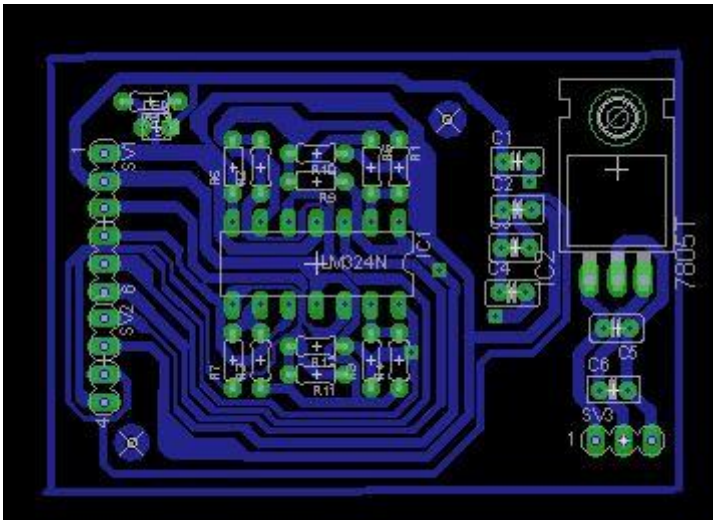
$$V_{out} = V_{in}(164,79)$$

Dengan menggunakan rangkaiaan non-pembalik ini maka akan didapatkan bati minimum bernilai 1. Berdasarkan hasil perhitungan maka didapatkan pengutan yang akan dihasilkan antara hasil ouput terhadap input sebesar 164,79 kali penguatan. Karena tegangan sinyal masukan terhubung langsung dengan penguat operasional maka impedansi masukan bernilai $Z_{in} \approx \infty$. IC Op-Amp disusun secara pararel untuk menghasilkan banyak output. Dibawah ini adalah schematic rangkaiaan penguat non-pembalik yang digunakan.



Gambar 3.22 Schematik Rangkaiaan Penguat

Karakteristik rangkaianan di atas adalah memiliki fasa yang sama dengan sinyal input. Dimana karakteristik dari sumber tegangan DC akan dilakukan secara simetris. Pin masukkan non-inverting akan menerisma sinyal input dan hasilnya adalah kinerja dan besarnya penguatan dari rangkaiaan penguat tergantung dari besar resistansi yang terpasang pada resistor Rin dan Rf.



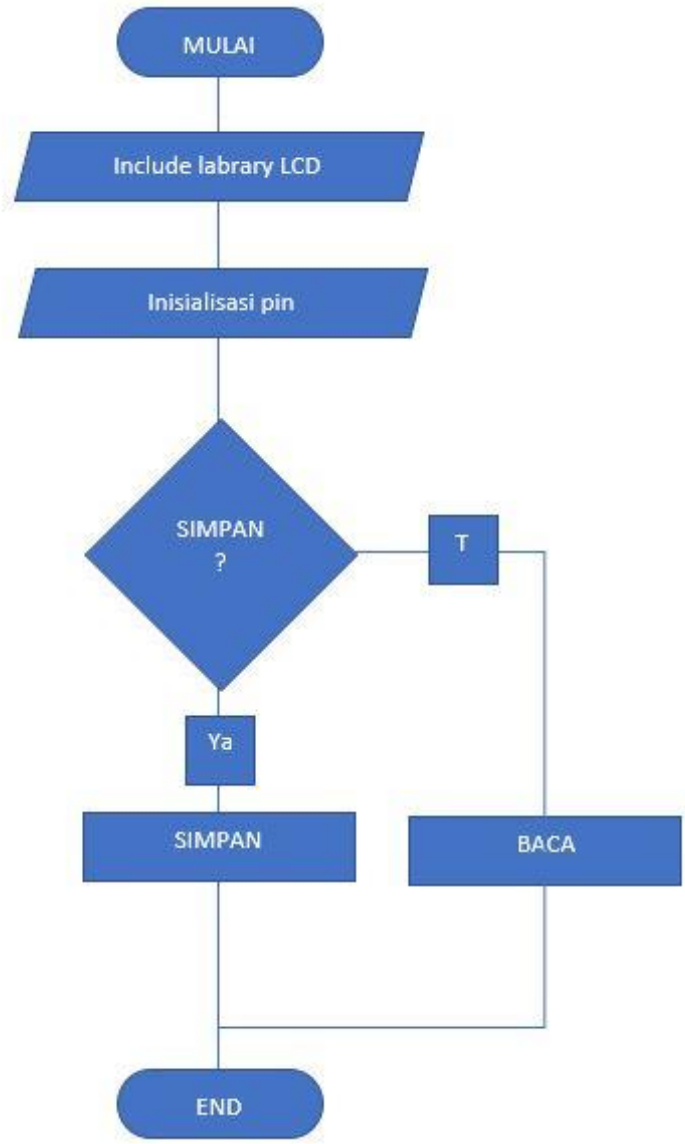
Gambar 3.23 Board PCB Rangkaiaan Penguat

Gambar 3.23 adalah gambar board PCB dengan mengunakan software desain Eagle. Ukuran dari rangkaian penguat di atas memiliki lebar 37.02 mm dan panjang 57.5 mm. Setiap komponen dihubungkan dengan jalur berukuran bervarian menyesuakan kondisi rangkaiaan. Dimana desain rangkaiaan di atas digunakan pengaturan dengan menggunakan single layer yang mana hanya bagian belakang rangkaiaan saja yang dijadikan media untuk jalur. IC Op-Amp yang digunakan dalam board tersebut sebanyak 1 yaitu IC L324. Saluran output pada rangkaiaan penguat ini dipasang resistansi dan kapasitansi yang dipararelkan. Kedua komponen tersebut berperan aktif dalam menghaluskan penguatan. Dimana resistor yang dipasang pada rangkaiaan output berfungsi untuk menghindari bouncing. Sedangkan kapasitor sendiri berfungsi sebagai peredam noise dan pelindung dari loncatan api saat terhubung karena besarnya ouput yang dihasilkan.

3.5 Algoritma Program Sensor pH dan DO dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino

Setelah perancangan rangkaiaan penguat telah selesai selanjutnya adalah prosedur pemrograman sensor pH dan DO dengan menggunakan Mikrokontroler Arduino. Semua rangkaiaan akan diberikan input tegangan sebsar 5 volt dari sumber tegangan DC. Sensor akan dibaca secara analog dengan menggunakan pin analog. Namun sebelum masuk pada pin analog sensor melalui rangkaiaan penguat non-pembalik terlebih dahulu. Dengan menggunakan bilangan integer konversi hasil pembacaan sensor antara 0 – 5 volt akan diubah menjadi rentang 0 – 1024. Setelah prosedur pembacaan sensor secara analog telah selesai maka selanjutnya adalah menampilkan data integer

tersebut pada LCD 16 x 2 melalui I_2C. Dimana untuk melakukan pemergoraman I_2C sndiri diharuskan menggunakan library untuk mempermudah pemergoraman.



Gambar 3. 24 Alur Program Sensor pH dan DO

Pada gambar 3.24 tentang Alur Program Sensor pH dan DO adalah flowchart yang menunjukkan gambaran umum perancangan alat ini akan di program. Ada dua kondisi program yang disematkan kedalam mikrokontroler

arduino dalam program utama yaitu proses penyimpanan dan proses pembacaan data yang terdapat pada mikrokontroler arduino. Sebelum pada proses pengolahan maka terlebih dahulu labrary dari I2C untuk LCD di masukan pada perintah paling awal. Hal tersebut berfungsi untuk memanggil perintah-perintah arduino yang telah dimuat menjadi bentuk labrary. Setelah itu kemudian selanjutnya adalah melakukan inisialisasi setiap pin yang akan digunakan. pin-pin yang digunakan dalam perancangan ini terdiri atas pin analog dan pin digital. Pin analog pada mikrokontroler arduino digunakan untuk membaca nilai keluaran dari sensor sedangkan pin digital digunakan untuk indikasi LED dan inisialisi penyimpanan memori.

Pin analog yang digunakan pada sensor pH yaitu pin A0 dan A1. Pin analog A0 digunakan sebagai saluran counter electrode dan pin analog A1 digunakan sebagai saluran reference electrode. Sedangkan untuk pin analog yang digunakan oleh sensor DO yaitu hanya mengunakan pin analog A2.

Pin digital yang digunakan untuk penyimpanan memori sebanyak 4 buah yaitu pin digital 9, 10, 11, dan 12. Ke-4 buah pin tersebut digunakan untuk menyimpan data dari sensor pH dan sensor DO. Alasan proses penyimpanan memori memerlukan 4 buah pin adalah karena masing-masing sensor memerlukan 2 kali inisialisai pin yaitu proses pembacaan dan proses penyimpanan. Pin 9 dan 11 digunakan untuk pada sensor pH dan pin 10 dan 12 digunakan pada sensor DO.

Sistem pengukur ini dilengkapi dengan LED sebagai inidikasi. Penggunaan indikasi tersebut berfungsi untuk mempermudah dan membedakan pada dan dalam keadaan apa senyawa yang di ukur dengan menggunakan alat ini. Untuk

setiap sensor diberikan LED inidikasi sebanyak tiga buah. Dari ketiga buah LED menunjukan tingkatan dari hasil pengukuran mulai dari tingkat rendah, sedang, dan maksimal. LED yang digunakan dalam pengukuran ini mampu memnyala pada arus berkisar 20 – 30 mili amper.

Untuk sensor pH, dikatakan berada tingkatan rendah jika senyawa yang diukur dengan menggunakan sensor ini sangat asam yaitu pada rentang 0 - 4. Untuk tingkat sedang maka sensor pH menunjukan hasil pengukurannya pada rentang 5 – 9. Dan pada tingkat maksimal sensor menghasilkan pengukurannya pada rentang 10 – 14.

Pin-pin yang digunakan untuk indikasi LED pada sensor pH adalah pin digital nomor 2, 3, dan 4. Sedangkan pin-pin digital yang digunakan untuk mengotrol LED pada sendor DO adalah pin digital bernomor 5, 6, dan 7.

Kemampuan mikrokontroler untuk penyimpanan data dalam perancangan ini tidak di sia-siakan. Sistem pengukur ini dilengkapi dengan penyimpanan data yang tidak dapat hilang setelah pengukuran selesai meskipun suplai tegangan yang masuk ke sistem terputus yaitu program EEPROM. Dengan begitu pengukuran dapat disimpan kedalam memori tanpa harus berulang-ulang melakukan pengukuran kembali jika membutuhkan data dari karakteristik senyawa yang diukur. EEPROM dalam arduino memiliki kemampuan menyimpan data meskipun suplai daya yang diberikan pada sistem tersebut terputus. Untuk membaca dan menulis data ke EEPROM arduino membutuhkan labrary tersendiri. Dengan labrary tersebut maka kode tinggal dibuat hanya dalam beberapa baris saja.

Kapasitas penyimpanan EEPROM yang dimiliki hanya 8 bit mengharuskan sebuah kode program yang masuk harus diubah kedalam bentuk 8 bit. Dalam perancangan ini karena bilangan yang digunakannya adalah integer maka untuk mengubah menjadi 8 bit cukup dibagi 4 saja. Algoritma program EEPROM yang ditanamkan dalam sistem pengukuran ini menggunakan dua perintah yaitu menyimpan data kedalam EEPROM dan membaca data yang ada dalam EEPROM. Kondisi program ada dalam keadaan menyimpan dan membaca program di kontrol dengan menggunakan sebuah saklar. Penyimpanan data ke memori dapat dilakukan setelah kontrol pada bagian saklar pada posisi ON. Dan pada saat saklar pada posisi OFF maka pengukuran akan berlangsung secara terus menerus. Secara sederhana kedua proses tersebut adalah proses penyimpanan dan pembacaan data hasil pengukuran.

3.6.1 Prosedur Simpan dalam Pememrograman Sensor pH dan DO (*Dysolve Oxygen*)

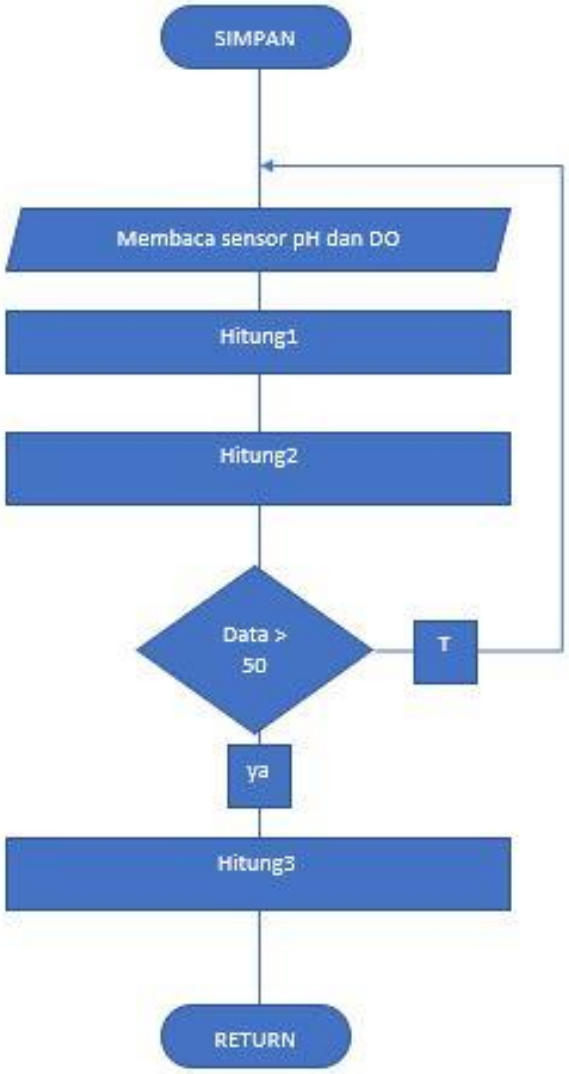
Dalam prosedur pemrograman sensor pH dan DO yang paling perlu diperhatikan adalah nilai output dari sensor tersebut. Untuk menghasilkan nilai output sensor benar-benar baik maka diperlukan rangakaiaan penguat. Adapun prosedur pemergoraman sensor pH dan DO secara Analog adalah dengan cara membaca nilai input pin analog itu sendiri. Selain prosedur pembacaan sensor yang paling pertama dilakukan adalah inisialisasi pin. Maksudnya adalah pin mana yang akan dijadikan pintu masukan sebagai pembacaan sensor. Selain itu, tegangan input yang masuk pada pin analog

akan di konversi kedalam bilangan integer. Dimana tegangan antara 0 - 5 volt akan dikonversi kedalam bilangan antara 0 – 1024.

Arduino yang digunakan dalam merancang sistem ini adalah Arduino UNO. Dimana empat buah pin analog digunakan sebagai input masukan dari keluaran sensor yaitu A0, A1, A2, dan A3.

Algortima yang digunakan untuk memperkecil nilai eror keluaran sensor pada perancangan ini adalah mengakumulasikan data nilai sensor sebanyak 50 data yang kemudian di cari nilai rata-ratannya untuk ditampilkan secara visual. Bilangan yang digunakan untuk inisialisi dalam proses pemrograman ini adalah integer yang memiliki skala antara 0-1023 dalam tegangan antara 0V – 5V. Jika proses perhitungan telah selesai maka Arduino akan langsung mengirimkan informasinya ke LCD untuk di tampilkan.

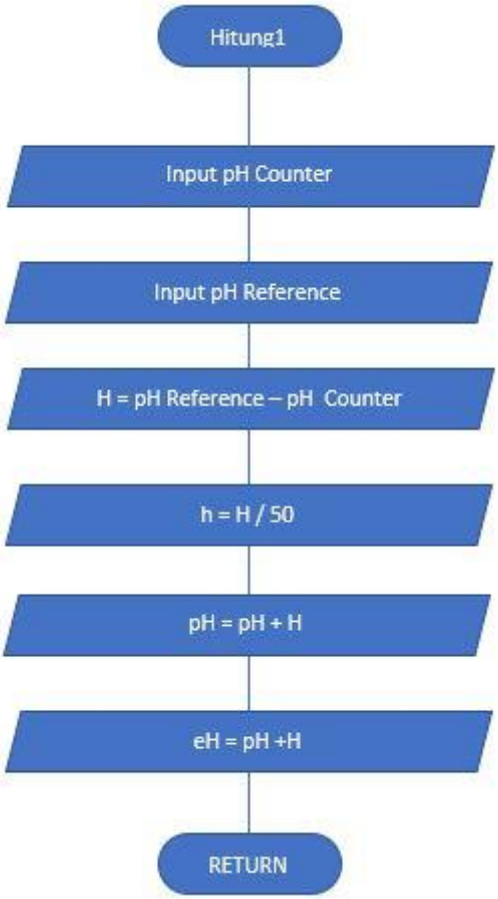
Seperti yang diperlihatkan pada gambar 3. 25 tentang Flowchart Penyimpanan bahwa prosedur ini terdiri atas beberapa sub program yaitu sub program Hitung1, sub program Hitung2, dan sub Program Hitung3. Masing-masing dari sub-sub program tersebut akan menjalankan eksekusi program sesuai dengan perintah-perintah yang disematkan. Hitung1 akan melakukan perhitungan mengani sesor pH dalam hal mencari nilai rata-rata sensor yang telah berhasil diakumulasikan. Hitung2 akan melakukan proses perhitungan pada sensor DO (*Dysolved Oxygen*). Dan Hitung3 akan melakukan perintah-perintah konverisi bilangan menjadi absolut yang rentangnnya adalah 0 sampai 14.



Gambar 3. 25 Flowchart Penyimpan

Seperti pada gambar 3.25 tentang Flowchart Penyimpanan bahwa alur program untuk melakukan proses penyimpanan memerlukan serangkaiaan tahapan. Pada tahap ini program melakukan proses pembacaan sensor, Hitung1, Hitung2, pengambilan keputasan, Hitung3. Proses pembacaan sensor dilakukan dengan cara memasukan nilai data kedalam bentuk integer. Dimana nilai integer tersebut memiliki nilai maksimal 1023 untuk tegangan 5 volt. Adapun dalam program pengambilan keputusan, keputusan akan di ambil jika data yang telah diolah melebihi 50 data yang

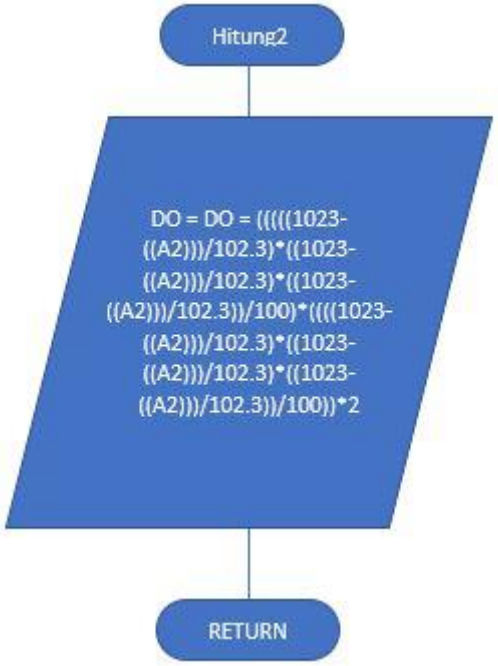
selanjutnya akan melakukan porsedur sub program Hitung3. Untuk Hitung1, Hitung2, dan Hitung3 memiliki alur program tersendiri yang akan dijabarkan untuk lebih lanjut.



Gambar 3. 26 Flowchart Hitung1

Pada prosedur Hitung1 seperti pada gambar 3.26 eksekusi yang akan dilakukan adalah memasukan data pH counter electode, data pH counter reference, dan melakukan perhitungan. Pada proses perhitungan terdiri atas menghitung beda potensial antara counter pH counter dan pH reference yang selanjutnya akan di bagi 50. Setelah itu data akan ditambahkan anatara

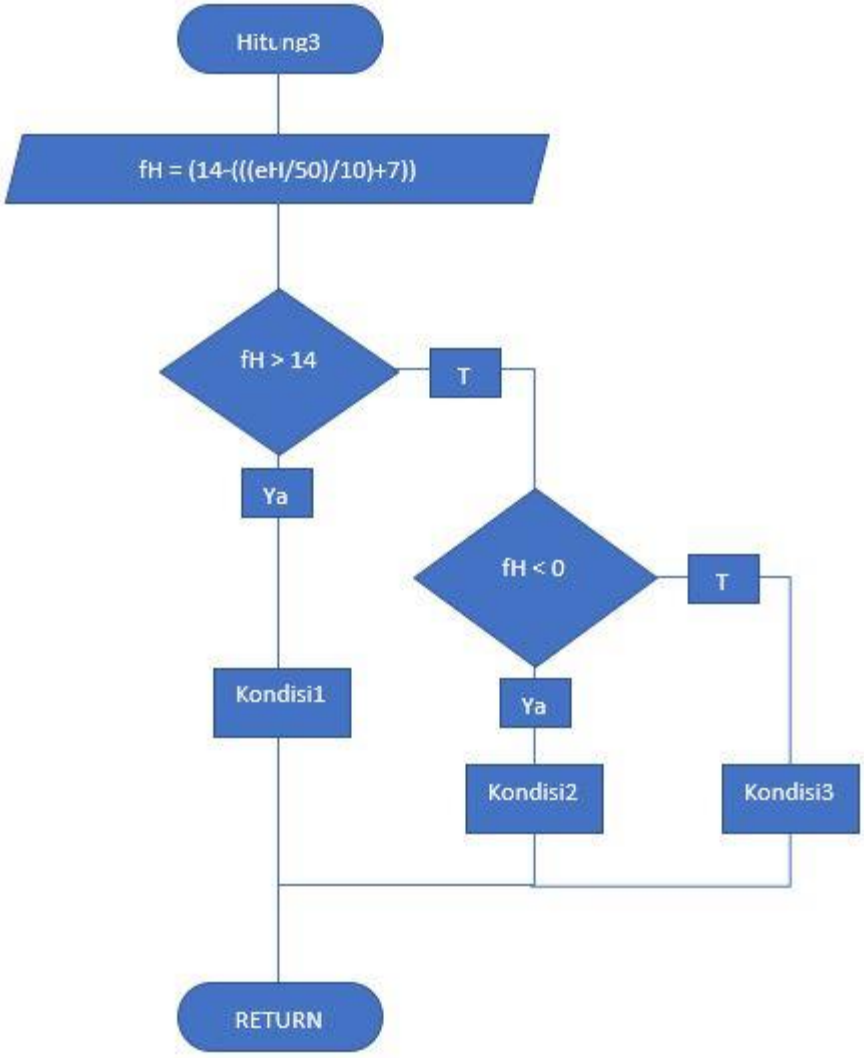
nilai sekarang dan nilai sebelumnya yang disimpan kedalam varibel pH dan eH. Jika prosedur Hitung1 telah selesai maka program akan kembali ke sub perintah sebelumnya.



Gambar 3. 27 Flowchart Hitung2

Sub prosedur dari gambar 3.27 tentang Hitung2 adalah melakukan proses perhitungan untuk sensor oksigen terlarut (DO). Perhitungan ini penulis dapatkan dari melakukan beberapa kali uji coba pengukuran terhadap air SUPERO2 dan air minum biasa dengan merefresntasikan bahwa air SUPERO2 memiliki kada oksigen 11 kali lebih banyak dibandingkan dengan ari minum biasa. Maka dengan melakukan uji coba tersebut didapatlah persamaan untuk menkonversi dari nilai integer ke dalam ppm sesuai dengan ukuran yang digunakan untuk mengukur kadar

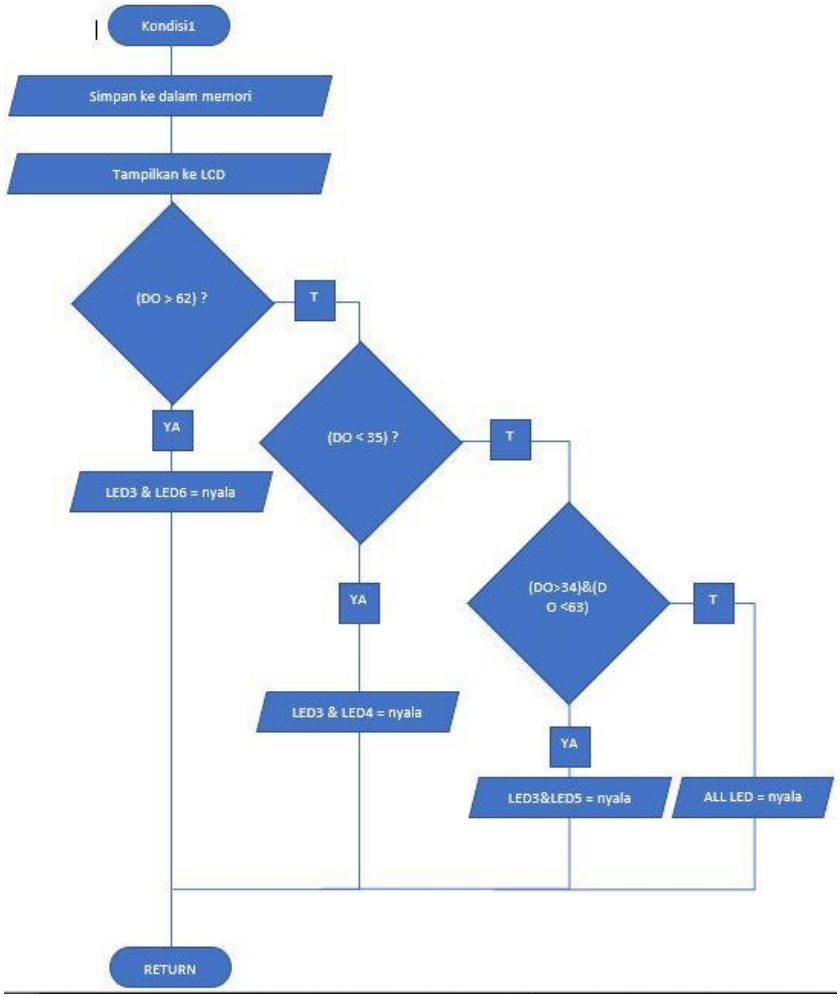
oksigen terlarut dalam air. A2 adalah nilai input analog yang memiliki rentang antara 0 – 1023 dari sensor DO.



Gambar 3. 28 Flowchart Hitung3

Sub prosedur seperti terlihat pada gambar 3.28 tentang Flowchart Hitung3 akan tereksekusi jika prosedur-prosedur diatasnya telah berhasil di eksekusi. Pada prosedur ini program akan melakukan eksekusi perhitungan dari fH. fH adalah perhitungan untuk mecari nilai ideal dari sensor pH yaitu memiliki rentang 0 – 14. Jika nilai fH memiliki nilai lebih dari 14 maka

prosedur akan mengeksekusi kondisi1, jika fH memiliki nilai kurang dari 0 maka prosedur akan mengeksekusi prosedur kondisi2, dan jika fH tidak ada pada kondisi keduanya maka program akan mengeksekusi kondisi3. Perhitungan-perhitungan yang disematkan pada program ini didapat berdasarkan melakukan uji coba pengukuran secara berulang. Dengan melakukan perkiraan pemberian nilai tetap pada persamaan berdasarkan uji coba pengukuran pada air kangen water maka sensor diharapkan memiliki ketepatan pengukuran sesuai dengan nilai larutan yang terdapat pada label kemasan.



Gambar 3. 29 Flowchart Kondisi1

Seperti terlihat pada gambar 3.29 mengenai Flowchart Kondisi1 bahwa sub prosedur ini mengeksekusi beberapa perintah seperti penyimpanan data ke memori, menampilkan data ke LCD, dan melakukan perintah untuk beberapa kondisi. Untuk melakukan proses penyimpanan ke memori maka cukup menulisan perintah EEPROM.write(data_pH, fH). data_pH adalah varibel baru yang digunakan untuk menyimpan data dari fH. Perintah tersebut adalah perintah untuk menyimpan data dari sensor pH ke memori mikrokontroler. Setelah proses penyimpanan memori selanjutnya adalah perintah menampilkan data ke LCD. Untuk menampilkan data ke LCD cukup dengan melakukan perintah serial ke LCD. Dengan begitu data akan ditampilkan. Adapun indikasi LED dalam peerancangan ini tergantung kondisi yang terpenuhi. Karena sub flowchart ini adalah kelanjutan dari eksekusi sebelumnya maka sudah dipastikan bahwa prosedur kondisi1 memiliki fH lebih dari 14. Itu artinya kita hanya perlu melakukan eksekusi keputusan hanya untuk sensor DO saja. Jika DO memiliki nilai lebih dari 62 maka LED3 dan LED 6 akan menyala, jika DO memiliki nilai kurang dari 35 maka LED3 dan LED4 akan menyala, jika DO memiliki nilai antara 35 sampai dengan 62 maka LED3 dan LED5 akan menyala, dan jika DO tidak berada pada ketiga kondisi tersebut maka semua LED akan menyal yang artinya program pada alat ini ada yang tidak benar.

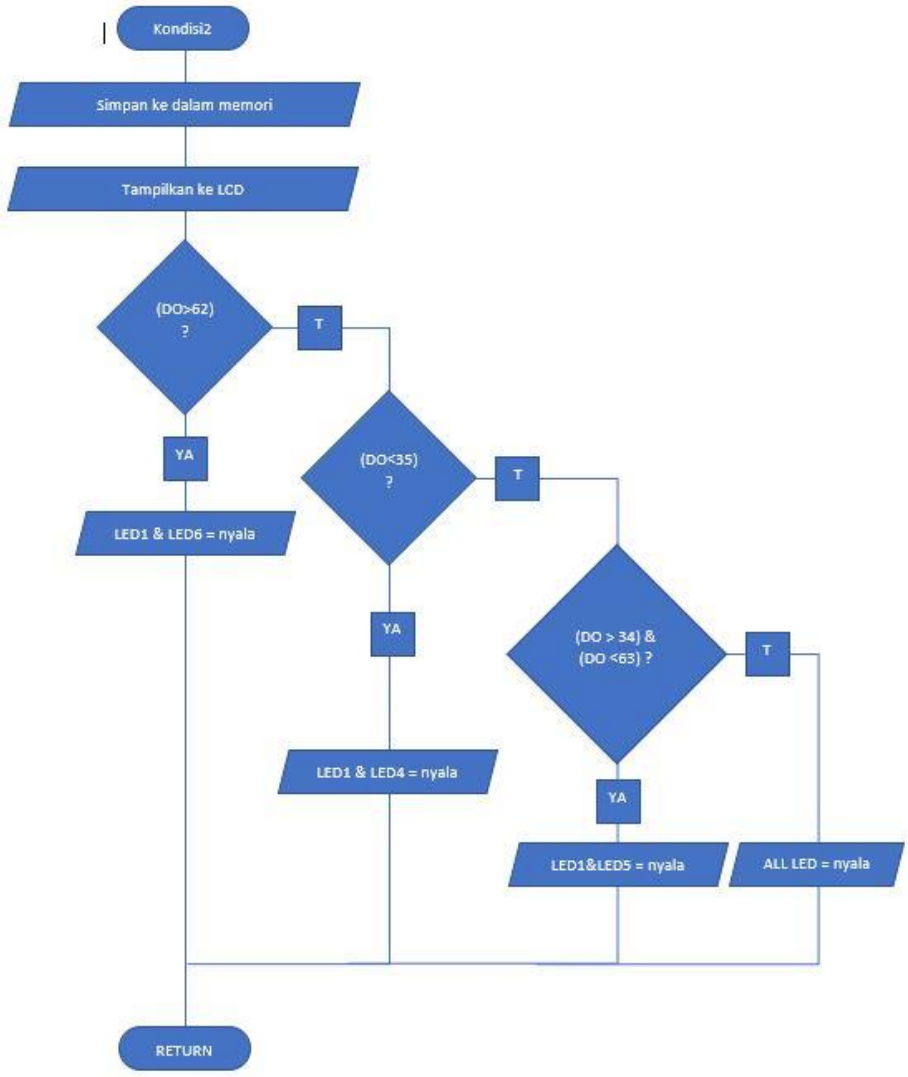
Dalam melakukan prosedur pemergoraman menampilkan display ke LCD dengan menggunakan I_2C yang perlu diperhatikan adalah penggunaan library. Dimana agar prosedur pemergoraman berhasil maka diperlukan library yang mendukung yaitu LiquidCrystal.h, Wire.h, dll. Dalam hal ini

pengambilan library berasal dari situs teknologi penyimpanan data yaitu github.com. Pin input untuk mikrokontroler Arduino sendiri yang digunakan dalam perancangan sistem ini adalah pin SDA (pin A4) dan SCL (pin A5).

Inter Integrated Circuit atau dapat disingkat dengan I2C adalah standar komunikasi serial yang berlangsung dua arah dengan menggunakan dua saluran. Dimana proses komunikasi terjadi dapat melakukan pengiriman maupun penerimaan data. Sistem yang tersusun pada I2C sendiri yaitu terdiri atas Serial Clock atau disingkat dengan SCL dan Serial Data atau disingkat dengan SDA. Kedua sistem penyusun tersebut berfungsi sebagai pembawa informasi data yang terjadi antara I2C dengan pengontrolnya. Sistem I2C sebagai penghubung yang digunakan pada beberapa piranti biasanya digunakan sebagai master dan slave. Dimana piranti-piranti yang melakukan transfer data yang berawal dari I2C Bus dan membentuk sinyal berupa mulai/start dan juga mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal berupa kode stop adalah piranti yang berfungsi sebagai master. Master ini akan membangkitkan sinyal clock saat proses tranfer data berlangsung.

Perintah-perintah dalam memulai dalam melakukan transfer data dengan menggunakan I2C ditandai dengan sinyal start. Perintah-perintah tersebut didefinisikan sebagai perubahan tegangan yang terjadi pada Serial Data (SDA) yang awalnya memiliki nilai High berubah menjadi Low, dan itu terjadi saat SCL ada dalam keadaan High. Sedangkan sinyal untuk mengakhiri semua perintah dalam melakukan transfer data ditandai dengan

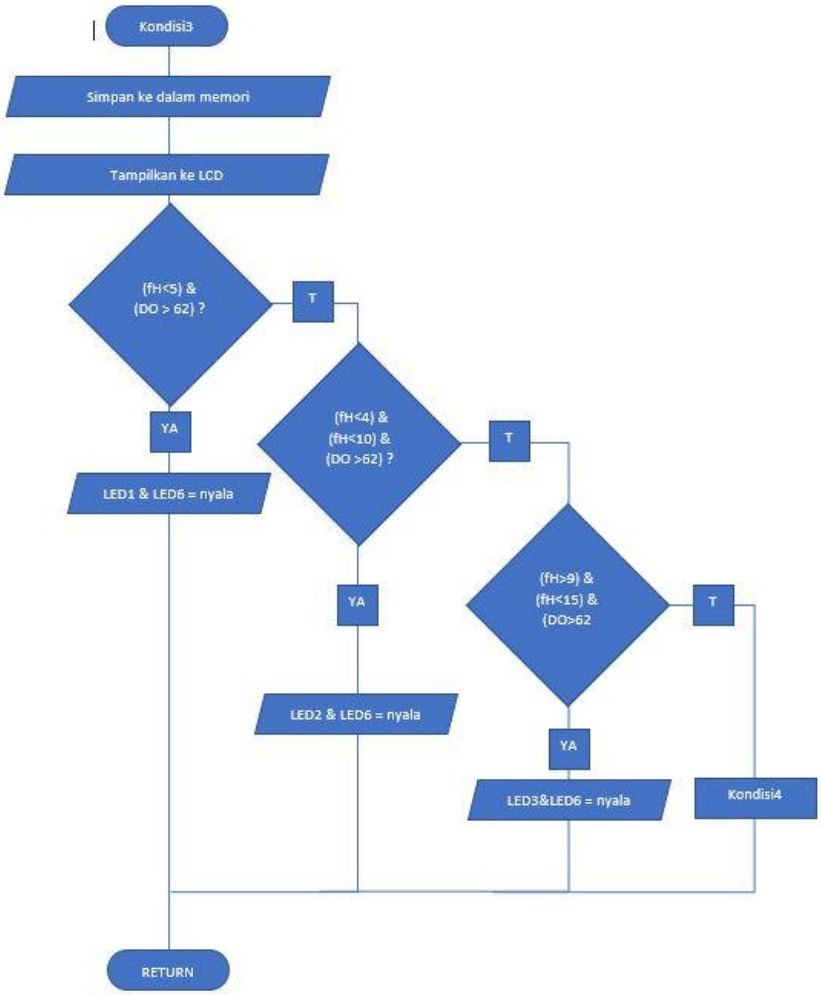
sinyal Stop. Proses terjadinya prosedur ini ditandai dengan perubahan tegangan pada Serial Data (SDA) yang semula memiliki tegangan Low menjadi High. Proses tersebut terjadi saat SCL ada dalam keadaan High.



Gambar 3. 30 Flowchart Kondisi2

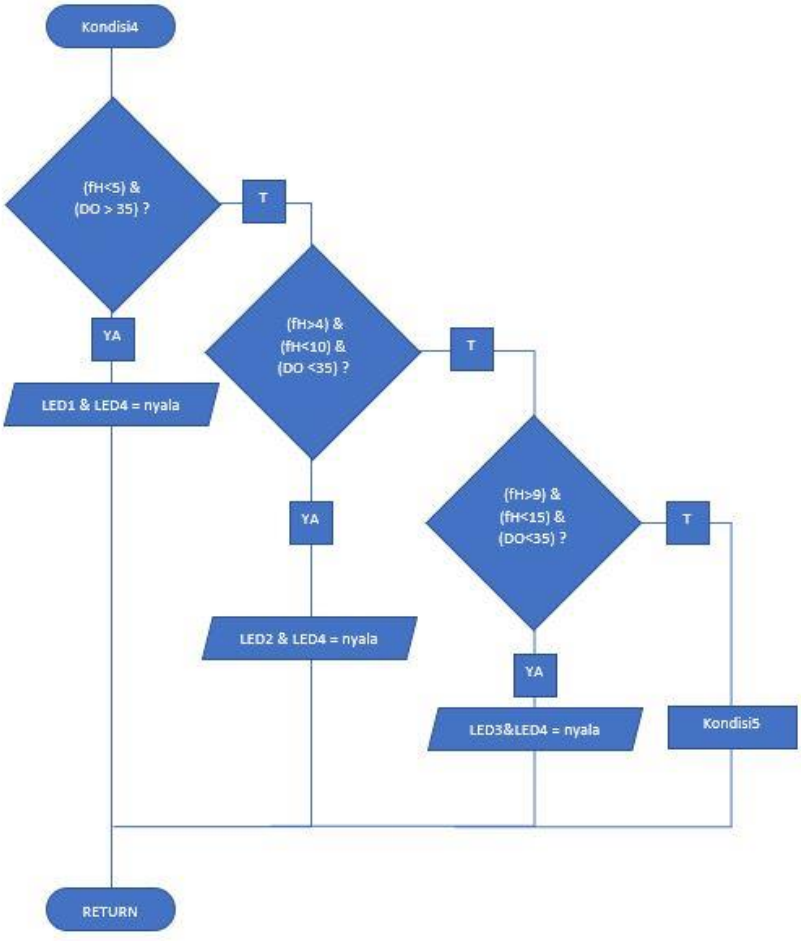
Pada gambar 3.30 mengenai Flowchart Kondisi2 menggambarkan tentang prosedur pemerograman dari penyimpanan memori, menampilkan data ke LCD, dan mengambil beberapa keputusan dari beberapa kondisi. Karena sub program ini adalah kelanjutan dari eksekusi program

sebelumnya maka dapat di pastikan bahwa nilai dari fH adalah 0. Untuk dalam melakukan pemerograman untuk indikasi LED maka kita tidak perlu menambahkan kondisi lagi untuk fH. LED1 dan LED6 akan menyala jika DO memiliki nilai lebih dari 62, LED1 dan LED4 akan menyala jika DO kurang dari 35, LED1 dan LED5 akan menyala jika DO memiliki nilai antara 35 sampai 62, dan semua LED akan menyala jika tidak memnuhi ketiga kondisi tersebut. Semua LED menyala menandakan terjadinya eror dalam melakukan pemerograman.



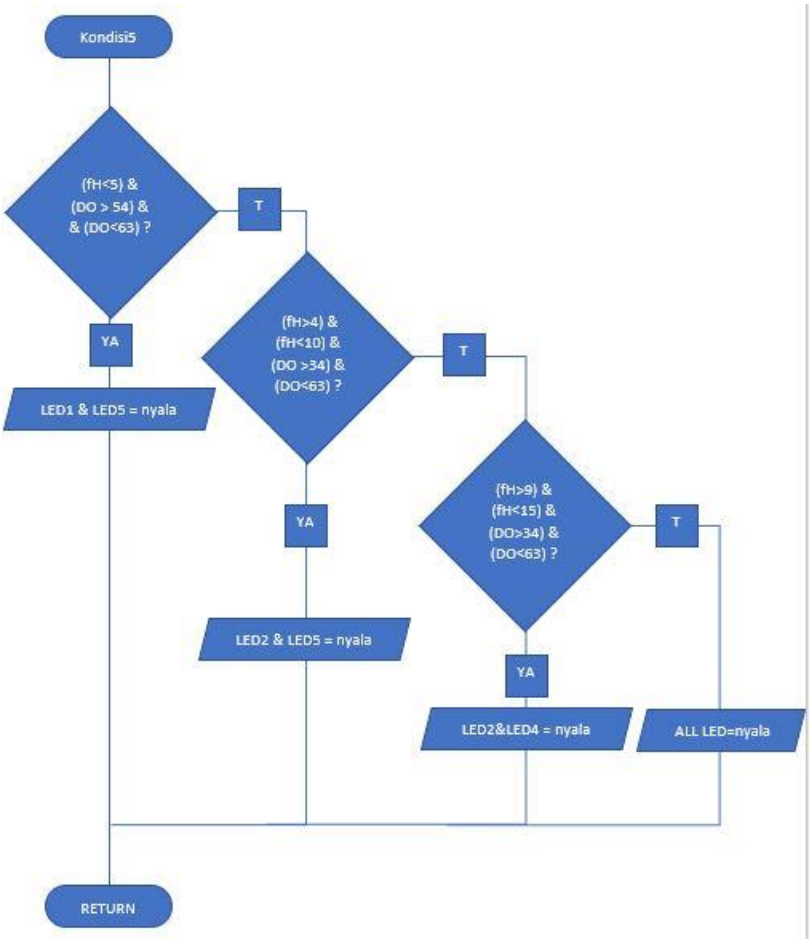
Gambar 3. 31 Flowchart Kondisi3

Pada gambar 3.31 tentang Flowchart Kondisi3 menggambarkan tentang prosedur penyimpanan ke dalam memori, menampilkan data ke LCD dan mengabil keputas dari beberapa kondisi. LED1 dan LED6 akan menyala jika fH kurang dari 5 dan DO > 62, LED2 dan LED6 akan menyala jika fH kurang dari 4, fH kurang dari 10, dan DO lebih dari 62, LED3 dan LED6 akan menyala jika fH lebih dari 9, fH kurang dari 15, dan DO lebih dari 62, dan jika semua kondisi tersebut tidak terpenuhi maka akan masuk pada kondisi4.



Gambar 3. 32 Flowchart Kondisi4

Pada gambar 3.32 tentang Flowchart Kondisi4 menggambarkan tentang prosedur mengabil keputas dari beberapa kondisi. Kondisi-kondisi tersebut adalah jika LED1 dan LED4 akan menyala jika fH kurang dari 5 dan DO > 35, LED2 dan LED4 akan menyala jika fHmemiliki nilai antara 5 sampai 10 dan nilai DO kurang dari 35, LED3 dan LED4 akan menyala jika fH lebih dari 9, fH kurang dari 15, dan DO lebih dari 35, dan jika semua kondisi tersebut tidak terpenuhi maka akan masuk pada kondisi5.



Gambar 3. 33 Flowchart Kondisi5

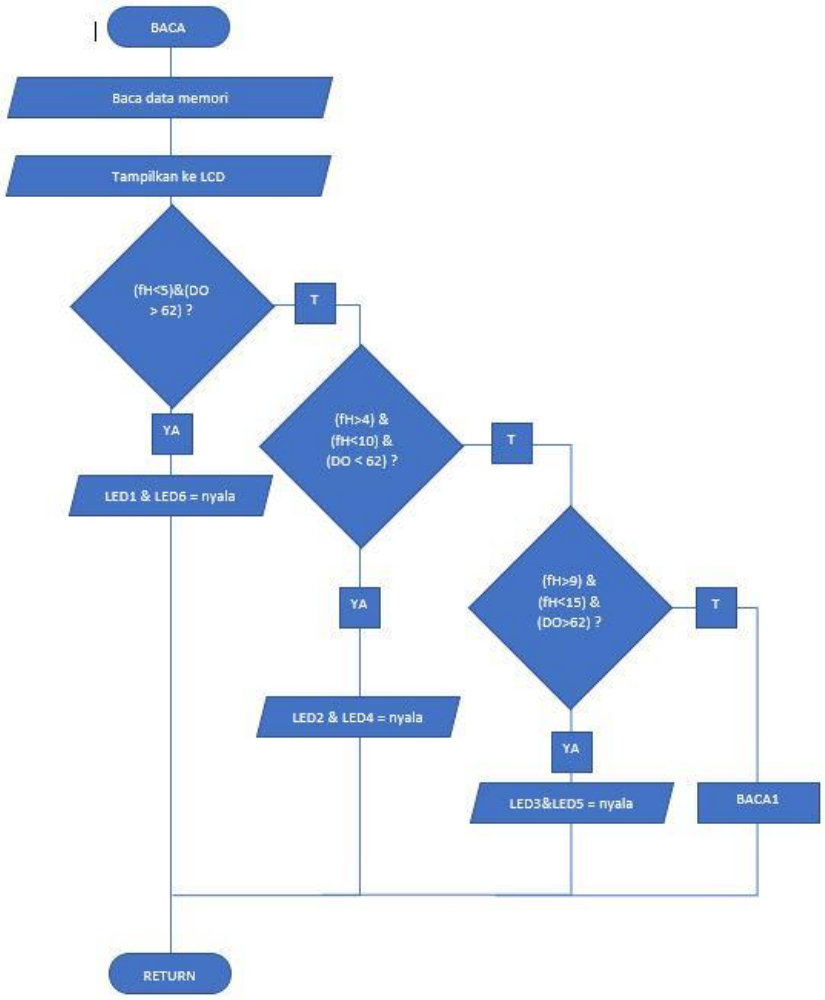
Pada gambar 3.33 tentang Flowchart Kondisi5 menggambarkan tentang prosedur mengabil keputas dari beberapa kondisi. Kondisi-kondisi

tersebut adalah jika LED1 dan LED5 akan menyala jika fH kurang dari 5 dan DO miliki nilai antara 55 sampai 62, LED2 dan LED5 akan menyala jika fHmemiliki nilai antara 5 sampai 9 dan nilai DO anata 35 sampai 62, LED3 dan LED5 akan menyala jika fH memiliki nilai antar 10 sampai 14 dan DO memiliki nilai antara 35 sampai 62, dan jika semua kondisi tersebut tidak terpenuhi maka semua LED akan menyala dan menandakan program tersebut ada yang salah.

3.6.2 Prosedur Baca dalam Pemerograman Sensor pH dan DO (*Dysolve Oxygen*)

Setelah selesai pada pemerograman untuk prosedur penyimpanan maka selanjutnya adalah pemerograman untuk prosedur baca seperti di tunjukkan oleh pada Gambar 3.37 tentang Flowchart BACA. Pada prosedur ini perintah-perintah yang akan dieksekusi antara lain pembacaan data memori yang tersimpan, menampilkan data ke LCD, dan melakukan beberapa keputusan dari beberapa kondisi. Pada prosedur ini semua hasil dari eksekusi yang dilakukan pada prosedur simpan akan di baca dan ditampilkan dengan menggunakan perintah-perintah yang terdapat pada prosedur ini. Perintah-perintah yang terdapat pada prosedur ini lebih sedikit jika dibandingkan pada prosedur baca. Dengan cara memasukan data yang akan dibaca kedalam wadah variabel maka secara otomatis eksekusi pembacaan memori akan dilakukan. Inisialisasi pin pembacaan memori pada program ini adalah pin digital 11 dan pin digital 12. Pin digital 11 digunakan untuk inisialisasi pin pembacaan pada sensor pH, dan pin digital 12 digunakan untuk inisialisasi pin pembacaan pada sensor DO (*Dysolved*

Oxygen). Tipe data yang digunakan untuk pembacaan kedua sensor dari memori ini adalah integer.

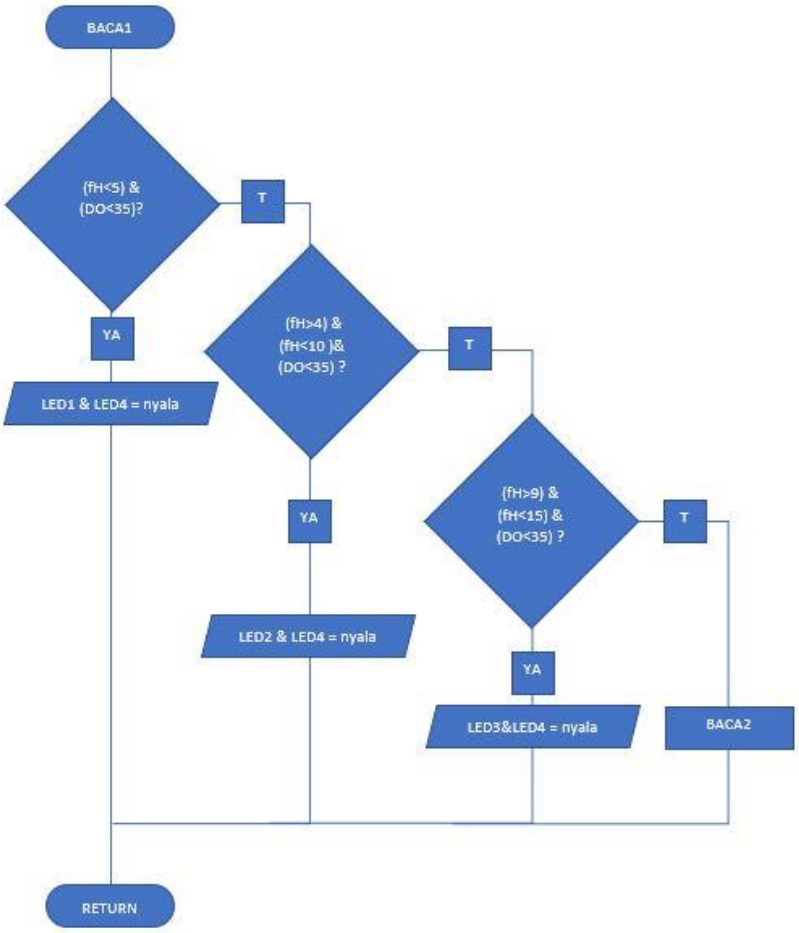


Gambar 3. 34 Flowchart BACA

Untuk membaca data dari memori yang tersimpan cukup menuliskan perintah data_pH1 = EEPROM.read(data_pH). Itu adalah contoh membaca data memori yang terdapat pada memori mikrkontroler. Data_pH1 adalah varibel baru yang digunakan untuk memasukan data yang terbaca dari data_pH. Jika pembacaan data dari memori telah selesai

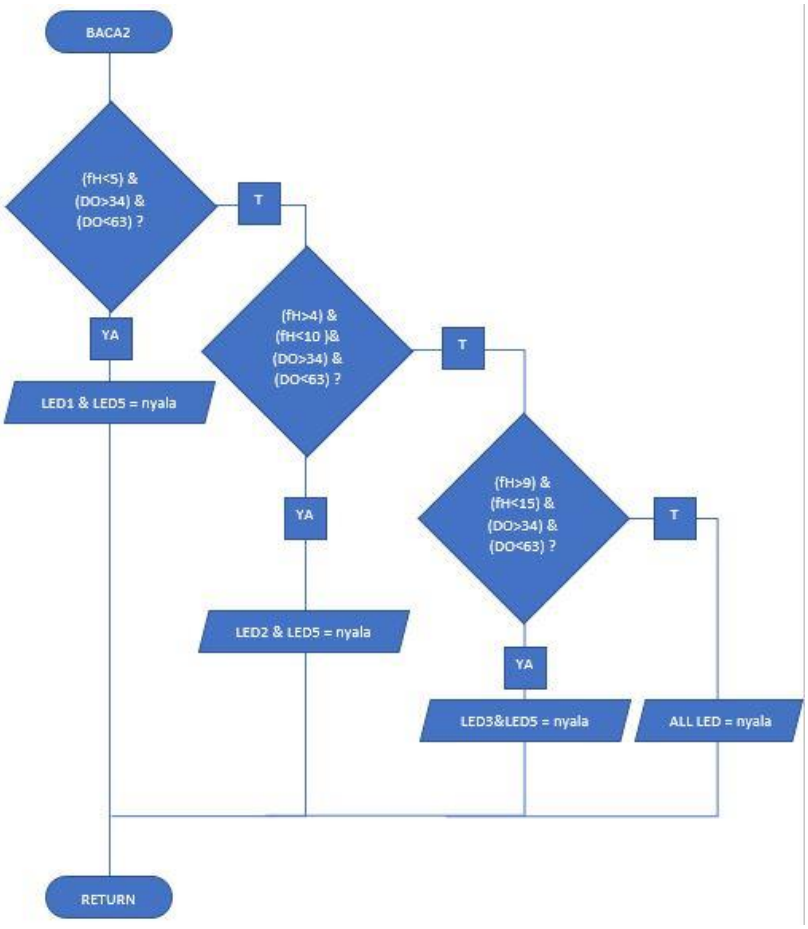
dilakukan maka selanjutnya adalah menampilkan data dari sensor ke LCD dengan menggunakan perintah serial.

Dalam prosedur ini terdapat 3 kondisi, dan masing-masing kondisi syaratnya berbeda-beda. LED1 dan LED6 akan menyala jika fH kurang dari 5 dan DO miliki nilai lebih dari 62, LED2 dan LED4 akan menyala jika fH memiliki nilai antara 5 sampai 9 dan nilai DO kurang dari 62, LED3 dan LED5 akan menyala jika fH memiliki nilai antar 10 sampai 14 dan DO memiliki nilai antara lebih dari 62, dan jika semua kondisi tersebut tidak terpenuhi maka program akan mengeksekusi perintah BACA1.



Gambar 3. 35 Flowchart BACA1

Pada gambar 3.35 tentang Flowchart BACA1 menggambarkan tentang prosedur mengabil keputasan dari beberapa kondisi. Kondisi-kondisi tersebut adalah jika LED1 dan LED4 akan menyala jika fH kurang dari 5 dan DO miliki nilai kurang dari 35, LED2 dan LED4 akan menyala jika fH memiliki nilai antara 5 sampai 9 dan nilai DO kurang dari 35, LED3 dan LED4 akan menyala jika fH memiliki nilai antar 10 sampai 14 dan DO memiliki nilai kurang dari 35, dan jika semua kondisi tersebut tidak terpenuhi maka program akan mengeksekusi perintah BACA2.



Gambar 3. 36 Flowchart BACA2

Pada gambar 3.36 tentang Flowchart BACA2 menggambarkan tentang prosedur mengabil keputasan dari beberapa kondisi. Kondisi-kondisi tersebut adalah jika LED1 dan LED5 akan menyala jika fH kurang dari 5 dan DO miliki nilai antar 35 sampai 62, LED2 dan LED5 akan menyala jika fH memiliki nilai antara 5 sampai 9 dan nilai DO antara 35 sampai 62, LED3 dan LED5 akan menyala jika fH memiliki nilai antar 10 sampai 14 dan DO memiliki nilai antara 35 sampai 62, dan jika semua kondisi tersebut tidak terpenuhi maka program akan mengeksekusi perintah LED semua nyala dan jika hal demikian terjadi itu berarti program mengalami masalah.

3.6 Supply Tegangan

Supply tegangan yang diberikan pada sistem pengukur kadar oksigen dan potensial hidrogen ini adalah berikisar di tegangan 5 volt. Sedangkan untuk baterainya sendiri menggunakan baterai 3 volt atau baterai 5 volt. Utnuk itu rangkaiaan ini akan dilengkapi dengan regulator step-up dan dan regulator 5 volt. Pertama-tama baterai akan masuk kedalam rangkaiaan step-up untuk dinaikkan nilai tegangannya melebihi nilai 5 volt. Keluaran dari step-up regulator akan di batasi hingga tegangan 5 volt, yang mana tegangan 5 volt ini akan di supply keseluruh komponen untuk mengaktifkan semua komponen. Sehingga dengan tegangan sumber demikian semua komponen akan aktif dan bekerja. Karena hampir semua komponen yang dipakai dalam perancangan ini membutuhkan tegangan bernilai 5 volt.

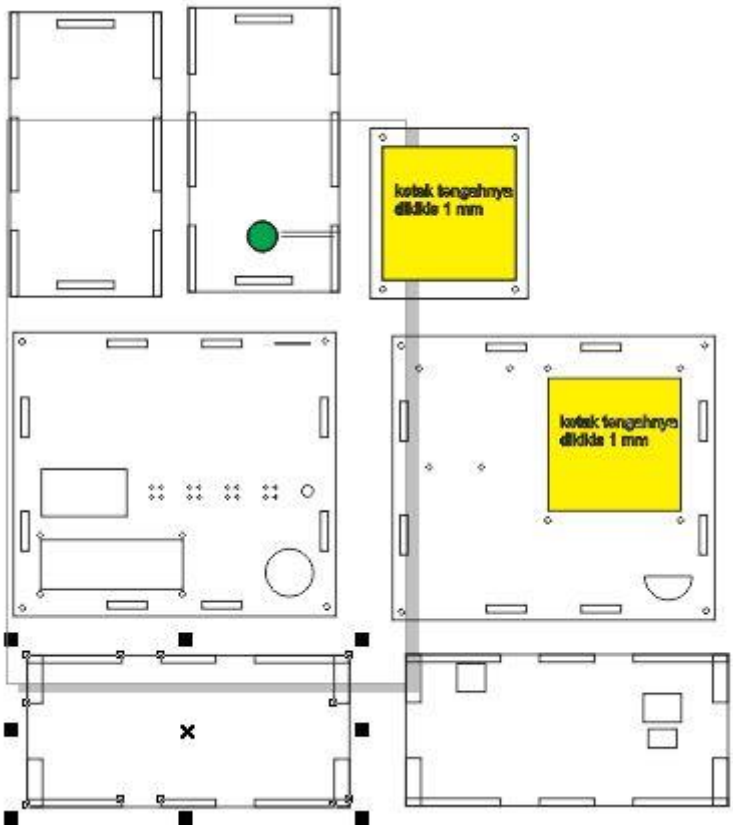
Dengan menggunakan regulator 5 volt dengan arus maksimum satu amper maka hanya akan digunakan satu regulator tegangan 5 volt. Regulator

yang memiliki karakteristik semacam itu adalah regulator bertipe LM2940 yang biasanya sering digunakan dalam pembuatan robot. Tegangan 5 volt tersebut akan disalurkan keseluruh rangkaiaan secara pararel sehingga semua rangkaiaan akan menerima tegangan yang sama. Arus yang diterima rangkaiaan sendiri akan menyesuaikan dengan karakteristik-nya.

Baterai yang digunakan untuk menyumpai tegangan sendiri berjenis lithium. Jenis baterai tersebut sangat mudah ditemukan. Dalam bagian baterai nantinya akan dipasang rangkaiaan yang dapat mensuplai tegangan kedalam baterai. Konektor yang digunakan untuk mensuplai baterai sendiri adalah konektor mini usb atau konektor usb biasa.

3.7 Desain Kerangka Sensor

Seluruh rangkaiaan akan dimasukkan kedalam wadah berbahan dasar acrylic yang berukuran 17cm x 15cm x 80 cm. Pertama-tama adalah membuat sketsa gambar kerangka sensor dengan menggunakan corel draw x7. Kerangka ini tediri atas 7 bagian yaitu bagian atas, bagian bawah, bagian belakang, bagian depan, bagian samping kiri, bagian samping kanan, dan bagian dalam. Kerangka sensor ini didesain sedemikian rupa agar bisa dibongkar pasang tanpa harus melem atau menggunakan baud sehingga dengan desain seperti itu kerangka akan mudah dibongkar pasang jika terjadi kerusakan pada rangkaiaan. Warna acrylic yang digunakan dalam desain ini berwarna putih agar terlihat bersih dan rapi.



Gambar 3. 37 Kerangka Sensor

Desain bagian atas sensor akan dipasang LCD, Voltmeter Digital, Toogle, pintu masuk sensor, dll. Ukuran bagian atas kerangka sensor sendiri yaitu 17 cm x 15 cm. Setiap sisi bagian atas terdiri atas lubang-lubang yang berfungsi untuk keluar masuknya bagian sisi lain dari kerangka sensor. Sedangkan untuk bagian bawah kerangka sensor sendiri hanya diberikan lubang untuk keluar masuknya sisi lain dari kerangka sensor.

Bagian samping kiri sensor akan dibiarkan polos, bagian itu hanya akan dibuat lubang untuk keluar masuknya sisi lain dari kerangka sensor sehingga kerangka dapat terkunci. Sedangkan bagian sisi kanan kerangka sensor selain lubang tempat pengunci kerangka sensor, di bagian ini juga diberikan lubang tempat konektor penghubung antara sensor dengan mikrokontroler. Ukuran

lubangnya sendiri berdiameter 15 mm. Selain itu bagian kerangka sensor samping kiri dan kanan memiliki ukuran 80 mm x 150 mm.

Bagian belakang sensor memiliki ukuran 170 mm x 80 mm. Dalam bagian ini akan dimuat lubang pengunci kerangka sensor dan lubang konektor sebagai lubang untuk proses pemergoraman mikrokontroeler. Selain itu bagian ini juga dilengkapi dengan lubang konektor untuk proses isi ulang baterai jika sewaktu-waktu baterai yang digunakan habis. Lubang-lubang tersebut antara lain lubang konektor usb dan lubang konektor usb ukuran biasa.