Perancangan dan Implementasi Sensor Konduktivitas dan Temperatur Air dengan Teknologi *Thick Film* Berbasis Mikrokontroler Atmega328 (Arduino Nano) di LIPI Bandung

Designing and Implementation Conductivity Sensor and Water Temperature with Thick Film Technology Based on Atmega328 Microcontroller (Arduino Nano) in LIPI Bandung

Gilang Pangestu Aji
Program Studi Teknik Elktro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Komputer Indonesia
gilang_pangestu_aji@email.unikom.ac.id

Abstrak
Dalam penelitian ini telah dirancang suatu sistem pembacaan sensor konduktivitas dan temperatur untuk mengetahui parameter air yang dapat di komsumsi dengan menggunakan teknologi *thick film*. *Thick film* atau film tebal merupakan suatu pembuatan sensor elektrokimia dengan cara *screen printing* dengan proses pembuatan sensor meliputi tahap desain, pemilihan bahan, dan fabrikasi. Pada tulisan ini akan dipaparkan proses pembuatan sensor konduktivitas dan temperatur serta pembacaan sensor berbasis mikrokontroler Atmega328 yang dapat menyimpan dan menampilkan kembali dari hasil pembacaan sensor. Dalam pembuatannya konduktivitas konstanta sel yang digunakan sebesar $0{,}2cm^{-1}$. Dari hasil kalibrasi sensor terhadap nilai ADC mikrokontroler, didapatkan hasil persamaan least square konduktivitas y= -20,46 + 4,75x dan sensor temperatur y = 52,12 + -0,00199x. Persamaaan inilah yang selanjutnya dikonversi di dalam mikrokontroler. Pada perancangan alat jika baterai dalam kondisi penuh dapat menyala tanpa henti selama 15 jam 23 menit setelah itu baterai harus diisi ulang kembali, sedangkan untuk penyimpanan perangkat sanggup menyimpan sebanyak 33.333.333 data pengukuran.

Kata kunci : Sensor Film Tebal, Elektrokimia, Mikrokontroler, Temperatur, konduktivitas

Abstract
In this research has been designed a conductivity sensor and temperature sensor to know the water parameters that can be consumed by thick film technology. Thick film is a manufacture of electrochemical sensors by screen printing. In this paper will be explained to the process read of conductivity sensor and temperature sensor and readings based on Atmega328 microcontroller that can store and display back from the sensor readings. In making the conductivity of cell constant used is $0{,}2cm^{-1}$. From sensor calibration result to ADC value of microcontroller, got result of least squares conductivity equation y = -20,46 + 4,75x and temperature sensor y = 52,12 + -0,00199x, this equation is then converted in microcontroller. In the design of the device if the battery is in full condition it can burn non-stop for 15 hours 23 minutes after which the battery has to be recharged again, while for storage device capable of storing 33.333.333 measurement data.

Keyword : *Thick Film Sensor, Electrochemistry, Microcontroller, Temperature, Conductivity*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air adalah kebutuhan yang sangat penting bagi makhluk hidup, tak terkecuali kita sebagai manusia. Dalam kebutuhannya manusia meminum air 2,0 sampai 2,5 liter per hari atau setara dengan delapan gelas per hari agar terhindar dari kekurangan cairan dalam tubuh atau dehidrasi bahkan gagal ginjal[1]. Namun komposisi atau jumlah air yang tersedia di seluruh belahan bumi tidak cukup banyak. Adapun penjelasan dari komposisi air tersebut diantaranya hampir 99% terdiri dari air laut (garam), es, dan gletser. Sedangkan sisanya sekitar 1% adalah air tawar yang terdiri dari permukaan air danau, sungai, dan

tanah. Dari air 1% inilah yang dapat digunakan oleh manusia, belum lagi jika air yang tersedia tercemar maka akan mempengaruhi jumlah air yang tersedia. Sungguh jumlah yang sangat sedikit dan juga sangat dibutuhkan oleh manusia[2]. Dalam memenuhi kebutuhannya manusia tentunya menginginkan kualitas air yang baik tetapi dari jumlah air 1% ini memiliki parameter yang berbeda. Adapun parameter ideal dan dapat diterima untuk kebutuhan air minum yang memiliki tingkat konduktivitas sampai 800µS/cm[3].

Untuk mengukur suatu parameter konduktivitas air diperlukan adanya sebuah sensor. Dengan adanya perkembangan teknologi mikroelektronika sensor elektrokimia dalam mengukur konduktivitas dan temperatur dapat diperkecil ukurannya tanpa harus mengurangi kemampuan pembacaan dari konduktivitas dan temperatur tersebut. Teknologi mikroelektronika yang akan digunakan ialah teknologi *thick film*.

Dalam pembuatannya teknologi *thick film* banyak digunakan juga sebagai penelitian karena dari segi material yang murah serta mudah dicari[4].

Dari deskripsi yang telah di jelaskan, maka dalam penelitian ini penulis akan merancang pembuatan sensor elektrokimia dalam mengukur konduktivitas dan temperatur untuk kualitas air dengan menggunakan teknologi mikroelektronika *thick film* berbasis mikrokontroler Atmega328 (Arduino Nano) dengan fitur: portabel (dapat dibawa kemana saja dan praktis dilengkapi dengan baterai yang dapat diisi ulang di dalamnya), *save data* (sebagai unit penyimpan data pembacaan sensor), *load data* (sebagai unit penampil data pembacaan sensor yang telah disimpan), LCD *Touch Screen* (sebagai unit penampil data indikator dan mempermudah dalam penggunaan).

B. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membandingkan sensor Elektrokimia teknologi Film Tebal (*Thick Film*) dengan sensor konvensional dalam mengukur Konduktivitas dan Temperatur air.
2. Membuat sistem yang dapat menampilkan data pembacaan dan indikator dari sensor Elektrokimia dalam mengukur Konduktivitas dan Temperatur air.
3. Membuat sistem pengukuran Konduktivitas dan Temperatur air yang dapat menyimpan history dari setiap data pengukuran dan penelitian yang dilakukan.
4. Membuat alat ukur yang portabel dan terdapat baterai di dalamnya agar dapat dibawa kemana saja dan praktis.

II. DASAR TEORI

A. Elektrokimia

Elektrokimia - Biosensor adalah ilmu ilmiah yang mempelajari tentang proses biologis dan reaksi kimia yang terjadi antara perubahan zat dan arus listrik yang berlangsung dalam sel elektrokimia, dimana perpindahan elektron terjadi antara elektroda dan elektrolit di dalam suatu larutan.

B. Teknologi Film Tebal (*Thick Film*)

Teknologi film Tebal telah digunakan sejak tahun 1960 sebagai alat untuk meminiaturkan suatu rangkaian elektronik kedalam kepingan substrat dan juga pembuatan rangkaian hibrid yang terdiri dari komponen semikonduktor, sirkuit terpadu (Integrated Circuit) dan perangkat diskrit, dan karena kemampuannya yang dapat menghasilkan jalur konduktor yang sangat kecil (fine line). Dalam penelitian yang telah berjalan teknologi film tebal ini memberikan peningkatan ukuran agar lebih kecil, berat yang ringan dan juga menekan biaya dari pembuatannya. Proses deposisi (pembuatan) utama dari film tebal ini ialah screen printing atau dengan istilah umum teknik sablon[5].

C. Konduktivitas

Konduktivitas atau Daya Hantar Listrik (DHL) merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan suatu bahan dalam menghantarkan arus listrik. Semakin besar konduktivitas suatu bahan, semakin besar pula bahan atau zat tersebut dalam menghantarkan arus listrik. Satuan konduktivitas adalah siemens atau mho. Konduktivitas diukur dalam mikrosiemens per sentimeter (µS/cm). Selain itu konduktivitas juga merupakan kebalikan dari resistivitas yang menyatakan ukuran bahan dalam menghambat arus listrik dengan satuan ohm (Ω).

D. Temperatur

Temperatur atau suhu adalah suatu ukuran panas ataupun dinginnya suatu zat. Secara teknis, suhu menunjukkan arah di mana energi mengalir (sebagai panas) ketika dua benda berada dalam kontak termal. Suhu dapat diukur dengan alat termometer. Besaran atau skala suhu yang banyak

digunakan ialah Celcius. Pada skala Celcius, titik beku air sama dengan 0 °C dan titik didihnya sama dengan 100 °C. Setiap jenis termometer memiliki *thermometric property* yang dimana dalam mengukur suhu didasarkan atas gejala perubahan besaran fisis tertentu (Resistansi, Tegangan, dan Arus) ketika suhu berubah.

E. Mikrokontroler

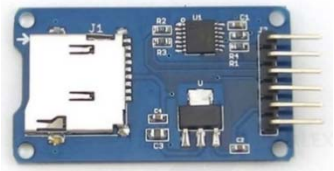
Arduino Nano adalah development board atau mikrokontroler yang menggunakan IC ATmega328 dengan ukuran yang kecil. Secara kegunaan hampir sama dengan Arduino Uno. Perbedaan utama terletak pada penggunaan konektor Mini-B USB dan bagian jack power DC.



Gambar 1. Arduino Nano

F. *MicroSD Card module SPI*

MicroSD Card Module SPI adalah modul pembaca dan menulis file ke dalam kartu microSD dengan sistem file dan SPI driver yang dilakukan oleh mikrokontroler. Pengguna Arduino langsung dapat menggunakan arduino IDE dilengkapi dengan kartu MicroSD untuk menyelesaikan inisialisasi membaca dan menulis kartu.



Gambar 2. MicroSD Card

G. RTC DS3231

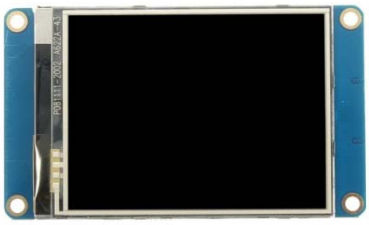
Real Time Clock (RTC) adalah sebuah modul yang berfungsi untuk menjalankan fungsi waktu dan kalender secara *real time* berbasis DS3231 dengan menggunakan backup supply berupa baterai.



Gambar 3. RTC DS3231

H. *LCD Nextion touch screen 2,8 inch*

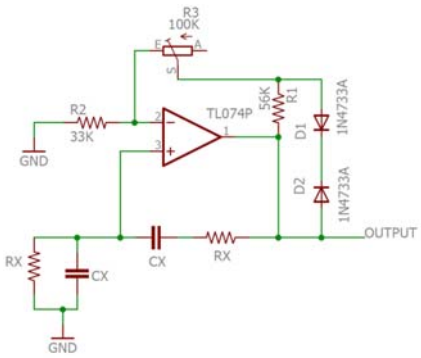
LCD Nextion adalah display atau *user interface* yang digunakan sebagai indikator atau monitoring alat yang akan dibuat. LCD Nextion HMI ini dilengkapi dengan bantuan *software* Nextion Editor berbasis GUI WYSIWYG (*What You See Is What You Get*) dengan platform Microsoft Windows dan dapat di download gratis pada situs resmi produsennya (ITEAD). Dengan besar layar 2,8 inch, modul touch screen ini bisa menampilkan banyak data dan interface dengan sangat bagus.



Gambar 4. LCD *Touch Screen*

I. *Wien Bridge Oscillator*

Wien brigde oscillator merupakan salah satu aplikasi dari op-amp yang berfungsi sebagai pembangkit sinyal sinus dengan frekuensi yang lebar. *Wien brigde oscillator* dikembangkan oleh Max Wien pada tahun 1891 untuk pengukuran impedansi.



Gambar 5. *wien bridge oscillator*

Frekuensi yang dihasilkan dibangun oleh komponen resistor dan kapasitor dari rangkaian di atas dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$f_{hz} = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

J. *Analog to Digital Converter* (ADC)

Analog to Digital Converter (ADC) suattu perangkat yang fungsinya untuk mengubah sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi sinyal digital dan menerjemahkan informasi analog ke bentuk digital dan sebaliknya. Alat ini memiliki peranan penting ketika digunakan sebagai pembacaan dan

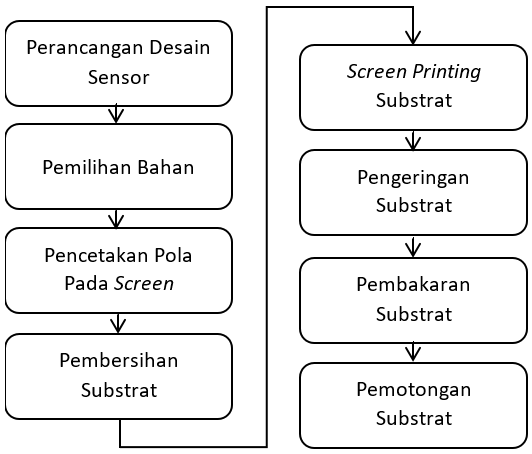
pengolahan sinyal ataupun data sensor yang akan diolah di komputer. ADC memiliki dua paremeter, yaitu resolusi dan kecepatan sampling.

III. PERANCANGAN

Bagian perancangan ini adalah bagian terpenting dari seluruh bagian pada tugas akhir. Untuk dapat menjadi rancangan yang baik harus memiliki sistem yang dapat memberikan kemudahan dalam pemakaian dan menganalisis data dari alat yang dirancang. Bab ini akan dijelaskan tahap-tahap perancangan dan pembuatan sensor konduktivitas dan sensor temperatur dengan menggunakan teknologi *thick film*, serta perancangan dan implementasi sistem pada alat pembacaan sensor termperatur dan sensor konduktivitas menggunakan mikrokontroler, dimana terdapat tahap-tahap perancangan mulai dari menyiapkan cara kerja alat, perancangan sistem alat dan tahap pembuatan maket alat.

A. Perancangan *Thick Film Sensor*

Rancangan desain sensor konduktivitas dan sensor temperatur film tebal akan dibahas sebagai berikut.



Gambar 6. Blok Diagram Sistem

1. Elektroda Sensor Konduktivitas

Dari studi literatur yang telah dilakukan, air komsumsi yang masih dapat diterima memiliki tingkat konduktivitas sampai dengan 800µS/cm[3], maka pembuatan sensor konduktivitas harus ditentukan terlebih dahulu besar konstanta sel-nya, hal ini berkaitan dengan kemampuan sensor dapat mengukur tingkat konduktivitas air tersebut.

Adapun nilai perbandingan konstanta sel terhadap rentang pengukuran tingkat konduktivitas akan dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel I. Panduan konstanta sel[6]

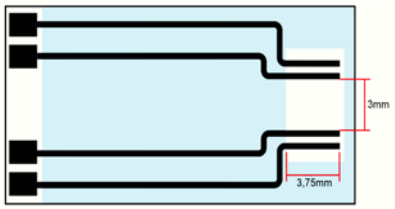
CELL CONSTANT	*DESIGN RANGE*	*LOWEST RANGE*	*HIGH RANGE*
cm^{-1}	*µS/cm*	*µS/cm*	*µS/cm*
0.01	0 to 10	0 to 1	0 to 100
0.02	0 to 20	0 to 2	0 to 200
0.1	0 to 100	0 to 10	0 to 1 000
0.2	0 to 200	0 to 20	0 to 2 000
0.5	0 to 500	0 to 50	0 to 5 000
1.0	0 to 1 000	0 to 100	0 to 10 000
2.0	0 to 2 000	0 to 200	0 to 20 000
5.0	0 to 5 000	0 to 500	0 to 50 000
10.0	0 to 10 000	0 to 1 000	0 to 100 000
20.0	0 to 20 000	0 to 2 000	0 to 200 000
50.0	0 to 50 000	0 to 5 000	0 to 500 000

Dalam melakukan perancangan sensor konduktivitas ini, penulis memilih konstanta sel sebesar 0,2cm^{-1} yang artinya sensor dapat mengukur tingkat konduktivitas sampai dengan 2.000µS. Nilai konstanta sel terhadap desain sensor dapat dicari menggunakan persamaan (2) untuk mendapatkan konstanta sel 0,2cm^{-1} penulis menggunakan metode eksperimen dalam merancang elektroda, dengan lebar jalur elektroda yang digunakan sebesar 0,4mm dan panjang elektroda sebesar 3,75mm serta jarak antara elektroda sebesar 3mm.

$$\mathrm{Kc} = \frac{3mm}{3{,}75mm\ x\ 0{,}4mm} \qquad (2)$$

$$\mathrm{Kc} = \frac{3mm}{1{,}5mm^2}$$

$$\mathrm{Kc} = 2{,}0mm^{-1} = 0{,}2cm^{-1}$$

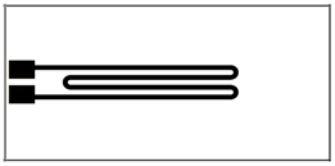


Gambar 7. Rancangan sensor konduktivitas

Pada gambar diatas adalah rancangan sensor konduktivitas yang telah dibuat. Garis hitam ialah sebagai jalur elektroda dan warna biru ialah lapisan dielektrik yang berfungsi untuk melindungi dan menutup lapisan jalur sensor. Area yang tidak tertutup dielektrik adalah area sensor konduktivitasnya.

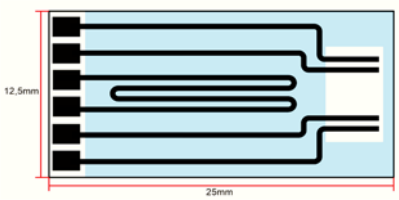
2. Elektroda Sensor Temperatur

Sensor temperatur yang akan dibuat memanfaatkan *jenis Resistance Temperature Detector* (RTD), yang dimana nilai resistansi atau hambatan akan berubah saat suhu berubah pula. Maka dalam merancang desain sensor temperatur tidak ada batasan khusus. Pada Gambar 8 adalah rancangan sensor temperatur yang telah dibuat.



Gambar 8. Rancangan sensor temperatur

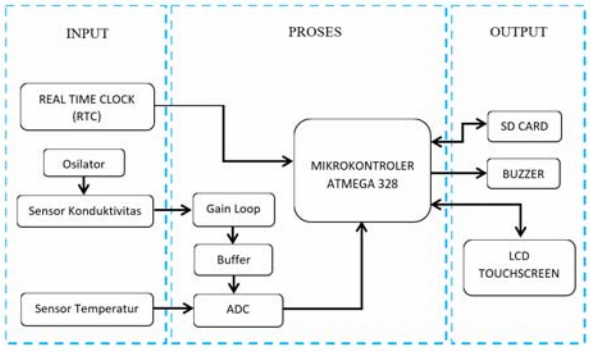
Secara keseluruhan bentuk sensor yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 9 dengan dimensi sensor 12,5mm x 25mm sehingga dalam satu keping substrat yang berdimensi 50mm x 50mm akan terdapat 8 buah sensor.



Gambar 9. Rancangan keseluruhan sensor

B. Perancangan Sistem

Rancangan dari sistem dan flowchart akan dibahas sebagai berikut.



Gambar 10. Blok Diagram Sistem

Pada gambar blok diagram di atas dapat diamati terdapat tiga bagian penyusun dari sistem yang akan dibuat, yaitu bagian input, proses, dan output. Adapun penjelasan pada masing-masing blok diagram sebagai berikut.

a) Masukan (*input*)

Pada bagian ini terdapat bagian-bagian yang memiliki fungsi masukan untuk mikrokontroler sesuai dengan fungsi dari masing-masing komponen.

- *Real Time Clock* (RTC)
  Modul RTC berfungsi untuk memberikan waktu dan tanggal yang dibutuhkan oleh data logger secara realtime.
- Sensor Temperatur
  Sensor temperatur digunakan untuk mengukur suhu pada air, sensor ini menggunakan teknologi thick film yang telah dibuat.
- Sensor Konduktivitas
  Sensor konduktivitas digunakan untuk mengukur tingkat daya hantar listrik pada air, sensor ini menggunakan teknologi thick film yang telah dibuat.
- Osilator
  Osilator digunakan untuk membangkitkan frekuensi gelombang sinus AC yang dibutuhkan elektroda tegangan konduktivitas.

b) Proses (*Process*).

Pada bagian ini terdapat rangkaian pengkondisi sinyal yang fungsinya untuk mengolah data sensor yang diterima sebelum masuk dan diolah ke dalam mikrokontroler.

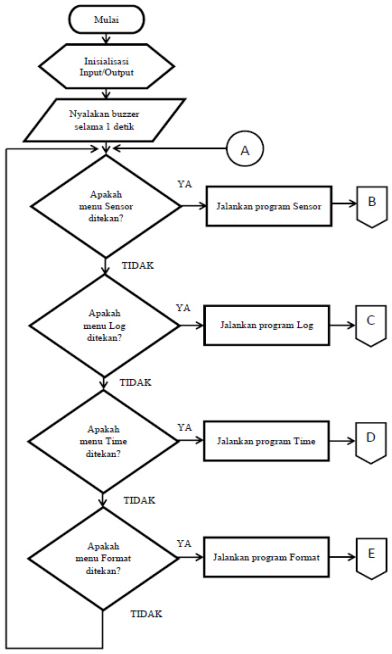
- ADC
  ADC berfungsi untuk mengubah data analog (data dari sensor temperatur) ke dalam data digital yang dapat diterima dan dibaca oleh mikrokontroler.
- *Gain Loop*
  Gain Loop salah satu aplikasi op-amp berfungsi sebagai pengkondisi sinyal dan penguat sensor konduktivitas sebelum selanjutnya di proses oleh mikrokontroler.
- Mikrokontroler
  Mikrokontroler ini digunakan untuk mengolah semua masukan data dan sebagai proses komputasi dan kalkulasi. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino nano 328 (Atmega328), jenis ini memiliki fisik yang kecil dan cocok untuk dijadikan alat yang sifatnya portabel.
- *Buffer*
  Buffer salah satu aplikasi op-amp berfungsi untuk menjaga sinyal agar tidak terjadi overshoot yang terlalu besar sebelum selanjutnya di proses oleh mikrokontroler.

c) Keluaran (*Output*)

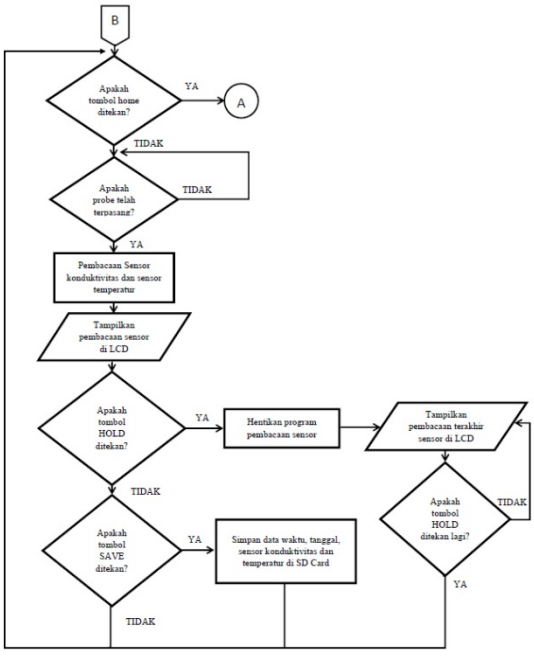
Pada blok output ini adalah bagian yang merupakan bagian eksekusi alat dan menampilkan hasil dari pembacaan sensor.

- Buzzer
  Alat ini berfungsi sebagai indikator bilamana diperlukan dalam sistem yang dibuat.
- LCD Touch Screen
  LCD yang digunakan berdimensi 2,8 inch ini berfungsi sebagai user interface yang akan menampilkan hasil data sensor yang telah di proses serta memiliki menu penyimpanan dan pembacaan data logger.

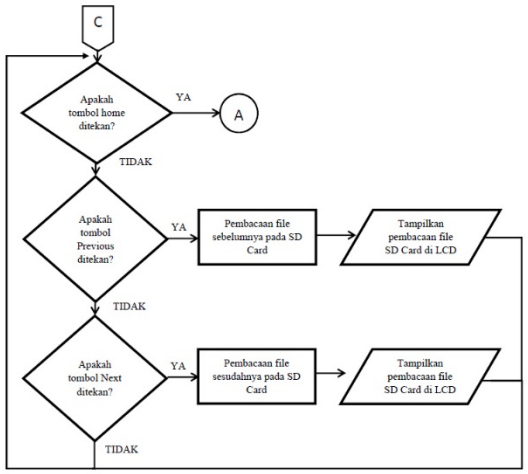
- SD Card
  Modul ini berfungsi sebagai data logger atau menyimpan data pembacaan sensor dan waktu yang disimpan berbentuk file.



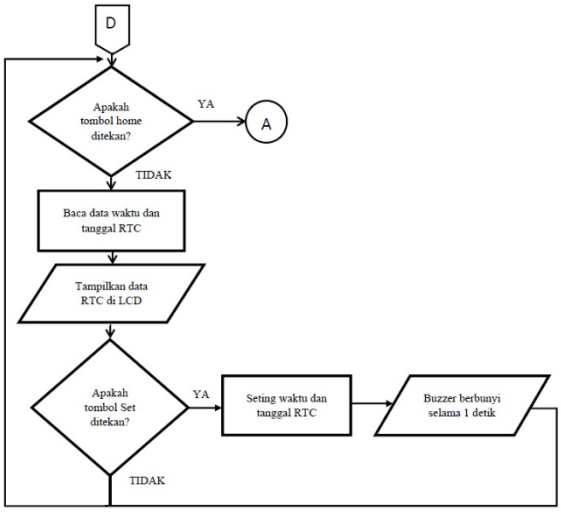
Gambar 11. Flowchart program utama



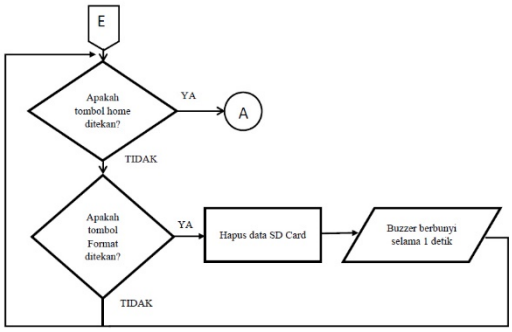
Gambar 12. Flowchart pembacaan sensor



Gambar 13. Flowchart pembacaan Micro SD



Gambar 14. Flowchart pengaturan RTC



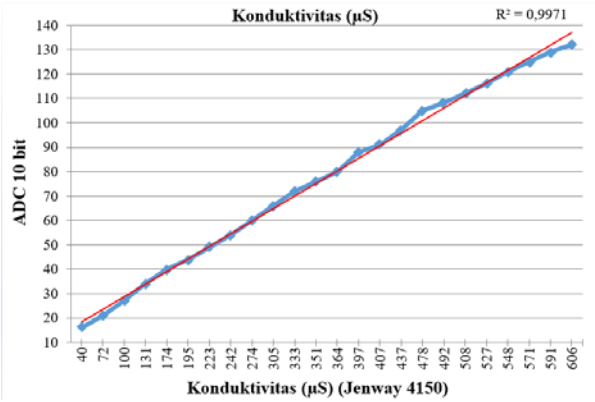
Gambar 15. Flowchart format Micro SD

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Kalibrasi Sensor Konduktivitas

Proses kalibrasi sensor konduktivitas air dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran sampel uji dari sensor *thick film* yang dirancang hasil data berupa nilai ADC yang diolah oleh mikrokontroler dengan alat ukur

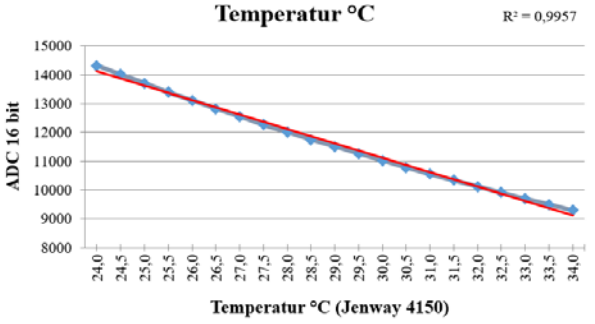
konvensional Jenway 4150 (hasil data berupa nilai konduktivitas), dengan durasi waktu pengukuran selama 5 menit persampel. Berikut hasil pembacaan sampel uji yang telah dilakukan. dengan alat ukur konvensional Jenway 4150. Dari hasil pengukuran, didapat persamaan least square y = -20,46 + 4,75x. Persamaan inilah yang nantinya dimasukan ke dalam program mikrokontroler.



Gambar 16. Grafik konduktivitas terhadap ADC

B. Kalibrasi Sensor Temperatur

Proses kalibrasi sensor temperatur air dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran dari sensor thick film yang dirancang dengan alat ukur konvensional Jenway 4150. Proses kalibrasi dilakukan menggunakan wadah gelas berisi air lalu diberikan pemanas elektrik dibawahnya. Selanjutnya dilakukan pengukuran secara bersamaan dari sensor thick film yang dirancang, hasil data berupa nilai ADC 16 bit yang diolah oleh mikrokontroler dengan alat ukur konvensional Jenway 4150 (hasil data berupa nilai temperatur). Dari hasil pengukuran, didapat persamaan least square y = 52,12 + -0,00199x. Persamaan inilah yang nantinya dimasukan ke dalam program mikrokontroler.



Gambar 17. Grafik temperatur terhadap ADC

C. Pengujian Sensor Konduktivitas dan Temperatur

Sebagai hasil akhir maka pengujian sensor harus dilakukan dengan cara membandingkan nilai pembacaan sensor dengan berbagai sampel air, dan untuk mengetahui keakuratan sensor yaitu seberapa dekat hasil nilai pengukuran dengan nilai yang diharapkan. Keakuratan sensor atau alat ukur dirumuskan oleh nilai persentase kesalahan relatif, maka data hasil pembacaan dimasukan ke dalam persamaan berikut.

$$Error\ (\%) = \frac{|Y-X|}{Y} \text{x } 100\% \qquad (3)$$

Dimana:
Y = Nilai alat ukur konvensional
X = Nilai alat yang dirancang

Dalam melakukan pengujian sensor pengukuran dilakukan dengan durasi waktu selama 5 menit persampel. Adapun hasil pembacaan dari sensor pada tabel berikut.

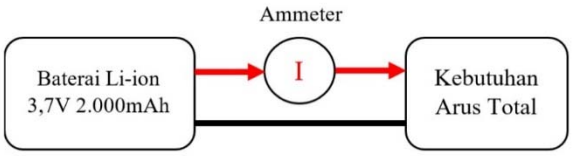
Tabel II. Pengujian pembacaan sensor

No	Jenis Air	Temperatur (°C)			Konduktivitas (µS)		
		X	Y	Error %	X	Y	Error %
1	Air PDAM di Antapani Tengah	25,18	25,2	0,08	155	158,8	2,39
2	Air Tanah di Antapani Tengah	26,15	26,1	0,19	346	349	0,86
3	Air Hujan di Antapani Tengah	24,93	24,9	0,12	17	17,3	1,73
4	Air Kemasan Kangen Water	25,27	25,3	0,12	120	121,7	1,40
5	Air Kemasan Indomart	25,18	25,1	0,32	275	278	1,08
6	Air Kemasan Stream	25,36	25,4	0,16	268	265	1,13
7	Air Kemasan Cleo	25,22	25,2	0,08	307	310	0,97
8	Air Kemasan Aqua	25,28	25,3	0,08	304	301	1,00
9	Air Kemasan Air Cup	25,29	25,3	0,04	150	153,2	2,09
10	Air Kemasan RON88	25,25	25,2	0,20	297	294	1,02
11	Air Kemasan ALTO	25,36	25,4	0,16	349	347	0,58
13	Air Kopi	32,81	32,7	0,34	714	718	0,56
14	Air Teh	30,14	30,1	0,13	519	522,2	0,61
15	Air Laut	25,36	25,4	0,16	1982	4565	56,58
16	Air Sungai di Antapani Tengah 25/02/2018 - 07.00	25,11	25,2	0,36	1476	1473	0,20
17	Air Sungai di Antapani Tengah 25/02/2018 - 12.00	26,78	26,8	0,07	1523	1521	0,13
18	Air Sungai di Antapani Tengah 25/02/2018 - 17.00	26,23	26,2	0,11	1597	1594	0,19

D. Perhitungan Kapasitas Baterai

Dalam perancangan alat ukur portabel ini kebutuhan daya merupakan salah satu kebutuhan

yang sangat penting, agar alat yang dirancang dapat bekerja dengan baik. Untuk memenuhi kebutuhan alat yang dirancang, sumber tegangan menggunakan baterai berjenis Li-ion karena memiliki arus yang stabil dan salah satu baterai yang paling banyak dipakai untuk kebutuhan perangkat portabel. Untuk mengetahui durasi penggunaan baterai harus diukur terlebih dahulu total arus yang digunakan oleh beban atau perangkat komponen elektroniknya. Adapun cara mengukur arus yang dibutuhkan pada beban dengan mengukur menggunakan Multitester Sanwa YX360TRF.



Gambar 18. Diagram pengukuran arus

Ammeter diatas menunjukan kebutuhan arus untuk beban total, beban total disini meliputi semua komponen yang terhubung sesudah baterai. Adapun arus yang terukur ammeter pada gambar 18 sebesar 125,5mA ≈ 130mA secara konstan.

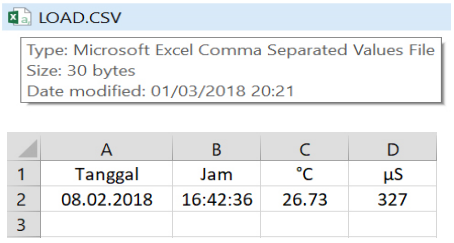
$$\text{Durasi (jam)} = \frac{Arus\ Baterai\ (mAh)}{Kebutuhan\ Arus} \qquad (4)$$

$$\text{Durasi (jam)} = \frac{2.000mAh}{130mA}$$

$$\text{Durasi (jam)} = 15{,}384 \approx 15 \text{ Jam } 23 \text{ Menit}$$

E. Perhitungan Kapasitas Penyimpanan Data

Untuk memenuhi kebutuhan penelitian, penyimpanan pembacaan sensor pada alat ukur sangatlah berguna. Pembacaan sensor yang disimpan berupa waktu pengukuran, nilai temperatur dan nilai konduktivitas. File yang tersimpan dalam *micro* SD berekstensi (.CSV) yang dapat dibuka dalam software Microsoft Excel.



	A	B	C	D
1	Tanggal	Jam	°C	µS
2	08.02.2018	16:42:36	26.73	327
3				

Gambar 19. Data pengukuran yang tersimpan

Gambar di atas menunjukan data pengukuran yang telah tersimpan pada *Micro* SD, dan memerlukan 30 bytes setiap satu kali menyimpan data. Pada alat yang dirancang *Micro* SD berkapasitas 1 Gigabyte (GB). Adapun persamaan seberapa banyak data yang dapat disimpan pada Micro SD berkapasitas 1Gigabyte (GB).

$$\text{Banyak Data} = \frac{Kapasitas\ Micro\ SD}{Kapasitas\ satu\ kali\ pengukuran} \qquad (5)$$

$$\text{Banyak Data} = \frac{1 \text{ x } 10^9\ bytes}{30\ bytes}$$

$$\text{Banyak Data} = 33.333.333$$

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil pengujian Tabel I membandingkan sensor Elektrokimia teknologi Film Tebal (Thick Film) dengan sensor konvensional untuk pengukuran temperatur menunjukan keakuratan yang baik, ditandai dengan persentase kesalahan pembacaan yang kecil sebesar kurang dari 1% sedangkan untuk sensor konduktivitas memiliki kesalahan pembacaan kurang dari 2,4%. Pada pengukuran sampel air laut menyatakan bahwa sensor tidak bisa mengukur untuk konduktivitas yang tinggi, dengan konduktivitas air laut yang terbaca pada alat ukur konvensional sebesar 4.565µS dan alat yang di rancang hanya sanggup membaca sampai 1.982µS. Hal ini sesuai dengan kalkulasi konstanta sel yang dirancang sebesar $0{,}2cm^{-1}$ yang artinya sensor dapat membaca konduktivitas sebesar 0 sampai 2.000µS, maka dari itu perangkat ini cocok untuk penelitian kualitas air yang biasa dikomsumsi, serta air sungai dengan tingkat pencemaran limbah rumah tangga.
2. Perangkat sudah bisa menampilkan hasil pembacaan dari sensor yang dirancang, serta dapat membaca kembali pembacaan sensor sebelumnya yang tersimpan di dalam *Micro* SD.
3. Perangkat berhasil menyimpan data pembacaan sensor ke dalam *Micro* SD dengan penyimpanan sebanyak 33.333.333 data pengukuran.
4. Perangkat yang dirancang sudah dapat dikatakan portabel karena mudah dibawa kemana saja dan terdapat baterai di dalamnya. Jika baterai dalam kondisi penuh dapat menyala tanpa henti selama 15 jam 23 menit setelah itu baterai harus diisi ulang

kembali. Hal ini sudah cukup untuk sebuah alat yang sifatnya portabel.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. Rosborg, *Drinking water minerals and mineral balance: Importance, health significance, safety precautions*. 2015.

[2] I. Shiklomanov, "World fresh water resources," *Water in crisis a guide to the world's fresh water resources*. 1993.

[3] G. Crisp, "Guidance Notes Introduction and Aim Standard Physical and Chemical Drinking Water Quality Parameters," 2010.

[4] M. Adamek, J. Prasek, and J. Hladik, "The Topology Optimisation of Thick-Film Electrochemical Sensor TIhe reaction surface The TFT paste The basit electrode suace -The substrate," *Isse*, pp. 137–142, 2007.

[5] Y. Tseng, "Manufacturing Process Analysis of Ag / Pd Thick Film Conductor Circuits, Phd Thesis," 1995.

[6] L. Process Control Automation, "Guide to Cell Constant Usable Ranges." [Online]. Available: http://www.aquasensor.net/category-s/108.htm. [Accessed: 26-Dec-2017].