

ALAT KALIBRATOR SUCTION PUMP

**Karya Tulis ini Disusun Sebagai
Salah Satu Syarat Dalam Menempuh Program
Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik**



Oleh :

Dhanis Setyawan

NIM 1404015

**PROGRAM STUDI D-III TEKNIK ELEKTROMEDIK
SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN WIDYA HUSADA
SEMARANG**

2017



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : ALAT KALIBRATOR *SUCTION PUMP*

NAMA : DHANIS SETYAWAN

NIM 1404015

“Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa Karya Tulis ini adalah hasil karya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Karya Tulis ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Ahli Madya Teknik Elektromedik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”

Semarang, 11 September 2017

DHANIS SETYAWAN

Penulis



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

PERNYATAAN PERSETUJUAN

JUDUL : ALAT KALIBRATOR *SUCTION PUMP*

NAMA : DHANIS SETYAWAN

NIM 1404015

Karya Tulis ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan tim penguji Ujian Akhir Program Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang.

Menyetujui,

Pembimbing

(Prima Widyawati W, M.Eng)



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

PENGESAHAN KARYA TULIS

JUDUL : ALAT KALIBRATOR *SUCTION PUMP*

NAMA : DHANIS SETYAWAN

NIM 1404015

Karya Tulis ini telah diujikan dan dipertahankan di hadapan tim penguji Ujian Akhir Program Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang pada hari Senin tanggal 11 bulan September tahun 2017.

Dewan Penguji :

Prima Widyawati W, M.Eng

Anggota 1

Agus Supriyanto, Amd.Em

Anggota 2

Basuki Rahmat, M.T

Ka Prodi DIII TEM

Supriyanto, M.Kom

Ketua Penguji

ABSTRAK

Kalibrator Suction Pump adalah alat yang tergolong kedalam alat kesehatan yang berfungsi untuk mengkalibrasi alat suction pump pada rumah sakit. Alat ini sangatlah penting untuk rumah sakit karena alat ini dapat mengetahui ketidaklayakan dari alat suction pump itu sendiri. Pengecekan kelayakan alat kesehatan dipayakan untuk lebih teliti dan akurat, maka dari itu diperlukan sebuah alat untuk kalibrasi suction pump dengan keakuratan pengukuran yang sudah melalui tes kelayakan alat dengan menggunakan pressure meter terstandar.

Alat ini menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 sebagai pengolah data dan sensor MPX5700DP yang mampu membaca tekanan hingga 700 kpa atau 5250 mmHg. Data tersebut akan ditampilkan pada LCD 16x2.

“Kalibrator Suction Pump” dibandingkan dengan digital pressure meter untuk mengetahui keakurasian waktu dioperasikan. Nilai rata-rata error yang didapat dari pengukuran pada enam titik (0 mmHg, -100mmHg, -200mmHg, -300mmHg, -400mmHg, -500mmHg,) yakni sebesar 0,4% atau dengan kata lain memiliki keakurasian sebesar 99,6%.

Kata Kunci : Kalibrator, Suction Pump, DPM

ABSTRACT

Calibrator Suction Pump is a tool that is classified into medical equipment that serves to calibrate suction pump at the hospital. This tool is very important to the hospital because this tool can know suction pump inadequacies of the tool itself. Checking eligibility dipayakan medical devices for more thorough and accurate, and therefore needed a tool for calibration suction pump with the accuracy of measurements that have been through the test the feasibility of the tool by using a pressure meter standardized.

This tool uses ATmega 8535 microcontroller as data processor and MPX5700DP sensor that can read pressure up to 700 kpa or 5250 mmHg. The data will be displayed on 16x2 LCD.

"Calibrator Portable Suction Pump-Based Microcontroller ATmega 8535" compared to the digital pressure meter to determine the accuracy of the time operated. The average value obtained from the error of taking the measurements at six points (0mmHg, -100mmHg, -200mmHg, -300mmHg, -400mmHg, -500mmHg,) is 0,4% or has 99.6% accuracy.

Keywords: calibrators, Suction Pump, DPM

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan berkat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini.

Karya Tulis ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan ujian akhir pada program Diploma III Akademi Teknik Elektromedik Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Widya Husada Semarang. Karya Tulis ini penulis beri judul **ALAT KALIBRATOR SUCTION PUMP**.

Dengan terselesainya karya tulis ilmiah ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Tuhan yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
2. Mama dan Papa, yang telah memberikan moril maupun materil untuk penulis selama menempuh pendidikan.
3. Ibu Prima Widyawati W, M.Eng, selaku pembimbing. Terima kasih atas bimbingan dan arahnya selama penyusunan karya tulis ilmiah.
4. Semua Dosen Teknik Elektromedik, yang telah membagi ilmu kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan.
5. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektromedik Widya Husada 2014.
6. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung hingga terselesaikannya karya tulis ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya tulis ilmiah ini banyak mempunyai kekurangan baik dari segi teknik, teoritis, maupun materi.

Akhirnya penulis berharap agar karya tulis ilmiah ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Akademi Teknik Elektromedik Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Widya Husada Semarang dan bagi pembaca pada umumnya.

Semarang, 11 September 2017

Penulis

Dhanis Setyawan



DAFTAR ISI

PERNYATAAN PENULIS	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN	iii
PENGESAHAN KARYA TULIS.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 BATASAN MASALAH	2
1.4 DAFTAR ISTILAH	2
BAB II TEORI DASAR.....	3
2.1 SUCTION PUMP	3
2.1.1 Pengertian.....	3
2.1.2 Bagian-bagian	4
2.1.3 Cara Pengoperasian	4
2.2 Kalibrasi	5
2.3 LCD 2 x 16	8
2.4 Mikrokontroler	11
2.4.1 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATMEGA8535	11

2.5	SENSOR TEKANAN MPX5700DP	12
2.5.1	Pengertian Sensor Tekanan MPX5700DP	12
2.5.2	Konfigurasi Pin MPX5700DP	14
2.5.3	Struktur Kerja Sensor	14
2.6	Resistor	15
2.7	Kapasitor	17
2.8	Baterai	18
2.8.1	Baterai Sekunder	19
2.8.2	Baterai Lithium-Ion	19
2.8.3	Pengaplikasian Baterai	20
2.9.1	Transformator Step-Up	22
2.9.2	Transformator Step-Down	23
2.10	LM2596 adjustable DC-DC Regulator Module	23
2.11	IC Regulator 7805	25
2.11.1	Keunggulan	25
2.11.2	Kekurangan	26
2.12	Transistor	26
2.13	Dioda	28
2.14	Push Botton	30
BAB III PERENCANAAN		32
3.1	Tahapan Perencanaan	32
3.2	Spesifikasi Alat	33
3.3	Perencanaan Blok Diagram	34
3.4	Perencanaan Wiring Diagram	35
3.4.2	Perencanaan Regulator	36

3.4.3	Perencanaan Rangkaian Display	38
3.4.4	Perencanaan Rangkaian Sensor Tekanan.....	39
3.4.5	Perencanaan Rangkaian Indikator Baterai	40
3.4.6	Perencanaan Rangkaian Mikrokontroler.....	41
3.5	Perencanaan Flowchart.....	42
3.6	Perencanaan Titik Pengukuran.....	43
3.7	Perencanaan Komponen.....	43
3.8	Persiapan Alat dan Bahan.....	46
3.9	Pembuatan Modul.....	46
BAB IV		48
PENGUKURAN DAN PENDATAAN		48
4.1	Gambar Rangkaian Alat Secara Keseluruhan	48
4.2	Cara Kerja.....	49
4.3	Pengertian.....	50
4.4	Persiapan dan Pengukuran.....	50
4.5	Metode Pengukuran.....	50
4.6	Hasil Pengukuran.....	51
4.6.1	Hasil Pengukuran TP1.....	51
4.6.2	Hasil Pengukuran TP2.....	51
4.6.3	Hasil Pengukuran TP3.....	52
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		54
5.1	Analisa Data Hasil Pengukuran.....	54
5.1.1	Analisa TP1	54
5.1.2	Analisa TP2.....	55
5.1.3	Analisa TP3	55

5.1.4	Analisa Hasil Perbandingan Alat	56
5.1.5	Hasil Pengujian Perbandingan	56
BAB VI PENUTUP		59
6.1	Kesimpulan.....	59
6.2	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN.....		61



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Fungsi Pin LCD 16x2	10
Tabel 2 Fungsi Pin Sensor MPX5700DP	14
Tabel 3 Kode Warna Resistor	17
Tabel 4 Fungsi Pin IC 7805	26
Tabel 5 Daftar Komponen Catu Daya	44
Tabel 6 Daftar Komponen Rangkaian Sensor Hisap	44
Tabel 7 Daftar Komponen Rangkaian Sensor Tegangan	45
Tabel 8 Daftar Komponen Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler	45
Tabel 9 Daftar Komponen Pendukung	45
Tabel 10 Hasil Pengukuran TP1	51
Tabel 11 Hasil Pengukuran TP2	52
Tabel 12 Hasil Pengukuran TP3	52
Tabel 13 Analisa Hasil TP3	55
Tabel 14 Hasil Pengujian Perbandingan	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Suction Pump	4
Gambar 2 Bentuk Fisik LCD 2 x 16	8
Gambar 3 Konfigurasi pin ATmega8535	11
Gambar 4 Bentuk Fisik Sensor MPX5700DP	13
Gambar 5 Simbol Sensor MPX5700DP	13
Gambar 6 Bentuk dan Simbol Skematik Resistor	16
Gambar 7 Bentuk Fisik Kapasitor	17
Gambar 8 Struktur Kapasitor	18
Gambar 9 Baterai Disusun Secara Seri	20
Gambar 10 Baterai Disusun Secara Paralel	21
Gambar 11 Trafo Step Up	22
Gambar 12 Struktur Trafo Step-Down	23
Gambar 13 Modul LM2596	24
Gambar 14 Bentuk Fisik Transistor	27
Gambar 15 Struktur Transistor	27
Gambar 16 Bentuk Fisik Dioda	28
Gambar 17 Struktur Dioda	29
Gambar 18 Kurva Karakteristik Dioda	30
Gambar 19 Bentuk Fisik Push Button	31
Gambar 20 Alat Kalibrator Suction Pump	33
Gambar 21 Blok Diagram	34

Gambar 22 Rangkaian Charger	35
Gambar 23 Rangkaian Regulator	36
Gambar 24 Rangkaian Display	38
Gambar 25 Rangkaian Sensor tekanan	39
Gambar 26 Rangkaian Indikator Baterai.....	40
Gambar 27 Rangkaian Mikrokontroler	41
Gambar 28 Flowchart.....	42
Gambar 29 Rangkaian Alat Secara Keseluruhan	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Suction pump adalah alat kesehatan yang berfungsi untuk menghisap cairan yang tidak berguna atau partikel padat pada tubuh manusia ke sebuah wadah pengumpul. Hampir semua ruang operasi pada Rumah Sakit menggunakan *Suction Pump* maka alat tersebut harus mempunyai keakuratan yang tinggi.. Oleh karena itu kalibrasi terhadap *Suction Pump* sangat diperlukan supaya hasil keluaran dari alat tersebut mempunyai keakuratan yang baik. Untuk mengetahui kelayakan *Suction Pump* dapat dilakukan dengan menganalisa hasil kalibrasi yang akan mendapat nilai ketidakpastian dan nilai koreksi. Dari perhitungan tersebut di dapatkan nilai koreksi -18 mmHg sampai dengan 12 mmHg. Dengan kesalahan relatif 0.0 sampai dengan 42 Kesalahan maksimal yang diijinkan 10 sesuai dengan ECRI No. 433-059.^[4] Sehingga masih layak digunakan alat tersebut. Dari perhitungan diharapkan rumah sakit menggunakan *Suction pump* yang mempunyai resolusi alat yang lebih kecil. Agar perhitungan ketidakpastian semakin kecil.

Dari latar belakang yang telah diuraikan diatas, penulis ingin membuat sebuah karya tulis ilmiah dengan judul "**KALIBRATOR SUCTION PUMP**". Dengan menggunakan mikrokontroler sebagai pengolah data sehingga diharapkan hasil yang didapatkan lebih akurat daripada kalibrator biasa.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Terwujudnya kalibrator *suction pump* yang dapat membantu mengatasi masalah yang telah dikemukakan pada sub bab Latar Belakang.
2. Menguji dan menganalisa unjuk kerja alat kalibrator *suction pump* yang akan dibuat.

1.3 BATASAN MASALAH

Dalam pembuatan karya tulis ilmiah, agar pembahasan alat dilakukan dengan jelas dan tidak terjadi pelebaran masalah, dilakukan pembatasan masalah dengan hanya melakukan pengamatan dan pendataan hasil yang meliputi :

1. Hanya untuk mengkalibrasi daya hisap *suction pump*.
2. Parameter pengukuran yang dapat di ukur dengan satuan mmHg.

1.4 DAFTAR ISTILAH

2.1.1 *Vaccum*

Suatu kondisi dari udara / gas sekitar lingkungan tertentu dimana tekanan udara dibawah tekanan atmosfer.

2.1.2 kPa

Singkatan dari *kilopascal* yang merupakan satuan dari tekanan udara.

2.1.3 *Asepsis*

Keadaan bebas dari mikroorganisme penyebab penyakit.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 SUCTION PUMP

2.1.1 Pengertian

Suction Pump adalah suatu alat yang yang dipergunakan untuk menghisap cairan yang tidak dibutuhkan pada tubuh manusia. Nama lain dari *Suction Pump* adalah *Vaccum Regulator*, *Suction Controllers*, *Slim Zuiger*, Alat Hisap.

Kekuatan daya hisap dikontrol dengan menggunakan regulator, ini biasanya diatur saat suction kita pakai untuk kondisi hisapan yang berbeda-beda, ketika cairan terlalu kental maka regulator kita atur dengan kemampuan hisap yang lebih besar sedang untuk kondisi cairan yang lebih encer maka sebaliknya.

Suction pump banyak digunakan pada kegiatan operasi di ruang bedah, yaitu untuk menghisap darah yang keluar dari pasien, sedangkan di ruang perawatan untuk menghisap lendir dalam mulut dan tenggorokan.^[3]

2.1.2 *Bagian-bagian*



Gambar 1 Suction Pump

1. Motor berfungsi untuk memberikan daya hisap pada suction pump.
2. Botol penampung berfungsi sebagai tempat atau wadah cairan yang dihisap.
3. Selang berfungsi untuk mengeluarkan cairan dari tubuh dan memasukkannya ke botol penampung.
4. Manometer berfungsi untuk memberikan informasi kepada pengguna berapa tekanan yang dihasilkan motor.

2.1.3 *Cara Pengoperasian*

Berikut adalah langkah-langkah pengoperasian *Suction Pump* :

1. Jelaskan prosedur yang akan dilaksanakan.
2. Cuci tangan.
3. Tempatkan pasien pada posisi telentang dengan kepala miring ke arah perawat.
4. Gunakan sarung tangan
5. Hubungkan kateter pengisap dengan slang alat pengisap.
6. Mesin pengisap dihidupkan.

7. Lakukan pengisapan lendir dengan memasukkan kateter pengisap kedalam kom berisi *aquades* atau NaCl 0,9 % untuk mempertahankan tingkat kesterilan (*asepsis*).
8. Masukkan kateter pengisap dalam keadaan tidak mengisap.
9. Gunakan alat pengisap dengan tekanan 110 - 150 mmHg untuk dewasa, 95 - 110 mmHg untuk anak-anak, dan 50 - 59 mmHg untuk bayi.
10. Tarik dengan memutar kateter pengisap tidak lebih dari 15 detik.
11. Bilas kateter dengan *aquades* atau NaCl 0,9 %.
12. Lakukan pengisapan antara pengisapan pertama dengan berikutnya. Minta pasien untuk bernapas dalam dan batuk. Apabila pasien mengalami distress pernapasan, biarkan istirahat 20 - 30 detik sebelum melakukan pengisapan berikutnya.
13. Setelah selesai, kaji jumlah, konsistensi, warna, bau sekret, dan respons pasien terhadap prosedur yang dilakukan
14. Cuci tangan setelah prosedur dilakukan.

2.2 Kalibrasi

Setiap instrumen ukur harus dianggap tidak cukup baik sampai terbukti melalui kalibrasi dan atau pengujian bahwa instrumen ukur tersebut memang baik. Menurut ISO/IEC Guide 17025:2005 dan Vocabulary of International Metrology (VIM) adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau

nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu.

Dengan kata lain kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang mampu telusur (*traceable*) ke standar nasional maupun internasional untuk satuan ukuran dan atau internasional dan bahan-bahan acuan tersertifikasi. Kalibrasi menurut definisi Per-Menkes. No. 54 Tahun 2015 adalah kegiatan peneraan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukan alat ukur dan atau bahan ukur. ^[4]

2.1.1 Metode Kalibrasi Suction Pump

2.1.1.1 Peralatan yang digunakan

1. Suction pump unit
2. Alat kalibrasi suction pump
3. Alat pengukur kebocoran kelistrikan
4. Termohygrometer

2.1.1.2 Prosedur Kalibrasi

1. Kondisikan suction pump yang akan dikalibrasi
2. Lakukan pemeriksaan kondisi fisik.
3. Pasang alat kalibrasi pada selang suction pump
4. Ukur maksimal *vaccum* pada suction pump.
5. Catat hasil maksimal *vaccum* pada lembar kerja

6. Tentukan titik pengukuran pada 0 mmHg, -100 mmHg, -200, -300 mmHg, -400mmHg,-500 mmHg sesuai di lembar kerja.
7. Berikan tekanan 0 mmHg pada suction pump lalu catat nilai penunjukan pada alat kalibrasi dan lembar kerja.
8. Beri tekanan -100 mmHg pada Suction Pump.
9. Tunggu beberapa saat sampai stabil ± 10 detik.
10. Catat nilai penunjukan pada Suction Pump dan nilai yang terukur pada alat kalibrasi pada lembar kerja.
11. Ulangi langkah ke 8 dan 9 untuk titik setting lainnya sampai -500 mmHg.
12. Ulangi pengukuran agar diperoleh 3 data (minimal) pada tiap titik pengukuran naik dan turun.

2.1.1.3 Perhitungan

- a. Nilai rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana : \bar{x} = Nilai rata – rata pengukuran

x_i = Nilai acak data pengukuran

N = Jumlah data yang diambil

- b. Kesalahan & Keakurasian

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{\text{Kalibrasi Suction} - \text{Lutron}}{\text{Lutron}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Nilai akurasi

$$100\% - \%Kesalahan = \%Akurasi \dots\dots\dots (2.3)$$

2.3 LCD 2 x 16

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan salah satu perangkat penampil yang sekarang ini mulai banyak digunakan setiap orang. Penampil LCD mulai dirasakan untuk menggantikan fungsi dari penampil CRT (Cathode Ray Tube) yang sudah sering digunakan manusia sejak dulu sebagai penampil gambar/text, baik monokrom (hitam putih) maupun yang berwarna. LCD berfungsi untuk menampilkan tulisan berupa angka atau huruf sesuai dengan keinginan yang berdasarkan pada program yang digunakan, sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara visual. Pada perancangan alat ini menggunakan tipe LCD dengan 2 x 16 karakter atau 2 baris dan 16 karater.

Adapun bentuk fisik dari LCD tipe 2 x 16 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2 Bentuk Fisik LCD 2 x 16

Pada layar LCD, setiap matrik adalah susunan dua dimensi piksel yang dibagi dalam baris dan kolom. Keunggulan LCD adalah hanya menarik arus yang kecil (beberapa mikro ampere) sehingga alat atau sistem menjadi portable

karena dapat menggunakan catu daya yang kecil. Keunggulan lainnya adalah tampilan yang diperlihatkan dapat dibaca dengan mudah dibawah terang sinar matahari.

LCD membutuhkan tegangan dan daya yang kecil sehingga sangat populer untuk aplikasi pada LCD, umumnya dikemas dalam bentuk dual In-line package (DIP) dan mempunyai kemampuan untuk menampilkan beberapa kolom dan baris dalam satu panel. Untuk membentuk pola, baik karakter ataupun gambar pada kolom dan baris secara bersamaan digunakan metode screening. Metode screening adalah metode mengaktifkan daerah perpotongan suatu kolom dan suatu baris secara bergantian dan cepat sehingga seolah-olah aktif semua. Hal ini dilakukan untuk menghemat jalur yang digunakan untuk mengaktifkan panel LCD. Cara menggunakan LCD :

1. Inisialisasi LCD pada program (Software).
2. Tentukan jumlah karakter pada baris dan kolom.

Tentukan lokasi tampilannya pada LCD sesuai dengan perintah penulisannya pada program (Software).

Tabel 1 Fungsi Pin LCD 16x2

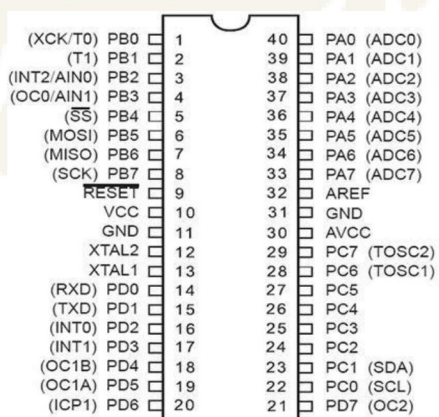
PIN	NAMA	FUNGSI
1	VSS	<i>Ground Voltage</i>
2	VCC	+5V
3	VEE	<i>Contrast Voltage</i>
4	RS	<i>Register Select</i> <i>0 = Instruction Register</i> <i>1 = Data Register</i>
5	R/W	<i>Read/Write, to choose</i> <i>write or read mode</i> <i>0 = write mode</i> <i>1 = read mode</i>
6	E	<i>Enable</i> <i>0 = start to lacht data to</i> <i>LCD character</i> <i>1 = disable</i>
7	DB0	Data bit ke-0 (LSB)
8	DB1	Data bit ke-1
9	DB2	Data bit ke-2
10	DB3	Data bit ke-3
11	DB4	Data bit ke-4

12	DB5	Data bit ke-5
13	DB6	Data bit ke-6
14	DB 7	Data bit ke-7 (MSB)
15	BPL	<i>Back Plane Light</i>
16	GND	<i>Ground Voltage</i>

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut single chip microcomputer. Lebih lanjut, mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik, berbeda dengan PC (Personal Computer) yang memiliki beragam fungsi. Perbedaan lainnya adalah perbandingan RAM dan ROM yang sangat berbeda antara komputer dengan mikrokontroler.

2.4.1 Konfigurasi Pin Mikrokontroller ATMEGA8535



Gambar 3 Konfigurasi pin ATMEGA8535

Secara singkat, ATmega8535 memiliki beberapa kemampuan:

- a. Sistem mikrokontroler 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
- b. Memiliki memori flash 8 KB, SRAM sebesar 512 byte dan EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 byte.
- c. Memiliki ADC (Pengubah analog-ke-digital) internal dengan ketelitian 10 bit sebanyak 8 saluran.
- d. Memiliki PWM (*Pulse Width Modulation*) internal sebanyak 4 saluran.
- e. Portal komunikasi serial (*USART*) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.
- f. Enam pilihan *mode sleep*, untuk menghemat penggunaan daya listrik.

2.5 SENSOR TEKANAN MPX5700DP

2.5.1 Pengertian Sensor Tekanan MPX5700DP

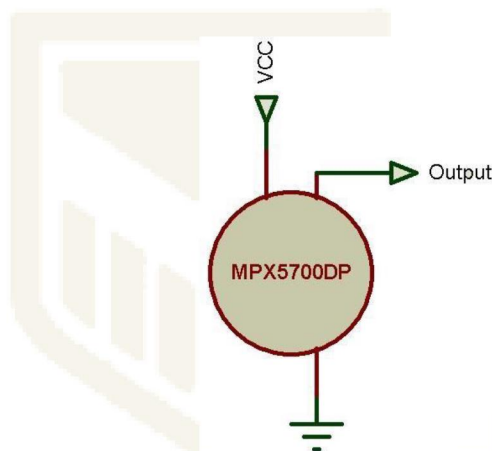
Sensor tekanan MPX5700DP merupakan transduser piezoresistif yang terbuat dari bahan silikon dan dirancang untuk berbagai aplikasi terutama yang menggunakan mikrokontroler. Sensor ini dilengkapi dengan chip signal conditioned, temperature, compensated dan calibrated.

Pressure gauge adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida (gas atau liquid) dalam tabung tertutup. Satuan dari alat

ukur tekanan ini berupa psi (pound per square inch), psf (pound per square foot), mmHg (millimeter of mercury), inHg (inch of mercury), bar, atm (atmosphere).



Gambar 5 Bentuk Fisik Sensor MPX5700DP



Gambar 4 Simbol Sesnsor MPX5700DP

2.5.2 Konfigurasi Pin MPX5700DP

Berikut ini merupakan penjelasan dari fungsi pin Sensor MPX5700DP :

Tabel 2 Fungsi Pin Sensor MPX5700DP

Nomor Pin	Fungsi
1	Vout
2	Ground (GND)
3	Vcc
4	N/C (No Connection)
5	N/C (No Connection)
6	N/C (No Connection)

Sensor ini mampu mendeteksi tekanan sebesar 0 sampai 700 kPa.

Pada rangkaian sensor tegangan diberikan sebesar 5v pada pin 3.

2.5.3 Struktur Kerja Sensor

Sensor pengukur tekanan (*pressure* sensor) bertindak sebagai pembaca nilai tekanan dari materi gas maupun cairan. Sementara pengertian tekanan (*pressure*) adalah ekspresi dari gaya yang dibutuhkan untuk cairan / gas per unit area, satuan untuk tekanan adalah gaya per satuan luas.

Sensor yang bersentuhan langsung dengan materi yang di deteksi menghasilkan sinyal, dalam hal ini sensor tekanan bertindak sebagai

transducer. Sinyal yang dihasilkan sebanding dengan besarnya tekanan materi yang di deteksi terhadap sensor tersebut.

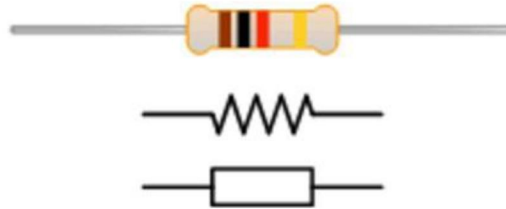
Sensor tekanan banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, sebagai alat pendukung sistem dalam peralatan rumah tangga serta peralatan industri. Sensor tekanan juga bisa diaplikasikan dalam mengukur besarnya/banyaknya jumlah aliran gas maupun cairan, kecepatan aliran, ketinggian cairan dan ketinggian sebuah benda yang dipengaruhi oleh gaya tekan gravitasi bumi.

Sensor tekanan dapat ditemukan di pasaran dengan bermacam variasi, secara tingkat teknologi, performa, desain dan pemakaian dalam aplikasi. Ada sekitar 300 perusahaan di dunia yang memproduksi sensor tekanan dan lebih dari 50 teknologi yang digunakan diantaranya.

Ada juga jenis sensor tekanan yang mampu untuk pengukuran tekanan dengan perubahan kecepatan nilai tekanan yang sangat tinggi (dinamis)

2.6 Resistor

Resistor adalah komponen elektronik dua saluran yang dirancang untuk menahan arus listrik dengan memproduksi penurunan tegangan diantara kedua salurannya sesuai dengan arus yang mengalirinya. Resistor merupakan salah satu komponen yang paling sering digunakan dalam rangkaian elektronik.



Gambar 6 Bentuk dan Simbol Skematik Resistor

Karakteristik utama dari resistor adalah hambatan dan daya listrik yang digunakan. Untuk mengetahui nilai hambatan resistor, selain diukur langsung menggunakan multimeter, dapat menggunakan kode warna resistor.

Berikut fungsi-fungsi resistor:

- a. Berfungsi untuk menahan sebagian arus listrik agar sesuai dengan kebutuhan suatu rangkaian elektronika.
- b. Berfungsi untuk menurunkan tegangan sesuai dengan yang dibutuhkan oleh rangkaian elektronika.
- c. Berfungsi untuk membagi tegangan.
- d. Berfungsi untuk membangkitkan frekuensi tinggi dan frekuensi rendah dengan bantuan transistor dan kondensator (kapasitor).

Tabel 3 Kode Warna Resistor

Warna	Nilai	Faktor pengali	Toleransi
Hitam	0	1	
Coklat	1	10^1	1%
Merah	2	10^2	2%
Jingga	3	10^3	
Kuning	4	10^4	
Hijau	5	10^5	
Biru	6	10^6	
Violet	7	10^7	
Abu-abu	8	10^8	
Putih	9	10^9	
Emas	-	0.1	5%
Perak	-	0.01	10%
Tanpa warna	-	-	20%

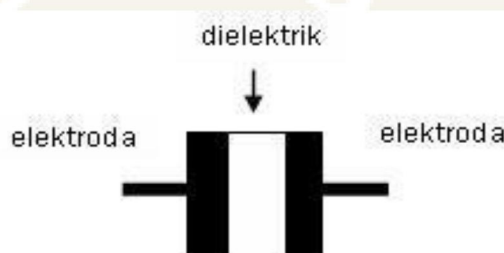
2.7 Kapasitor

Kapasitor yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf “C” adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik.



Gambar 7 Bentuk Fisik Kapasitor

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi.



Gambar 8 Stuktur Kapasitor

Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya

2.8 Baterai

Baterai terdiri dari anoda, katoda dan elektrolit (merupakan larutan basah yang dibuat menghantar oleh berlarutnya sesuatu asam, basa atau garam). Anoda mengeluarkan elektron-elektron dan katoda berfungsi menyerap elektron-elektron arus, proses tersebut berlangsung selama baterai mengeluarkan arus.

Baterai dari penggunaanya dibagi menjadi dua jenis yaitu baterai *disposable* atau sekali pakai disebut juga baterai primer dan *rechargeable battery* atau

baterai isi ulang disebut juga baterai sekunder. Keduanya bersifat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai primer hanya bisa dipakai sekali, karena menggunakan reaksi kimia yang bersifat tidak bisa dibalik (*irreversible reaction*), sedangkan baterai sekunder dapat diisi ulang karena reaksi kimianya bersifat bisa dibalik (*reversible reaction*).

2.8.1 Baterai Sekunder

Baterai sekunder adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversibel* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi dan mengakibatkan terjadinya aliran elektron. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan didalam sel. Tiap sel baterai terdiri dari dua macam elektroda yang berlainan, yaitu elektroda positif dan elektroda negatif yang dicelupkan dalam suatu larutan kimia.^[23]

2.8.2 Baterai Lithium-Ion

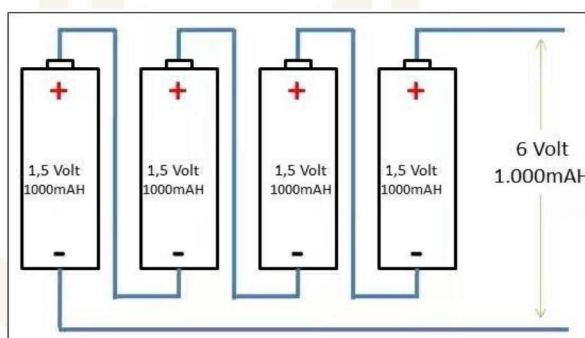
Baterai Li-Ion (*Lithium-Ion*) merupakan salah satu jenis baterai yang tergolong dalam kategori baterai sekunder. Baterai Li-Ion memiliki daya tahan siklus yang tinggi dan juga lebih ringan sekitar 30% serta menyediakan kapasitas yang lebih tinggi sekitar 30% jika dibandingkan dengan jenis baterai sekunder lainnya. Rasio self-discharge sekitar 20%

per bulan. Baterai jenis ini lebih ramah lingkungan karena tidak mengandung zat berbahaya cadmium. Meskipun tidak mengandung zat berbahaya cadmium, baterai jenis ini tetap mengandung sedikit zat berbahaya yang dapat merusak kesehatan manusia dan lingkungan hidup, sehingga perlu dilakukan daur ulang dan tidak dianjurkan membuang baterai jenis ini disembarang tempat.

2.8.3 Pengaplikasian Baterai

Pada pengaplikasian penggunaan baterai, baterai dapat dirangkai secara seri maupun paralel. Tetapi hasil output dari rangkaian tersebut akan berbeda. Yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Hubungan seri baterai



Gambar 9 Baterai Disusun Secara Seri

Hubungan seri baterai akan meningkatkan tegangan output baterai, sedangkan arus listriknya akan tetap sama. Pada Hubungan seri baterai seperti yang diperlihatkan Gambar 2.19 dapat diketahui bahwa empat buah baterai masing-masing menghasilkan kapasitas arus listrik yang sama seperti arus listrik pada satu buah baterai, tetapi

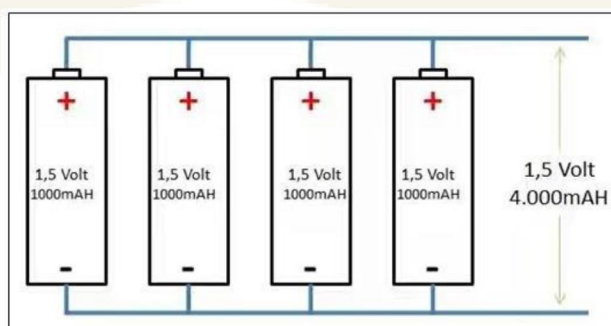
tegangan yang dihasilkan menjadi jumlah dari tegangan pada baterai.

Maka dapat disimpulkan pada hubungan seri baterai bahwa :

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{bat}} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{bat1}} + V_{\text{bat2}} + V_{\text{bat3}} + V_{\text{bat4}} \dots \dots \dots (2.3)$$

2. Hubungan paralel baterai



Gambar 10 Baterai Disusun Secara Paralel

Hubungan paralel baterai yang akan meningkatkan arus listrik tetapi tegangan outputnya akan tetap sama. Pada Hubungan paralel baterai seperti yang diperlihatkan Gambar 2.20 dapat diketahui bahwa empat buah baterai masing-masing menghasilkan tegangan yang sama seperti tegangan pada satu buah baterai, tetapi kapasitas arus listrik yang dihasilkan menjadi jumlah dari arus listrik pada baterai. Maka dapat disimpulkan pada hubungan paralel baterai bahwa :

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{bat}} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{bat1}} + I_{\text{bat2}} + I_{\text{bat3}} + I_{\text{bat4}} \dots \dots \dots (2.7)$$

2.9 Transformator

Transformator atau trafo adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik. Transformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Tegangan masukan bolak-balik yang membentangi primer menimbulkan fluks magnet yang idealnya semua bersambung dengan lilitan sekunder. Fluks bolak-balik ini menginduksikan Gaya Gerak Listrik (GGL) dalam lilitan sekunder. Jika efisiensi sempurna, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan ke lilitan sekunder berikut adalah jenis-jenis dari transformator:

2.9.1 Transformator Step-Up

Transformator step-up adalah transformator yang memiliki lilitan primer lebih sedikit dari lilitan sekunder. Jumlah lilitan tersebut mempengaruhi dari tegangan keluarannya, sehingga tegangan keluaran akan lebih besar dari tegangan masukannya. Dapat disimpulkan



Gambar 11 Trafo Step Up

transformator jenis ini digunakan untuk menaikkan tegangan. Aplikasi dari transformator jenis ini biasa kita lihat pada pembangkit tenaga listrik

sebagai penaik tegangan yang dihasilkan generator menjadi tegangan tinggi yang digunakan dalam transmisi jarak jauh.

2.9.2 Transformator Step-Down

Transformator step-down adalah transformator yang memiliki lilitan primer lebih banyak dari lilitan sekunder, sama seperti trafo sebelumnya, jumlah lilitan ini



Gambar 12 Struktur Trafo Step-Down

Mempengaruhi dari tegangan keluarannya, sehingga tegangan keluaran akan dikecilkan. Aplikasi dari trafo jenis ini sering kita lihat pada adaptor dan power supply.

2.10 LM2596 adjustable DC-DC Regulator Module

Modul LM2596 dapat digunakan untuk menurunkan tegangan DC maksimal hingga 3A dengan range DC 3.2V-46V dengan selisih minimum input - output 1.5V DC. Keunggulan modul step down LM2596 adalah besar tegangan output tidak berubah (stabil) walaupun tegangan input naik turun, Output bisa di stel dengan memutar potensiometer. Cocok untuk pemasangan variasi mobil dan sepeda motor, dijadikan charger HP, power supply LED, lighting dan sebagainya. Perhatikan tanda + dan -, jangan sampai terbalik. Jika

terbalik akan merusak modul. Tegangan output 1.5V s/d 30V untuk handphone, MP3, MP4, PSP atau peralatan listrik lainnya. Yang penting tegangan input harus lebih besar dari output. Sangat mudah dan sederhana.



Gambar 13 Modul LM2596

Spesifikasi :

- a. Model/name: LM2596S DC-DC Step-Down module
- b. Tegangan input: 3.2-46V DC
- c. Tegangan output: 1.25-35V DC
- d. Selisih input output: Minimal 1.5V DC
- e. Arus: Maksimal 3A, Untuk penggunaan jangka waktu lama disarankan untuk menggunakan arus kurang dari 2.5A atau menggunakan tambahan heatsink (diatas 10W)
- f. Efisiensi step down: 92%
- g. Output ripple: 30mV
- h. Switching frequency: 65KHz
- i. operating Temperature: -45 - 85 C
- j. Dimensi: 43 x 21 x 14 mm

2.11 IC Regulator 7805

Regulator ini menghasilkan tegangan output stabil 5 Volt dengan syarat tegangan input yang diberikan minimal 7-8 Volt (lebih besar dari tegangan output) sedangkan batas maksimal tegangan input yang diperbolehkan dapat dilihat pada datasheet IC 7805 karena jika tidak maka tegangan output yang dihasilkan tidak akan stabil atau kurang dari 5 VDC. Ketika arus dari sumber DC 7 sd 12 Volt mengalir melalui dioda yang berfungsi sebagai pengamanan polaritas kemudian melewati kapasitor C1 yang berfungsi sebagai filter, dapat dihilangkan jika tegangan input merupakan tegangan DC stabil misalnya dari sumber battery (accu/aki). Kemudian masuk ke input dari kaki IC 7805. Setelah melalui IC 7805, tegangan akan diturunkan menjadi 5 Volt stabil melalui output dari kaki IC 7805. Kemudian diteruskan ke C2. Fungsi C2 adalah sebagai filter terakhir yang berfungsi mengurangi noise (ripple tegangan)

2.11.1 Keunggulan

Jika dibandingkan dengan regulator tegangan lain, seri 7805 ini mempunyai keunggulan di antaranya:

- a. Untuk regulasi tegangan DC, tidak memerlukan komponen elektronik tambahan.
- b. Aplikasi mudah dan hemat ruang
- c. Memiliki proteksi terhadap overload (beban lebih), overheat (panas lebih), dan hubungsingkat

- d. Dalam keadaan tertentu, kemampuan pembatasan arus peranti 7805 tidak hanya melindunginya sendiri, tetapi juga melindungi rangkaian yang ditopangnya.

2.11.2 Kekurangan

- a. Tegangan input harus lebih tinggi 2-3 Volt dari tegangan output sehingga IC 7805 kurang tepat jika digunakan untuk menstabilkan tegangan battery 6 Volt menjadi 5 Volt.
- b. Seperti halnya regulator linier lain, arus input sama dengan arus output. Karena tegangan input harus lebih tinggi dari tegangan output maka akan terjadi terjadi panas pada IC regulator 7805 sehingga diperlukan heatsink (pendingin) yang cukup.

Tabel 4 Fungsi Pin IC 7805

Pin No	Function	Name
1	Input voltage (5V-18V)	Input
2	Ground (0V)	Ground
3	Regulated output; 5V (4.8V-5.2V)	Output

2.12 Transistor

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (switching), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya. Transistor dapat berfungsi

(penguat). Rangkaian analog melingkupi penguat suara, sumber listrik stabil (stabilisator) dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai logic gate, memori dan fungsi rangkaian-rangkaian lainnya.

2.13 Dioda

Secara sederhana, dioda adalah komponen elektronika yang terdiri dari dua elektroda, yaitu anoda dan katoda. Kata dioda adalah sebuah kata majemuk yang berarti dua elektroda, dimana “di” berarti dua dan “oda” yang berarti elektroda. Jadi dioda adalah dua lapisan elektroda N (katoda) dan lapisan P (anoda), dimana N berarti negatif dan P adalah positif.

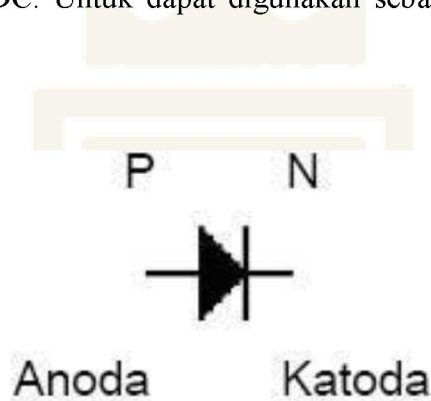


Gambar 16 Bentuk Fisik Dioda

Dioda merupakan komponen yang paling sederhana pada keluarga semikonduktor. Bentuk dioda ini sejenis vacuum tube yang memiliki dua buah elektroda yang terbuat dari bahan semikonduktor.

Fungsi dioda yaitu hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja. Fungsi dioda paling umum adalah untuk memperoleh arus listrik mengalir dalam satu arah dan untuk menahan arus dari arah sebaliknya. Karenanya, dioda dapat dianggap sebagai versi elektronik dari katup pada transmisi cairan dimana katup akan terbuka jika ada air yang mengalir dari belakang katub menuju ke depan, sedangkan katub akan menutup oleh air yang mengalir dari depan menuju ke belakang.

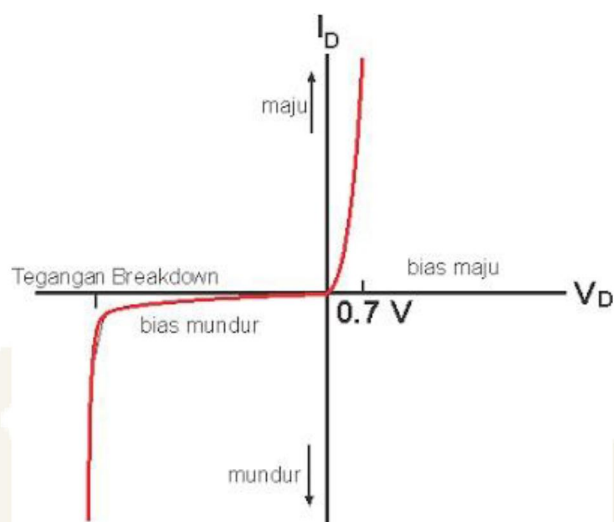
Fungsi dioda yang lainnya adalah sebagai penyearah sinyal tegangan AC menjadi sinyal DC. Untuk dapat digunakan sebagai penyearah setengah



Gambar 17 Stuktur Dioda

gelombang anda bisa menggunakan sebuah dioda. Namun jika ingin menjadi penyearah gelombang penuh, anda harus menggunakan 4 buah dioda yang dirangkai seperti jembatan atau dengan menggunakan 2 buah dioda dengan trafo yang memiliki center tap (CT).

Simbol dioda merupakan anak panah yang depannya terdapat sebuah garis melintang. Dari simbol ini, seharusnya sudah mewakili cara kerja dioda itu sendiri. Pada ujung depan anak panah disebut sebagai katoda (N=Negatif) dan di belakang anak panah disebut dengan anoda (P=positif).



Gambar 18 Kurva Karakteristik Dioda

Pada saat dioda diberi bias tegangan maju, jika V_D positif, maka arus I_D akan naik dengan cepat setelah V_D mencapai tegangan cut-in (V_g) {dioda germanium 0.3 Volt dan diode silicon 0.7 Volt}, maka potensial penghalang (barrier potential) pada persambungan akan teratasi dan arus diode mulai mengalir dengan cepat.

Pada saat dioda diberi bias tegangan mundur, dimana tegangan V_D yang berpolaritas negatif dinaikkan terus, maka suatu saat akan mencapai tegangan patah (break-down) dimana arus I_S akan naik dengan tiba-tiba. Pada dioda pencapaian tegangan break-down harus dihindari karena diode bias rusak.

2.14 Push Botton

Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat / saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan unlock (tidak mengunci).



Gambar 19 Bentuk Fisik Push Button

Sistem kerja unlock disini berarti saklar akan bekerja sebagai device penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal.

BAB III

PERENCANAAN

3.1 Tahapan Perencanaan

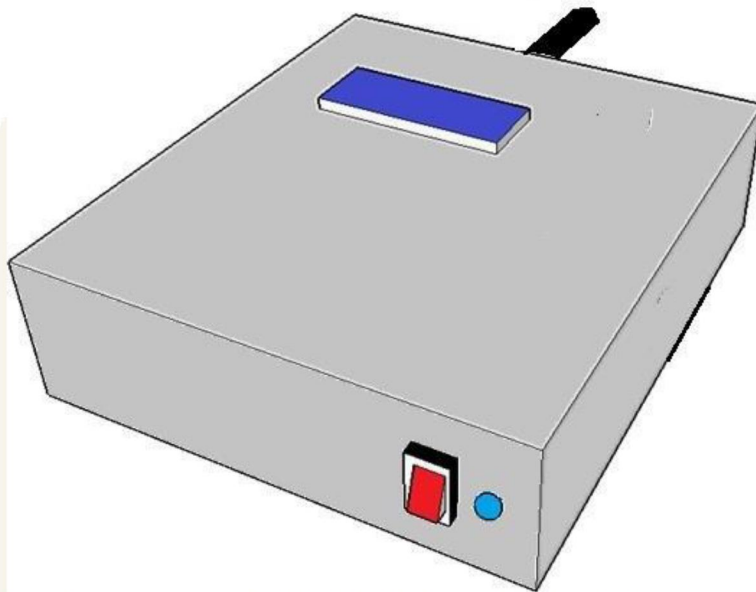
Sebelum pembuatan modul dan karya tulis, penulis terlebih dahulu membuat perencanaan modul yang akan dibuat. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pembuatan modul serta karya tulis dan agar hasil yang dicapai sesuai dengan yang direncanakan.

Tahapan – tahapan perencanaan dalam pembuatan modul adalah sebagai berikut :

1. Merancang blok diagram dan *wiring diagram* dari modul yang akan dibuat berdasarkan cara kerja yang diinginkan.
2. Merancang *flowchart* program dari alat yang akan dibuat.
3. Menentukan titik – titik pengukuran untuk pendataan dan analisa rangkaian.
4. Menentukan komponen – komponen yang diperlukan dalam pembuatan modul agar modul dapat bekerja dengan baik sesuai dengan harapan.
5. Membuat modul sesuai dengan *wiring diagram* yang telah dibuat.
6. Membuat program sesuai dengan *flowchart* dan men-*download* program ke mikrokontroler.
7. Melakukan pengujian dan perbaikan pada modul yang telah dibuat.
8. Pembuatan casing sesuai dengan gambar yang telah dibuat.

9. Menyusun hasil dalam bentuk karya tulis ilmiah berdasarkan pada teori – teori yang relevan serta hasil pendataan modul.

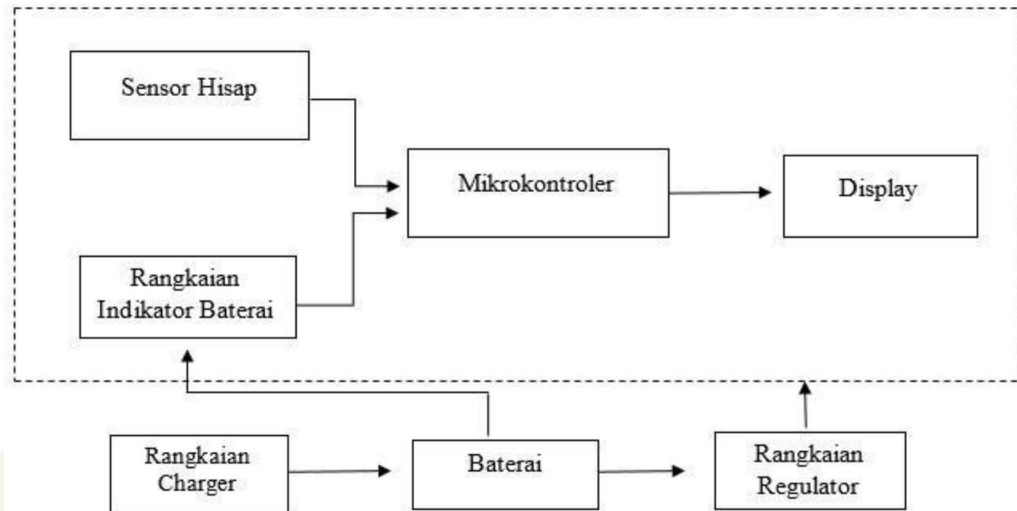
3.2 Spesifikasi Alat



Gambar 20 Alat Kalibrator Suction Pump

Nama Alat	: Kalibrator Suction Pump
Tampilan	: LCD 16 x 2
Jangkauan	: 0 s/d 5250 mmHg
Ukuran	: 15 cm (P) x 14 cm (L) x 7 cm (T)
Catu daya	: 5 VDC
Pengukuran	: mmHg

3.3 Perencanaan Blok Diagram



Gambar 21 Blok Diagram

Fungsi dari masing - masing blok adalah :

a. Baterai

Berfungsi sebagai sumber daya utama seluruh komponen yang dapat digunakan secara *portable*.

b. Rangkaian Charger

Berfungsi sebagai pengisi arus dan tegangan pada baterai

c. Rangkaian Regulator

Berfungsi untuk menurunkan tegangan.

d. Sensor Hisap

Sebagai pembaca nilai tekanan dengan nilai tekanan.

e. Rangkaian Indikator Baterai

Berfungsi sebagai acuan daya baterai yang tersisa

f. Mikrokontroler

Berfungsi untuk mengolah data dan memproses nilai perhitungan sehingga mendapat hasil pengukuran.

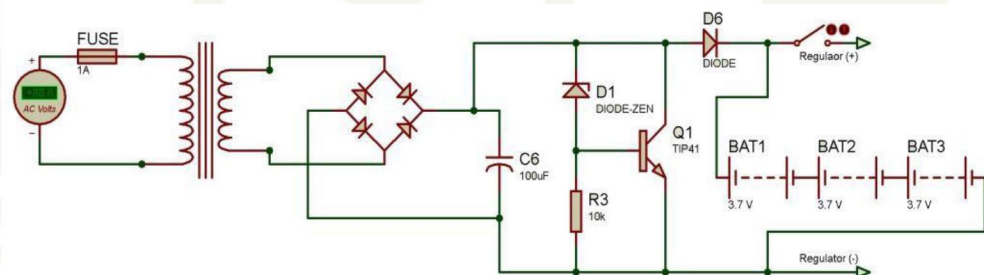
g. Display

Berfungsi untuk menampilkan hasil yang diproses dari mikrokontroler yaitu pembacaan sisa daya baterai dan pengukuran suction pump.

3.4 Perencanaan Wiring Diagram

Perencanaan wiring diagram dari alat ini dibagi dalam tiga bagian sebagai berikut:

3.4.1 Perencanaan Rangkaian Charger



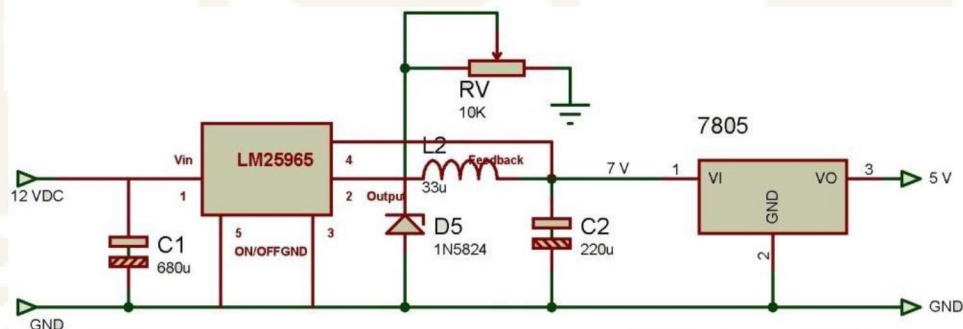
Gambar 22 Rangkaian Charger

Ketika proses pengecasan berlangsung tegangan AC 220 V akan masuk ke trafo yang akan diturunkan menjadi 12 VAC, kemudian tegangan tersebut akan disearahkan oleh dioda bridge menjadi tegangan DC dan akan masuk ke kapasitor untuk mengurangi tegangan noise. Walaupun memakai zener 12 V, pada praktiknya saat voltase baterai mencapai kisaran 11,5 V, zener mulai terbuka dan mulai

mengalirkan arus ke transistor, transistor akan mulai terbuka sedikit demi sedikit yang berarti arus charging ke baterai juga akan mengecil.

Pada prinsipnya saat voltase breakdown zener tercapai maka zener akan terbuka dan memicu transistor untuk on, arus akan dibuang ke ground. Karena arus dibuang ke ground maka arus menuju baterai akan menjadi sangat kecil dan tetap menjaga voltase pada batas yang ditentukan saja. Setelah baterai terpakai, maka voltase baterai menurun, zener kembali menutup, dan proses charging berjalan kembali sampai cut off tercapai, begitu seterusnya.

3.4.2 Perencanaan Regulator

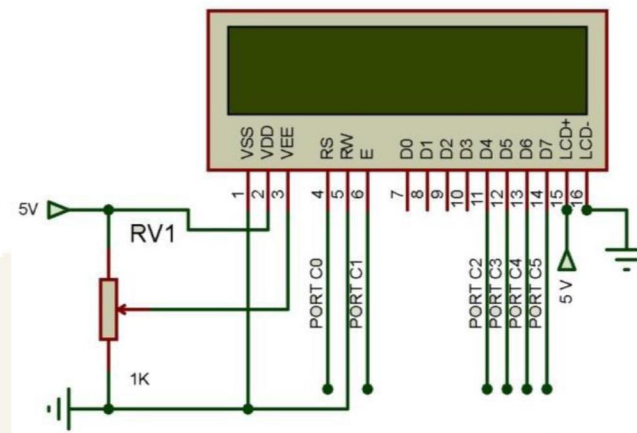


Gambar 23 Rangkaian Regulator

Rangkaian regulator yaitu berguna untuk menurunkan tegangan dengan level output tetap dan level input bervariasi. Tegangan input harus lebih besar dari tegangan output. Komponen utama dari rangkaian step down adalah kumparan, Diode, kapasitor, dan rangkaian Clock generator dengan frekuensi tertentu. Prinsip kerja step down adalah menggunakan switch yang bekerja secara terus-menerus (ON-OFF). Rangkaian

regulator ini menggunakan IC LM2596S dan IC 7805. IC LM2596S yang merupakan IC untuk mengubah tingkatan tegangan arus seara (DC) menjadi lebih rendah dibanding tegangan masukannya. Tegangan masukan dapat dialiri tegangan berapa pun antara 3 Volt hingga 40 Volt DC, yang akan diubah menjadi tegangan yang lebih rendah di antara 1,5 Volt hingga 35 Volt DC. Tegangan keluaran yang diinginkan dapat disetel dengan memutar sekrup pada potensiometer (sekrup kuningan pada komponen elektro yang berwarna biru), dengan catatan perbedaan tegangan antara tegangan masukan dengan tegangan keluaran minimal 1,5 Volt (*contoh*: dari 12V bisa ke tegangan berapapun antara 1,5 Volt hingga 10,5 Volt). Selanjutnya IC 7805 berguna untuk mengatur kembali dari tegangan 7 V menjadi 5 V yang berguna sebagai catu daya mikrokontroler, LCD dan sensor tekanan.

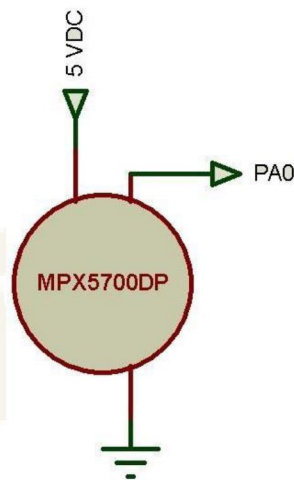
3.4.3 Perencanaan Rangkaian Display



Gambar 24 Rangkaian Display

Pada rangkaian display ini penulis menggunakan LCD 16x2 yang berfungsi untuk menampilkan tekanan suction pump (mmHg) yang merupakan hasil pemrosesan data dari mikrokontroler. Rangkaian display ini menggunakan mode 4 bit yaitu pin 4 sampai pin 7 yang terhubung pada PC.4 sampai PC.7. Pin RS LCD dihubungkan dengan PC.0 dan Pin Enable dihubungkan dengan PC.2 sedangkan Pin RW dihubungkan dengan PC.1. Resistor variabel berguna untuk mengatur kecerahan LCD.

3.4.4 Perencanaan Rangkaian Sensor Tekanan



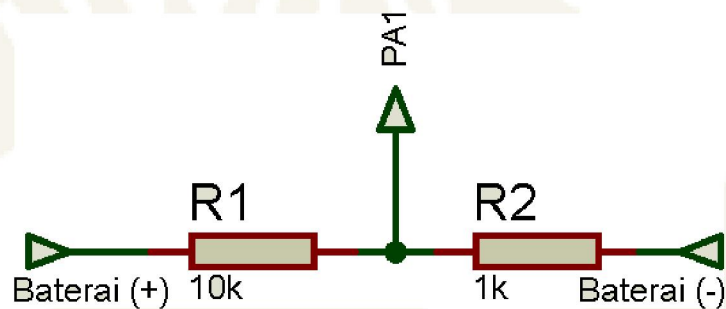
Gambar 25 Rangkaian Sensor tekanan

Dalam perencanaanya menggunakan sensor adalah suatu rangkaian yang *piezoelectric transducer* yang dibuat dari *mono lithic silicon*. Dapat digunakan untuk aplikasi yang memanfaatkan mikrokontroler atau mikroprosesor dengan masukan Analog/Digital. Sensor ini dikenal akurat karena memberi isyarat keluaran tingkat tinggi yang sebanding terhadap tekanan yang diberikan. Sensor tekanan terintegrasi 700 kPa ini menghasilkan suatu tekanan mencakup antar 0 mmHg hingga 5250 mmHg yang dilengkapi dengan penguat operasional internal untuk tujuan pengendalian sinyal.

Sensor ini menggunakan metode diferensial untuk mengukur tekanan udara dan menggunakan teknologi *piezoresistive* untuk mengubah tekanan udara menjadi sinyal listrik. Sensor bekerja pada tegangan 4,75 V sampai dengan maksimal 5,25 V dan dapat mengukur antara 0 – 700 kPa dengan sensitivitas sebesar 1,46 mV/kPa, dimana 1

kPa (Kilo Pascal) sama dengan 7.5 mmHg sehingga memungkinkan pengukuran antara 0 – 5250 mmHg dengan sensitivitas pengukuran sebesar 0,18 mV/mmHg.

3.4.5 Perencanaan Rangkaian Indikator Baterai

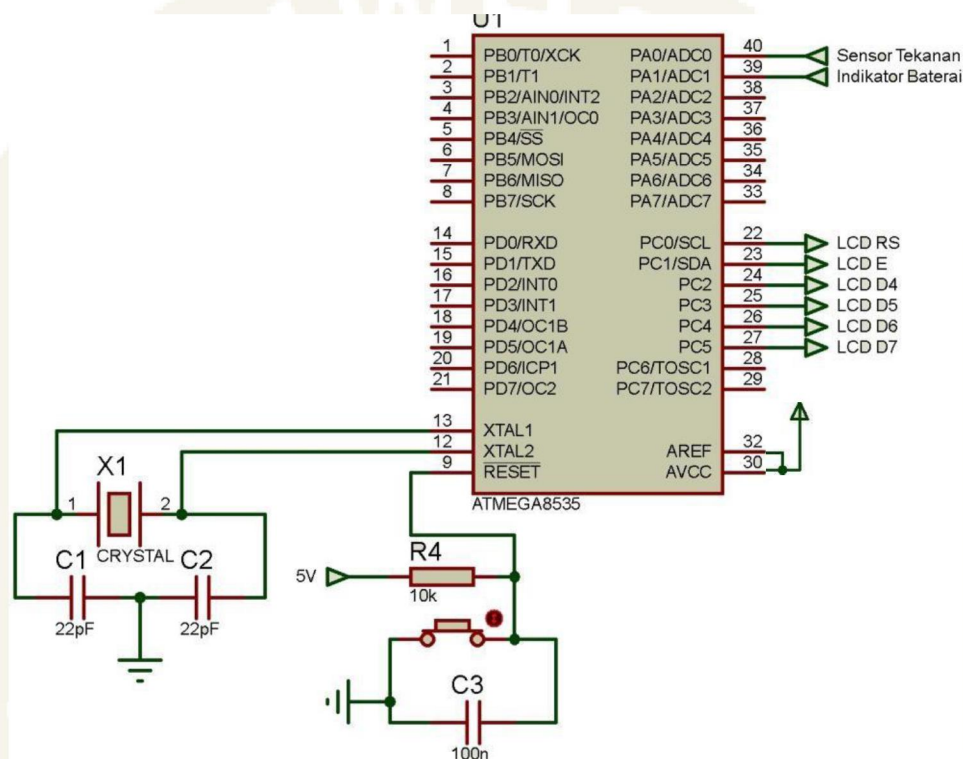


Gambar 26 Rangkaian Indikator Baterai

Pada perencanaan rangkaian indikator baterai ini menggunakan rangkain pembagi tegangan dikarenakan mikrokrontroler dapat membaca sampai dengan maksimal 5 VDC. Input yang berasal dari baterai dibagi sampai dengan sepersepuluhnya menggunakan resistor $R1=10\text{ K}\Omega$ dan $R2=1\text{ K}\Omega$ dengan toleransi 5% . Selanjutnya output dari rangkaian pembagi tegangan diteruskan ke mikrokontroler pada port A1. Penulis menentukan apabila baterai kurang dari atau sama dengan 10 V maka indikator akan menampilkan 0% dan ketika baterai lebih atau sama dengan 12 V maka indikator akan menampilkan 100%. Hasil itu didapat dari fungsi *mapping* mikrokontroler, yaitu ketika baterai 12 V atau 100% maka output dari pembagi tegangan adalah 1,2 V dengan nilai data 230, dan ketika baterai 10 V atau 0% maka output dari pembagi tegangan

adalah 1 V dengan nilai data 200. Oleh karena itu penurunan dan kenaikan indikator baterai setiap 3%, karena *range* nilai data hanya sebesar 30.

3.4.6 Perencanaan Rangkaian Mikrokontroler

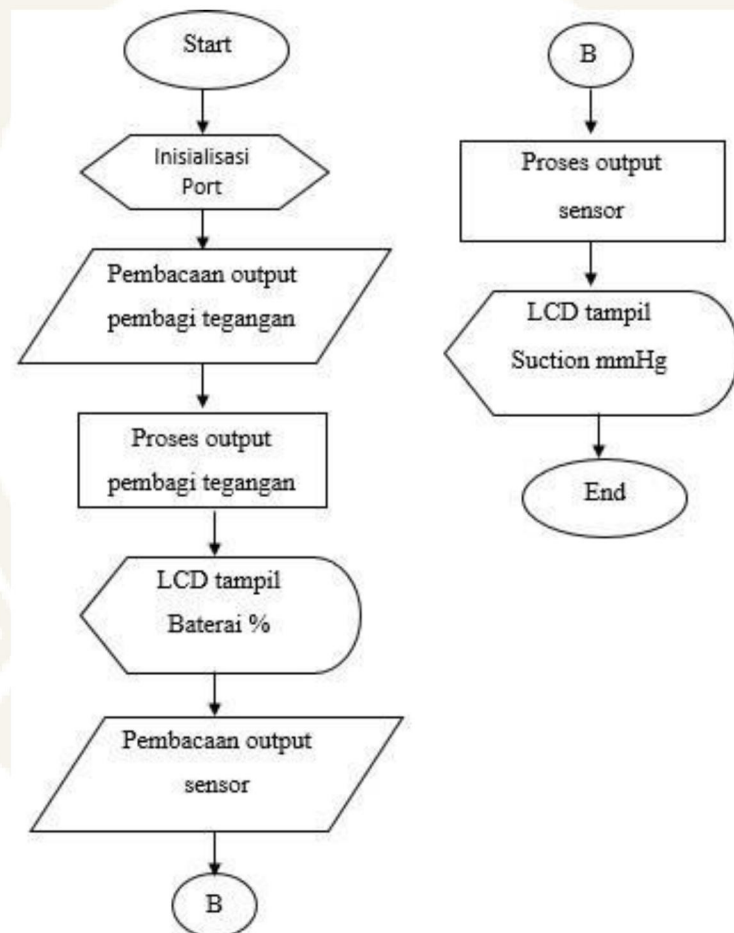


Gambar 27 Rangkaian Mikrokontroler

Pada perencanaan rangkaian ini di butuhkan IC Mikrokontroler Atmega8535 yang menjadi pengendali utama pada setiap rangkaian. Alasanya IC mikrokontroler ini dapat memudahkan pembuatan dalam mengerjakan akhir dan memiliki keakuratan yang lebih tinggi dan juga lebih efisien dalam penggunaan komponen pendukungnya serta mudah berintegrasi dengan rangkaian lainnya. IC mikrokontroler ini akan

memproses masukan dan keluaran yang ada pada rangkaian dan pengontrolnya dilakukan melalui pengaktifan masing – masing pin (kaki) pada mikrokontroler tersebut, baik pengaktifan secara parallel maupun pin – pin mikrokontroler tersendiri dalam satu port.

3.5 Perencanaan Flowchart



Gambar 28 Flowchart

3.6 Perencanaan Titik Pengukuran

Untuk mengetahui keluaran dari beberapa komponen pada alat ini, penulis menentukan titik pengukuran sebagai berikut :

1. Titik Pengukuran 1 (TP1)

Titik pengukuran 1 (TP1) terletak pada keluaran baterai. Tujuannya untuk mengetahui tegangan baterai yang digunakan.

2. Titik Pengukuran 2 (TP2)

Titik pengukuran 2 (TP2) terletak pada keluaran modul LM2596. Tujuannya untuk mengetahui tegangan yang akan masuk ke mikrokontroler sesuai dengan datasheet mikrokontroler.

3. Titik Pengukuran 3 (TP3)

Titik pengukuran 3 (TP3) terletak pada keluaran rangkaian sensor tegangan. Tujuannya untuk mengetahui tegangan yang merupakan hasil dari rangkaian pembagi tegangan.

3.7 Perencanaan Komponen

Komponen-komponen elektronika yang digunakan dalam alat ini, ditentukan sesuai dengan fungsi dan karakteristik komponen serta tujuan pemanfaatan komponen.

Daftar komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan modul tertera pada tabel-tabel di bawah ini.

Tabel 5 Daftar Komponen Catu Daya

No	Nama Komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	Baterai	12 Volt	1
2	Voltage Regulator		
	a. Kapasitor	680 mikro	1
	b. Kapasitor	220 mikro	1
	c. Dioda	1 A	1
	d. LM2596		1
3	Charger		
	a. Trafo	1 A	1
	b. Fuse	1 A	1
	c. Dioda Bridge	1 A	1
	d. Kapasitor	1 nf	1
	e. Resistor	10K Ω	1
	f. Dioda Zener	12 V	1
	g. Dioda	1 A	1
	f. TIP 41		1

Tabel 6 Daftar Komponen Rangkaian Sensor Hisap

No	Nama Komponen	Type/nilai	Jumlah
1	MPX5700DP	700 kPa	1

Tabel 7 Daftar Komponen Rangkaian Sensor Tegangan

No	Nama Komponen	Type/nilai	Jumlah
1	Resistor	10 k Ω	1
2	Resistor	1 k Ω	1

Tabel 8 Daftar Komponen Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler

No	Nama Komponen	Type/nilai	Jumlah
1	Mikrokontroler	ATMega8535	1
2	Kapasitor	22 pF	2
3	Kapasitor	10 nF	1
4	Osilator Kristal	16 MHz	1
5	Push button	Push to ON	1
6	Resistor	10 k Ω	1
7	Socket IC	40 pin	1

Tabel 9 Daftar Komponen Pendukung

No	Nama Komponen	Type/nilai	Jumlah
1	Saklar	On / Off	1
2	PCB	Single Layer	3
3	Box		1
4	Kabel USB	Mini-B	1
5	Pipa tembaga	1/8"	1

3.8 Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum memulai pembuatan modul, terlebih dahulu dipersiapkan peralatan dan bahan-bahan yang akan digunakan. Adapun alat penunjang yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- a. Project Board
- b. Tool set
- c. Alat Ukur, seperti multimeter
- d. Larutan FeCl_3
- e. PCB polos fiber
- f. Solder dan timah

3.9 Pembuatan Modul

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan modul adalah sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan gambar rangkaian keseluruhan.
- b. Menentukan komponen elektronik yang diperlukan sesuai dengan rangkaian.
- c. Menentukan letak bagian-bagian yang akan dipasang pada casing, seperti sensor, rangkaian penguat, *power supply*, display, *seven segment*, trafo, rangkaian panel yang berisi saklar *power*, kabel *power*, fuse, dan tempat titik pengukuran (TP).
- d. Membuat papan rangkaian dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - 1) Mempersiapkan papan PCB.

- 2) Merancang tata letak komponen dan jalur-jalur hubungan antara komponen dan dijaga untuk menghindari hubung singkat.
 - 3) Merancang layout rangkaian yang akan digunakan, dalam hal ini dibantu oleh komputer melalui software proteus.
 - 4) Hasil layout kemudian dicetak di atas kertas khusus kemudian dipanaskan pada PCB agar gambar layout tercetak permanen pada PCB.
 - 5) Setelah hasil cetak layout telah jadi, papan PCB polos dilubangi dengan bor PCB sesuai dengan letak pin komponen yang telah dibuat.
 - 6) Melarutkan PCB yang telah tercetak gambar layout dengan bantuan FeCl_3 dan air panas.
 - 7) Memastikan tidak ada jalur antar penghantar yang saling bersinggungan.
 - 8) Memasang komponen yang dibutuhkan di atas papan PCB.
 - 9) Penggunaan jumper diusahakan seminimal mungkin.
- e. Men-download program yang telah dibuat ke mikrokontroler menggunakan software arduino dan menggunakan modul isp untuk menghubungkan komputer dengan mikrokontroler.

4.2 Cara Kerja

Ketika dinyalakan, tegangan 12 V dari baterai akan di regulasi oleh modul LM2596 dan IC 7805 menjadi 5 V dan memberikan daya ke rangkaian mikrokontroler, dari rangkaian mikrokontroler mengeluarkan daya 5 V yang diberikan ke sensor dan LCD. Dalam keadaan awal ini mikrokontroler menginisialisai port.

Pada rangkaian ini IC Mikrokontroler Atmega8535 yang menjadi pengendali utama pada setiap rangkaian. Alasannya IC mikrokontroler ini dapat memudahkan pembuatan dalam mengerjakan akhir dan memiliki keakuratan yang lebih tinggi dan juga lebih efisien dalam penggunaan komponen pendukungnya serta mudah berintegrasi dengan rangkaian lainnya. IC mikrokontroler ini akan memproses masukan dan keluaran yang ada pada rangkaian dan pengontrolnya dilakukan melalui pengaktifan masing – masing pin (kaki) pada mikrokontroler tersebut, baik pengaktifan secara parallel maupun pin – pin mikrokontroler tersendiri dalam satu port.

Sensor ini menggunakan metode diferensial untuk mengukur tekanan udara dan menggunakan teknologi piezoresistive untuk mengubah tekanan udara menjadi sinyal listrik. Sensor bekerja pada tegangan 4,75 V sampai dengan maksimal 5,25 V dan dapat mengukur antara 0 – 700 kPa dengan sensitivitas sebesar 90 mV/kPa, di mana 1 Pa (Pascal) sama dengan 0,0075 mmHg sehingga memungkinkan pengukuran antara 0 – 5250 mmHg dengan sensitivitas pengukuran sebesar 0,18mV/mmHg.

4.3 Pengertian

Pengukuran adalah kegiatan membandingkan suatu besaran yang diukur dengan alat ukur yang digunakan sebagai satuan. Titik pengukuran ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk membandingkan antara perkiraan nilai menurut teori dan hasil pengukuran langsung pada titik-titik pengukuran. Hasil pengukuran disajikan dalam table pengukuran

4.4 Persiapan dan Pengukuran

Dalam proses pengukuran ini dibutuhkan alat ukur, yang digunakan adalah:

1. Multimeter Digital

Merk : SANWA

Model : CD800A

Buatan : JAPAN

2. Parameter Tester

Merk : Lutron PM – 9100

Buatan : Taiwan

4.5 Metode Pengukuran

Untuk mengetahui keluaran dari beberapa komponen pada alat ini, penulis menentukan titik pengukuran sebagai berikut :

1. Titik Pengukuran 1 (TP1) yaitu pada *Baterai*.

Untuk mengetahui besarnya tegangan pada *baterai*. Metode yang digunakan yaitu membandingkan nilai TP1 terhadap ground.

2. Titik Pengukuran 2 (TP2) yaitu pada keluaran *Regulator* LM2596.

Untuk mengetahui besarnya tegangan pada IC LM2596. Metode yang digunakan yaitu membandingkan TP2 terhadap ground.

3. Titik Pengukuran 3 (TP3) yaitu pada keluaran sensor baterai


Titik pengukuran 3 (TP3) terletak pada keluaran rangkaian sensor tegangan. Tujuannya untuk mengetahui tegangan yang merupakan hasil dari rangkaian pembagi tegangan.

4.6 Hasil Pengukuran

4.6.1 Hasil Pengukuran TP1

Setelah dilakukan pengukuran pada TP1, didapatkan hasil sebagai berikut:


Tabel 10 Hasil Pengukuran TP1

HASIL	GAMBAR	KETERANGAN
12.28V		Tegangan baterai ketika full.

4.6.2 Hasil Pengukuran TP2

Setelah dilakukan pengukuran pada TP2, didapatkan hasil sebagai berikut:


Tabel 11 Hasil Pengukuran TP2




HASIL	GAMBAR	KETERANGAN
7.24V	 A digital multimeter with a black face and orange border. The display shows '07.24 V'. Above the display, it says 'CD800a' and '4000 Count'. Below the display, it says 'SELECT RANGE', 'A/BEL', 'HOLD', and 'Hz %'.	Tegangan keluaran IC Regulator LM2596

4.6.3 Hasil Pengukuran TP3

Setelah dilakukan pengukuran pada TP3, didapatkan hasil sebagai berikut

Tabel 12 Hasil Pengukuran TP3

HASIL	GAMBAR	KETERANGAN
1.137V	 A digital multimeter with a black face and orange border. The display shows '1.137 V'. Above the display, it says 'CD800a' and '4000 Count'. Below the display, it says 'SELECT RANGE', 'A/BEL', 'HOLD', and 'Hz %'.	Output Baterai 12.30 V

1.075V	 A digital multimeter with a black face and yellow border. The display shows '1.075' with a 'V' symbol to the right. Above the display, it says 'CD800a' and '4000 Count'. Below the display, it says 'AUTO'.	Output Baterai 11.62 V
1.047 V	 A digital multimeter with a black face and yellow border. The display shows '1.047' with a 'V' symbol to the right. Above the display, it says 'CD800a' and '4000 Count'. Below the display, it says 'AUTO'.	Output Baterai 11.31 V
0.981 V	 A digital multimeter with a black face and yellow border. The display shows '0.981' with a 'V' symbol to the right. Above the display, it says 'CD800a' and '4000 Count'. Below the display, it says 'AUTO'.	Output Baterai 10.61 V

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Data Hasil Pengukuran

Analisa pendataan dilakukan agar dapat melakukan perbandingan antara teori dan praktek. Data yang didapatkan secara teori dan perhitungan secara matematis menggunakan rumus-rumus yang relevan dan juga dari komponen yang dianalisa, sedangkan untuk prakteknya berupa data yang diperoleh dengan pengukuran test point.

Analisa data ini diperlukan untuk membandingkan antara hasil perhitungan secara teori dengan hasil secara praktek sehingga dapat diketahui,

Prosentase kesalahan (PK) dengan menggunakan rumus sebagai berikut ini:

$$PK = \frac{\text{HASIL TEORI (HT)} - \text{HASIL UKUR (HU)}}{\text{HASIL TEORI (HT)}} \times 100\% \dots\dots\dots (5.1)$$

Adapun analisa data untuk masing-masing TP adalah sebagai berikut:

5.1.1 Analisa TP1

TP1 merupakan keluaran dari baterai untuk sumber daya rangkaian. Secara teori keluaran baterai 12 Volt adalah tegangan stabil baterai, jadi tegangan baterai bias lebih atau kurang dari 12 V. Diketahui hasil ukur TP1 sebesar 12,28 pada saat baterai masih penuh.

5.1.2 Analisa TP2

TP2 merupakan keluaran dari hasil dari keluaran dari modul LM2596 untuk sumber daya rangkaian mikrokontroler. Menurut *datasheet* modul LM2596 mempunyai keluaran minimal 4 v dan maksimal 35 V. Nilai tegangan yang di rencanakan sebesar 7 V. Diketahui hasil ukur TP2 sebesar 7,24V, maka tegangan TP2 sudah sesuai dengan *datasheet* modul LM2596.

5.1.3 Analisa TP3

TP3 merupakan keluaran dari hasil rangkaian pembagi tegangan yang digunakan sebagai sensor baterai. Menggunakan $R1=10K\Omega$ dan $R2=1K\Omega$ dengan toleransi 5%. Hasil teori rangkaian pembagi tegangan dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 13 Analisa Hasil TP3

HASIL UKUR	HASIL TEORI	KETERANGAN	PK
1.137V	1.11V	Output Baterai 12.30 V	2.4%
1.075V	1,05V	Output Baterai 11.62 V	2.38%
1.047 V	1.02V	Output Baterai 11.31 V	2.6%
0.981 V	0.96V	Output Baterai 10.61 V	2.0%

Adapun hasil teori didapat dari perhitungan sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R1}{R1 + R2} \times V_{in} = \frac{1K}{1K + 1K} \times 12.30 = 1.11V$$

Sedangkan Persentase Kesalahan dihitung dari perhitungan berikut :

$$PK = \left| \frac{HT - HJ}{HT} \right| \times 100\% = \left| \frac{1.11 - 1.137}{1.11} \right| \times 100\% = 2.4\%$$

Jadi, persentase kesalahan dari rangkaian pembagi tegangan masih dalam toleransi.

5.1.4 Analisa Hasil Perbandingan Alat

Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Suction Pump*. Berikut adalah hasil pengukuran yang dilakukan sebanyak 3 kali pengukuran yang menggunakan Manometer Lutron PM – 9100, pengujian dilakukan pada 6 titik pengukuran yang akan di uji yaitu 0 mmHg, 100 mmHg, 200 mmHg, 300 mmHg, 400 mmHg, dan 500 mmHg:

5.1.5 Hasil Pengujian Perbandingan

Berikut hasil perbandingan pembacaan antara alat kalibrator suction pump modul dengan manometer Lutron

Tabel 14 Hasil Pengujian Perbandingan

No	Setting	Hasil Pengujian Perbandingan								PK
		Alat Kalibrator				Manometer Lutron				
		1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	
1	0 mmHg	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2	100 mmHg	100	100	100	100	100	101	99	100	0%
3	200 mmHg	201	201	201	201	199	198	198	198,3	1,3%
4	300 mmHg	302	302	302	302	302	301	301	301,3	0,2%
5	400 mmHg	402	402	402	402	399	399	400	399,3	0,6%
6	500 mmHg	503	503	503	503	501	503	502	502	0,1%
Rata-rata										0,4%

Tabel diatas merupakan hasil perbandingan pembacaan mmHg pada *suction pump* dengan menggunakan alat kalibrator modul dengan manometer merk Lutrron. Masing-masing titik tekanan diambil 3 kali percobaan perbandingan. Untuk dapat mengetahui persen kesalahan, terlebih dahulu menghitung rata-rata dari tiap titik pengukuran pada masing-masing alat pengukur.

$$\begin{aligned}
 \text{Rata - rata modul} &= \frac{\text{ukur1} + \text{ukur2} + \text{ukur3}}{3} \\
 &= \frac{201 + 201 + 201}{3} = \frac{203}{3} = 201
 \end{aligned}$$

Telah ditemukan rata-rata pengukuran 1, 2, dan 3 di titik pengukuran 200mmHg dengan menggunakan Modul, dengan rata-rata sebesar 201 mmHg.

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata Lutron} &= \frac{\text{ukur1} + \text{ukur2} + \text{ukur3}}{3} \\ &= \frac{199 + 198 + 198}{3} = \frac{596}{3} = 198,3 \end{aligned}$$

Telah ditemukan rata-rata pengukuran 1, 2, dan 3 di titik pengukuran 200mmHg dengan menggunakan Manometer Lutron, dengan rata-rata sebesar 198,3 mmHg. Setelah didapatkan rata-rata pengukuran masing-masing alat pengukur, dapat dihitung persen kesalahan, sebagai berikut :

$$PK = \left| \frac{\text{rata lutron} - \text{rata modul}}{\text{rata Lutron}} \right| \times 100\% = \left| \frac{198,3 - 201}{198,3} \right| = 1,3\%$$

Jadi persentase kesalahan titik pengkuran 200mmHg sebesar 1,3%.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan seluruh tahap mulai dari pembuatan modul hingga pengukuran dan analisis, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kalibrator Suction Pump yang telah dibuat dapat melakukan kalibrasi pada alat Suction Pump dengan baik.
2. Alat Kalibrator Suction Pump dapat melakukan kalibrasi pada alat Suction Pump dengan baik karena dengan perbandingan *Digital Preassure Meter* hanya memiliki nilai kesalahan sebesar 0,4% atau dengan kata lain memiliki keakurasian sebesar 99,6%.

6.2 Saran

Secara umum, alat ini sudah bekerja dengan baik. Namun ada beberapa hal yang perlu dilakukan pengembangan untuk memaksimalkan fungsi alat.

1. Dalam pengembangan selanjutnya sensor dapat menggunakan kPa yang lebih kecil, satuan bisa ditambah dengan kPa, Psi dan Bar.
2. Alat ini dapat ditambahkan mode kalibraor *Sphygmomanometer*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daryanto, **Teknik Elektronika**, Bandung: Satu Nusa, 2010
- [2] o. bishop, **Dasar-Dasar elektronika**, Jakarta: Erlangga, 2004
- [3] <https://www.medicalogy.com/blog/suction-pump/>
- [4] Departemen Kesehatan, **Pedoman Pengujian dan Kalibrasi Alat Kesehatan**, Jakarta; Depkes, 2001
- [5] <http://www.internetdict.com/id/answers/what-is-the-formula-to-find-percentage-error.html>
- [6] KTI 2016, **Kalibrator Sphygmomanometer**, Febri Syahputra, , STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG
- [7] KTI 2015, **Kalibrator Sphygmomanometer**, Eko Firli, , STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

The logo of the University of Wollongong Health Sciences (UWHS) Library is a circular emblem. It features a central shield with a crown on top and a stylized open book below. The shield is set against a light beige background. The words "UWHS" are written in a white, sans-serif font along the top arc of the circle, and "PERPUSTAKAAN" is written along the bottom arc.

LAMPIRAN