

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SENSOR PIEZOELEKTRIK SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN GAYA TEKAN

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas – Tugas dan Sebagai Persyaratan Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik (S.T) Program Studi Teknik ELEktro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh :

M.ARIF PRASETYO

NPM : 1107220019



**PROGRAM STUDI TENIK ELEKTRO
FAKULTAS TENIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN SENSOR PIEZOELEKTRIK SEBAGAI
SUMBER ENERGI LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN GAYA
TEKAN**

*Diajukan untuk memenuhi tugas-tugas dan syarat-syarat untuk memperoleh
gelas Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

M.ARIF PRASETYO

NPM : 1107220019

Telah Diuji dan Disahkan Pada Tanggal
26 Oktober 2017

Pembimbing I

Pembimbing II

(Arnawan Hasibuan, ST. MT)

(M. Safril, ST. MT)

Penguji I

Penguji II

(Ir Yusniati, MT)

(Faisal Irsan Pasaribu ST. MT)

Diketahui dan Disahkan :
Program Studi Teknik Elektro
Ketua

(Faisal Irsan Pasaribu, ST. MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN SENSOR PIEZOELEKTRIK SEBAGAI
SUMBER ENERGI LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN GAYA
TEKAN**

Disusun Oleh :

M.ARIF PRASETYO
NPM : 1107220019

*Telah Diperiksa dan Diperbaiki
Pada Seminar Tanggal 5 Oktober 2017*

Pembanding I

Pembanding II

(Ir Yusniati, MT)

(Faisal Irsan Pasaribu, ST. MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

ABSTRAK

Pemanfaatan sumber energi konvensional yang berasal dari bahan fosil mengalami peningkatan seiring dengan kemajuan era teknologi yang segalanya memerlukan listrik sebagai sumbernya. Hal ini mengakibatkan penurunan dan semakin tipis bahan bakar fosil karena kesediaannya yang terbatas di alam dan tidak adanya pembaharuan. Kondisi ini mendorong banyaknya penelitian untuk mengembangkan sumber energi terbarukan, seperti energi yang berasal dari panas bumi, energi angin, energi ombak. Bahkan sumber energi terkecil yang pemanfaatannya bersumber dari gerakan tubuh, panas tubuh serta lingkungan sekitar karena kegiatan manusia mulai dilakukan pengembangan dan pemanfaatan akan keberadaannya. Memanfaatkan mobilisasi kegiatan manusia serta gerakan tubuh, pemanfaatan teknologi piezoelektrik dapat digunakan sebagai penghasil sumber energi. Penelitian ini memuat tentang pemanfaatan sensor piezoelektrik sebagai media konversi tekanan dengan beban yang berbeda-beda sebagai penghasil sumber energi. Penelitian ini dilakukan dengan membuat model prototipe skala kecil dengan jumlah sensor piezoelektrik yang digunakan 20 buah. Pengujian sensor piezoelektrik dilakukan dengan memberikan perbandingan tekanan dengan menggunakan tangan dan menggunakan kaki beban sehingga didapatkan keluaran tegangan yang bervariasi dari jangka waktu 20 menit. Dari data yang dihasilkan dari pengujian prototipe dengan menggunakan tangan adalah 4,06 volt sedangkan dengan menggunakan kaki adalah 5,54 volt dengan keseluruhan waktu 20 menit.

Kata Kunci: energi konvensional, piezoelektrik, sumber energi terbarukan.

KATA PENGANTAR



Sembah puji dan sanjung tulus untuk Dzat yang mahamulia, Dia yang menurunkan Al-quran sebagai petunjuk dan pedoman hidup bagi umat manusia di dunia ini. Menjadikan Alquran sebagai sumber ilmu pengetahuan dan Norma – norma. Dialah Allah SWT.

Sholawat bersama salam selalu terkumandang untuk utusannya tercinta manusia yang lembut laksana air dan perkasa laksana ombak. Dia yang mencintai ummatnya lebih dari dirinya dan keluarganya, Dia yang bermukjizatkan Alquran dan Akhlaknya adalah Alquran. Dialah Muhammad SAW.

Dengan perjuangan yang berat dan perilaku akhirnya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “ *(Rancang Bangun Sensor Piezoelektrik Sebagai Sumber Energi Listrik Dengan Memanfaatkan Gaya Tekan)* ”.

Dalam penyusunan Skripsi penulis telah banyak menerima bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulisan dengan setulus hati mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Teristimewa buat Ayahanda Pristiwanto dan Ibunda Rusmina yang telah banyak memberikan pengorbanan demi cita-cita bagi kehidupan penulis, serta Adik saya Siti Diyah Pratiwi dan Tri Bagus Habibullah yang telah banyak memberikan doa dan dorongan moril sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

2. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, S.T, M.T, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T, sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Partaonan Harahap, S.T, M.T, sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Arnawan Hasibuan, S.T. M.T, sebagai Dosen Pembimbing 1.
6. Bapak M. Syafril, S.T. M.T, sebagai Dosen Pembimbing 2.
7. Seluruh staf pengajar dan pegawai Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh pengurus Badan Eksekutif Mahasiswa periode 2014 - 2015 yang membantu saya dengan tulus dalam penulisan tugas akhir ini.
9. Rekan-rekan Ikatan Mahasiswa Elektro, Himpunan Mahasiswa Sipil, dan Himpunan Mahasiswa Mesin sebagai tempat bagi saya mengenal dunia organisasi.
10. Adinda Ema Lorina Siahaan yang selalu mengingatkan dan memotivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
11. Saudara paguyuban BROTHER HOOD 011 (Indra, rahmad, bobo tamba, putra, juna, yafis, juan, rido, aidil, saat, jaka, massa, abdi, doni) yang menjadi kawan berjuang saya di fakultas teknik UMSU.
12. Rekan-rekan Pejuang Senyum 012 (teguh, reza, bobo, abdi, ibes, nazili, runi, kiki, fahri, baskoro, gunung, juhri, rajali, ardiasyah, alpin, jhodil, romis, arep, fikri, akmal, atok) serta anak-anak teknik sektor 13.

13. Komunitas Kampong Peradaban, basecamp vespa Republik Freedom, masyarakat kopi tempuling sebagai tempat diskusi untuk saya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini dimasa yang akan datang.

Akhirnya kepada Allah SWT penulis berserah diri semoga kita selalu dalam lindungan serta limpahan rahmat-Nya dengan kerendahan hati penulis berharap mudah-mudahan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis khususnya.

Medan, Oktober 2017
Penulis

M. Arif Prasetyo
1107220019

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Skripsi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 Pengertian Piezoelektrik.....	7
2.3 Prinsip Kerja Piezoelektrik.....	9
2.3.1 Aplikasi Piezoelektrik	10
2.4 Komponen-Komponen Sistem	12
2.4.1 Resistor	13

2.4.2 Transistor.....	13
2.4.2.1 Pemberian Tegangan Pada Saklar.....	15
2.4.2.2 Transistor sebagai saklar.....	16
2.4.3 Kapasitor.....	17
2.4.4 LED (Linght Emiting Diode)	18
2.4.5 Dioda	19
2.4.5.1 Macam-Macam Dioda.....	20
2.4.6 Dioda Sebagai Pengaman Rangkaian	21
2.4.7 Kristal	21
2.4.8 LCD (Liquid Cristal Display).....	22
2.5 Pengertian Power Supply.....	27
2.5.1 Jenis-Jenis Power Supply.....	27
2.6 Arduino.....	30

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian	32
3.2 Peralatan Dan Bahan Penelitian	32
3.3 Data Perancangan	33
3.3.1 Daftar Input Dan Output Yang Digunakan.....	33
3.3.2 Perancangan Program Arduino.....	34
3.4 Tahapan Perancangan Alat	38
3.4.1 Perancangan Blok Diagram Sistem	38
3.4.2 Diagram Alir Perancangan Sistem	39

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Peralatan	40
-------------------------------	----

4.1.1 Pengujian LCD.....	40
4.1.2 Pengujian Rangkaian LED.....	43
4.1.3 Pengujian Sensor Piezoelektrik	45
4.1.3.1 Tegangan Sensor Per Unit	49
4.1.3.2 Rangkaian Paralel Sensor	50
4.1.5 Pengujian Rangkaian Keseluruhan	51
4.2 Pengujian Lapangan dan Analisa Data	54

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Piezoelektrik	8
Gambar 2.2 Prinsip Kerja Piezoelektrik	10
Gambar 2.3 Simulasi Sensor Piezoelektrik	12
Gambar 2.4 Resistor	13
Gambar 2.5 Transistor Dan Lambang Transistor	14
Gambar 2.6 Bias Transistor	15
Gambar 2.7 (a) Skema Transistor Sebagai Saklar	17
(b) Analogi Transistor Sebagai Saklar	17
Gambar 2.8 Prinsip Dasar Kapasitor	18
Gambar 2.9 LED (Light Emitting Diode)	19
Gambar 2.10 Dioda	19
Gambar 2.11 Simbol Dan Bentuk Kristal	21
Gambar 2.12 Struktur LCD	22
Gambar 2.13 Tegangan Segmen Dan Backplane	24
Gambar 2.14 Modul LCD 20x4 Karakter	24
Gambar 2.15 Rangkaian Regulator Tegangan IC 78XX	28
Gambar 2.16 Typical Tegangan Sinusoidal Bolak-balik	29
Gambar 2.17 Arduini Uno.....	31
Gambar 3.1 Software Arduino 1.0.5	34
Gambar 3.2 Menu File Baru	35
Gambar 3.3 Pemilihan Board Arduino	35

Gambar 3.4 Membuat File Projek Baru	36
Gambar 3.5 Proses Verify Program	36
Gambar 3.6 Proses Upload Program Ke Arduino	37
Gambar 3.7 Blok Diagram Sistem	38
Gambar 3.8 Blok Diagram Alir (<i>Flowchat diagram</i>)	39
Gambar 4.1 Pemilihan Jenis Board Arduino.....	41
Gambar 4.2 Script Pemrograman Test LCD.....	42
Gambar 4.3 Hasil Pengujian LCD	42
Gambar 4.4 Pemilihan Jenis Board Arduino.....	44
Gambar 4.5 Scrip Pemrograman Test LED	44
Gambar 4.6 Pengujian Rangkaian LED	45
Gambar 4.7 Pemilihan Jenis Board Arduino.....	46
Gambar 4.8 Script Pemrograman Test Sensor Piezoelektrik	47
Gambar 4.9 Serial Monitor Button.....	47
Gambar 4.10 Serial Monitor Pembacaan Sensor Piezoelektrik	48
Gambar 4.11 Percobaan 1 keluaran 0,907 Volt	49
Gambar 4.12 Percobaan 2 keluaran 0,588 Volt	49
Gambar 4.13 Percobaan 3 keluaran 1,505 Volt	49
Gambar 4.14 Rangkaian Paralel Sensor Piezoelektrik.....	50
Gambar 4.15 Pemilihan Jenis Board Arduino.....	52
Gambar 4.16 Pengetikan Script Pemrograman	53
Gambar 4.17 Pengujian Rangkaian Keseluruhan.....	53
Gambar 4.18 Grafik Hasil Percobaan	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Transistor Bipolar Dan Unipolar	14
Tabel 2.2 Macam-Macam Dioda Menurut Fungsinya	20
Tabel 2.3 Keterangan Pin LCD 20x4 Karakter	24
Tabel 2.4 Set Alamat Memori DDRAM	26
Tabel 2.5 Karakteristik IC 78XX Atau 79XX	28
Tabel 4.1 Data Percobaan 1 Menggunakan Tangan.....	54
Tabel 4.2 Data Percobaan 2 Menggunakan Kaki.....	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi adalah sesuatu yang dibutuhkan oleh benda untuk melakukan suatu usaha. Oleh karena itu setiap benda tentu memerlukan energi agar bisa bergerak. Energi yang ada di dunia terdiri dari dua jenis, yaitu energi yang dapat diperbaharui dan energi yang tidak dapat diperbaharui. Energi yang dapat diperbaharui adalah energi yang persediannya melimpah di bumi contohnya energi air, energi angin, energi panas bumi, energi surya, dan lain-lain. Sedangkan energi yang tidak dapat diperbaharui contohnya energi dalam minyak bumi, energi dalam batu bara, dan lain-lain.

Krisis energi adalah masalah yang sangat fundamental di Indonesia, khususnya masalah energi listrik. Energi listrik merupakan energi yang sangat diperlukan bagi manusia modern, bahkan sebagian besar aktivitas manusia ditunjang dengan sebuah peralatan dan teknologi yang menggunakan listrik sebagai sumber energi. (Farit Fauzi, 2009).

Dalam proses mengubah suatu energi menjadi bentuk energi lain diperlukan sebuah alat yang disebut dengan Transduser. Dalam pengertian yang lebih luas, transduser kadang-kadang juga didefinisikan sebagai suatu peralatan yang mengubah gaya atau perpindahan mekanis menjadi sinyal listrik. Transduser Piezoelektrik merupakan salah satu jenis transduser aktif dengan prinsip kerja pembangkitan gaya

gerak listrik bahan kristal piezo akibat gaya dari luar. Transduser jenis ini dapat menerima Inputan berupa suara, getaran maupun tekanan dalam cara kerjanya.

Didalam penelitian **“RANCANG BANGUN SENSOR PIEZOELEKTRIK SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN GAYA TEKAN”** transduser yang digunakan adalah piezoelektrik sebagai pembangkit tegangan dengan menerapkan gaya tekan pada pengesat kaki sehingga dapat menghasilkan arus listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penulis mengidentifikasi beberapa hal yang berhubungan dengan masalah antara lain :

1. Bagaimana perancangan sensor piezoelektrik sebagai sumber energi listrik dengan memanfaatkan gaya tekan ?
2. Bagaimana cara kerja sistem sensor piezoelektrik dengan memanfaatkan gaya tekan berbasis Arduino Uno ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk merancang sensor piezoelektrik sebagai sumber energi listrik dengan memanfaatkan gaya tekan.

2. Menganalisa cara kerja sistem sensor piezoelektrik dengan memanfaatkan gaya tekan berbasis Arduino Uno.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan piezoelektrik sebagai transduser gaya tekan menjadi arus listrik.
2. Pembuatan program pengendalian sistem dengan menggunakan compiler Arduino IDE untuk bahasa C.
3. Alat di rancang pada modul yang hanya menerima tekanan berulang-ulang.
4. Sumber energi listrik yang dihasilkan dari alat yang dirancang akan disimpan pada baterai.
5. Hanya membahas tentang sensor piezoelektrik.

1.5 Metodologi Penyelesaian Masalah

Uraian Metodologi yang digunakan penulis dalam menyelesaikan masalah sebagai berikut:

1. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif. Metode ini tertuju pada pemecahan masalah yang ada pada masa sekarang secara aktual, data-data yang dikumpulkan mula-mula disusun, dijelaskan, dianalisis, dan kemudian diinterpretasikan.

2. Metode Pengumpulan Data yang digunakan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan selama proses penyusunan skripsi yang diawali dengan tahap perancangan sampai dengan implementasi dan pengujian.

Jenis metode yang digunakan oleh penyusun skripsi ini adalah :

- a. Studi Pustaka

Studi yang bisa dijadikan sebagai bahan untuk mengumpulkan data dan mengkaji data dengan membaca berbagai literatur yang ada kaitannya dengan masalah yang akan dibahas seperti buku, skripsi, jurnal maupun bentuk tulisan lainnya yang isinya berkaitan erat dengan masalah yang akan diteliti sebagai bahan referensi tertulis.

- b. Pengujian alat

Data yang diperoleh melalui metode ini dapat setelah alat yang dibuat diuji dan diambil kesimpulan setelah dilakukan pengujian tersebut.

- c. Wawancara

Wawancara merupakan pengkajian terhadap masalah yang diambil dengan cara mewawancarai pihak yang telah mengetahui bagaimana penyelesaian masalah yang diinginkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada skripsi ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan mengenai latar belakang masalah, identifikasi masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori yang mendasari permasalahan yang dibahas yaitu mengenai komponen-komponen utama agar proses konversi energi bisa dilakukan.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang implementasi desain sistem dan pengujian dari alat yang dibangun.

BAB IV ANALISA DAN HASIL

Bab ini akan membahas deskripsi masalah secara umum dan penjabaran dari masalah meliputi analisis, serta simulasi dari sistem rancang bangun sensor piezoelektrik sebagai sumber energi listrik dengan memanfaatkan gaya tekan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan dan saran-saran yang sekiranya perlu untuk perkembangan perancangan dengan memanfaatkan tekanan pengesat kaki menjadi energi listrik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Berikut ini adalah penelitian terdahulu yang telah dilakukan guna menunjang penelitian tugas akhir dalam rancang bangun sensor piezoelektik sebagai sumber energi listrik dengan memanfaatkan gaya tekan.

Menurut Sulasno (2009 : 1), energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja. Jadi, suatu benda dapat melakukan suatu kerja atau pergerakan dikarenakan adanya energi yang dikonsumsi oleh benda tersebut. Contohnya seperti manusia memerlukan energi berupa makanan untuk melakukan suatu pekerjaan, tumbuhan memerlukan energi matahari untuk melakukan proses fotosintesis, mobil memerlukan energi berupa bensin untuk bisa menggerakkan mesin di dalamnya supaya bisa melaju, dan lainnya.

Menurut Harriyanto (2013), tekanan yang dialami piezoelektik berbanding lurus dengan tegangan yang dihasilkan, akan tetapi tegangan akan mencapai nilai maksimal meskipun tekanan bertambah karena piezoelektik mempunyai batasan tegangan dan regangan mekanik.

Menurut Maulana (2016), sensor piezoelektik yang disusun secara paralel memiliki hasil daya pengeluaran yang lebih besar dari pada penyusunan sensor piezoelektik secara seri.

2.2 Pengertian Piezoelektrik

Kata “piezo” berasal dari kata Yunani yang berarti “tekanan”. Pada tahun 1880, Curie bersaudara, Jacques dan Pierre, menemukan bahwa tekanan menghasilkan muatan listrik di sejumlah kristal seperti kuarsa dan turmalin dan mereka menyebut fenomena ini “piezoelektrik effect”. Kemudian mereka juga melihat bahwa medan listrik dapat merusak bahan piezoelektrik sehingga efek ini disebut “inverse piezoelektrik effect”.

Sifat yang reversibel ini membuat material piezoelektrik dapat berfungsi sebagai transduser dan aktuator (Sharma, 2006) serta menarik untuk dikembangkan. Efek Reversibel material piezoelektrik Material piezoelektrik ditemukan pertama kali pada tahun 1880-an oleh Jacques dan Pierre Curie. Curie bersaudara memperlihatkan adanya muatan listrik ketika diberikan suatu tekanan pada beberapa material tertentu. Tetapi mereka tidak memprediksi adanya sifat kebalikan dari efek piezoelektrik tersebut.

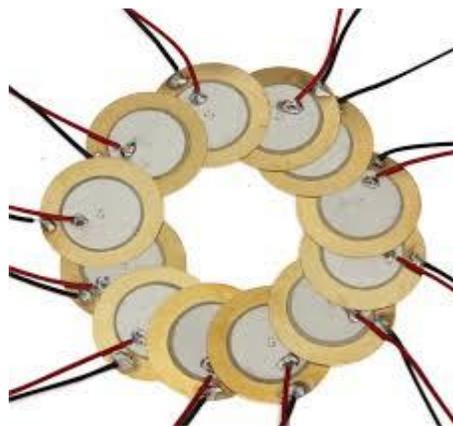
Efek yang sebaliknya secara matematis didapat dari buku “Fundamental Thermodynamic Principles” oleh Gabriel Lippmann pada tahun 1881. Curie bersaudara segera membenarkan adanya efek kebalikan itu, dan melanjutkan penelitian untuk memperoleh bukti kuantitatif bagaimana suatu material dapat bergetar karena diberi muatan listrik. Sifat reversibel yang dimiliki oleh piezoelektrik dapat dijelaskan sebagai berikut. Di dalam sebuah kristal piezoelektrik, muatan listrik positif dan muatan listrik negatif terpisah namun terdistribusi simetris sehingga kristal keseluruhan secara elektrik bersifat netral.

Ketika diterapkan stress (tekanan), maka distribusi muatan yang simetris akan terganggu sehingga muatan menjadi tidak simetris lagi, dan muatan yang tidak

simetris inilah yang menimbulkan medan listrik. Sebaliknya, ketika medan listrik diterapkan pada material piezoelektrik akan terjadi deformasi mekanik yang menyebabkan material berubah dimensi (struktur kristalnya dari kubik menjadi tetragonal atau rhombohedral).

Peristiwa ini dikarenakan pada saat medan listrik melewati material, molekul yang terpolarisasi akan menyesuaikan dengan medan listrik, dihasilkan dipole yang terinduksi dengan molekul atau struktur kristal materi. Penyesuaian molekul ini mengakibatkan material berubah dimensi. Sifat reversibel dari material piezoelektrik dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam aplikasi, antara lain sensor, aktuator, transduser dan peralatan elektronik lainnya.

Pada transduser, bahan piezoelektrik mengubah sinyal listrik menjadi getaran mekanik dan mengubah kembali getaran mekanik menjadi energi listrik. Material piezoelektrik diposisikan sebagai elemen aktif transduser. Elemen aktif adalah inti dari transduser yang mengubah energi listrik menjadi energi suara dan sebaliknya. Adapun bentuk fisik piezoelektrik seperti pada gambar 2.1.

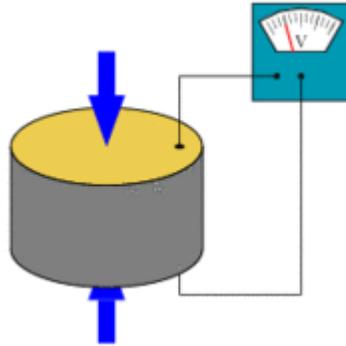


Gambar 2.1 piezoelektrik

2.3 Prinsip Kerja Piezoelektrik

Piezoelektrik atau biasa disebut juga dengan efek piezoelektrik adalah muatan listrik yang terakumulasi dalam bahan padat tertentu, seperti kristal dan keramik akibat dari mechanical pressure (tekanan). Piezoelektrik sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari, hanya saja kita tidak terlalu sadar akan alat ini. Piezoelektrik digunakan untuk mengukur tekanan, percepatan, regangan, etc. dan biasa digunakan dalam alat-alat seperti: mikrofon, jam quartz, pengubah suara menjadi tulisan pada laptop kita, mesin pembakaran dalam, printer, oscillator elektronik, hingga bisa dijadikan sebagai sumber energi alternative ditempat keramaian seperti di station ataupun di bandara. Dan ini sedang diterapkan di negara maju seperti Jepang dan Amerika (New York).

Sifat efek piezoelektrik berkaitan erat dengan terjadinya momen dipol listrik pada suatu padatan. Efek tersebut juga dapat dirangsang untuk ion di situs kisi kristal dengan lingkungan yang “asimetris”, seperti dalam BaTiO₃ dan PZTs. Kepadatan dipol atau polarisasi dapat dengan mudah dihitung pada kristal dengan menjumlahkan momen dipol per volume unit sel satuan kristal. Dipol yang dekat satu sama lain akan cenderung berpihak di daerah yang disebut dengan daerah Weiss Domain. Domain biasanya berorientasi acak, tetapi dapat disejajarkan dengan cara proses poling dimana medan listrik yang kuat akan diterapkan pada bahan bertemperatur tinggi. Seperti pada gambar 2.2. dibawah ini.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Piezoelektrik

Pada efek piezoelektrik, perubahan polarisasi terjadi akibat dari pembebanan atau stress mekanik. Piezoelektrik tidak disebabkan oleh perubahan densitas muatan dipermukaan melainkan dengan kepadatan dipol pada bulk, misalnya: 1 cm³ kubus kuarsa ketika diberi gaya 2 kN akan menghasilkan tegangan 12.500 V.

2.3.1 Aplikasi Piezoelektrik

1. Sensor

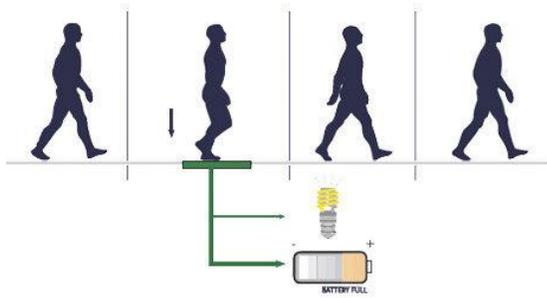
Dengan sifatnya yang bisa mendeteksi variasi tekanan, maka piezoelektrik ini mempunyai fungsi utama yaitu sebagai sensor. Berikut adalah aplikasi piezoelektrik yang digunakan sebagai sensor:

- a) mikrofon piezoelektrik dan pickup piezoelektrik untuk gitar akustik-elektrik.
- b) Elemen piezoelektrik digunakan untuk mendeteksi generasi gelombang sonar.
- c) Bahan piezoelektrik yang digunakan dalam single-axis dan dual-sumbu miring penginderaan.
- d) Pemantauan daya dalam aplikasi daya tinggi (misalnya perawatan medis, sonochemistry dan industri pengolahan).

- e) Microbalances piezoelektrik digunakan sebagai bahan kimia yang sangat sensitif dan sensor biologis.
- f) Piezos kadang-kadang digunakan dalam pengukur regangan.
- g) Piezoelektrik digunakan dalam instrumen penetrometer pada Huygens Probe
- h) Piezoelektrik digunakan dalam drum pads elektronik untuk mendeteksi dampak dari tongkat drummer, dan untuk mendeteksi gerakan otot di acceleromyography medis.
- i) Sistem manajemen mesin otomotif menggunakan piezoelektrik untuk mendeteksi detonasi pada mesin (Knock Sensor) dan juga digunakan dalam sistem injeksi bahan bakar untuk mengukur tekanan absolut berjenis (MAP sensor) untuk menentukan beban mesin
- j) Sensor piezo ultrasonik digunakan dalam deteksi emisi akustik dalam pengujian emisi akustik.

2. Sumber Energi

Baru-baru ini, sebuah perusahaan bernama Pavegen telah mencoba untuk menggunakan piezoelektrik sebagai sumber energi alternatif yang memanfaatkan energi dari manusia berjalan. Idennya adalah memanfaatkan tempat-tempat keramaian sehingga energi yang terkumpul dari injakan orang berjalan pada tempat tersebut menghasilkan energi yang besar, seperti: stasiun dan bandara. Adapun bentuk simulasi pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Simulasi Sensor Piezoelektrik

2.4 Komponen – Komponen Sistem

Adapun komponen pada sistem yang akan digunakan pada perancangan alat sensor piezoelektrik akan di uraikan lebih mendetail.

2.4.1 Resistor

Widodo Budiharto dan Sigit Firmansyah (2008:3) menyatakan :” Resistor adalah komponen elektrik yang berfungsi memberikan hambatan terhadap aliran arus listrik. Setiap benda adalah resistor, karena pada dasarnya tiap benda dapat memberikan hambatan listrik.Dalam rangkaian listrik dibutuhkan resistor dengan spesifikasi tertentu, seperti besar hanbatan, arus maksimum yang boleh dilewatkan dan karakteristik hambatan terhadap suhu dan panas.

Winarno dan Deni Arifianto (2011:4) menyatakan :” Resistor atau hambatan listrik adalah salah satu komponen elektronik yang digunakan untuk membatasi arus yang mengalir dalam rangkaian tertutup. Lambang komponen resistor dalam elektronika adalah huruf R dan satuannya adalah ohm (Ω).Berikut adalah jenis-jenis resistor yang biasa digunakan dalam rangkaian elektronik. Seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Resistor

2.4.2 Transistor

Richard Blocher, Dipl. Phys (2004:5) menyatakan :”Transistor adalah komponen elektronik yang memiliki tiga sambungan.

Transistor adalah komponen elektronika multitermal, biasanya memiliki 3 terminal. Secara harfiah, kata ‘Transistor’ berarti ‘ Transfer resistor’, yaitu suatu komponen yang nilai resistansi antara terminalnya dapat diatur. Secara umum transistor terbagi dalam 3 jenis :

1. Transistor Bipolar
2. Transistor Unipolar
3. Transistor Unijunction

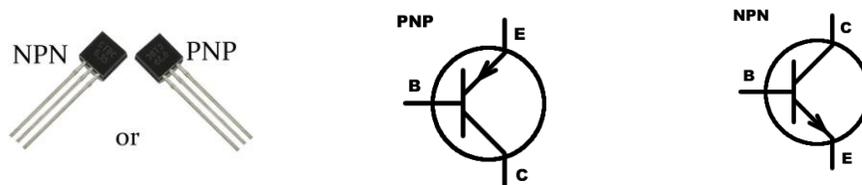
Transistor bipolar bekerja dengan 2 macam *carrier*, sedangkan unipolar satu macam saja, hole atau electron. Beberapa perbandingan transistor bipolar dan unipolar :

Tabel 2.1 Perbandingan Transistor bipolar dan unipolar

Parameter	Bipolar	Unipolar
Dimensi	Besar	Kecil
Daya	Besar	Kecil
BW	Lebar	Sempit
Respon	Tinggi	Sedang
Input	Arus	Tegangan
Impedansi In	Sedang	Tinggi

Pada transistor bipolar, arus yang mengalir berupa arus lubang (*hole*) dan arus *electron* atau berupa pembawa muatan mayoritas dan minoritas. Transistor dapat berfungsi sebagai penguat tegangan, penguat arus, penguat daya atau sebagai saklar. Ada 2 jenis transistor yaitu PNP dan NPN.

Transistor didesain dari pemanfaatan sifat diode, arus menghantar dari diode dapat dikontrol oleh electron yang ditambahkan pada pertemuan PN diode. Dengan penambahan elektrod pengontrol ini, maka diode semi-konduktor dapat dianggap dua buah diode yang mempunyai electrode bersama pada pertemuan. Junction semacam ini disebut transistor bipolar dan dapat digambarkan sebagai berikut. Inilah bentuk fisik dan simbol transistor pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Transistor dan Lambang Transistor

Dengan memilih electrode pengontrol dari type P atau type N sebagai electrode persekutuan antara dua diode, maka dihasilkan transistor jenis PNP dan NPN.

Transistor dapat bekerja apabila diberi tegangan, tujuan pemberian tegangan pada transistor adalah agar transistor tersebut dapat mencapai suatu kondisi menghantar atau menyumbat. Baik transistor NPN maupun PNP tegangan antara emitor dan basis adalah forward bias, sedangkan antara basis dengan kolektor adalah reverse bias. Seperti pada gambar 2.6. dibawah ini.



Gambar 2.6 Bias Transistor

2.4.2.1 Pemberian tegangan pada transistor

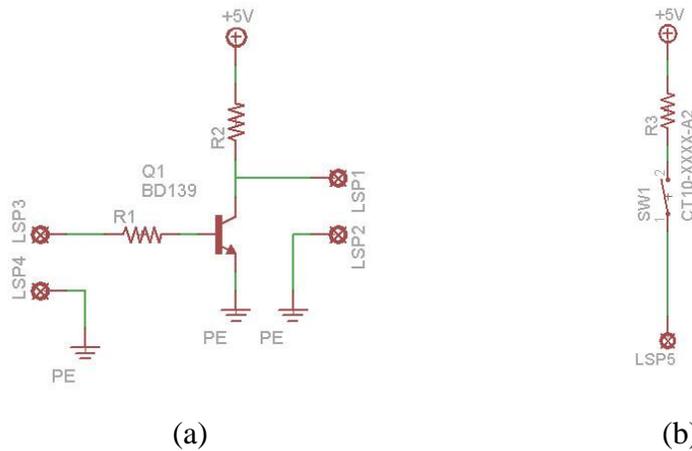
Tegangan pada V_{cc} jauh lebih besar dari tegangan pada V_{eb} . Diode basis-emitor mendapat forward bias, akibatnya electron mengalir dari emitor ke basis, aliran electron ini disebut arus emitor (I_E). Elektron-elektron ini tidak mengalir dari kolektor ke basis, tetapi sebaliknya sebagian besar elektron-elektron yang berada pada emitor tertarik ke kolektor, karena tegangan V_{cc} jauh lebih besar dari pada tegangan V_{eb} dan mengakibatkan aliran elektron dari emitor menuju kolektor melewati basis. Electron-elektron ini tidak semuanya tertarik ke kolektor tetapi sebagian kecil menjadi arus basis (I_B).

2.4.2.2 Transistor Sebagai Saklar

Salah satu fungsi aplikasi dari transistor adalah sebagai saklar (switching). Dengan fungsinya sebagai saklar, transistor hanya dioperasikan pada dua titik kerja yaitu pada daerah jenuh (saturasi) dan daerah tersumbat (cut off), dengan tujuan untuk menghasilkan dua kondisi ON dan OFF. Pada daerah saturasi antara kolektor dan emiter secara idealnya sama dengan nol. Kondisi ini menyebabkan V_{CE} sama dengan nol, tetapi pada kenyataannya V_{CE} pada saat saturasi mempunyai harga sekitar 0 V sampai dengan 0,3 V.

Dengan rangkaian dasar transistor yang dioperasikan sebagai saklar yang ditunjukkan pada gambar 10. Jika elektroda basis mendapat tegangan bias yang lebih positif dan elektroda emiter melebihi tegangan cut in transistor, menyebabkan dioda C-E saturasi, transistor akan konduksi (ON). Besarnya arus bias tergantung pada tegangan bias V_i yang diberikan. Dengan V_{BE} adalah tegangan saturasi dioda B-E yang besarnya sekitar 0,3 V untuk jenis transistor Germanium dan 0,7 V untuk transistor Silikon. Jika elektroda basis transistor mendapat tegangan bias yang lebih negatif daripada emiter maka dioda B-E mengalami bias balik sehingga transistor akan OFF.

Pada saat OFF transistor berada pada daerah tersumbat (cut off). Hal tersebut dikarenakan resistansi antara kolektor dan emiter adalah tak terhingga. Sehingga membentuk suatu rangkaian terbuka (*open circuit*). Keadaan terbuka ini menyebabkan V_{CC} sama dengan V_{CE} (tegangan kolektor) sehingga arus tidak mengalir. Tetapi pada kenyatannya V_{CE} pada saat cut off kurang dari tegangan sumber, karena terdapat arus bocor antara kolektor dan emiter. Adapun skema dan analogi yang di tunjukan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 (a) Skema Transistor Sebagai Saklar
(b) Analogi Transistor Sebagai Saklar

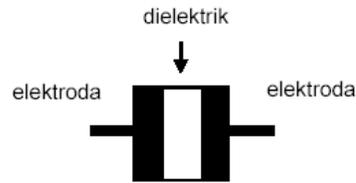
2.4.3 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik yang terdiri dari dua konduktor dan dipisahkan oleh bahan penyekat (bahan dielektrik) tiap konduktor disebut keeping. Kapasitor atau sering disebut kondensator merupakan komponen listrik yang dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menyimpan muatan listrik. Prinsip sebuah kapasitor pada umumnya sama halnya dengan resistor yang juga termasuk dalam kelompok komponen pasif, yaitu jenis komponen yang bekerja tanpa memerlukan arus panjar. Kapasitor terdiri atas dua konduktor (lempeng logam) yang dipisahkan oleh bahan penyekat (isolator). Isolator penyekat ini sering disebut sebagai bahan (zat) dielektrik.

Satuan nilai kapasitor dinyatakan dalam Farad (F), miliFarad (mF), mikroFarad (μF), nanoFarad (nF), atau pikoFarad (pF). Konversi satuan nilai kapasitor sama dengan konversi satuan tahanan listrik.

Kapasitor disusun menggunakan dua pelat logam. Kedua pelat logam itu dipisahkan dengan isolator yang disebut dielektrikum. Jenis-jenis dielektrikum antara

lain mika, plastik, keramik, tantalum, dan elektrolit. Dijelaskan cara prinsip dasar kapasitor pada gambar 2.8.

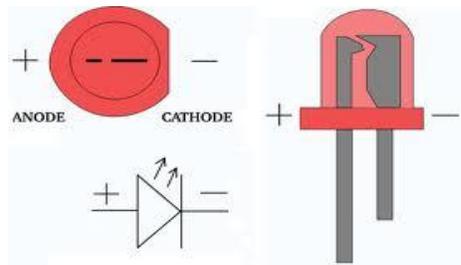


Gambar 2.8 Prinsip Dasar Kapasitor

2.4.4 LED (*Light Emitting Diode*)

Led merupakan komponen yang dapat mengeluarkan emisi cahaya. LED merupakan produk temuan lain selain dioda. Strukturnya juga sama dengan dioda, tetapi belakangan ditemukan bahwa elektron yang menerjang sambungan P-N juga melepaskan energi berupa energi panas dan energi cahaya. LED dibuat agar lebih efisien jika mengeluarkan cahaya. Untuk mendapatkan emisi cahaya pada semikonduktor, doping yang dipakai adalah galium, arsenik dan fosfor. Jenis doping yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda pula.

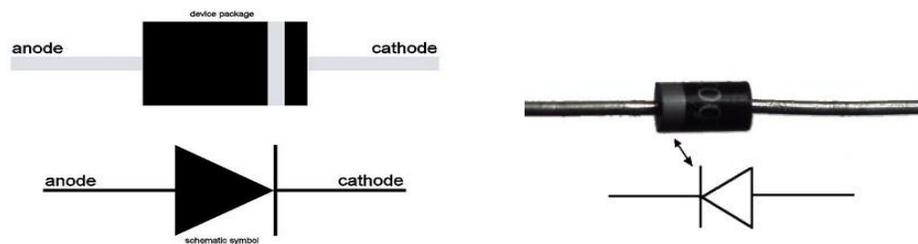
Pada saat ini warna-warna cahaya LED yang banyak adalah warna merah, kuning, dan hijau. LED berwarna biru sangat langka. Pada dasarnya semua warna bisa dihasilkan, namun akan menjadi sangat mahal dan tidak efisien. Dalam memilih Led selain warna, perlu diperhatikan tegangan kerja, arus maksimum dan disipasi dayanya. Rumah (*chasing*) LED dan bentuknya juga bermacam-macam, ada yang persegi empat, bulat dan lonjong. Adapun bentuk fisik dari LED seperti pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Led (*Linght Emiting Diode*)

2.4.5 Dioda

Dioda merupakan salah satu jenis komponen aktif yang berfungsi sebagai komponen penyearah. Dioda disusun menggunakan semikonduktor jenis P atau kutub positif (+) dan semikonduktor jenis N atau kutub negatif (-). Secara fisik bentuk dioda dan simbolnya pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Dioda

Bias dioda adalah cara pemberian tegangan luar ke terminal diode. Apabila A diberi tegangan positif dan K diberi tegangan negative maka bias tersebut dikatakan bias maju (forward bias). Pada kondisi bias ini akan terjadi aliran arus dengan ketentuan beda tegangan yang diberikan ke diode atau $V_A - V_K > V_j$ dan selalu positif. Sebaliknya apabila A diberi tegangan negative dan K diberi tegangan positif, arus yang mengalir (I_R) jauh lebih kecil dari pada kondisi bias maju. Bias ini dinamakan bias mundur (reverse bias) pada arus maju (I_F) diperlakukan baterai tegangan

yang diberikan dengan IF tidak terlalu besar maupun tidak ada peningkatan IR yang cukup *significant*.

2.4.5.1 Macam-macam dioda

Secara umum semua diode memiliki konstruksi dan prinsip kerja yang sama. Semua dioda terbentuk oleh sambungan PN yang secara fisik diode dikenali melalui nama elektrodanya yang khas yaitu : anode dan katode. Diode dibedakan menurut fungsinya, disini dalam representasi simbolik dilukiskan secara berbeda demikian pula karakteristiknya.

Tabel 2.2 Macam-macam dioda menurut fungsinya

Jenis Dioda	Fungsi	Simbol
Rectifier	Penyearah	
Zener	Regulator	
LED	Display	
Photodiode	Sensor Cahaya	
Schottky	Saklar kec. Tinggi	
Tunnel	Osilator	
Varaktor	Variable kapasitor	

2.4.6 Dioda Sebagai Pengaman Rangkaian

Sifat Umum diode adalah dapat menghantarkan arus listrik ke satu arah saja. Oleh karena itu, bila pemasangan diode terbalik, maka diode tidak akan dapat menghantarkan arus listrik. Prinsip ini umumnya dimanfaatkan sebagai pengaman pesawat-pesawat elektronika, yaitu untuk menunjukkan benar atau salah penyambungan catu dayanya.

2.4.7 Kristal

Kristal lazimnya digunakan untuk rangkaian osilator yang menuntut stabilitas frekuensi yang tinggi dalam jangka waktu yang panjang. Alasan utamanya adalah karena perubahan nilai frekuensi kristal seiring dengan waktu, atau disebut juga dengan istilah faktor penuaan (*frequency aging*), jauh lebih kecil daripada osilator-osilator lain. Faktor penuaan frekuensi untuk kristal berkisar pada angka ± 5 ppm/tahun, jauh lebih baik daripada faktor penuaan frekuensi osilator RC ataupun osilator LC yang biasanya berada di atas $\pm 1\%$ /tahun. Seperti gambar 2.11 di bawah ini.



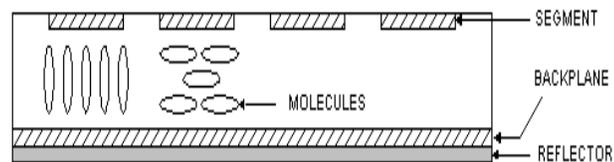
Gambar 2.11 Simbol dan Bentuk Kristal.

Kristal juga mempunyai stabilitas suhu yang sangat bagus. Lazimnya, nilai koefisien suhu kristal berada dikisaran ± 50 ppm direntangkan suhu operasi normal

dari -20°C sampai dengan $+70^{\circ}\text{C}$. Bandingkan dengan koefisien suhu kapasitor yang dapat mencapai beberapa persen. Untuk aplikasi yang menuntut stabilitas suhu yang tinggi, kristal dapat dioperasikan didalam sebuah oven kecil yang dijaga agar suhunya selalu konstan.

2.4.8 Liquid Cristal Display (LCD)

Untuk menampilkan jam digital dan monitoring suhu, rancangan ini menggunakan LCD 2x16 karakter. LCD menggunakan bahan yang disebut liquid cristal atau kristal cair. Kristal cair ini memiliki molekul-molekul yang berbentuk seperti cerutu dan sangat peka terhadap medan listrik. Kristal cair ini dikemas dalam suatu wadah transparan yang pada sisi belakangnya diberi penghantar transparan dan reflektor. Pada sisi depan dari wadah ini diberi penghantar-penghantar transparan yang berbentuk seperti segmen yang ingin ditampilkan.



Gambar 2.12 Struktur LCD.

Jika tidak mendapatkan eksitasi berupa medan listrik, molekul-molekul dari kristal cair ini akan tersusun tegak sehingga tidak terlihat oleh mata. Tetapi jika diberi eksitasi maka molekul-molekul ini akan lebih rebah sehingga membentuk tampilan. Bentuk tampilan yang ditampilkan adalah sama dengan molekul-molekul yang rebah, yaitu sama dengan bentuk segmen yang mengeksitasinya. Eksitasi yang diberikan adalah berupa medan listrik yang diperoleh dengan memberi beda potensial antara

penghantar segmen dengan penghantar *backplane* maka molekul-molekul yang ada di antara keduanya akan rebah dan memberi warna hijau kehitaman pada bagian ini.

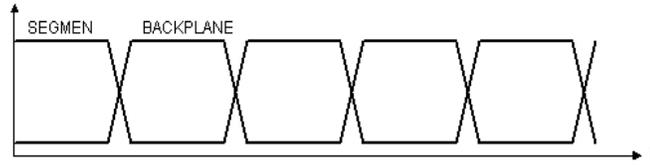
Jika diberi eksitasi secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama, LCD akan rusak dan memberi bayangan hitam yang permanen. Hal ini dapat dicegah dengan cara eksitasi yang diberikan tidak berupa tegangan searah tetapi tegangan bolak-balik. Hal ini agak sulit diterapkan pada rangkaian dengan catu daya tegangan searah. Agar lebih mudah maka cara yang digunakan ialah dengan memberikan tegangan pada segmen dan *ground* pada *backplane* untuk beberapa saat lalu memberikan tegangan pada *backplane* dan *ground* pada segment untuk beberapa saat. Hal ini dilakukan terus menerus secara bergantian sehingga polaritas tegangan segmen selalu berlawanan dengan polaritas tegangan *backplane*. Efeknya adalah sama dengan memberi tegangan bolak-balik pada segmen atau *backplane*.

Jika suatu segmen harus dipadamkan maka segmen yang tersebut diberi tegangan yang sama dengan polaritas *backplane*. Dengan demikian maka molekul-molekul yang terletak di belakang segmen tersebut tidak mendapatkan eksitasi.

Salah satu kelebihan LCD dari LED adalah konsumsi dayanya yang sangat rendah, yaitu hanya beberapa microwatt. Modul LCD dapat dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler seperti ATmega 32. LCD yang akan digunakan penulis mempunyai lebar *display* 4 baris 20 kolom atau biasa disebut sebagai LCD 4 x 20 karakter.

Modul LCD terdiri dari sejumlah memori yang digunakan untuk *display*. Semua teks yang dituliskan ke modul LCD disimpan di dalam memori ini dan modul LCD secara berurutan membaca memori ini untuk menampilkan teks ke

modul LCD itu sendiri. Adapun bentuk fisik LCD dan tegangan segmen, backplane pada gambar 2.13 dan 2.14



Gambar 2.13 Tegangan segmen dan backplane.



Gambar 2.14 Modul LCD 20 x 4 karakter

Untuk keterangan Pin yang ada pada LCD 20 x 4 karakter bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Keterangan Pin LCD 20 x 4 karakter

PIN	Name	Function
1	VSS	Ground Voltage
2	VCC	+5V
3	VEE	Contrast Voltage
4	RS	Register Select 0 = Instruction Register 1 = Data Register

Tabel 2.3 (Lanjutan)

5	R/W	Read/Write, to choose write or read mode
---	-----	--

		0 = Write mode 1 = Data Register
6	E	Enable 0 = start to lacht data to LCD character 1 = disable
7	DB0	LSB
8	DB1	-
9	DB2	-
10	DB3	-
11	DB4	-
12	DB4	-
13	DB6	-
14	DB7	MSB
15	DB8	-
16	DB9	-
17	DB10	-
18	DB11	-
19	BPL	Backplane Light
20	GNB	Ground Voltage

Tabel 2.4 Set alamat memori DDRAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1		A	A	A	A	A	A

Catatan :

A : Alamat RAM yang akan dipilih.

Sehingga alamat RAM LCD adalah 000 0000 s/d 111 1111 b atau 00 s/d 7Fh.

Display karakter pada LCD diatur oleh pin *Enable* (EN), *Register Select* (RS) dan *Read/Write* (RW). Jalur EN digunakan untuk memberitahu LCD bahwa ada data yang dikirim. Untuk mengirimkan sebuah data ke LCD, maka melalui program EN harus diberi logika *low* “0” dan atur pada dua jalur control yang lain RS/RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, EN diberi logika *high* “1” dan tunggu beberapa saat (sesuai dengan *datasheet* dari LCD tersebut) dan berikutnya EN kembali ke logika *low* “0” lagi.

Jalur RS adalah jalur register select. Ketika RS berlogika *low* “0” data dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus seperti *clear screen*, posisi kursor dan lain-lain.

Ketika RS logika *high* “1” data yang kirim adalah data teks yang akan ditampilkan pada *display* LCD. Sebagai contoh, untuk menampilkan huruf “T” pada layar LCD maka RS harus diatur logika *high* “1”.

Jalur RW adalah jalur kontrol *Read/Write*. Ketika RW berlogika *low* (0), maka informasi pada *data bus* akan dituliskan pada layar LCD. Ketika RW berlogika *high* “1” maka program akan melakukan pembacaan memori dari LCD. Sedangkan pada aplikasi umum pin RW selalu diberi logika *low* “0”.

Pada akhirnya, *data bus* terdiri dari 4 atau 8 jalur (tergantung pada mode operasi yang dipilih oleh *user*).

2.5 Pengertian Power Supply

Power supply atau sumber tegangan/catu daya adalah suatu alat atau sistem yang dapat menghasilkan energi listrik.

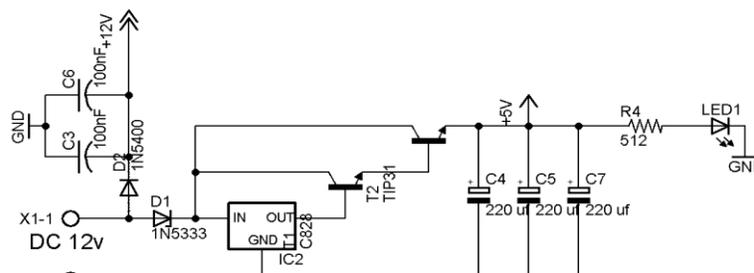
2.5.1 Jenis-Jenis Power Supply

a. Sumber arus searah (*direct current/DC*)

Arus listrik searah adalah arus listrik yang bernilai konstan dan mengalir dari potensial tinggi (+) ke potensial rendah (-). Besar arus listrik searah yang sering kita temukan berkisar antara 1,5 hingga 24 volt. Arus listrik searah biasa digunakan pada baterai, dinamo arus searah, dan aki. Sumber tegangan searah merupakan sumber tegangan yang tidak mengalami perubahan terhadap waktu.

Peralatan elektronik membutuhkan sumber tegangan dalam operasinya baik itu tegangan AC (*Alternate current*) atau DC (*dirrect current*) dan besarnya *output* sumber tegangan harus disesuaikan dengan kebutuhan sistem elektronika itu sendiri.

Berikut adalah skema elektronik regulator tegangan menggunakan IC 78XX dan IC 79XX dimana “XX” adalah tegangan stabil DC *output*. Seperti gambar 2.15. di bawah ini.



Gambar 2.15 Rangkaian Regulator Tegangan IC 78XX

Maksud dari “XX” di IC adalah tegangan yang dihasilkan contohnya

IC 7805 untuk menstabilkan tegangan DC +5 Volt

IC 7809 untuk menstabilkan tegangan DC +9 Volt

IC 7905 untuk menstabilkan tegangan DC -5 Volt

IC 7909 untuk menstabilkan tegangan DC -9 Volt

Dalam penggunaan IC 78XX atau 79XX terdapat beberapa karakteristik yang harus diperhatikan diantaranya *Regulation Voltage*, *Maximum Current*, *Minimum Input Voltage*. Contohnya:

Tabel 2.5 Karakteristik IC 78XX atau 79XX

Type Number	Regulation Voltage	Maximum Current	Minimum Input Voltage
78L05	+5V	0.1A	+7V
78L12	+12V	0.1A	+14.5V
78L15	+15V	0.1A	+17.5V
78M05	+5V	0.5A	+7V
78M12	+12V	0.5A	+14.5
78M15	+15V	0.5A	+17.5V

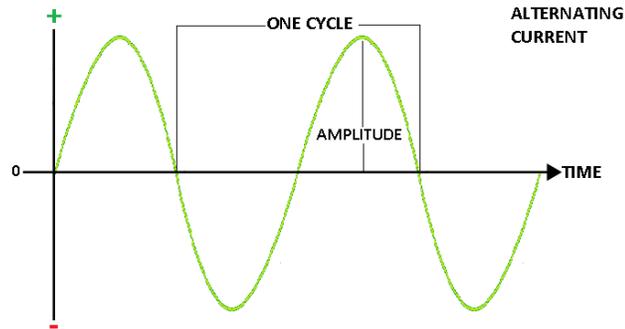
Tabel 2.5 (Lanjutan)

7805	+5V	1A	+7V
7806	+6V	1A	+8V
7808	+8V	1A	+10.5V
7812	+12V	1A	+14.5V
7815	+15V	1A	+17.5V
7824	+24V	1A	+26V
78S05	+5V	2A	+8V
78S09	+9V	2A	+12V
78S12	+12V	2A	+15V
78S15	+15V	2A	+18V

b. Sumber Arus Bolak-balik (*alternate current/AC*)

Arus listrik bolak-balik adalah arus listrik yang bergerak melalui media yang mengubah arah secara berkala. Hal ini berbeda dengan arus searah (DC), dimana pergerakan muatan hanya dalam satu arah yang konstan. Arus (dalam ampere) adalah jumlah muatan listrik yang mengalir melewati suatu titik dalam waktu tertentu. Yang menggerakkan arus adalah gaya gerak listrik disebut tegangan (dalam volt). Jika arusnya bolak balik, maka tegangan juga harus bolak balik, polaritasnya berubah pada siklus teratur. Jadi pengertian arus bolak balik adalah arus yang polaritasnya berubah pada siklus yang teratur.

Berikut adalah gambar 2.16. tegangan sinusoidal bolak balik.



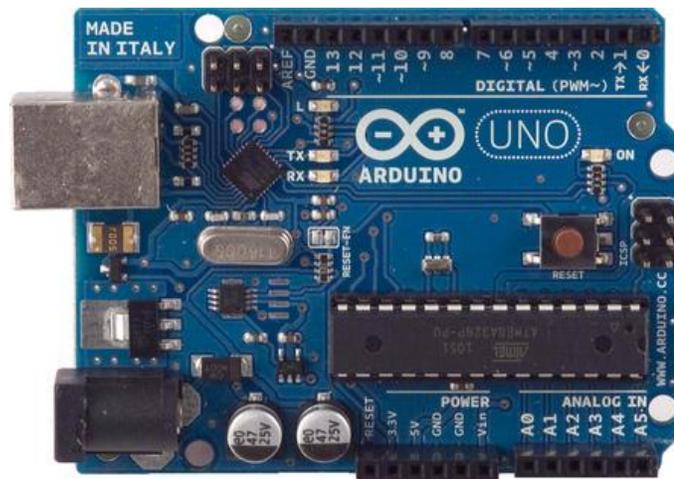
Gambar 2.16 Typical Tegangan Sinusoidal Bolak-balik

2.6 Arduino

Pada Laman Wikipedia Ensiklopedia bebas berbahasa Indonesia tentang Arduino dikatakan bahwa Arduino merupakan sebuah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform dan dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya memiliki prosesor Atmel AVR atau Atmel ARM dan softwarenya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Arduino adalah sebagai sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source. Disebut sebagai Platform karena, Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah suatu kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih.

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Uno memiliki 14 pin digital input / output (dimana 6 dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset. Uno dibangun berdasarkan apa yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, sumber daya bisa menggunakan power USB (jika terhubung ke komputer dengan kabel USB) dan juga dengan adaptor atau baterai.

Arduino Uno berbeda dari semua papan sebelumnya dalam hal tidak menggunakan FTDI chip driver USB-to-serial. Sebaliknya, fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai versi R2) diprogram sebagai konverter USB-to-serial. Revisi 2 dari Uno memiliki resistor pulling 8U2 HWB yang terhubung ke tanah, sehingga lebih mudah untuk menggunakan mode DFU. Adapun bentuk fisik Arduino pada gambar 2.17. dibawah ini.



Gambar 2.17 Arduino uno

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Jadwal Penelitian

Perancangan dan pembuatan sistem sensor piezoelektrik dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Muchtar Basri No3 Medan. Waktu penelitian direncanakan berlangsung selama 5 (lima) bulan, dimulai dari perencanaan alat, pembuatan alat, pengujian alat, pengambilan data hingga pengolahan data.

3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan-bahan yang di gunakan dalam perancangan sistem pembangkit listrik ini adalah sebagai berikut:

a. Alat-Alat

1. Toolset lengkap
2. Multimeter
3. Bor PCB dan bor listrik
4. Solder
5. Attractor
6. Hands tool (alat tangan)
7. Software Arduino
8. Project board
9. Larutan FeCl₃
10. Tang potong dan tang buaya

b. Bahan - Bahan

1. Sensor piezoelektrik

2. Arduino-uno
3. I2C modul PCF8574T
4. LCD 20x4
5. Battery kering 12 Volt 7 Ampere
6. Timah
7. Kabel pelangi
8. PCB
9. Terminal male dan female
10. Capasitor
11. Transistor
12. Dioda
13. Resistor

3.3 Data Perancangan

3.3.1 Daftar Input dan Output yang Digunakan

Perancangan alat ini menggunakan beberapa input dan output perangkat yang akan bekerja dengan perintah dari sebuah controller yakni Arduino-Uno. Perangkat input berupa Sensor piezoelektrik sebagai pembangkit listrik dan bahasa pemrograman Arduino-Uno. Outputnya berupa LCD display dan beberapa buah LED.

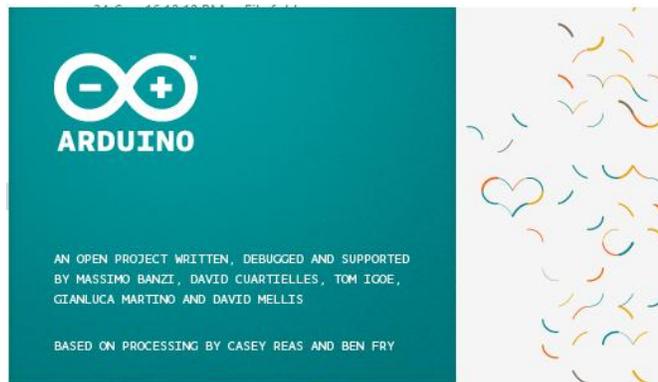
3.3.2 Perancangan Program Arduino

Persiapan yang akan dilaksanakan dalam memasukan program ke dalam board Arduino-Uno adalah sebagai berikut :

1. Merakit seluruh rangkaian.
2. Memasukkan program *bootloader* agar mikrokontroler dapat memprogram dirinya sendiri dan dapat diprogram dengan menggunakan *software* arduino.
3. Mengetik program menggunakan software Arduino (dalam penelitian ini penulis menggunakan versi 1.0.5).
4. Melakukan pengecekan (Verify) program yang telah ditulis, untuk mengetahui apakah ada kesalahan dalam penulisan atau tidak.
5. Mengupload program ke board Arduino
6. Menjalankan program

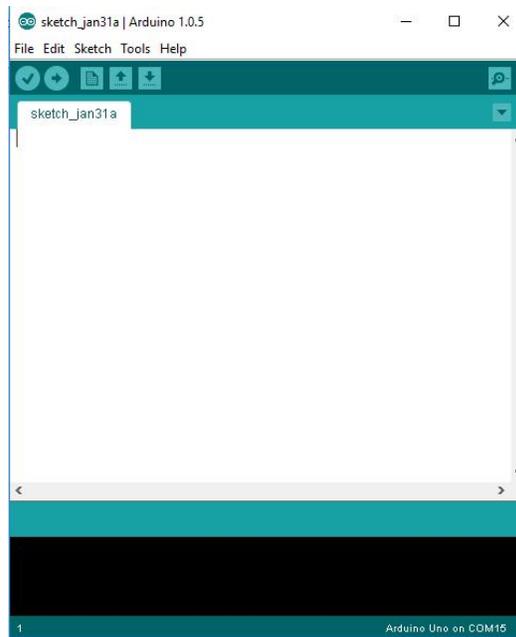
Adapun Langkah-langkah yang dilakukan:

1. Klik *Local Disk C* → *Program Files* → *arduino-nightly* → *arduino.exe*



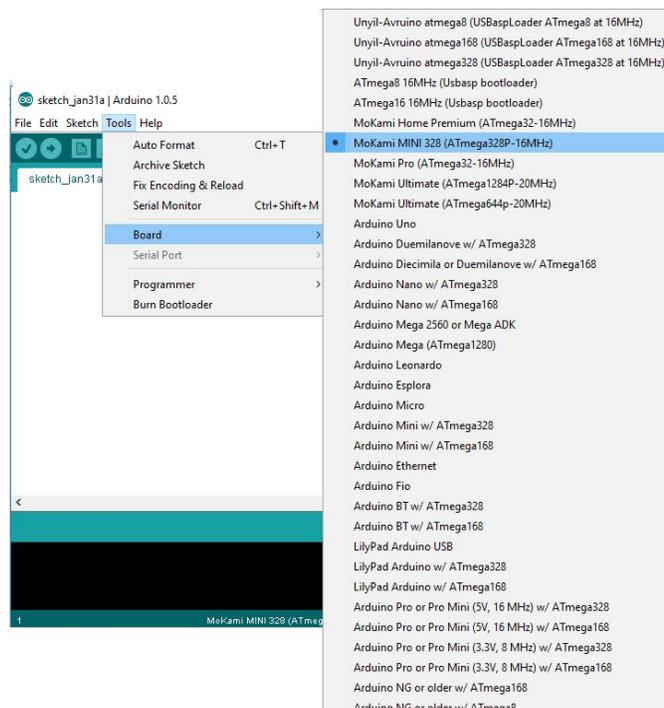
Gambar 3.1 Software Arduino 1.0.5

2. Pada software Arduino, *Klik File* → *New*
3. Muncul kotak dialog seperti gambar dibawah ini:



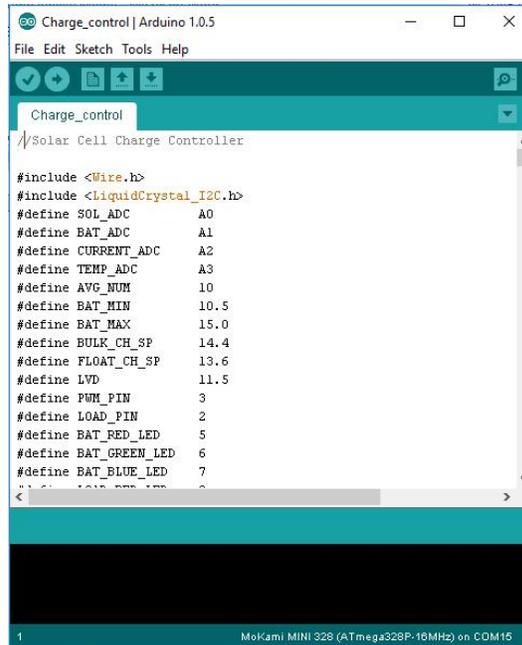
Gambar 3.2 Menu File Baru

- Sebelum mulai menuliskan sintax, pilih dahulu jenis board Arduino yang akan di gunakan (penulis menggunakan Arduino-Uno). Klik *Tools* → *Board* → *Arduino Uno*.



Gambar 3.3 Pemilihan Board Arduino

5. Setelah board dipilih, untuk membuat projek baru, langsung masukkan syntax pemrograman pada kotak dialog Arduino

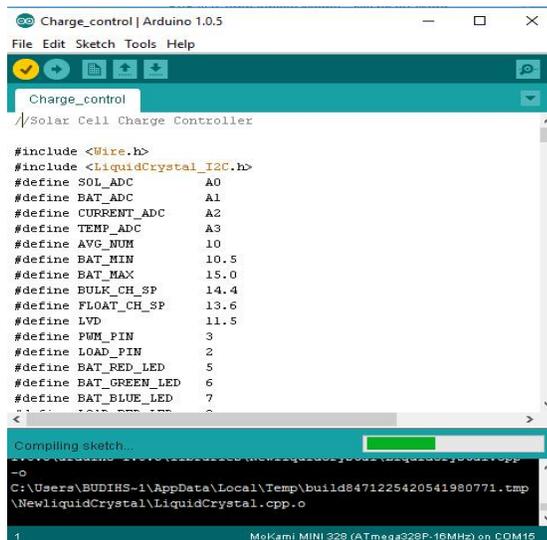


```
Charge_control | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help
Charge_control
//Solar Cell Charge Controller

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#define SOL_ADC      A0
#define BAT_ADC      A1
#define CURRENT_ADC  A2
#define TEMP_ADC     A3
#define AVG_NUM      10
#define BAT_MIN      10.5
#define BAT_MAX      15.0
#define BULK_CH_SP   14.4
#define FLOAT_CH_SP  13.6
#define LVD          11.5
#define PWM_PIN      3
#define LOAD_PIN     2
#define BAT_RED_LED  5
#define BAT_GREEN_LED 6
#define BAT_BLUE_LED 7
#define LOAD_RED_LED 8
```

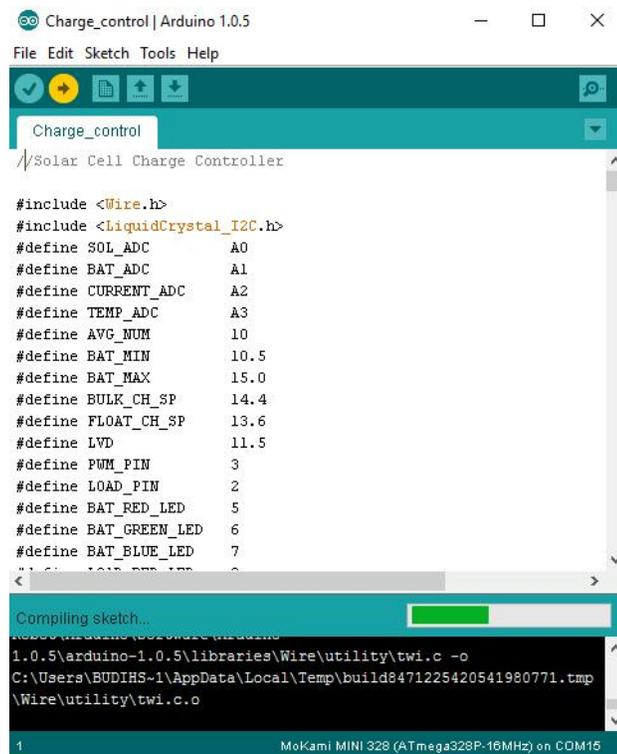
Gambar 3.4 Membuat File Projek Baru

6. Setelah syntax pemrograman selesai dibuat, maka langkah berikutnya adalah mengecek (Verify) program tersebut dengan cara mengklik button Verify berlogo centang (✓) di kiri atas Menu Bar software Arduino.



Gambar 3.5 Proses Verify program

7. Setelah proses Verify berhasil dan penulisan program dinyatakan benar oleh software arduino, maka langkah berikutnya adalah mengupload program ke board Arduino. Caranya adalah dengan menghubungkan board Arduino ke PC / Laptop menggunakan kabel USB, kemudian mengklik button Upload berlogo () pada Menu Bar software Arduino.

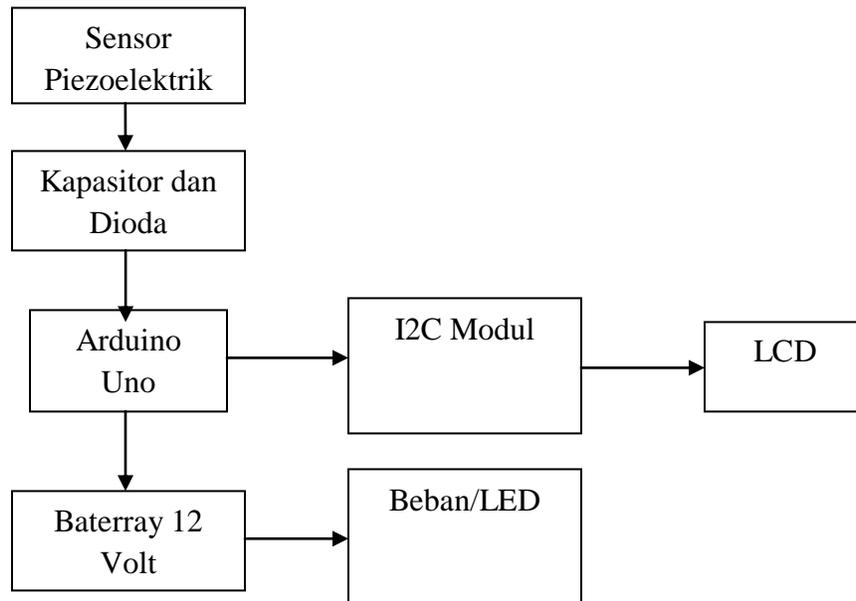


Gambar 3.6 Proses Upload program ke Arduino

8. Setelah selesai di Upload, simpan syntax pemrograman yang telah dibuat dengan cara *File* → *Save As* atau *Ctrl+Shift+S*, kemudian pilih lokasi penyimpanan yang diinginkan. Lalulepas board Arduino dari PC / Laptop kemudian jalankan rangkaian sistem yang telah dirakit sebelumnya.

3.4 Tahapan Perancangan Alat

3.4.1 Perancangan Blok Diagram Sistem



Gambar 3.7 Blok Diagram Sistem

Pada gambar diatas terdapat beberapa blok yang masing-masing berfungsi membentuk suatu koordinasi supaya tercapai tujuan yang diinginkan, yaitu input, proses, dan output. Input adalah merupakan *setpoint* sistem, yaitu suatu nilai atau besaran yang dimasukkan agar diperoleh output yang diinginkan.

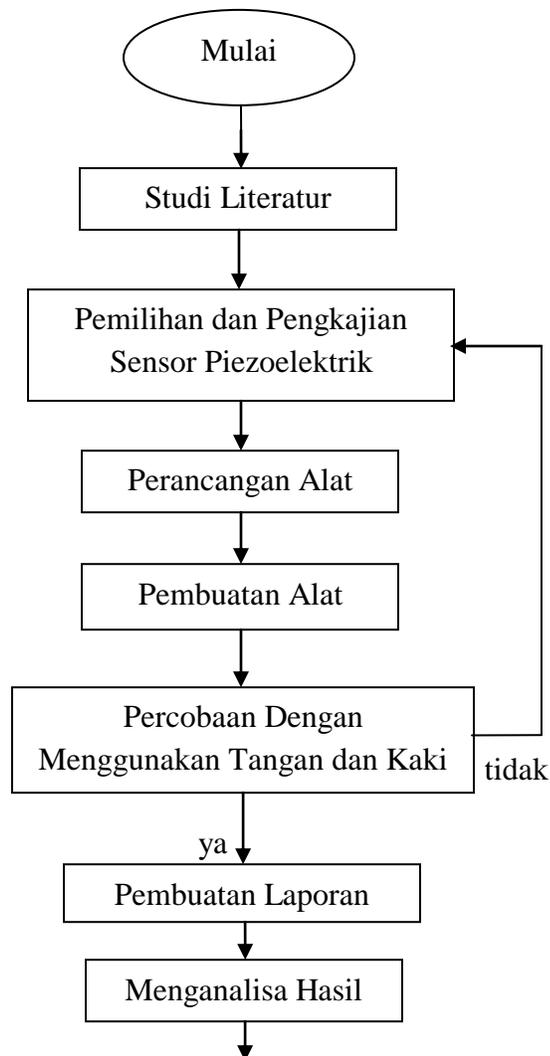
Perencanaan regulator DC berfungsi untuk memberi input tegangan ke sensor Piezoelektrik dan Display LCD. Sedangkan untuk kontroller Arduino-Uno menggunakan suplay 12 volt langsung dari power suplay.

Dalam perancangan rangkaian ini, digunakan sebagai sistem kontrol input dan output. Input dalam rangkaian ini dari mikrokontroler Arduino uno dihubungkan ke piranti monitor dan indikator.

Rangkaian LCD digunakan untuk menampilkan kondisi bacaan sensor terhadap kondisi pembacaan arus dan tegangan.

3.4.2 Diagram Alir Perancangan Sistem

Adapun diagram alir (*flowchart diagram*) untuk mempermudah memahami perancangan alat ini dan juga mempermudah dalam pembuatan program adalah sebagai berikut:





Selesai

Gambar 3.8 Blok Diagram Alir (*flowchat diagram*)

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Peralatan

Pengujian ini dilaksanakan untuk mengetahui kehandalan dari sistem dan untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan yang direncanakan atau belum. Pengujian pertama dilakukan secara terpisah-pisah, kemudian dilakukan dalam sistem yang terintegrasi. Pengujian yang dilakukan di bab ini antara lain:

Pengujian LCD

Pengujian rangkaian LED

Pengujian sensor PIEZOELEKTRIK

- Tegangan sensor per unit
- Rangkaian paralel sensor

Pengujian arus sensor

Pegujian rangkaian keseluruhan

4.1.1 Pengujian LCD

Pengujian LCD dilakukan untuk mengetahui apakah bahasa pemrograman dan rangkaian yang terhubung ke LCD sudah benar atau belum. Pada software Arduino sendiri memiliki *library* yang cukup banyak, salah satunya adalah *example* untuk pengujian LCD. Langkah yang harus dilakukan sebelum pengujian LCD ini adalah merangkai LCD ke *board* Arduino-Uno, dengan posisi pin RS LCD ke pin digital 12 Arduino, pin enable LCD ke pin digital 11 Arduino, pin D4 LCD ke pin digital 5 Arduino, pin D5 LCD ke pin digital 4, pin D6 LCD ke pin digital 3 Arduino, pin D7 LCD ke pin digital 2 Arduino, pin R/W LCD ke ground Arduino, pin VSS LCD ke ground Arduino, pin VCC LCD ke pin 5v Arduino, kemudian mengupload *script* yang telah tersedia ke *board* arduino-uno.

Adapun peralatan yang digunakan dalam pengujian LCD antara lain:

Software Arduino dan *script* pengujian LCD

LCD 20 x 4 karakter

Board arduino-uno

Kabel USB

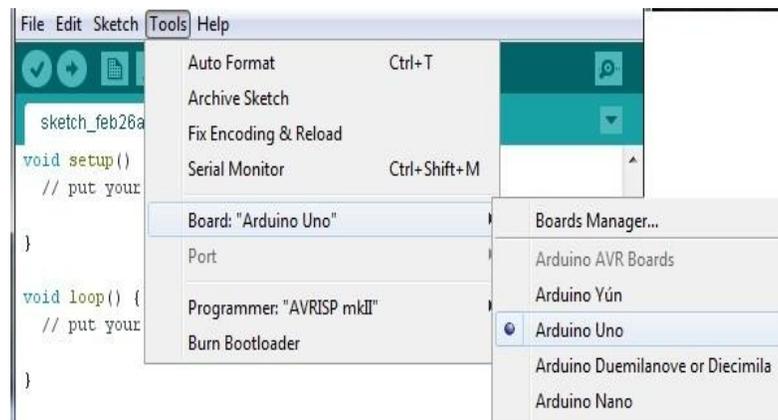
Catu daya 12 vdc

Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pengujian LCD ini adalah sebagai berikut:

Memasang rangkaian

Membuka software Arduino 1.0.5

Memilih jenis *board* yang akan digunakan dengan cara klik *Tools à Board à ArduinoUno*



Gambar 4.1 Pemilihan jenis *board* Arduino

Membuka *example* LCD pada *library* software Arduino dengan cara klik *File* à *Example* à *LiquidCrystal* à *HelloWorld*. Maka akan muncul *script* pengujian LCD.

```

test_20x4
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(20,4);

  for(int i=0; i<3; i++){
    lcd.backlight();
    delay(250);
    lcd.noBacklight();
    delay(250);
  }
  lcd.backlight();

  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Test LCD 20 x 4");
}

```

Gambar 4.2 *Script* Pemrograman test LCD

Memverifikasi kebenaran *script*, bila dinyatakan benar

Mengupload pemrograman ke *board* arduino-uno melalui kabel USB

Menjalankan rangkaian



Gambar 4.3 Hasil pengujian LCD

Setelah seluruh proses selesai dan rangkaian dijalankan, maka terdisplaylah kalimat “Hello World Serial Communication I2C LCD” pada LCD berbarengan dengan LED pada *board* Arduino yang berkedip setiap satu detik sekali sesuai dengan *script* pemrograman yang memberi delay antar program selama 1000 ms (1 detik).

4.1.2 Pengujian Rangkaian LED

Pengujian rangkaian LED ini dilakukan untuk mengetahui kebenaran rangkaian dan pemrograman dalam pengontrolan nyala LED sesuai yang diinginkan. Pengujian LED ini dilakukan dengan metode *blink* yaitu LED menyala bergantian dengan delay 1000 ms (1 detik) dimulai dengan nyala LED hijau selama 1 detik, kemudian LED hijau padam dan LED kuning menyala selama 1 detik, lalu padam dan LED merah menyala selama satu detik, dan begitu seterusnya.

Langkah yang harus dilakukan sebelum melakukan pengujian rangkaian LED ini adalah merangkai rangkaian LED ke *board* Arduino-Uno, dengan posisi LED 1 (hijau) ke pin 13 Arduino, LED 2 (kuning) ke pin 10 Arduino, LED 3 (merah) ke pin 9 Arduino, dan pin Gnd Arduino ke ground masing-masing LED.

Adapun peralatan yang digunakan dalam pengujian LCD antara lain:

Software Arduino dan *script* pengujian LED

Rangkaian LED

Board arduino-uno

Kabel USB

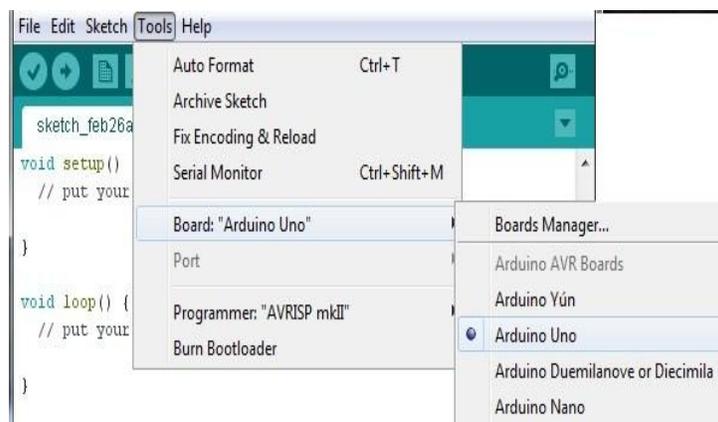
Catu daya 12 vdc

Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pengujian LED ini adalah sebagai berikut:

Memasang rangkaian

Membuka software Arduino 1.0.5

Memilih jenis *board* yang akan digunakan dengan cara klik *Tools* à *Board* à *ArduinoUno*.



Gambar 4.4 Pemilihan jenis *board* Arduino

Melakukan pengetikan *script* pemrograman pada software Arduino

```
Blink_led
// give it a name:
int led1 = 5;
int led2 = 6;
int led3 = 7;
int led4 = 8;
int led5 = 9;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led1, OUTPUT);
  pinMode(led2, OUTPUT);
  pinMode(led3, OUTPUT);
  pinMode(led4, OUTPUT);
  pinMode(led5, OUTPUT);

  digitalWrite(led1 && led2 && led3, LOW);
  digitalWrite(led4 && led5, HIGH);
}
}
```

Gambar 4.5 Script Pemrograman test LED

Memverifikasi kebenaran *script*, bila dinyatakan benar

Mengupload pemrograman ke *board* arduino-uno melalui kabel USB

Menjalankan rangkaian



Gambar 4.6 Pengujian rangkaian LED

Setelah seluruh proses selesai dan rangkaian dijalankan, maka LED menyala bergantian, mula-mula LED hijau menyala selama 1 detik, kemudian mati dan dibarengi LED kuning menyala selama 1 detik, kemudian LED kuning mati dibarengi

LED merah menyala selama 1 detik, ketika LED merah mati, begitu seterusnya. Pengujian rangkaian LED berjalan dengan baik sesuai yang diinginkan.

4.1.3 Pengujian sensor PIEZOELEKTRIK

Pengujian sensor PIEZOELEKTRIK ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam menimbulkan tegangan. Pengujian ini dilakukan dengan cara menekan sensor piezoelektrik, dan nilai tegangan yang masuk akan terbaca oleh LCD. Langkah yang harus dilakukan sebelum pengujian sensor PIEZOELEKTRIK ini adalah merangkai sensor ke *board* Arduino-Uno, dengan posisi pin VCC sensor ke pin 5v Arduino, pin ground sensor ke pin ground Arduino, dan pin Out sensor ke pin A1 analog input Arduino.

Adapun peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

Software Arduino

Sensor Piezoelektrik

Board arduino-uno

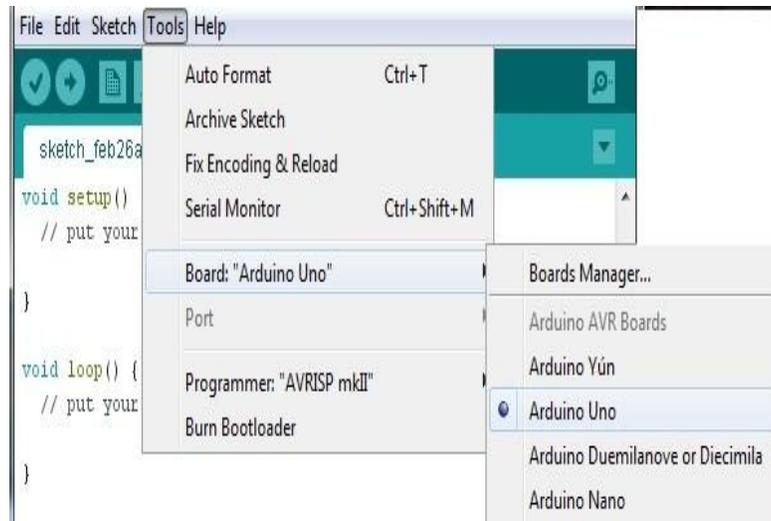
Kabel USB

Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pengujian sensor Piezoelektrik ini adalah sebagai berikut:

Memasang rangkaian

Membuka software Arduino 1.0.5

Memilih jenis *board* yang akan digunakan dengan cara klik *Tools à Board à ArduinoUno*



Gambar 4.7 Pemilihan jenis *board* Arduino

Melakukan pengetikan *script* pemrograman pada software Arduino

```

int lm35_analogPin = A1;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  int lm35_value = analogRead(lm35_analogPin);
  float millivolts=(lm35_value/1024.0)*5000;
  float celcius = millivolts / 10;
  Serial.println(celcius);

  delay(2000);
}

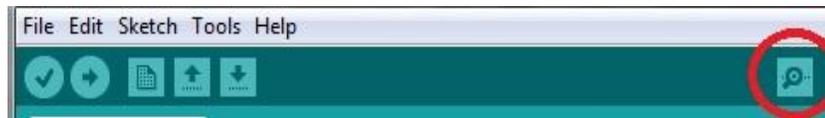
```

Gambar 4.8 *Script* Pemrograman test sensor PIEZOELEKTRIK

Memverifikasi kebenaran *script*, bila dinyatakan benar

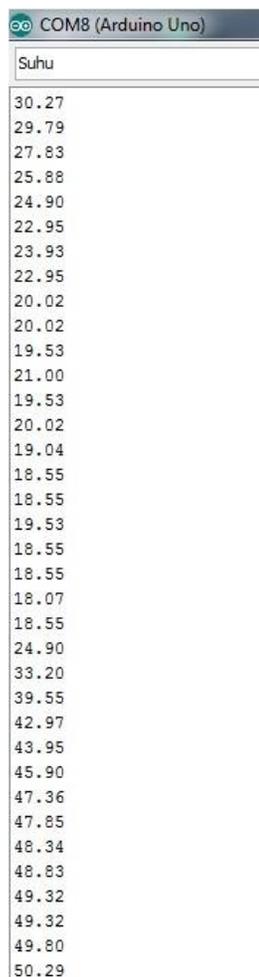
Mengupload pemrograman ke *board* arduino-uno melalui kabel USB

Memonitor hasil pembacaan sensor melalui menu serial monitor pada software Arduino yang berada di sudut kanan atas Menu Bar



Gambar 4.9 Serial Monitor button

Setelah mengklik serial monitor button, maka hasil pembacaan sensor di tampilkan di laptop dimana nilainya akan berganti tiap 2000 ms (2 detik) sekali.



Gambar 4.10 Serial monitor pembacaan sensor PIEZOELEKTRIK

Setelah dilakukan pengujian sensor dalam berbagai kondisi, nilai pembacaan sensor bervariasi sesuai dengan tekanan yang dihasilkan. Ketika dalam penekanan

sensor piezoelektrik sangat cepat maka tegangan yang dihasilkan akan semakin bertambah dan apabila dibiarkan maka tegangan akan semakin berkurang. Ketika tegangan yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik melebihi tegangan batteray maka secara otomatis akan mengecap. Dapat disimpulkan bahwa sensor PIEZOELEKTRIK dalam keadaan baik.

4.1.3.1 Tegangan Sensor PerUnit

Adapun beberapa gambar percobaan sensor piezoelektrik yang menunjukkan hasil dari keluaran tegangan dengan sekali tekan sebagai berikut :



Gambar 4.11 percobaan 1 keluaran 0,907 Volt



Gambar 4.12 Percobaan 2 keluaran 0,588 Volt



Gambar 4.13 Percobaan 3 keluaran 1,505 Volt

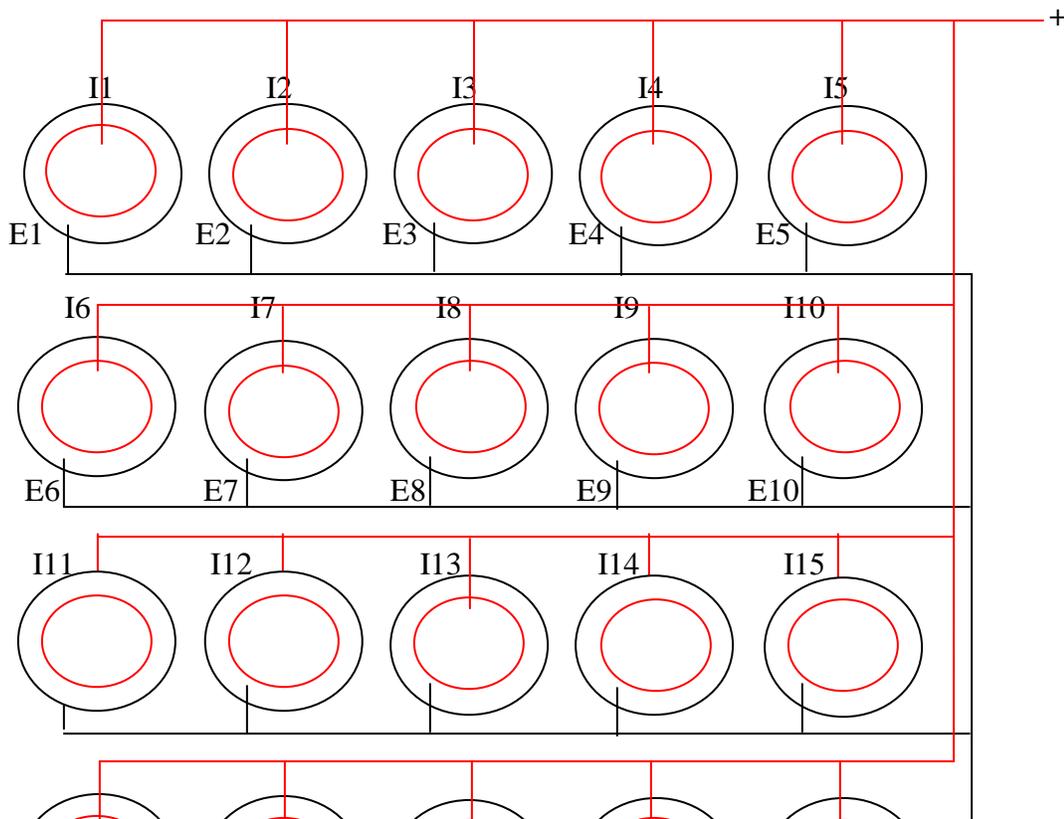
Dari percobaan 1 didapatkan hasil tegangan keluaran sebesar 0,907 Volt.

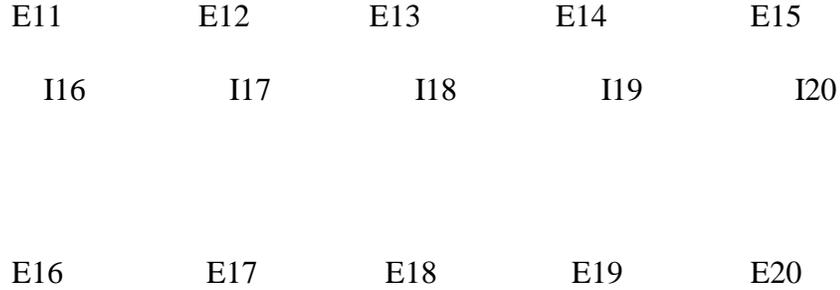
Dari percobaan 2 didapatkan hasil tegangan keluaran sebesar 0,588 Volt.

Dari percobaan 3 didapatkan hasil tegangan keluaran sebesar 1,505 Volt.

Dari hasil percobaan 1,2,3 dapat di simpulkan bahwa tegangan keluaran setiap percobaan berbeda-beda tergantung dari beban dan gaya tekanan yang di berikan pada sensor.

4.1.3.2 Rangkaian Paralel Sensor





Gambar 4.14 Rangkaian Paralel Sensor Piezoelektrik

Pada gambar diatas rangkaian paralel dapat di jelaskan bahwa jumlah total daya yang masuk suatu titik cabang adalah penjumlahan daya yang keluar tiap titik cabang tersebut. Sehingga di dapat persamaan sebagai berikut :

$$E_{total} = E1 + E2 + E3 + E4 + E5 + E6 + E7 + E8 + E9 + E10 + E11 + E12 + E13 + E14 + E15 + E16 + E17 + E18 + E19 + E20$$

$$I_{total} = I1 = I2 = I3 = I4 = I5 = I6 = I7 = I8 = I9 = I10 = I11 = I12 = I13 = I14 = I15 = I16 = I17 = I18 = I19 = I20$$

Keterangan

E = Daya (W)

I = Arus (A)

Pada gambar rangkaian paralel, diketahui jumlah total tegangan yang dihasilkan pada rangkaian paralel adalah penjumlahan tegangan yang dihasilkan tiap sensor piezoelektrik dan jumlah total arus adalah sama dengan arus yang dihasilkan tiap sensor piezoelektrik.

4.1.5 Pengujian Rangkaian Keseluruhan

Pengujian rangkaian keseluruhan berguna untuk mengetahui apakah semua rangkaian dan program yang dibuat sudah sinkron dan berjalan dengan baik atau belum. Perangkat input berupa sensor-sensor apakah dapat bekerja secara bersamaan dalam mengeluarkan tegangan dengan hasil yang akurat. Kemudian nilai-nilai hasil dari pengukuran sensor-sensor apakah dapat ditampilkan dengan baik pada LCD atau tidak.

Adapun peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

Software Arduino dan *script* rangkaian keseluruhan

Sensor PIEZOELEKTRIK

Rangkaian LED

LCD 20 x 4 karakter

Board arduino-uno

Kabel USB

Catu daya 12 vdc

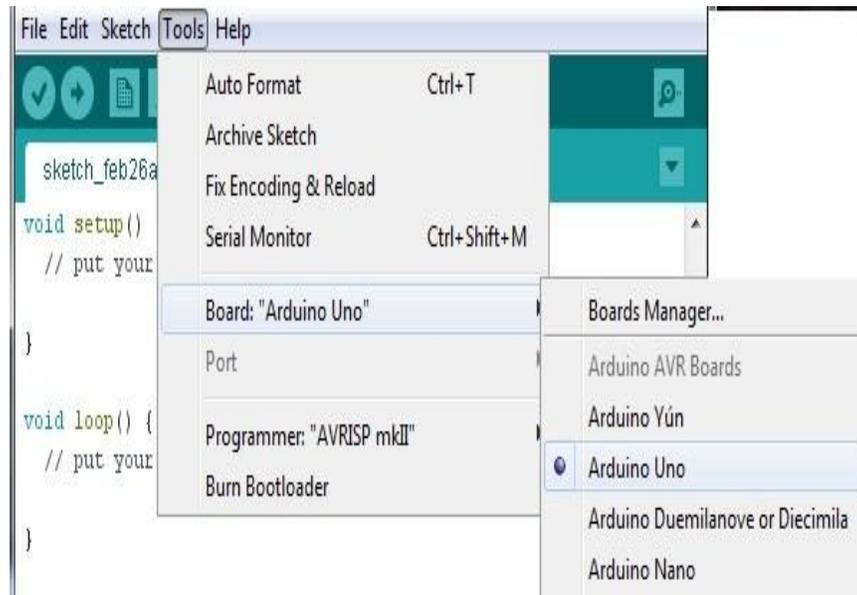
Rangkaian DC Regulator 5v

Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pengujian Sensor PIEZOELEKTRIK dan rangkaian LED adalah sebagai berikut:

Memasang rangkaian

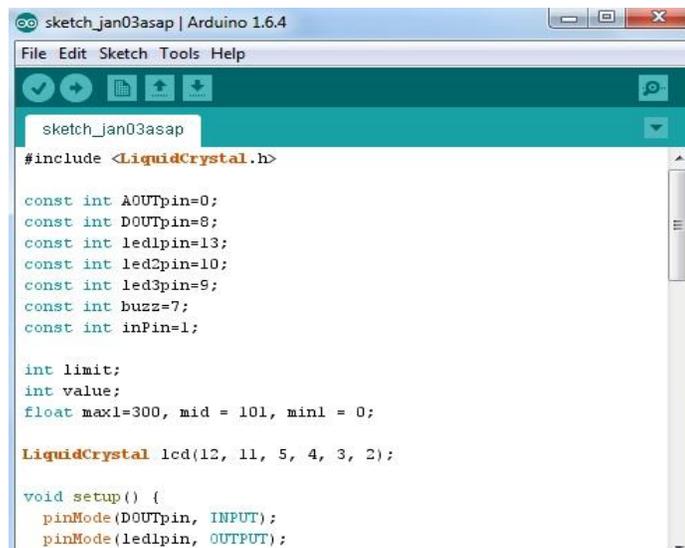
Membuka software Arduino 1.0.5

Memilih jenis *board* yang akan digunakan dengan cara klik *Tools à Board à ArduinoUno*



Gambar 4.15 Pemilihan jenis *board* Arduino

Melakukan pengetikan *script* pemrograman pada software Arduino



Gambar 4.16 Pengetikan *script* Pemrograman

Memverifikasi kebenaran pemrograman yang telah diketik

Mengupload pemrograman ke *board* arduino-uno melalui kabel USB

Menjalankan rangkaian keseluruhan.



Gambar 4.17 Pengujian rangkaian keseluruhan

Pengujian rangkaian keseluruhan dilakukan setelah semua komponen dihubungkan dan *script* pemrograman di upload ke *board* Arduino uno.

4.2 Pengujian Lapangan dan Analisa Data

Proses pengambilan data dilakukan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan metode perbandingan antara waktu tekanan dengan gaya tekanan. Pada percobaan 1 dilakukan penekanan menggunakan tangan dengan selang waktu 1-20 menit, pada percobaan 2 penekanan menggunakan kaki dengan selang waktu 1-20 menit.

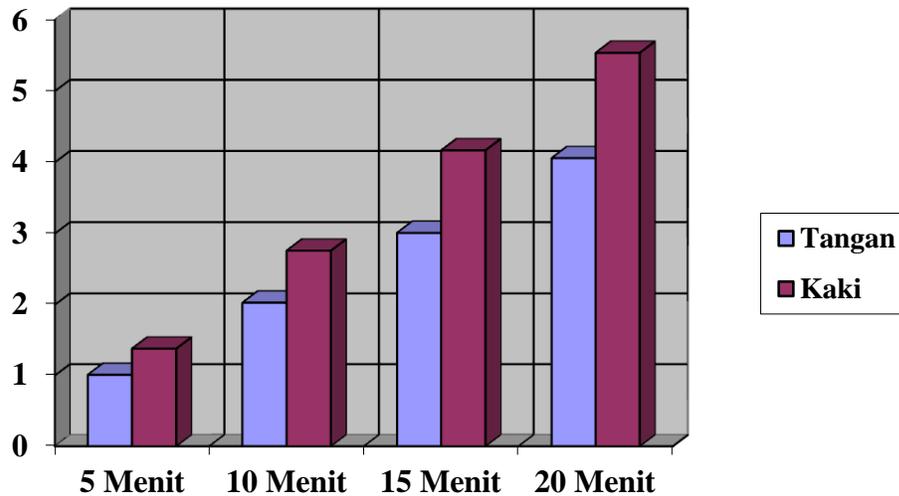
Data yang diperoleh dari hasil percobaan 1 dan percobaan 2 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Percobaan 1 Menggunakan Tangan

Waktu (Menit)	Jumlah Tekanan	<u>V Out Sensor Tekanan</u>	Tegangan Yang Dihasilkan
5	775	0,03 Volt	1,00 Volt
10	1554	0,03 Volt	2,03 Volt
15	2325	0,03 Volt	3,00 Volt
20	3213	0,03 Volt	4,06 Volt

Tabel 4.2 Data Percobaan 2 Menggunakan Kaki

Waktu (Menit)	Jumlah Tekanan	<u>V Out Sensor Tekanan</u>	Tegangan Yang Dihasilkan
5	763	0,03 Volt	1,38 Volt
10	1543	0,03 Volt	2,76 Volt
15	2312	0,03 Volt	4,17 Volt
20	3101	0.03 Volt	5,54 Volt



Gambar 4.18 Grafik Hasil Percobaan

Kesimpulan : Dari data hasil percobaan dengan menggunakan tangan dan kaki, dapat diketahui keluaran tegangan piezoelektrik tidak selalu konstan, disebabkan tekanan yang diberikan tidak memiliki kekuatan yang sama tiap tekanannya meski waktu sama pada saat pengujian, untuk tegangan mengalami peningkatan sesuai dengan waktu yang diberikan di tiap pengujiannya. Data yang didapat saat pengujian dengan menggunakan tangan untuk hasil tegangan keseluruhan adalah 4,06 Volt, sedangkan data yang didapat saat pengujian dengan menggunakan kaki untuk hasil tegangan keseluruhan adalah 5,54 Volt.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah direncanakan dan dirancang peralatan yang dibuat belum efisien dan tidak bisa dipakai secara luas, maka diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

Piezoelektrik digunakan sebagai penghasil tenaga listrik dalam skala kecil dan juga sebagai transduser. Piezoelektrik memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu salah satunya dapat membangkitkan daya sendiri karena prinsipnya sebagai penghasil energi yang memanfaatkan dari energi mekanik. Akan tetapi kekurangan yang dimiliki dari sensor piezoelektrik adalah bahan material yang mudah rusak serta tidak dapat beroperasi untuk aplikasi-aplikasi yang membutuhkan daya dengan skala besar.

Dari hasil percobaan, menunjukkan bahwa sensor piezoelektrik menghasilkan daya keluaran lebih besar menggunakan kaki dengan selang waktu 20 menit yaitu sebesar 5,54 Volt dari pada menggunakan tangan dengan selang waktu 20 menit yaitu sebesar 4,06 Volt.

5.2 Saran

Bila ada penelitian lanjutan, penulis berharap ada penyempurnaan perangkat dengan menambah kapasitas kapasitor menjadi lebih besar agar sumber energi yang dihasilkan lebih stabil dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

Atiek Prawira, "*TEH*" *Tik Energi Harvesting, Pemanen Energi Curah Hujan, Model Piezoelektrik Japit Buaya*. Program Studi Teknik Elektro Fak. Teknik Universitas Dian Nuswantoro, Semarang Jawa Tengah.

Didik R.Santoso. "*Pengukuran Stres Mekanik Berbasis Sensor Piezoelektrik*". Andi, Yogyakarta.

International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol. 3, No. 6, December 2013, pp 857-862. *Application of Piezoelectric Materials in Smart Roads and MEMS, PMPG Power Generation with Transverse Mode Thin Film PZT*. Dept of Electronics Engineering, Mehran University of Engineering and Technology, Jamboro, Pakistan.

Kiran Boby, Aleena Paul K, Anumol.C.V, Josnie Ann Thomas, Nimisha K.K *Footstep Power Generation Using Piezo Electric Transducers*. Dept of EEE, MACE, Kothamangalam.

Kadir A (2012). "*Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrograman Menggunakan Arduino*". Andi, Yogyakarta.

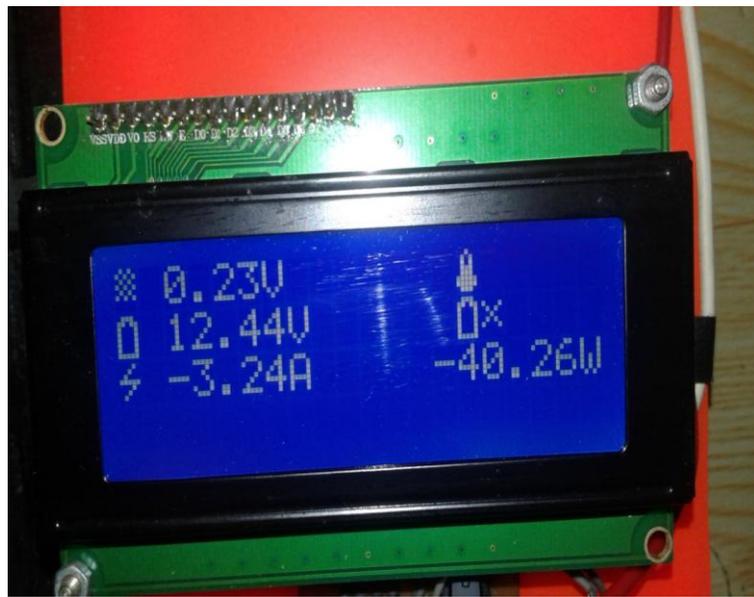
Riza Maulana. "*Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik Sebagai Penghasil Sumber Energi Pada Sepatu*". Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

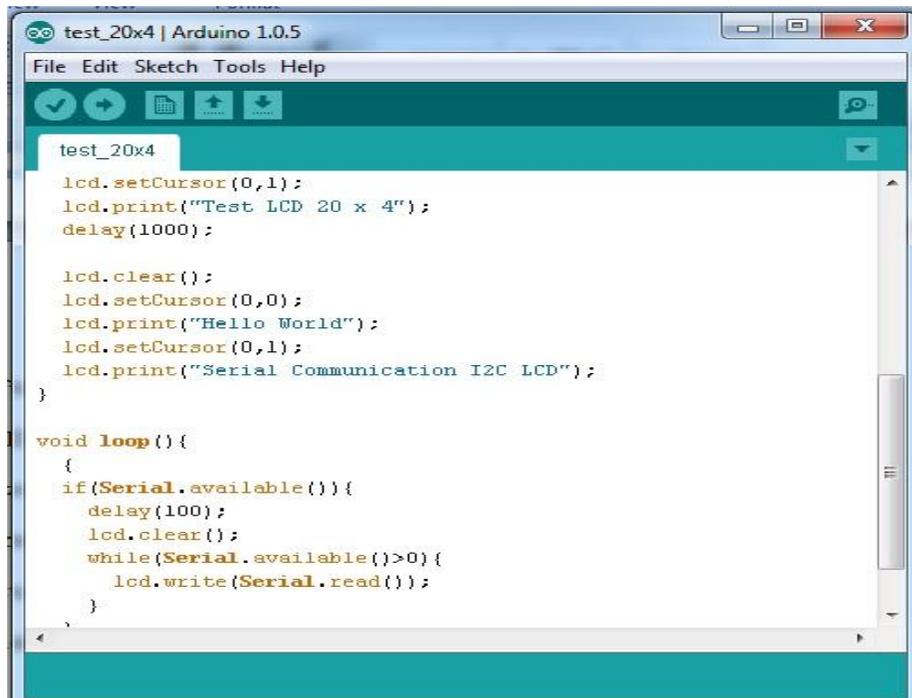
Syam Rafiuddin, Phd. "*Dasar-Dasar Teknik Sensor*". Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Susilo Deddy, Firmansyah Eka, Litasari. *Sistem Pemanen Energi dengan Transduser Piezoelektrik untuk Perangkat Daya Rendah*. Fakultas Elektronika dan Komputer UKSW, Salatiga, Jawa Tengah.

T.I Jordan, Z Ounaies. *Piezoelectric Ceramics Characterization*. National Aeronautics and Space Administration Langley Research Center Hampton, Virginia.



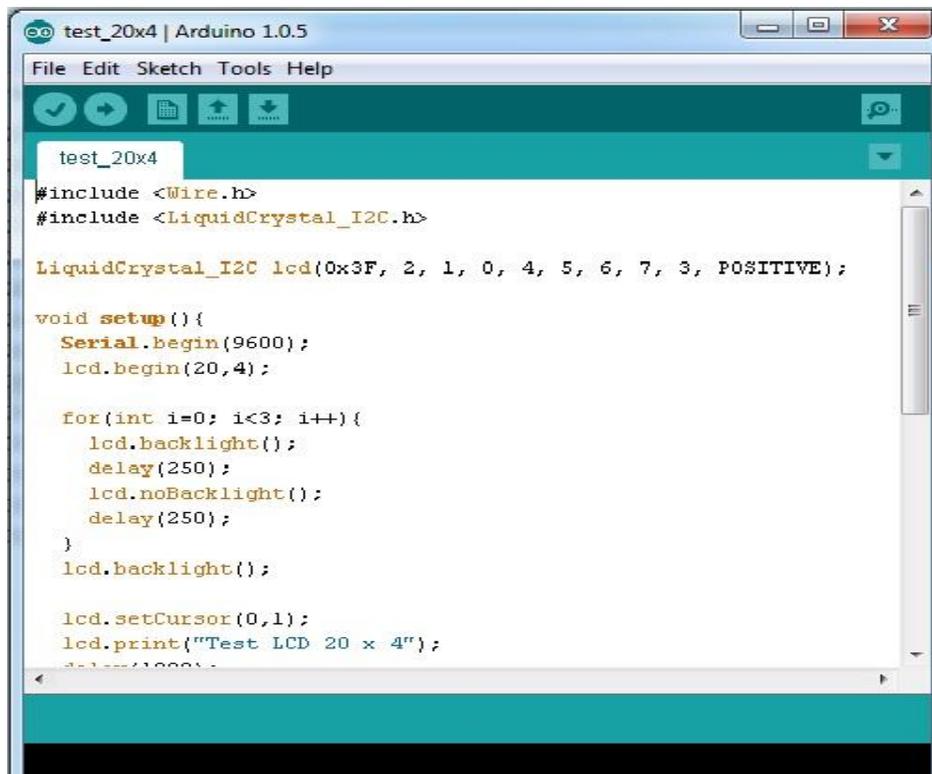




```
test_20x4 | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help
test_20x4
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Test LCD 20 x 4");
delay(1000);

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Hello World");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Serial Communication I2C LCD");
}

void loop(){
{
if(Serial.available()){
delay(100);
lcd.clear();
while(Serial.available()>0){
lcd.write(Serial.read());
}
}
```



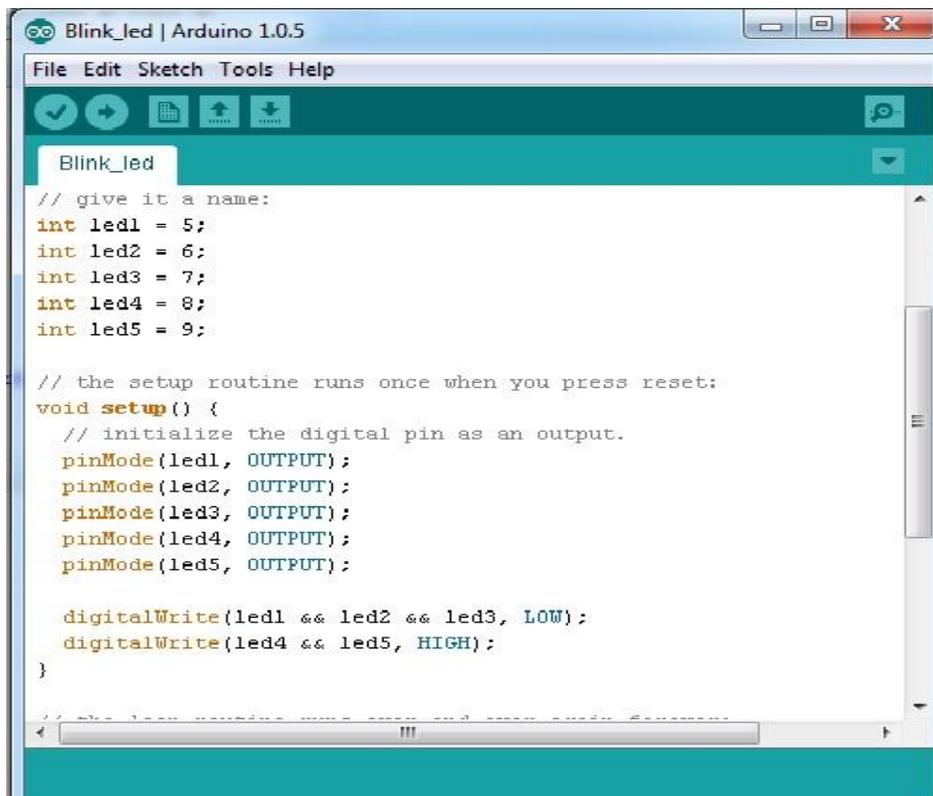
```
test_20x4 | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help
test_20x4
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);

void setup(){
Serial.begin(9600);
lcd.begin(20,4);

for(int i=0; i<3; i++){
lcd.backlight();
delay(250);
lcd.noBacklight();
delay(250);
}
lcd.backlight();

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Test LCD 20 x 4");
delay(1000);
}
```

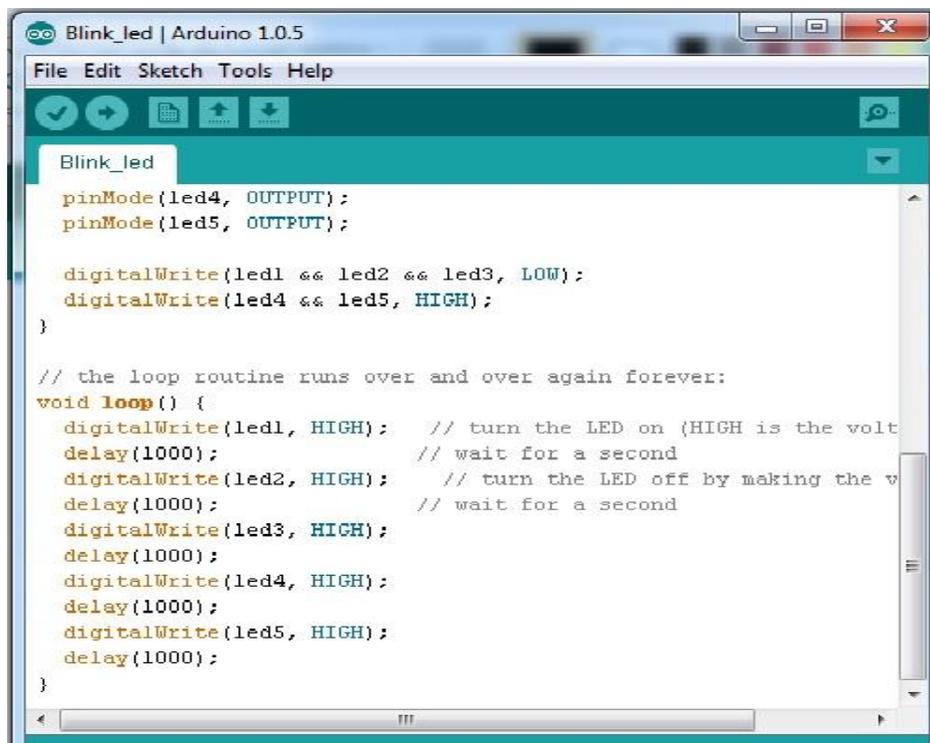


The screenshot shows the Arduino IDE window titled "Blink_led | Arduino 1.0.5". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with icons for saving, undo, redo, and uploading. The sketch name "Blink_led" is displayed in a teal header. The code in the editor is as follows:

```
// give it a name:
int led1 = 5;
int led2 = 6;
int led3 = 7;
int led4 = 8;
int led5 = 9;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led1, OUTPUT);
  pinMode(led2, OUTPUT);
  pinMode(led3, OUTPUT);
  pinMode(led4, OUTPUT);
  pinMode(led5, OUTPUT);

  digitalWrite(led1 && led2 && led3, LOW);
  digitalWrite(led4 && led5, HIGH);
}
```



The screenshot shows the same Arduino IDE window, but the code is scrolled down to the loop function. The code is as follows:

```
pinMode(led4, OUTPUT);
pinMode(led5, OUTPUT);

digitalWrite(led1 && led2 && led3, LOW);
digitalWrite(led4 && led5, HIGH);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  digitalWrite(led1, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the volt
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(led2, HIGH); // turn the LED off by making the v
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(led3, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(led4, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(led5, HIGH);
  delay(1000);
}
```