BAB II
TEORI PENUNJANG

2.1 Tegangan Listrik

Tegangan listrik adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik, dinyatakan dalam satuan Volt. Besaran ini mengukur energi potensial sebuah medan listrik untuk menyebabkan aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik.

Rumus tegangan dituliskan sebagai berikut:

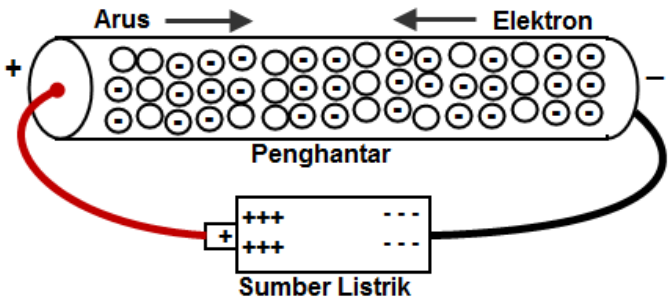
$$V = I \cdot R \qquad 2.1$$

Keterangan:

V : Tegangan (V)
I : Arus (A)
R : Hambatan (Ω)

2.2 Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya elektron (muatan listrik) yang mengalir melalui suatu titik dalam rangkaian listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan *Coulomb*/detik atau *Ampere*. Arus listrik mengalir dari kutub positif menuju kutub negatif, hal itu disebabkan karena kutub positif memiliki potensial lebih tinggi dibanding kutub negatif [1].



Gambar 2. 1 Proses Arus Listrik

Berikut rumus untuk menghitung arus:

$$I = \frac{V}{R} \qquad 2.2$$

Keterangan:

I : Arus (A)

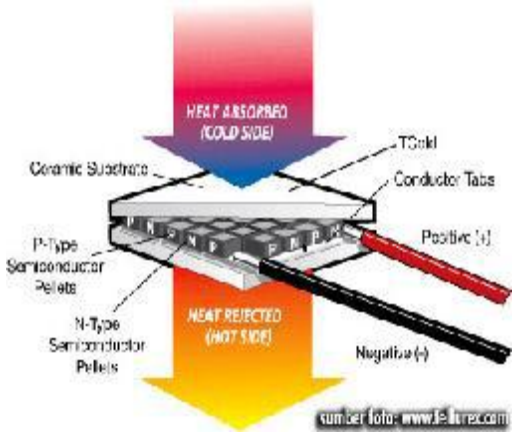
V : Tegangan (V)

R : Hambatan (Ω)

2.3 Perangkat Keras

2.3.1 Pendingin Termoelektrik

Prinsip kerja termoelektrik adalah berdasarkan efek Seebeck, yaitu ketika arus DC dialirkan keelemen Peltier yang terdiri dari beberapa pasang semikonduktor tipe p (yaitu semikonduktor yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah) dan tipe n (yaitu semikonduktor dengan tingkat energi yang lebih tinggi) akan menyebabkan salah satu sisi elemen Peltier menjadi dingin (kalor diserap) dan sisi lain menjadi panas (kalor dilepas) dan sebaliknya jika arah arus dibalik. Elektron yang mengalir dari semikonduktor tipe-p kesemikonduktor tipe-n menyebabkan sisi dingin elemen Peltier menjadi dingin [2].



Gambar 2. 2 Aliran Elektron Dari Tipe P Ke Tipe N

Penyerapan kalor dari lingkungan terjadi pada sisi dingin lalu dibuang pada sisi panas dari modul Peltier. Sehingga nilai kalor yang dilepaskan pada sisi panas akan sama dengan nilai kalor yang diserap ditambah dengan daya yang diberikan ke modul [2].

Sebagai pompa kalor, modul termoelektrik akan menyerap kalor dari salah satu sisinya dan dialirkan ke sisi lainnya. Pada pendingin termoelektrik hal ini

yang akan menjadi kunci untuk mencapai temperatur yang lebih rendah pada sisi dingin modul. Mengalirkan kalor dari sisi panas secara alami, tanpa bantuan alat tambahan bukanlah ide yang baik pada pendingin termoelektrik apabila ingin mendapatkan temperatur sisi dingin yang lebih rendah. ada beberapa alat yang digunakan untuk membantu mengalirkan kalor dari sisi panas modul yaitu *heatsink* dan *fun* (kipas) [2].

2.3.2 Elemen Peltier

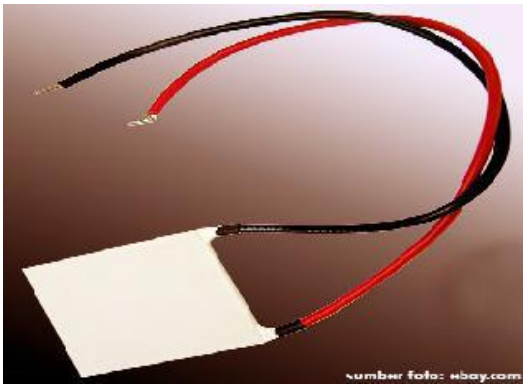
Elemen peltier atau pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*) adalah alat yang dapat menimbulkan perbedaan suhu antara kedua sisinya jika dialiri arus listrik searah pada kedua kutub materialnya, dalam hal ini semikonduktor. Keramik Peltier atau lebih dikenal dengan lempengan Peltier adalah lempengan berbahan dasar keramik yang memiliki fungsi sangat unik [2].

Peltier ini adalah modul *Thermo-Electric*, umumnya dibungkus oleh keramik tipis yang berisikan batang-batang Bismuth Telluride. Ketika disuplai tegangan DC 12 V – 15 V salah satu sisi akan menjadi panas dan sisi lainnya menjadi dingin [2]. Peltier memiliki 2 bagian yang berbeda, yakni :

1. *Cool Side (Heat Absorbed)* yang bekerja menyerap kalor (panas) sehingga bagian ini merupakan lempengan yang dingin.
2. *Hot Side (Heat Released)* yang bekerja melepas kalor (panas) sehingga bagian ini merupakan lempengan panas.

Pendingin thermoelektrik merupaakan *solid state technology* yang bisa menjadi alternatif teknologi pendingin selain sistem *vapor compression* yang masih memanfaatkan *refrijeran*. Dibandingakn dengan teknologi kompresi uap yang menggunakan uap sebagai media penyerap kalor, teknologi pendingin termoelektrik relatif lebih ramah lingkungan, tahan lama dan dapat digunakan dalam skala besar dan kecil [2].

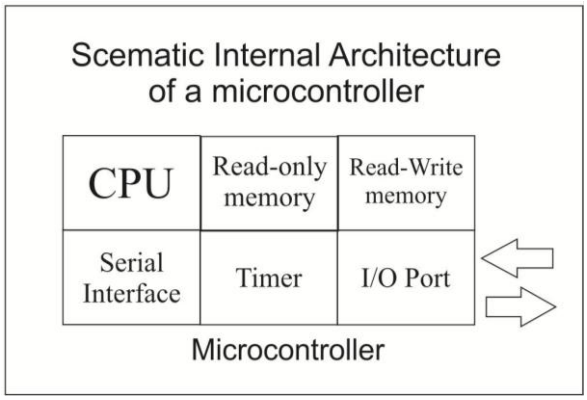
Perbedaan suhu antara kedua bagian adalah sekitar 30 derajat celcius. Sehingga apabila bagian *Hot Side* bersuhu 45 derajat C maka *Cool Side* akan bersuhu sekitar 15 derajat jadi semakin dingin *Hot Side* maka *Cold Side* akan semakin dingin pula dan bisa sampai dibawah 0 derajat celcius [2]. Peltier ditunjukan pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Peltier

2.3.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu komputer fungsional dalam sebuah *integrated circuit* yang berfungsi untuk membaca data, melakukan kalkulasi serta kendali dengan program yang dapat ditulis dan dihapus dengan intruksi tertentu. Mikrokontroler tersedia dalam beberapa pilihan, tergantung dari keperluan dan kemampuan yang diinginkan. Kapasitas penyimpanan memori dalam mikrokontroler yang tersedia dipasaranan antara lain 4 bit, 8 bit, 16 bit dan 32 bit [1]. Contoh arsitektur mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Arsitektur Umum Mikrokontroler

Mikrokontroler ATmega merupakan salah satu mikrokontroler keluaran perusahaan ATMEL yang menggunakan beberapa bahasa pemrograman contohnya Basic, C, dan assembler. Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur RISC sehingga tiap instruksi hanya membutuhkan waktu 1 *clock* [1].

2.3.4 Arduino uno

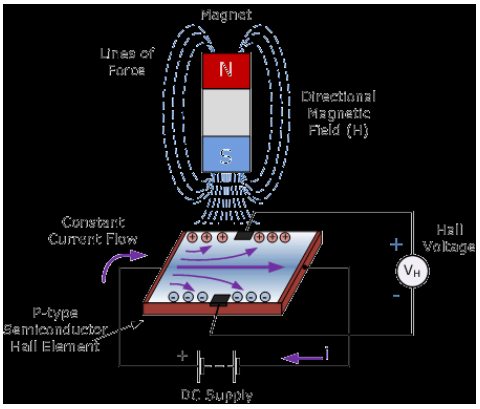
Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarenya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Saat ini Arduino sangat populer di seluruh dunia. Banyak pemula yang belajar mengenal robotika dan elektronika lewat Arduino karena mudah dipelajari. Tapi tidak hanya pemula, para *hobbyist* atau *profesional* pun mengembangkan aplikasi elektronik menggunakan Arduino. Bahasa yang dipakai dalam Arduino assembler yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka *(libraries)* Arduino [3]. Arduino uno dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Arduino Uno

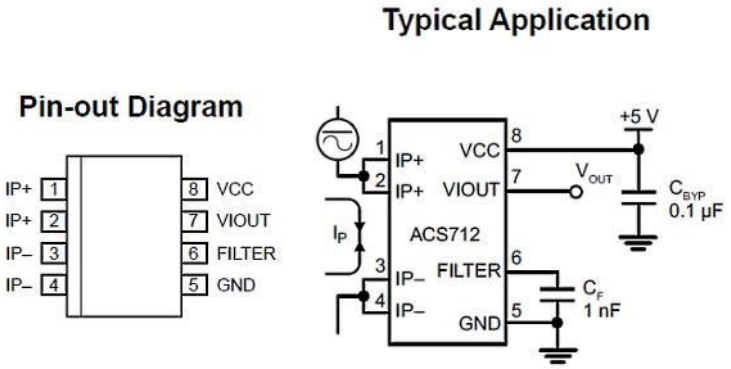
2.3.5 Sensor Arus

Sensor arus digunakan untuk mengukur besar arus yang dihasilkan oleh generator termoelektrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator termoelektrik akan dibaca secara analog oleh sensor arus, kemudian mikrokontroler akan membaca data analog tersebut dan mengkonversikan dalam data digital, lalu data digital tersebut akan ditampilkan pada LCD [1]. Prinsip *hall effect* dapat dilhat pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Prinsip Hall Effect

Sensor Efek Hall dirancang untuk merasakan adanya objek magnetis dengan perubahan posisinya. Perubahan medan magnet yang terus menerus menyebabkan timbulnya pulsa yang kemudian dapat ditentukan frekuensinya. Sensor *Hall Effect* digunakan untuk mendeteksi kedekatan *(proximity)*, kehadiran atau ketidakhadiran suatu objek magnetis yang menggunakan suatu jarak kritis [1]. Skema IC acs712 dapat dilihat pada gambar 2.7.



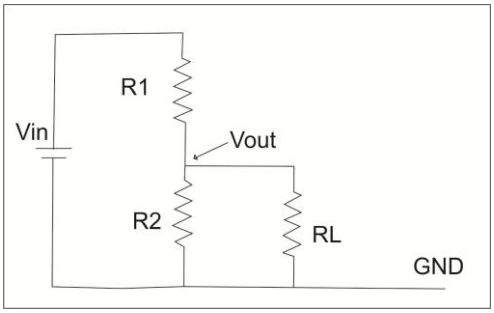
Gambar 2. 7 Skema IC Acs712

Pada dasarnya ada dua tipe sensor *Half-Effect* yaitu tipe linear dan tipe on-off. Tipe linear digunakan untuk mengukur medan magnet secara linear, mengukur arus DC dan AC pada konduktor dan funsi-fungsi lainnya. Sedangkan tipe on-off digunakan sebagai limit *switch*, sensor keberadaan (*presence sensors*), dsb. Sensor ini memberikan logika output sebagai interface gerbang logika secara langsung atau mengendalikan beban dengan *buffer amplifier* [1].

2.3.6 Sensor Tegangan

Sensor tegangan digunakan untuk mengukur besar tegangan yang dihasilkan oleh generator termoelektrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator termoelektrik akan dibaca secara analog oleh sensor tegangan, kemudian mikrokontroler akan membaca data analog tersebut dan mengkonversikan dalam data digital, sehingga data digital tersebut dapat ditampilkan pada LCD. Konsep dari sensor tegangan ini menggunakan sensor pembagi tegangan, sehingga besarnya tegangan dapat dibatasi dan dibaca oleh analog mikrokontroler [1].

Sensor tegangan menggunakan beberapa resistor sebagai pembagi tegangan dan satu resistor sebagai beban untuk penstabil nilai tegangan keluaran [1]. Skema pembagi tegangan dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Skema Pembagi Tegangan

Menggunakan rumus:

$$V_{out} = \frac{R2}{R1+R2} \cdot \text{Vin} \qquad 2.3$$

Jika dilakukan perhitungan dengan nilai yang ada, maka di dapat *Vout* = 5v, nilai ini dapat diterima oleh port analog mikrokontroler. Pembagi tegangan adalah rangkaian linear pasif yang menghasilkan tegangan output (Vout) yang merupakan sebagian kecil dari tegangan input (Vin) [1].

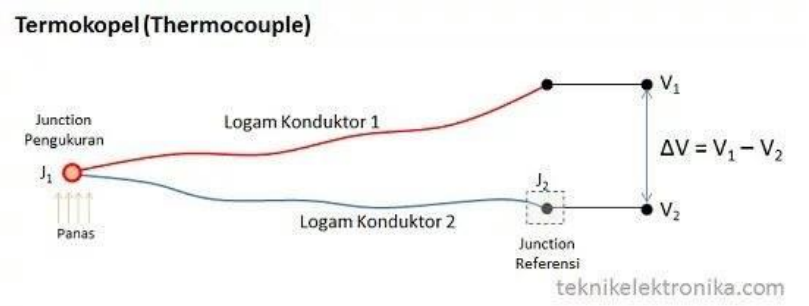
Pembagian tegangan adalah hasil dari penyebaran tegangan input antara komponen pembagi. Sebuah contoh sederhana dari pembagi tegangan dua resistor

dihubungkan secara seri, dengan tegangan input diterapkan di pasangan resistor dan tegangan output yang muncul dari hubungan antara dua resistor [1].

2.3.7 Sensor Termokopel Type-K

Termokopel (*Thermocouple*) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek "*Thermo-electric*". Efek *Thermo-electric* pada Termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama Thomas Johann Seebeck pada Tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan Tegangan listrik diantara dua persimpangan (*junction*) ini dinamakan dengan Efek "Seeback" [3].

Prinsip kerja Termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya Termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada Termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas[3]. Untuk lebih jelas mengenai Prinsip Kerja Termokopel dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Prinsip Kerja Termokopel

Berdasarkan Gambar 2.9, ketika kedua persimpangan atau *Junction* memiliki suhu yang sama, maka beda potensial atau tegangan listrik yang melalui dua persimpangan tersebut adalah "NOL" atau V1 = V2. Akan tetapi, ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau

dihubungkan ke obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara dua persimpangan tersebut yang kemudian menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau V1 – V2. Tegangan Listrik yang ditimbulkan ini pada umumnya sekitar 1 µV – 70 µV pada tiap derajat Celcius. Tegangan tersebut kemudian dikonversikan sesuai dengan Tabel referensi yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan pengukuran yang dapat dimengerti[3].

Sebenernya termokopel ini ada beberapa jenis, tetapi penulis menggunakan termokopel tipe K karena suhu pembakaran melebihi 200^0 C. Sedangkan jika menggunakan sensor suhu IC LM35 contohnya, hanya memiliki jangkauan oprasi suhu antara -55^0 C sampai 150^0 C tidak akan cukup untuk mengukur pembakaran sampah yang suhunya $\pm 200^0$ C . Selain itu karena bentuk dari sensor termokopel tipe k cocok untuk digunakan pada alat yang dibuat oleh penulis. Spesifikasi termokopel tipe k dengan bahan logam konduktor positif yaitu nickel-chromium dan bahan logam konduktor negatif yaitu nickel-aluminium serta rentang suhunya antara -200˚C sampai 1250˚C sensor termokopel tipe – K dapat dilihat pada gambar 2.10 [3].

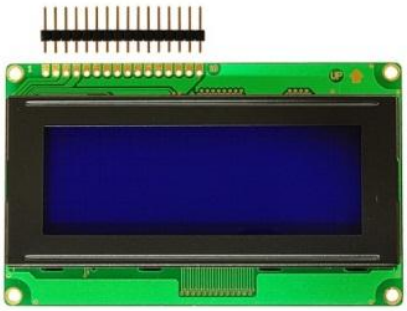


Gambar 2. 10 Termokopel Tipe-K

2.3.8 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Dipasaran tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya. LCD mempunyai pin data, kontrol catu daya, dan pengatur kontras tampilan. LCD juga merupakan perangkat display yang

paling umum dipasangkan di Mikrokontroller, Mengingat ukurannya yang kecil dan kemampuannya menampilkan karakter atau grafik yang lebih dibandingkan display *seven segment*. Pada pengembangan sistem *embedded*, LCD mutlak diperlukan sebagai sumber pemberi informasi utama [4].



Gambar 2. 11 LCD 20x4

Pada gambar 2.11 adalah modul LCD 20x4 karakter yang digunakan pada alat ini. Dengan mikrokontroler dapat mengendalikan suatu peralatan agar dapat bekerja secara otomatis. Untuk mengakses LCD 20x4 harus melakukan konfigurasi pin dari LCD dengan pin I/O mikrokontroler tersebut [4]. Deskripsi pin pada LCD dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Deskripi Pin LCD [4]

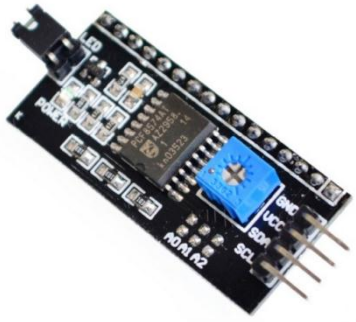
No	***Symbol***	***Function***
1	Vss	*GND pin, 0v*
2	Vdd	*Positive power pin, +5v*
3	Vo	LCD *drive voltage input pin*
4	Rs	Data/*Intruction select input pin*
5	R/W	Read/*Write select input pin*
6	E	*Enable input pin*
7-14	D0-D7	*Data bus line*
15	Led A	*LED power supplay*
16	Led K	*LED power supplay*

2.3.9 Modul I2C

I2C LCD adalah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*). Normalnya, modul LCD dikendalikan secara parallel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. Namun, jalur parallel akan memakan banyak pin di sisi

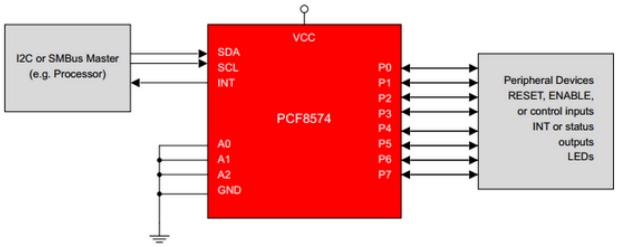
controller (misal Arduino, Andoid, computer, dll). Setidaknya membutuhkan 6 atau 7 pin untuk mengendalikan modul LCD. Dengan demikian untuk sebuah *controller* yang sibuk dan harus mengendalikan banyak I/O, menggunakan jalur parallel adalah solusi yang kurang tepat [5].

Sebagai contoh, sebuah arduino memiliki pin digital sebanyak 13 buah. Jika digunakan separuhnya untuk mengendalikan LCD berarti hanyak punya alternatif sekitar 6 atau 7 pin untuk mengendalikan perangkat lain, misalnya motor DC, sensor cahaya, keypad, dan I/O *devices* lainnya. Dengan mengubah jalur kendali LCD dari parallel ke serial (I2C) menggunakan modul I2C *converter*, sehingga hanya membutuhkan 2 jalur pin digital dan satu pin VCC, satu pin GND untuk menghubungkan ke Arduino [5]. Tampilan modul I2C ditunjukan pada gambar 2.12.



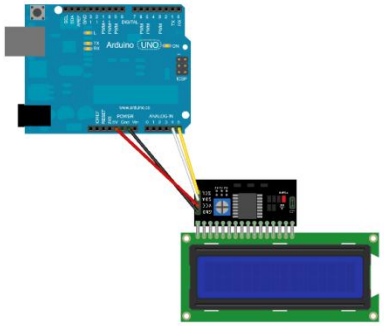
Gambar 2. 12 Modul I2C

Modul I2C *converter* ini menggunakan chip IC PCF8574 produk dari NXP sebagai kontrolernya. IC ini adalah sebuah 8 bit I/O *expander for* I2C *bus* yang pada dasarnya adalah *shift register* [5]. Untuk alur komunikasi datanya, ditunjukan pada gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Alur Komunikasi Data I2C

Sedangkan *wiring* kabel antara Arduino, modul *converter* I2C dan modul LCD ditunjukan pada gambar 2.14.



Gambar 2. 14 *Wiring* Kabel Antara Arduino, Modul *Converter* I2C Dan Modul LCD

2.3.10 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah suatu bahan yang berupa karbon *amorf*, yang sebagian besar terdiri atas karbon bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*) sehingga mempunyai kemampuan daya serap yang baik. Daya serap dari karbon aktif umumnya bergantung kepada jumlah senyawaan karbon yang berkisar antara 85% sampai 95% karbon bebas [6].



Gambar 2. 15 Karbon Aktif

Berdasarkan hasil penelitian Ponten M. Naibaho (1991), tempurung kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif melalui proses karbonisasi menggunakan alat destilasi kering. Proses karbonisasi pada

suhu 550°C selama 3 jam menghasilkan karbon aktif dengan rendemen 29%, sedangkan kadar abu masih tinggi [6].

Tharapong Vitidsant (1999) melakukan penelitian untuk memproduksi karbon aktif dari tempurung kelapa sawit dengan satu langkah pirolisis dan aktivasi menggunakan *steam*. Luas permukaan dan kapasitas adsorpsi maksimum karbon aktif diperoleh dengan menggunakan 200 g tempurung kelapa sawit ukuran 1,18-2,36 mm pada suhu 7500°C dan waktu pirolisis 3 jam serta laju alir udara 30 menit (0,72 ml/min) sebelum aktivasi *steam*. Produk akhir diperoleh hasil 12,18% dengan karakteristik sebagai berikut: densitas 0,54048 g/cm^3, kadar abu 7,54%, *iodine number* 766,99 mg/g, *methylene blue number* 189,20 mg/g dan luas permukaan BET 669,75 m^2/g [6].

Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari tempurung kelapa sawit memiliki peluang yang cukup besar dengan rendemen berkisar 18 29%, dan penelitian lanjutan diharapkan dapat menyempurnakan kualitas karbon aktif yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pasar [6].

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 06-3730-1995 persyaratan karbon aktif adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Syarat Mutu Arang Aktif Teknis (SNI) No. 06-3730-1995 [6]

No	Maksud/Tujuan	Pemakaian
I. Untuk Gas		
1	Pemurnian Gas	Desulfurisasi, menghilangkan gas beracun, bau busuk, asap, menyerap racun.
2	Pengolahan LNG	Desulfurisasi dan penyaringan berbagai bahan mentah dan reaksi gas
3	Katalisator	Reaksi katalisator atau pengangkut vinil klorida, dan vinil acetat
4	Lain-lain	Menghilangkan bau dalam kamar pendingin dan mobil
II. Untuk Zat Cair		
1	Industri obat dan makanan	Menyaring dan menghilangkan warna, bau, rasa yang tidak enak pada makanan
2	Minuman ringan, minuman keras	Menghilangkan warna, bau pada arak/minuman keras dan minuman ringan
3	Perminyakan	Penyulingan bahan mentah, zat perantara
4	Pembersih air	Menyaring/menghilangkan bau, warna, zat pencemar dalam air, sebagai pelindung dan penukaran resin dalam alat/penyulingan air
5	Pembersih air buangan	Mengatur dan membersihkan air buangan dari pencemar, warna, bau, logam berart

Tabel 2.2 Syarat Mutu Arang Aktif Teknis (SNI) No. 06-3730-1995 (Lanjutan) [6]

No	Maksud/Tujuan	Pemakaian
6	Penambakan udang dan benur	Pemurnian, menghilangkan bau dan warna
7	Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut, sisa metanol, etil asetat dan lain-lain
III. Lain-lain		
1	Pengolahan pulp	Pemurnian, menghilangkan bau
2	Pengolahan pupuk	Pemurnian
3	Pengolahan emas	Pemurnian
4	Penyaringan minyak makan dan glukosa	Menghilangkan bau, warna, dan rasa tidak enak

Saat ini, karbon aktif telah digunakan secara luas dalam industri kimia, makanan/minuman dan farmasi. Pada umumnya karbon aktif digunakan sebagai bahan penyerap, dan penjernih. Dalam jumlah kecil digunakan juga sebagai katalisator. Karbon aktif merupakan produk yang banyak dipakai di dalam negeri, hampir 70% produk karbon aktif digunakan untuk pemurnian dalam sector industri gula, minyak kelapa, farmasi dan kimia. Selain itu juga banyak digunakan untuk proses penjernihan air dan industri lain [6].

2.4 Perangkat Lunak

Arduino editor atau arduino *sketch* versi 1.0.6 adalah perangkat lunak yang digunakan dalam merancang program atau algoritma yang di *upload* pada mikrokontroler. Arduino *sketch* menggunakan bahasa C, tetapi dalam pemrograman *chip* selalu ada tambahan yang diberikan oleh *vendor chip* tersebut, arduino mengggunakan *chip* AVR [1].

Bahasa C adalah pemrograman *case sensitive*, artinya penulisan hurup besar dan kecil akan diartikan berbeda. Arduino *sketch* dilengkapi dengan serial monitor atau terminal yang dapat digunakan untuk menerima data dari mikrokontroler melalui *port* serial [1].