

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen) atau respirasi dalam lingkungan anaerobik tanpa akseptor elektron eksternal. Proses fermentasi pada biji kakao bertujuan untuk mengurangi rasa pahit dan sepat di dalam biji kakao, meningkatkan aroma kakao dan kacang (*nutty*), mencoklat-hitamkan warna biji, mengeraskan kulit biji, menghasilkan prekursor cita rasa sehingga membentuk cita rasa coklat (Adiarti, 2013), dan menghasilkan biji yang tahan terhadap hama dan jamur. Ada beberapa teknik fermentasi pada biji kakao antara lain:

2.1.1 Fermentasi dalam tumpukan

Metode fermentasi dalam tumpukan dilakukan dengan cara menimbun atau menumpuk biji kakao segar di atas daun pisang hingga membentuk kerucut. Permukaan atas tumpukan biji ditutup dengan daun pisang atau karung goni atau penutup lainnya yang memungkinkan udara masuk. Penutupan berfungsi untuk mencegah pembuangan panas yang terlalu besar. Pada metode ini, dianjurkan untuk melakukan fermentasi selama 6 hari dengan pengadukan sebanyak dua kali. Keuntungan metode fermentasi dalam tumpukan adalah penggunaannya yang sederhana dan tidak membutuhkan wadah khusus sehingga mudah dilakukan oleh petani. Namun, karena dilakukan hanya di atas daun pisang, fermentasi harus dilakukan di tempat teduh dan terlindung dari hujan dan cahaya matahari langsung serta perlu dijaga dari kemungkinan biji menjadi kotor oleh tanah. (Purwanto, 2014). Fermentasi pada tumpukan ditunjukkan pada Gambar 2.1.







Gambar 2.1 Fermentasi dalam tumpukan

Sumber: Purwanto, 2014

2.1.2 Fermentasi dengan kotak/peti fermentasi

- Biji kakao dimasukkan dalam kotak terbuat dari lembaran papan yang berukuran panjang 60 cm dengan tinggi 40 cm (kotak dapat menampung $\pm$ 100 kg biji kakao basah) setelah itu kotak ditutup dengan karung goni/daun pisang.
- Pada hari ke 3 (setelah 48 jam) dilakukan pembalikan agar fermentasi biji merata.
- Pada hari ke 6 biji-biji kakao dikeluarkan dari kotak fermentasi dan siap untuk dijemur.

Fermentasi pada kota/peti kayu ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Peti kayu dan susunan peti fermentasi

Sumber: teknologi-pertanian.com, 2014

2.1.3 Fermentasi menggunakan keranjang bambu

- Keranjang bambu terlebih dahulu dibersihkan dan dialasi dengan daun pisang baru kemudian biji kakao dimasukan (keranjang dapat menampung $\pm$ 50 kg biji kakao basah)
- Setelah biji kakao dimasukan keranjang ditutup dengan daun pisang.
- Pada hari ke 3 dilakukan pembalikan biji dan pada hari ke 6 biji-biji dikeluarkan untuk siap dijemur.

Fermentasi menggunakan keranjang bambu ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Keranjang bambu fermentasi

Sumber: *Cocoa Processing Methods for the Production of High Quality Cocoa in Vietnam*, 2014:5

Klasifikasi hasil fermentasi biji kakao berdasarkan lamanya fermentasi ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Biji kakao

Sumber: Purwanto, 2014

Biji yang tidak terfermentasi ditandai dengan ciri-ciri bertekstur pejal, berwarna slatty (keabu-abuan), tidak memiliki rasa khas coklat yang didominasi rasa sepat dan

pahit. Biji semacam ini hanya dapat dikelompokkan menjadi mutu terendah, yaitu mutu 3 menurut SNI Biji Kakao (SNI 01-2323-2002). Biji Kakao yang kurang fermentasi ditandai dengan ciri-ciri berwarna ungu, bertekstur pejal, didominasi oleh rasa pahit dan sepat, serta sedikit cita rasa coklat. Biji kakao yang difermentasi dengan baik akan bertekstur agak remah atau mudah pecah, warna keping biji coklat sampai coklat dengan sedikit warna ungu, citarasa pahit dan sepat tidak dominan, dan tentunya berkualitas baik. Sedangkan biji kakao yang kelebihan fermentasi akan sangat mudah pecah, berwarna keping coklat sampai coklat tua, kurang memiliki rasa pahit dan sepat, cita rasa coklat kurang (apek; *hammy*; dan *mouldy*), serta serat permukaan bijinya banyak ditumbuhi jamur (Purwanto, 2014). Beberapa tanda yang dapat digunakan untuk menentukan bahwa fermentasi telah selesai adalah: Biji tampak agak kering (lembab), berwarna coklat dan berbau asam cuka; lendir mudah dilepaskan; dan bila dipotong melintang, penampang biji tampak seperti cincin berwarna coklat.

Standar mutu ditentukan sebagai tolok ukur untuk pengawasan pengendalian mutu. Setiap bagian biji kakao yang akan diekspor harus memenuhi persyaratan standar mutu tersebut yang diawasi oleh lembaga pengawasan terkait yang ditunjuk. Standar mutu biji kakao Indonesia diatur dalam Standar Nasional Indonesia Biji Kakao (SNI 01 – 2323 – 1991). Standar SNI ini meliputi definisi, klasifikasi, syarat mutu, cara pengambilan contoh, cara uji, syarat penandaan (*labelling*), cara pengemasan dan rekomendasi. Berikut ini adalah tabel Mutu biji kakao berdasarkan ukuran biji kakao, ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Mutu biji kakao berdasarkan ukuran biji kakao

Ukuran	Jumlah biji/100 gram
AA	Maks 85
A	Maks 100
B	Maks 110
C	Maks 120
S	>120

Sumber: SNI 01 – 2323 – 1991

Food and Drugs Administration (FDA) dari USA memprakarsai menyusun standar mutu kakao internasional dengan mengadakan pertemuan antara produsen dan konsumen beberapa kali pada tahun 1969 di Paris. Pertemuan tersebut menyepakati ditetapkan

Standar Kakao Internasional. Standar ini sedikit banyaknya telah diadopsi oleh hampir semua negara penghasil kakao di dunia terutama yang mengekspor biji kakao ke Amerika. Secara umum persyaratan yang tercantum dalam standar mutu kakao Indonesia sudah sesuai dengan yang ditentukan dalam Standar Mutu Kakao International. Beberapa batasan umum yang menggolongkan biji kakao yang layak untuk diperdagangkan di pasaran internasional (*Cocoa merchantable quality*) adalah sebagai berikut:

- a. Biji kakao harus difermentasi, kering (kadar air 7 %) , bebas dari biji *smoky*, bebas dari bau yang tidak normal dan bau asing dan bebas dari bukti-bukti pemalsuan.
- b. Biji kakao harus bebas dari serangga hidup
- c. Biji kakao dalam satu parti (kemasan) harus mempunyai ukuran seragam, bebas dari biji pecah, pecahan biji dan pecahan kulit, dan bebas dari benda-benda asing.

Fermentasi biji kakao akan menumbuhkan cita rasa, aroma dan warna, karena selama fermentasi terjadi perubahan fisik, kimiawi, dan biologi di dalam biji kakao. Proses fermentasi biji kakao akan melalui tiga tahap utama, tahap pertama yaitu perkembangan khamir (ragi) dimana dalam proses ini kandungan gula yang terdapat pada daging buah diubah oleh mikroorganisme menjadi alkohol. Tahap kedua, bakteri laktat atau asam mulai terbentuk, pada proses ini alkohol dan organisme yang lain berubah menjadi asam karena bakteri laktat dan tahap ketiga keasaman dan bakteri laktat menjadi sempurna. Ketika seluruh alkohol telah berubah menjadi asam asetat, maka berakhirilah proses fermentasi pada biji kakao. Salah satu tanda berakhirnya proses fermentasi adalah saat biji kakao berubah warna menjadi kecoklatan yang khas.

Pada permulaan proses fermentasi tumpukan biji mengandung kadar gula yang tinggi, pH dan oksigen rendah sehingga merupakan media yang cocok bagi pertumbuhan ragi. Beberapa mikroorganisme berperan aktif selama proses fermentasi, terutama proses pemecahan gula menjadi alkohol dan perubahan alkohol menjadi asam asetat. Selama tahap awal fermentasi kakao, aktivitas ragi sangat kuat dan lebih dari 90% total mikroorganisme yang terdapat pada tahap ini adalah ragi (Nasution dkk, 1985).

Peran mikroorganisme dalam fermentasi kakao adalah untuk memecah gula menjadi alkohol yang selanjutnya dikonversi menjadi asam asetat. Pada awal fermentasi, mikroorganisme yang dominan pertumbuhannya adalah yeast yang memecah sukrosa, glukosa dan fruktosa menjadi etanol. Aktivitas lainnya adalah pemecahan pektin dan metabolisme asam organik. Aktivitas selanjutnya oleh beberapa bakteri, yaitu bakteri asam laktat maupun asam asetat. Aktivitas bakteri ini adalah mengkonversi etanol

menjadi asam, asam asetat serta asam organik lainnya seperti sitrat dan malat. Reaksi pemecahan etanol menjadi asam laktat dan asetat ini merupakan reaksi eksotermis (mengeluarkan energi panas), sehingga reaksinya dapat meningkatkan temperatur sampai 50 °C atau bahkan lebih dari 50 °C (Irfan, 2013).

Faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan fermentasi ,yaitu:

A. Lama Fermentasi

Lama fermentasi dan perendaman dapat mempengaruhi kadar asam lemak bebas, bilangan peroksida dan titik cair lemak kakao. Kadar lemak pada biji kakao dan bilangan iod hanya dipengaruhi oleh perlakuan yang diujikan. Meskipun perlakuan yang diujikan pada umumnya berpengaruh negatif pada sifat fisik kimia lemak kakao, akan tetapi tingkat kerusakan yang ditimbulkannya masih pada batas toleransi (Sulistiyowati dan Soenaryo, 1988). Biji kakao lindak membutuhkan waktu 5 -7 hari untuk fermentasi normal, fermentasi normal kakao lindak adalah 144 jam (6 hari). Selama fermentasi terjadi perubahan-perubahan antara lain konversi gula menjadi alkohol oleh aktivitas khamir diikuti oleh konversi alkohol menjadi asam asetat oleh bakteri asetat. Perubahan gula menjadi alkohol membutuhkan kondisi anaerob, yang sebagian besar terjadi pada dua hari pertama fermentasi. Perubahan gula menjadi asam asetat membutuhkan kondisi aerob, yang sebagian besar terjadi setelah hari ke dua fermentasi dan diikuti oleh kematian biji, kenaikan suhu dan pengeluaran enzim-enzim penghidrolisis. Lama fermentasi bervariasi menurut jenis kakao dan kondisi lingkungannya, yaitu antara 3 hari sampai 7 hari. Waktu fermentasi untuk biji kakao lindak dengan kondisi lingkungan di Indonesia yang baik adalah 5 hari (Ducan *et al.*, 1989).

B. Jumlah biji

Jumlah biji kakao sangat berpengaruh terhadap kenaikan suhu konsentrasi. Biji yang terlalu sedikit dan tidak diberi penyekat panas menyebabkan kenaikan suhu fermentasi tidak mencapai 45 °C. Jika suhu fermentasi kurang dari 45 °C, dapat menyebabkan hasil fermentasi menjadi kurang baik. Jumlah untuk fermentasi yang baik dengan wadah yang baik adalah 20 kg atau lebih (Yusianto *dkk*, 1997).

C. Pengadukan atau Aerasi

Aerasi adalah pemberian udara ke dalam biji. Kebutuhan untuk aerasi dapat dipenuhi dengan lubang-lubang pada dinding wadah. Fermentasi dan sekali pengadukan 50 jam (3 hari) fermentasi (Ducan *et al.*, 1989).

Pengadukan adalah suatu cara yang umum dipraktekkan untuk membantu meningkatkan aerasi ke dalam tumpukan biji kakao yang sedang difermentasi. Pengadukan dilakukan pada saat fermentasi sudah berlangsung selama 48 jam. Tumpukan biji diaduk atau dibalik agar proses fermentasi berlangsung merata di seluruh bagian peti. Pada saat pengadukan, suhu fermentasi mengalami penurunan karena kehilangan panas ke lingkungan dan pengaruh pendinginan oleh masuknya udara lingkungan ke dalam tumpukan biji.

Jika jumlah biji kakao yang difermentasi cukup banyak maka pengadukan mutlak diperlukan. Tujuan pengadukan adalah sebagai sarana aerasi, mencegah pertumbuhan kapang pada permukaan, dasar dan samping massa kakao, meratakan dan menyempurnakan proses fermentasi.

Pada fermentasi biji kakao terjadi perubahan-perubahan fisik dan kimiawi antara lain melunaknya pulp, gula pulp menjadi alkohol oleh aktivitas khamir dan alkohol menjadi asam asetat oleh aktivitas bakteri asetat. Jika kondisi anaerob terlalu lama maka bakteri laktat akan tumbuh baik dan merubah gula menjadi asam laktat dan asam asetat. Untuk membatasi pertumbuhan bakteri asam laktat maka aerasi harus dilakukan dengan cara dan saat yang tepat. Aerasi biasanya dilakukan pengadukan atau pemindahan dari satu kotak ke kotak yang lain. Di Venezuela, aerasi dilakukan dengan cara menjemur biji kakao pada ketebalan tertentu selama 6-8 jam. Fase penjemuran ini disebut fase istirahat. Setelah itu biji kakao dikumpulkan serta ditutup dengan karung atau dikembalikan lagi ke kotak fermentasi untuk menyempurnakan proses fermentasi.

Aspek positif pengadukan untuk kelanjutan proses fermentasi adalah pertama, cairan sisa fermentasi yang tertahan di tumpukan biji dapat dituntaskan lebih cepat lebih cepat dan sempurna, kedua, kehilangan pulp makin besar akibat gesekan antar biji, alat pembalik, dan dengan dinding peti. Keduanya menyebabkan jalan masuk oksigen ke dalam tumpukan biji semakin besar. Oksigen yang semula terhalang oleh pulpa dan cairan sisa fermentasi, maupun masuk ke dalam tumpukan biji dalam jumlah yang lebih banyak. Kondisi aerobik ini dimanfaatkan oleh bakteri asetat untuk mengubah lebih banyak senyawa alkohol menjadi asam asetat. Reaksi pembentukan asam asetat mempunyai sifat lebih eksotermis daripada reaksi pembentukan alkohol sehingga suhu fermentasi cenderung meningkat secara nyata mendekati suhu ideal untuk proses fermentasi (Nasution, 1985).

D. Suhu

Suhu fermentasi meningkat secara bertahap setelah mikroba memulai aktivitasnya dan menghasilkan panas yang kemudian ditransmisikan ke seluruh bagian permukaan biji. Karena reaksi fermentasi berlangsung secara alami, suhu tumpukan biji meningkat secara perlahan dan mencapai puncaknya setelah proses fermentasi berlangsung beberapa jam. Fermentasi akan sempurna bila mencapai suhu 45-50 °C (Nasution, 1985).

E. pH

Asam yang terdapat dalam biji kakao memegang peranan yang sangat penting dalam pembentukan calon *flavour*, terutama untuk hidrolisa protein menjadi asam amino. Pembentukan calon *flavour* selalu diikuti dengan turunnya pH biji, karena itu biji yang tidak sempurna fermentasinya akan mempunyai *flavour* yang lemah dengan pH biji yang tinggi. Biji kakao yang tidak difermentasi biasanya mempunyai pH sekitar 6,5 (Syahruding, 1988).

Suhu fermentasi meningkat secara bertahap setelah mikroba memulai aktivitasnya dan menghasilkan panas yang kemudian ditransmisikan ke seluruh bagian permukaan biji. Karena reaksi fermentasi berlangsung secara alami, suhu tumpukan biji meningkat secara perlahan-lahan dan mencapai puncaknya setelah proses fermentasi berlangsung beberapa jam. Fermentasi akan sempurna bila mencapai suhu 45-50 °C.

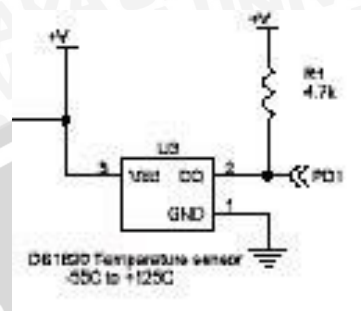
Proses pengolahan dengan fermentasi memungkinkan banyak mikroorganisme yang mudah tumbuh pada kakao. Pertumbuhan mikroba saat proses fermentasi dipengaruhi oleh beberapa komponen salah satunya yaitu kandungan bahan dalam biji kakao seperti gula, protein, dan lemak. Semakin tinggi kadar jamur pada biji kakao sangat berpengaruh terhadap mutu kakao.

Mikroorganisme yang berperan pada fermentasi kakao bekerja secara sinergis. Pada masa awal fermentasi, mikroorganisme yang dominan adalah dari kelompok khamir. Khamir ini memanfaatkan substrat berupa gula sederhana yang terdapat pada substrat tepung tapioka yang digunakan sebagai media fermentasi.

2.2 Sensor Suhu DS18B20

Dalam pembuatan alat ukur suhu kita mengenal beberapa jenis sensor yang digunakan diantaranya sensor LM35 dan sensor DS 18B20. Kedua sensor ini memiliki perbedaan dalam hal keakuratannya. Sensor DS 18B20 merupakan sensor suhu 9-12 bit yang memiliki fungsi seperti termometer serta terdapat sistem alarm. Sensor DS18B20 memiliki kemampuan untuk mengukur suhu pada kisaran -55°C sampai 125°C dan

bekerja secara akurat dengan kesalahan $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada kisaran -10°C sampai 85°C . Selain itu, daya yang digunakan sensor suhu DS18B20 bisa langsung didapat dari data *line* (“*parasite power*”), sehingga tidak perlu lagi listrik eksternal. Rangkaian sensor suhu DS18B20 ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bentuk rangkaian sensor suhu DS18B20

Sumber: risnotes.com, 2011

Rangkaian Suhu DS 18B20 Sensor DS18B20 memiliki keunikan yaitu 64-bit, yang memungkinkan DS18B20 terhubung ke beberapa fungsi yang sama melalui satu kabel yang sama. Oleh karena itu, satu mikroprosesor saja dapat digunakan untuk mengendalikan banyak sensor yang akan didistribusikan ke daerah yang lebih besar. Aplikasi dari fitur ini meliputi pengontrol lingkungan (*HVAC*), sistem pemantauan suhu di dalam bangunan, peralatan, atau mesin, dan proses monitoring dan sistem kontrol.

Keuntungan fitur :

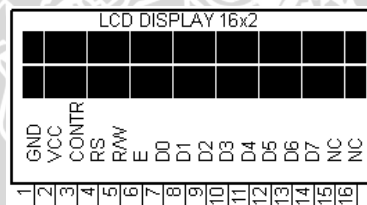
- Hanya memerlukan satu *port* pin untuk komunikasi
- Setiap perangkat memiliki 64-Bit dalam On-Board ROM
- Tidak memerlukan komponen eksternal
- Power supply* berkisar 3.0V sampai 5.5V
- Suhu yang dapat diukur dari -55°C sampai 125°C
- Keakuratan data dari -10°C sampai 85°C
- Resolusi termometer 9-Bit
- Kecepatan mengukur suhu dalam 750-800 ms (max)
- Pengaturan alarm dapat disesuaikan

2.3 Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan modul elektronika yang digunakan untuk menampilkan karakter angka, huruf atau simbol sehingga dapat dilihat secara visual pada sebuah panel. LCD ini menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. Pada LCD berwarna semacam monitor terdapat banyak sekali titik cahaya (*pixel*) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai sebuah titik cahaya. Walaupun disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri. Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair.

Titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan inilah yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetik yang timbul dan oleh karenanya akan hanya membiarkan beberapa warna diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring

Pada perancangan sistem ini menggunakan LCD modul 16x2 karakter. Bentuk fisik LCD modul ditunjukkan pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Bentuk modul LCD 16x2 karakter

Sumber: Xiamen Amotec Display Co.,LTD, 2008

LCD modul 16X2 karakter menggunakan sumber tegangan DC 5V serta dilengkapi dengan tingkat kontras yang cukup tinggi dan dapat diatur dengan memberikan variasi tegangan mulai dari 0-5 V. Tabel deskripsi pin LCD 16X2 ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Tabel deskripsi pin LCD 16X2

No	Nama Pin	Deskripsi
1	VCC	5V
2	GND	0V
3	VEE	Tegangan kontras LCD
4	RS	Register Select
5	R/W	1=Read, 0=Write
6	E	Enable Clock LCD
7	D0	Data Bus 0
8	D1	Data Bus 1
9	D2	Data Bus 2
10	D3	Data Bus 3
11	D4	Data Bus 4
12	D5	Data Bus 5
13	D6	Data Bus 6
14	D7	Data Bus 7
15	Anod	Tegangan Positif Backlight
	Kato	
16	da	Tegangan Negatif Backlight

Sumber: *Datasheet LCD 16x4*

2.4 Motor Wiper

Motor wiper adalah motor yang banyak digunakan untuk menggerakkan wiper untuk membersihkan air pada kaca mobil. Motor ini digerakan oleh arus yang dialiri oleh baterai menuju sekering dan ke saklar dan menuju ke motor wiper tersebut sehingga motor wiper dapat bergerak dengan semestinya. Bentuk fisik dari motor wiper ditunjukkan pada Gambar 2.8.

**Gambar 2.8** Bentuk Motor Wiper –WD1160Sumber: *Datasheet Wiper Motor-1160/1160-B*

Motor ini dapat di catu dengan sumber tegangan DC 12V dan 24V dan memiliki keseimbangan rotor yang dinamis. Motor ini juga sudah dilengkapi oleh *gearbox* sehingga memiliki torsi yang lumayan.

2.5 Driver Relay

Relay adalah suatu komponen elektronika yang berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Prinsip kerja relay seperti tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka. Bentuk fisik relay ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Bentuk Relay

Sumber: *Datasheet JS Relay*

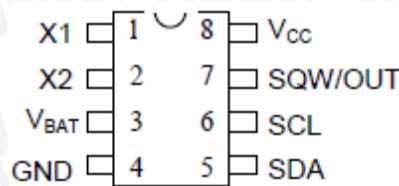
Dalam pemakaiannya biasanya relay yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang di-paralel dengan lilitannya dan dipasang terbalik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat relay berganti posisi dari on ke off agar tidak merusak komponen di sekitarnya.

2.6 Real Time Clock DS 1307 (RTC)

Real Time Clock merupakan suatu *chip* (IC) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal. DS 1307 merupakan *Real Time Clock* (RTC) menggunakan jalur data parallel yang dapat menyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu, dan tahun valid hingga 2100. Secara otomatis bulan dan tanggal akan disesuaikan untuk bulan yang kurang dari 31 hari termasuk untuk tahun yang akan datang. Operasi jam baik 24 jam atau 12 jam dengan format indikator AM/PM. DS1307 memiliki *built-in powersense circuit* dapat mendeteksi kegagalan daya (*power failure*), dan secara otomatis berpindah ke suplai cadangan yang berupa baterai eksternal 3volt.

DS 1307 memiliki antarmuka *serial two-wire I²C (Inter Integrated Circuit)*. Beberapa keistimewaan dari RTC DS1307 adalah sinyal keluaran yang berupa gelombang kotak terprogram (*Programmable squarewave*), deteksi otomatis kegagalan daya (*power-*

fail), konsumsi daya yang kurang dari 500nA menggunakan mode baterai cadangan. Berikut adalah gambar dari RTC DS1307 ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 IC DS 1307

Sumber: *Datasheet DS1307 Dallas Semiconductor*

Pada Gambar 2.10 memberikan penjelasan dari masing-masing kaki DS 1307 antara lain:

- X₁ dan X₂ adalah pin yang dihubungkan dengan kristal 32.768 KHz.
- VBAT adalah pin yang dihubungkan dengan masukan baterai +3V.
- GND adalah pin yang dihubungkan *ground*.
- SDA adalah pin yang difungsikan sebagai jalur data.
- SCL adalah pin yang berfungsi sebagai jalur *clock*.
- SQW/OUT adalah pin yang digunakan sebagai keluaran sinyal kotak.
- VCC adalah pin untuk mencatu tegangan 5V.

2.7 Data logger (*Memory*)

Data logger berfungsi sebagai penyimpanan data sementara dari hasil pembacaan sensor. Penggunaan penyimpanan memori sendiri tidak dilakukan secara terus menerus melainkan pada waktu waktu tertentu sehingga pembacaan waktu pada RTC digunakan mikrokontroler untuk mengeksekusi penyimpanan data pada memori sesuai dengan perwaktu. Ic RTC ditunjukkan pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 IC Data Logger Slot SD Card

Sumber: *Adafruit.com, 2015*

2.8 Kontroler

Keberadaan kontroler dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Pada prinsipnya hal itu disebabkan oleh tidak dapat diubahnya komponen penyusun sistem tersebut. Artinya, karakteristik *plant* harus diterima sebagaimana adanya, sehingga perubahan perilaku sistem hanya dapat dilakukan melalui penambahan suatu sub sistem, yaitu kontroler.

Salah satu fungsi komponen kontroler adalah mengurangi sinyal kesalahan, yaitu perbedaan antara nilai referensi/nilai yang diinginkan dan nilai aktual. Hal ini sesuai dengan tujuan sistem kontrol mendapat nilai sinyal keluaran sama dengan nilai yang diinginkan referensi. Semakin kecil kesalahan yang terjadi, semakin baik kinerja sistem kontrol yang diterapkan.

Apabila perbedaan antara nilai referensi dengan nilai keluaran relatif besar, maka kontroler yang baik seharusnya mampu mengamati perbedaan ini untuk segera menghasilkan sinyal keluaran untuk mempengaruhi *plant*. Dengan demikian sistem secara cepat mengubah keluaran *plant* sampai diperoleh selisih dengan nilai referensi sekecil mungkin.

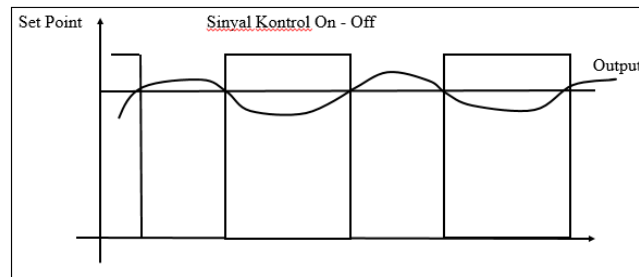
Prinsip kerja kontroler adalah membandingkan nilai aktual keluaran *plant* dengan nilai referensi, kemudian menentukan nilai kesalahan dan akhirnya menghasilkan sinyal kontrol untuk meminimalkan kesalahan (Ogata, 1996: 197-204).

2.8.1 Kontroler ON-OFF

Pada sistem kontrol dua posisi, elemen penggerak hanya mempunyai dua posisi yang tetap. Sinyal kontrol akan tetap pada satu keadaan dan akan berubah ke keadaan lainnya bergantung pada nilai *error* positif atau negatif. Misal sinyal keluaran kontroler adalah $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak adalah $e(t)$. Pada kontrol *on-off* sinyal $m(t)$ akan tetap pada harga maksimum atau minimum, tergantung pada tanda sinyal kesalahan penggerak, positif atau negatif, sedemikian rupa sehingga

$$\begin{aligned} m(t) &= M_1, e(t) > 0 \\ &= M_2, e(t) < 0 \end{aligned}$$

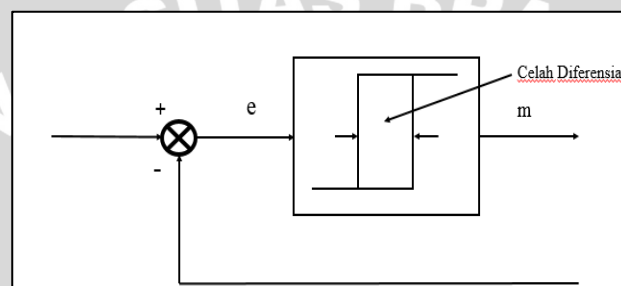
dimana M_1 dan M_2 adalah konstanta. Daerah harga sinyal kesalahan penggerak antara posisi on dan off disebut celah diferensial. Celah diferensial ini menyebabkan keluaran kontroler $m(t)$ tetap pada harga sekarang sampai sinyal kesalahan penggerak bergeser sedikit dari harga nol. Diagram blok kontroler *on-off* dengan celah diferensial ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Diagram Blok kontroler *On-Off* dengan celah diferensial

Sumber: Ogata, 1996: 197-204

Berikut adalah gambar ilustrasi dari kontroler *on-off* ditunjukkan pada Gambar 2.12.



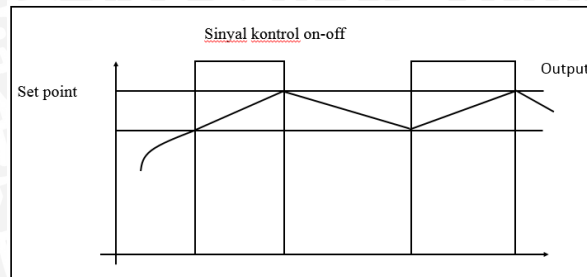
Gambar 2.12 Ilustrasi dari kontroler *on-off*

Sumber: reocities.com, 2015

Pada Gambar 2.12 diamati bahwa jika *output* lebih besar dari *setpoint*, aktuator akan *off*. *Output* akan turun dengan sendirinya sehingga menyentuh *setpoint* lagi. Pada saat itu, sinyal kontrol akan kembali (aktuator *on*) dan mengembalikan *output* kepada *setpoint*-nya. Demikian seterusnya sinyal kontrol dan aktuator akan *on-off* terus menerus.

Kelemahan dari kontroler *on-off* ini adalah jika *output* beresilasi di sekitar *set point* (keadaan yang memang diinginkan) akan menyebabkan aktuator bekerja keras untuk *on-off* dengan frekuensi. Hal ini menyebabkan kontroler akan cepat aus dan memakan energi yang banyak (boros).

Untuk sedikit mengatasi hal ini maka dibuat suatu *band* pada *setpoint* sehingga mengurangi frekuensi *on-off* dari kontroller. Ilustrasinya ditunjukkan pada Gambar 2.13



Gambar 2.13 Ilustrasi band pada setpoint kontroler *on-off*

Sumber: *reocities.com*, 2015

Pada Gambar 2.13 menunjukkan bahwa sinyal kontrol akan *off* ketika *output* menyentuh batas atas dan akan *on* kembali ketika menyentuh batas bawah. *Band* dari setpoint ini disebut juga diferensial gap atau celah diferensial

2.9 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

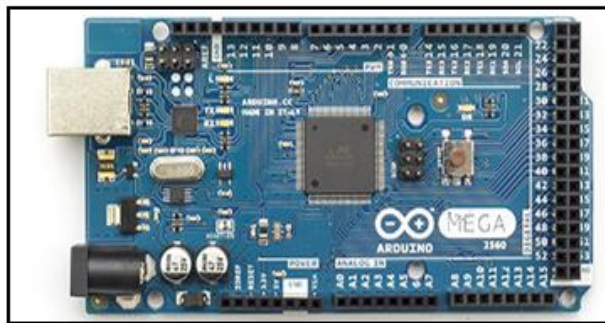
Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega 2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital *input/output*, sedangkan 15 pin lainnya digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input* analog, dan 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, power *jack*, ICSP *header*, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar *shield* yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega 2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega.

Pin *Power* pada *board* Arduino Mega 2560 diantaranya adalah:

- VIN. Tegangan masukan untuk *board* Arduino ketika menggunakan catu daya eksternal (berbeda dengan 5V yang berasal dari konektor USB atau sumber tegangan yang telah disesuaikan).
- 5V. Pin *output* ini mengeluarkan tegangan sebesar 5V yang telah disesuaikan menggunakan regulator yang berasal dari *board* Arduino. *Board* Arduino dapat dicatu dengan daya yang berasal dari power *jack* DC (7-12V), konektor USB (5V), atau pin VIN yang terdapat pada *board* (7-12V). Mencatu daya pada pin 5V dan 3,3V akan merusak regulator dan *board* Arduino.

- c. 3,3V. Merupakan catu daya sebesar 3,3V yang dihasilkan oleh regulator pada *board* Arduino.
- d. GND. Merupakan pin *ground*.
- e. IOREF. Pada *board Arduino*, pin ini menyediakan tegangan referensi yang dioperasikan oleh mikrokontroler. *Shield* yang telah dikonfigurasi dengan baik dapat membaca tegangan pin IOREF dan dapat memilih catu daya yang sesuai atau dapat mengaktifkan tegangan transisi pada *output* yang bekerja pada 5V atau 3,3V.

Bentuk fisik Mikrokontroler arduino Mega 2560 ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.14 Bentuk fisik Arduino Mega 2560

Sumber: *Adafruit.com*, 2015

2.9.1 Programming

Arduino Mega 2560 dapat diprogram dengan perangkat lunak Arduino. Pilih Arduino Mega dari *Tool* lalu sesuaikan dengan mikrokontroler yang digunakan. ATmega 2560 pada Arduino Mega memiliki *bootloader* yang memungkinkan anda untuk meng-*upload* program baru tanpa menggunakan programmer *hardware* eksternal. Cara berkomunikasi menggunakan protokol dari bahasa C. Sistem ini dapat menggunakan perangkat lunak FLIP Atmel (Windows) atau programmer DFU (Mac OS X dan Linux) untuk memuat *firmware* baru. Atau anda dapat menggunakan *header* ISP dengan programmer eksternal.

2.9.2 Perangkat Lunak (Arduino IDE)

Lingkungan *open-source* Arduino memudahkan untuk menulis kode dan meng-*upload* ke *board* Arduino. Ini berjalan pada Windows, Mac OS X, dan Linux. Berdasarkan Pengolahan, *avr-gcc*, dan perangkat lunak sumber terbuka lainnya.

2.9.3 Otomatis Software Reset

Tombol *reset* Arduino Mega 2560 dirancang untuk menjalankan program yang tersimpan didalam mikrokontroler dari awal. Tombol *reset* terhubung ke ATmega328 melalui kapasitor 100nf. Setelah tombol *reset* ditekan cukup lama untuk me-*reset chip*, *software* IDE Arduino dapat juga berfungsi untuk meng-*upload* program dengan hanya menekan tombol *upload* di *software* IDE Arduino.

