

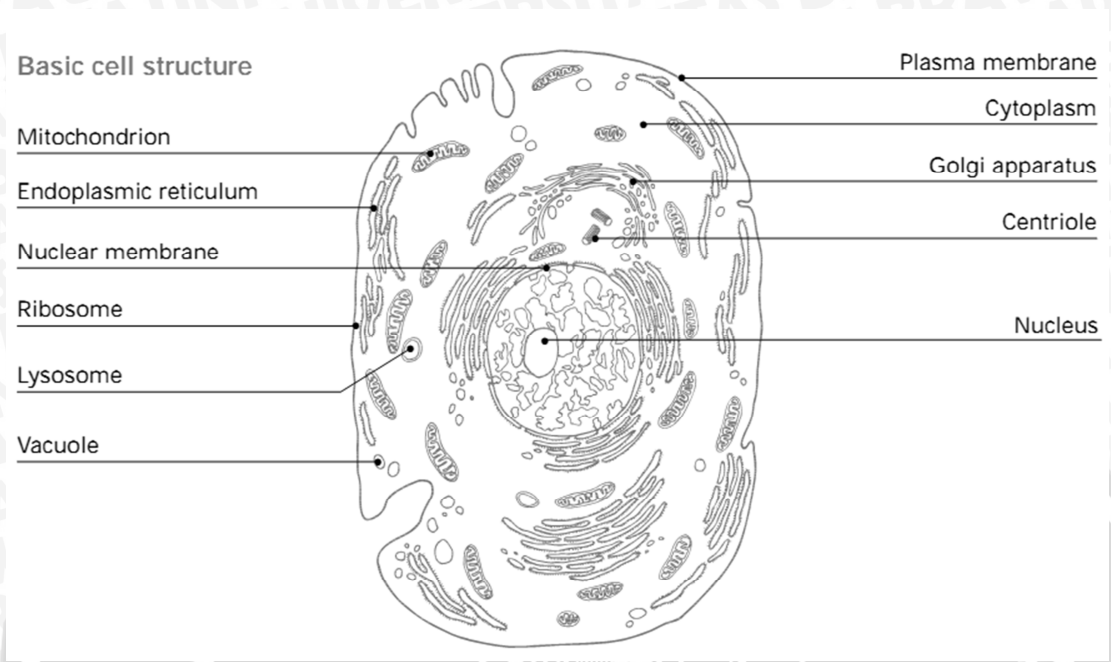
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa teori pendukung yang perlu dibahas dalam pembuatan aktuator pH dan kelembaban pada sistem *Live Cell Chamber* ini meliputi :

- 1). Sel
- 2). *Live Cell Chamber / Live Cell Imaging*
- 3). Teori Asam-Basa
- 4). *Syringe Pump*
- 5). Kelembaban
- 6). *Ultrasonic Atomizer*
- 7). Mikrokontroler ATmega 16
- 8). Komunikasi Serial

2.1 Sel

Dalam biologi, sel adalah kumpulan materi paling sederhana yang dapat hidup dan merupakan unit penyusun semua makhluk hidup. Sel mampu melakukan semua aktivitas kehidupan dan sebagian besar reaksi kimia untuk mempertahankan kehidupan berlangsung di dalam sel. Kebanyakan makhluk hidup tersusun atas sel tunggal, atau disebut organisme uniseluler, misalnya bakteri dan amoeba. Makhluk hidup lainnya, termasuk tumbuhan, hewan, dan manusia, merupakan organisme multiseluler yang terdiri dari banyak tipe sel terspesialisasi dengan fungsinya masing-masing. Tubuh manusia, misalnya, tersusun atas lebih dari 10^{13} sel. Namun demikian, seluruh tubuh semua organisme berasal dari hasil pembelahan satu sel. Contohnya, tubuh bakteri berasal dari pembelahan sel bakteri induknya, sementara tubuh tikus berasal dari pembelahan sel telur induknya yang sudah dibuahi.



Gambar 2.1 Anatomi sel dasar

Sumber : Illustrated Guide To Human Body: Cells and Genetics

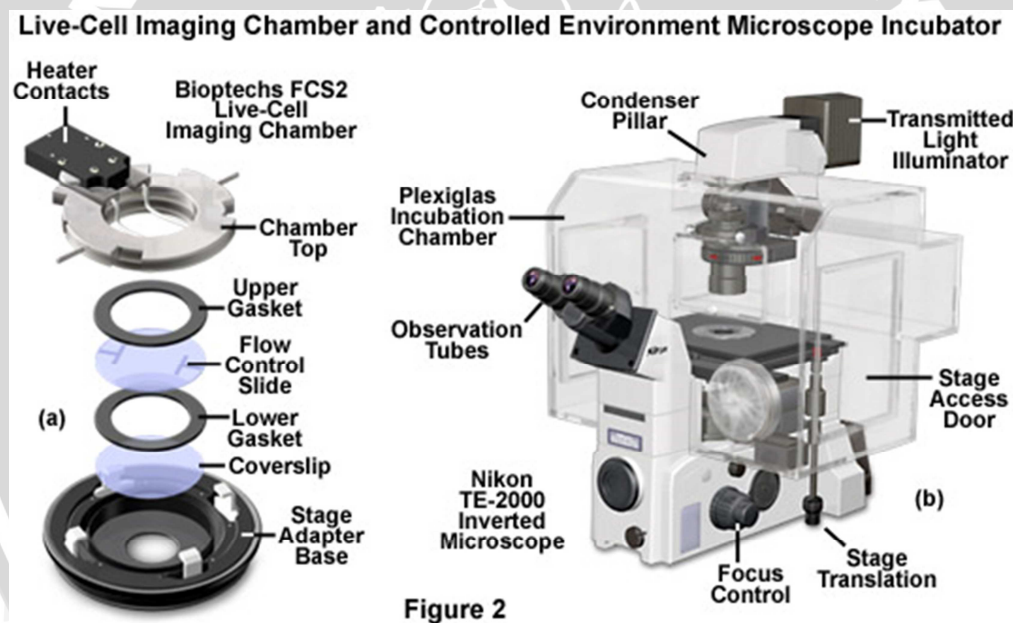
Sel-sel pada organisme multiseluler tidak akan bertahan lama jika masing-masing berdiri sendiri. Sel yang sama dikelompokkan menjadi jaringan, yang membangun organ dan kemudian sistem organ yang membentuk tubuh organisme tersebut. Contohnya, sel otot jantung membentuk jaringan otot jantung pada organ jantung yang merupakan bagian dari sistem organ peredaran darah pada tubuh manusia.

2.2 Live Cell Chamber / Live Cell Imaging

Pencitraan sel hidup (*Live Cell Imaging*) telah merevolusi cara pembelajaran biologi sel, protein dan banyak proses interaksi molekular. Teknik pencitraan sel hidup memungkinkan ilmuwan untuk mengamati struktur internal dan proses seluler dalam *real time*, dan dari waktu ke waktu. Pemahaman struktur seluler dan dinamika proses sangat penting untuk menangani banyak pertanyaan dari sel biologis. Pengamatan dinamika perubahan menyediakan lebih banyak wawasan operasi sel daripada mempelajari sebuah foto tak bergerak hasil pencitraan sel. Selain itu, karena *Live Cell Imaging* lebih tahan terhadap perlakuan eksperimental, biasanya dapat menghasilkan informasi yang lebih handal dan relevan daripada yang dihasilkan gambar sel mikroskop.

Ada berbagai macam pertanyaan biologis yang dapat dijawab dengan teknologi *Live Cell Imaging*. Beberapa aplikasi yang paling populer adalah pemeriksaan komponen-komponen struktural sel, studi proses dinamis dan lokalisasi molekul. Lebih jauh lagi Integritas selular, endositosis, *exocytosis*, protein *trafficking*, transduksi sinyal dan aktivitas enzim dapat semua dipantau.

Metode pencitraan sel hidup memerlukan beberapa hal untuk menjaga kesehatan sel sambil tetap menyediakan data yang dapat diandalkan. Masalah paling penting dalam *Live Cell Imaging* adalah menyediakan lingkungan fisiologis yang tepat dan optimal untuk kehidupan sel. Dalam prosesnya, ilmuwan memastikan bahwa sel tidak hanya bertahan hidup, tetapi tetap dalam keadaan metabolik dengan tidak ada perubahan spesifik yang dapat mengubah proses yang diamati. Ini termasuk menjaga temperature, kelembaban, kadar O₂ maupun CO₂ dan pH konstan, dan meminimalkan getaran fisik.



Gambar 2.2 *Live Cell Imaging Chamber*

Sumber : Microscopyu.com

Menjaga keadaan metabolisme yang normal dalam sel adalah perhatian utama dalam percobaan *Live Cell Imaging*. Sel hanya dapat mempertahankan fungsi normal selama beberapa menit tanpa media atau suhu yang sesuai. Untuk kebutuhan pencitraan jangka pendek, kesehatan sel kurang diperhitungkan, tapi ketika pencitraan memerlukan waktu berjam-jam atau berhari-hari, sangat penting untuk mengatasi penyebab perubahan fungsi metabolisme sel. Lingkungan sel ini mencakup variabel seperti pH, kelembaban, oksigenasi, atmosfer, temperature dan osmolaritas. Media pH sel sering dikontrol dengan

menggunakan HEPES *buffer*, Kelembaban dijaga sekitar 98% dengan menggunakan ruang tertutup atau lingkungan yang dilembabkan. Oksigenasi dijaga untuk percobaan jangka panjang dengan sering mengganti media hidup sel atau menggunakan volume media yang lebih besar daripada media awalnya. Kondisi udara yang umum digunakan dalam *Live Cell Imaging* adalah kadar CO₂ 5%. Pemeliharaan suhu sel optimal juga sangat penting, karena fluktuasi yang hanya beberapa derajat dapat mengganggu fisiologi selular.

Dengan kondisi yang diperlukan seperti disebutkan sebelumnya, maka diperlukan sebuah sistem *Live Cell Chamber* untuk mengaplikasikan semua kebutuhan dalam eksperimen *Live Cell Imaging*. Sistem diperlukan untuk menjaga semua kondisi kehidupan sel.

2.3 Teori Asam- Basa

2.3.1 Teori Arrhenius

Asam adalah zat yang menghasilkan ion hidrogen dalam larutan. Basa adalah zat yang menghasilkan ion hidroksida dalam larutan. Penetralkan terjadi karena ion hidrogen dan ion hidroksida bereaksi untuk menghasilkan air.



Asam hidroklorida (asam klorida) dinetralkan oleh kedua larutan natrium hidroksida dan larutan amonia. Pada kedua kasus tersebut, akan memperoleh larutan tak berwarna yang dapat dikristalisasi untuk mendapatkan garam berwarna putih – baik itu natrium klorida maupun amonium klorida. Keduanya jelas merupakan reaksi yang sangat mirip. Persamaan lengkapnya adalah:



Pada kasus natrium hidroksida, ion hidrogen dari asam bereaksi dengan ion hidroksida dari natrium hidroksida – sejalan dengan teori Arrhenius. Akan tetapi, pada kasus amonia, tidak muncul ion hidroksida sedikit pun.

Kita bisa memahami hal ini dengan mengatakan bahwa amonia bereaksi dengan air yang melarutkan amonia tersebut untuk menghasilkan ion amonium dan ion hidroksida:



Reaksi ini merupakan reaksi reversibel, dan pada larutan amonia encer yang khas, sekitar 99% sisa amonia ada dalam bentuk molekul amonia. Meskipun demikian, pada reaksi tersebut terdapat ion hidroksida, dan kita dapat menyimpulkan ion hidroksida ini ke dalam teori Arrhenius.

Akan tetapi, reaksi yang sama juga terjadi antara gas amonia dan gas hidrogen klorida.



Pada kasus ini, tidak terdapat ion hidrogen atau ion hidroksida dalam larutan karena bukan merupakan suatu larutan. Teori Arrhenius tidak menghitung reaksi ini sebagai reaksi asam-basa, meskipun pada faktanya reaksi tersebut menghasilkan produk yang sama seperti ketika dua zat tersebut berada dalam larutan.

2.3.2 Teori Bronsted-Lowry

Asam adalah donor proton (ion hidrogen) sedangkan basa adalah akseptor proton (ion hidrogen). Teori Bronsted-Lowry tidak berlawanan dengan teori Arrhenius – Teori Bronsted-Lowry merupakan perluasan teori Arrhenius. Ion hidroksida tetap berlaku sebagai basa karena ion hidroksida menerima ion hidrogen dari asam dan membentuk air.

Asam menghasilkan ion hidrogen dalam larutan karena asam bereaksi dengan molekul air melalui pemberian sebuah proton pada molekul air.

Ketika gas hidrogen klorida dilarutkan dalam air untuk menghasilkan asam hidroklorida, molekul hidrogen klorida memberikan sebuah proton (sebuah ion hidrogen) ke molekul air. Ikatan koordinasi (kovalen dativ) terbentuk antara satu pasangan mandiri pada oksigen dan hidrogen dari HCl. Menghasilkan ion hidroksonium, H_3O^+ .



Ketika asam yang terdapat dalam larutan bereaksi dengan basa, yang berfungsi sebagai asam sebenarnya adalah ion hidroksonium. Sebagai contoh, proton ditransferkan dari ion hidroksonium ke ion hidroksida untuk mendapatkan air.



Tampilan elektron terluar, tetapi mengabaikan elektron pada bagian yang lebih dalam. Adalah sesuatu hal yang penting untuk mengatakan bahwa meskipun anda

berbicara tentang ion hidrogen dalam suatu larutan, $H^+_{(aq)}$, sebenarnya anda sedang membicarakan ion hidroksonium

2.3.3 Derajat Keasaman

Derajat keasaman (pH) merupakan pengukuran dari konsentrasi ion hidrogen $[H^+]$. Dan setiap larutan dapat diukur dalam nilai pH dengan rentang Antara 0-14. Nilai 0 pH merupakan kondisi netral dimana tidak termasuk kondisi asam maupun basa. Sedangkan nilai diatas 7 pH dinyatakan memiliki sifat basa sedang dibawah 7pH dinyatakan memiliki sifat asam. pH sendiri juga dapat dinyatakan sebagai nilai logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen. Penjelasan ini dikemukakan oleh Soren Peter Lauritz Sorensen pada tahun 1909 yang secara matematis dapat dijabarkan seperti persamaan 8.

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = - \log [H^+] \dots\dots\dots(8)$$

Nilai pH dapat juga memperlihatkan rasio konsentrasi ion $[H^+]$ dan $[OH^-]$ dan nilai tersebut dinyatakan dalam bilangan kali sepuluh berpangkat suatu bilangan negative yang ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Konsentrasi Ion Hidrogen

pH	$[H^+]$ mol/L	$[OH^-]$ mol/L
0	$(10^0)1$	$(10^{-14}) 0,00000000000001$
1	$(10^{-1}) 0,1$	$(10^{-13}) 0,00000000000001$
2	$(10^{-2}) 0,01$	$(10^{-12}) 0,00000000000001$
3	$(10^{-3}) 0,001$	$(10^{-11}) 0,00000000000001$
4	$(10^{-4}) 0,0001$	$(10^{-10}) 0,00000000000001$
5	$(10^{-5}) 0,00001$	$(10^{-9}) 0,00000000000001$
6	$(10^{-6}) 0,000001$	$(10^{-8}) 0,00000000000001$
7	$(10^{-7}) 0,0000001$	$(10^{-7}) 0,00000001$
8	$(10^{-8}) 0,00000001$	$(10^{-6}) 0,0000001$
9	$(10^{-9}) 0,000000001$	$(10^{-5}) 0,000001$
10	$(10^{-10}) 0,0000000001$	$(10^{-4}) 0,0001$
11	$(10^{-11}) 0,00000000001$	$(10^{-3}) 0,001$
12	$(10^{-12}) 0,000000000001$	$(10^{-2}) 0,01$
13	$(10^{-13}) 0,0000000000001$	$(10^{-1}) 0,1$
14	$(10^{-14}) 0,00000000000001$	$(10^0) 1$

Sumber : The pH technical handbook

Keasaman atau kebasaaan suatu larutan dapat dinyatakan secara lengkap dan ringkas oleh nilai pH, yaitu:

- Jika pH 7,0 maka larutan tersebut netral
- Jika pH di bawah 7,0 larutan tersebut asam
- Jika pH di atas 7,0 larutan tersebut basa

2.4 Syringe Pump

Syring pump merupakan salah satu metode dalam *infusion system* yang merupakan alat yang digunakan untuk mengalirkan cairan atau obat ke dalam tubuh pasien dan cara yang sering digunakan antara lain secara *intravenous*, *subcutaneous*, *epidural* atau *enteral*.

Syring pump memanfaatkan gaya dorong untuk menekan *syringe* dengan kecepatan alir yang telah ditentukan. Gaya dorong ini dihasilkan melalui gerak motor yang terprogram kecepatannya dan dapat disesuaikan sesuai volume dari *syringe* yang digunakan. Adapun bagian bagian dari *syring pump* antara lain :

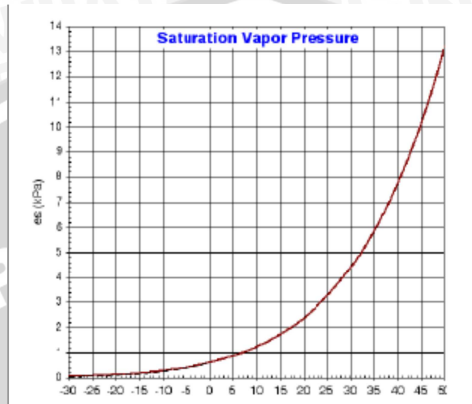
- Operational panel yang berisi tombol, indicator dan perngontrol dari *syrine pump*
- Clamp* yang merupakan penjepit dari *syringe*
- Slit* yang merupakan celah yang digunakan meletakkan *syringe*
- Slider hook*
- Slider*
- Dial*



Gambar 2.3 Syringe pump
Sumber : sino medical device technology co. ltd.

2.5 Kelembaban

Kelembaban merupakan suatu tingkat keadaan lingkungan udara basah yang disebabkan oleh adanya uap air. Tingkat kejenuhan sangat dipengaruhi oleh temperatur. Grafik tingkat kejenuhan tekanan uap air terhadap temperatur diperlihatkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Grafik tingkat kejenuhan tekanan uap air terhadap temperatur

Jika tekanan uap parsial sama dengan tekanan uap air yang jenuh maka akan terjadi pepadatan. Secara matematis kelembaban relative (RH) didefinisikan sebagai prosentase perbandingan antara tekanan uap air parsial dengan tekanan uap air jenuh. Kelembaban dapat diartikan dalam beberapa cara. *Relative Humidity* secara umum mampu mewakili pengertian kelembaban. Untuk mengerti *Relative Humidity* pertama harus diketahui *Absolut Humidity*. *Absolut Humidity* merupakan jumlah uap air pada volume udara tertentu yang dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan.

$$a_h = 217 \frac{e}{T}$$

a_h : absolute humidity

e : tekanan oleh uap air

T : temperatur saat pengukuran

Relative Humidity merupakan persentase rasio dari jumlah uap air yang terkandung dalam volume tersebut dibandingkan dengan jumlah uap air maksimal yang dapat terkandung dalam volume tersebut (terjadi bila mengalami saturasi). *Relative Humidity* juga merupakan persentase rasio dari tekanan uap air saat dilakukan pengukuran dan tekanan uap air saat mengalami saturasi.

$$h = 100 \left(\frac{e}{e_s(t)} \right) = 100 \frac{e_s(t_d)}{e_s(t_s)}$$

h : relative humidity

e_{td} : absolute humidity saat pengukuran

e : tekanan uap air

$e_s(t)$: tekanan uap air saat saturasi

Pembacaan 100 %RH berarti udara telah saturasi (udara penuh dengan uap air).

Berkeringat merupakan upaya tubuh untuk menjaga temperatur tubuh. Saat 100 %RH, keringat tidak menguap ke udara, sehingga tubuh terasa lebih panas. Sebaliknya bila RH rendah, maka tubuh akan merasa lebih dingin. Contoh: Saat temperatur udara 24 °C dan kelembaban 0%RH maka tubuh akan merasa temperatur udara seperti 21 °C, tetapi bila temperatur udara 24 °C dan kelembaban 100 %RH maka tubuh merasa temperatur udara seperti 27 °C. Biasanya besarnya RH yang dianggap nyaman sekitar 45 %RH.

2.6 Ultrasonic Atomizer

Ultrasonic atomizer adalah alat yang dapat mengubah tetesan air biasa menjadi embun yang sangat halus. Alat ini biasanya terdiri dari generator dan *probe*. Generator disini menghasilkan getaran dengan frekwensi tertentu dan melewatkannya di *probe* yang akan dilewati oleh air. Air yang lewat tersebut akan berubah menjadi partikel yang sangat kecil. Alat ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi antara lain memberikan kelembaban pada gas, memasukkan cairan ke sebuah reactor dan lain lain.

Ultrasonic atomizer bekerja dengan sebuah tegangan dengan frekwensi rendah dan kemudian diubah menjadi energy listrik dengan frekwensi yang tinggi yang dikonversikan ke getaran mekanik dengan transduser *piezoelectric* yang biasanya terbuat dari keramik. Aliran air yang lewat di transduser ini akan bergetar dan berubah menjadi partikel partikel air. Besarnya partikel air tersebut tergantung dari frekwensi energi elektrik yang ada dan banyaknya partikel yang keluar tergantung *viscosity* dari cairan dan frekwensi.

Ultrasonic Atomizer ini memiliki kelebihan antara lain menghasilkan hasil partikela air yang seragam dan dapat jumlah yang diberikan dapat diatur dengan pasti. Dan cairan yang dapat dipecah tidak hanya air murni saja sehingga dapat digunkan di berbagai aplikasi. pada gambar 2.5 menunjukkan salah satu bentuk *ultrasonic atomizer* yang terdiri dari pembangkit frekwensi dan kontroler serta *probe*.



Gambar 2.5 Ultrasonic atomizer
Sumber : sonic & material.inc

2.7 Mikrokontroler ATmega 16

ATmega16 merupakan salah satu mikrokontroler buatan ATMEL keluarga ATmega yang mempunyai 16 kbyte Flash PEROM (*Flash Programmable and Erasable Read Only Memory*), 1kbyte SRAM, 32 pin I/O (4 buah port I/O bit) yang mana tiap pin tersebut dapat diprogram secara paralel dan tersendiri, mempunyai dua buah *timer/counter* 8 bit dan satu buah *timer/counter* 16 bit, mempunyai 8 bit 10 channel ADC, mempunyai *watchdog timer*.

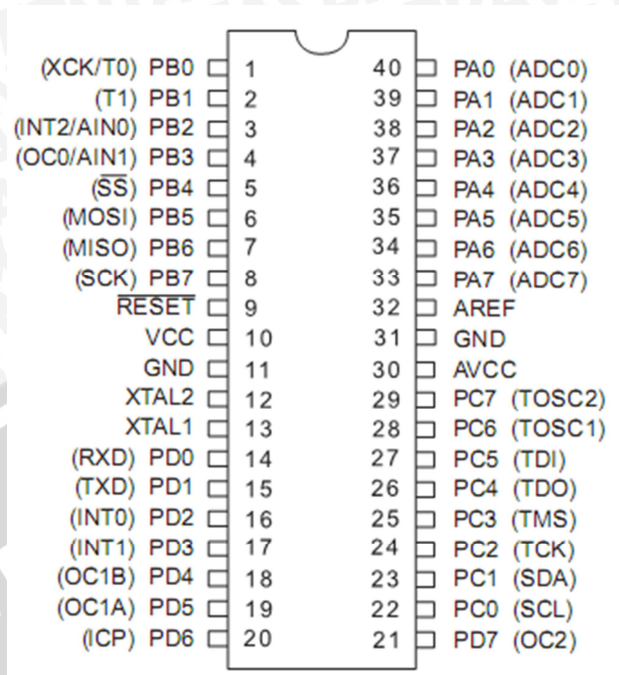
Pada dasarnya mikrokontroler terdiri atas mikroprosesor, *timer*, dan *counter*, perangkat I/O dan internal memori. Mikrokontroler termasuk perangkat yang sudah didesain dalam bentuk chip tunggal. Mikrokontroler dikemas dalam satu chip (*single chip*). Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 8 bit instruksi yang digunakan membaca data instruksi dari internal memori ke ALU.

Sebagai suatu sistem kontrol mikrokontroler ATmega16 bila dibandingkan dengan mikroprosesor memiliki kemampuan dan segi ekonomis yang bisa diandalkan karena dalam mikrokontroler sudah terdapat RAM dan ROM sedangkan mikroprosesor didalamnya tidak terdapat keduanya. Secara umum konfigurasi yang dimiliki mikrokontroler ATmega16 adalah sebagai berikut :

- Sebuah CPU 8 bit dengan menggunakan teknologi dari ATMEL.
- Memiliki memori baca-tulis sebesar 1kbyte SRAM.

- Jalur dua arah (bidirectional) yang digunakan sebagai saluran masukan atau keluaran yang dikontrol oleh register DDR.
- Sebuah komunikasi serial USART yang dapat diprogram.
- Sebuah master/slave serial SPI yang dapat diprogram.
- Sebuah *Two Wire Serial Interface*.
- Dua buah *timer/counter* 8 bit dan sebuah *timer/counter* 16 bit.
- *Watcdog Timer* yang dapat diprogram.
- *Analog to Digital Converter (ADC)* 10-bit dan *Analog comparator* di dalam chip.
- Osilator internal dan rangkaian pewaktu.
- Flash PEROM yang besarnya 16 kbyte untuk memori program
- Kemampuan melaksanakan operasi perkalian, pembagian, dan operasi Boolean.
- Mampu beroperasi sampai 16 MHz.

Mikrokontroler ATMega16 mempunyai kompatibilitas instruksi dan konfigurasi pin dengan mikrokontroler keluarga AVR seri ATMega32 dan ATMega 8535. Masing-masing kaki dalam mikrokontroler ATMega16 mempunyai fungsi tersendiri. Dengan mengetahui fungsi masing-masing kaki mikrokontroler ATMega16, perancangan aplikasi mikrokontroler ATMega16 akan lebih mudah. ATMega16 mempunyai 40 pin, susunan masing-masing pin ditunjukkan dalam Gambar 2.6



Gambar 2.6 Konfigurasi Pin ATmega16

Sumber : Datasheet ATmega16

Fungsi kaki-kaki ATMeg16 adalah :

- *Port A* (Pin A0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port A* adalah sebagai ADC (input ADC channel 0..7).
- *Port B* (Pin B0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port B* diantaranya adalah : *Port B0* (T0 (*timer/counter0 eksternal counter input*) & XCK (*USART eksternal clock input/output*)), *Port B1* (T1 (*timer/counter eksternal counter input*)), *Port B2* (AIN0 (*Analog comparator positive input*) & INT2 (*Eksternal interrupt 2 input*)), *Port B3* (AIN1 (*Analog comparator negative input*) & (OC0 (*Timer/counter0 output compare match output*)), *Port B4* (SS (*SPI slave select input*)), *Port B5* (MOSI (*SPI bus master output/slave input*)), *Port B6* (MISO (*SPI bus master input/slave output*)), *Port B7* (SCK (*SPI bus serial clock*)).
- *Port C* (Pin C0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus dari *Port C* diantaranya adalah : *Port C0* (SCL (*Two-Wire serial bus clock line*)), *Port C1* (SDA (*Two-Wire serial bus data*

input/output line)), Port C6 (TOSC1 (*Timer Oscilator* pin1)), Port C7 (TOSC2 (*Timer oscillator* pin2)).

- *Port D* (Pin D0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus dari Port D diantaranya adalah : Port D0 (RXD (USART input pin)), Port D1 (TXD (USART output pin)), Port D2 (INT0 (Eksternal interrupt 0 input)), Port D3 (INT1 (Eksternal interrupt 1 input)), Port D4 (OC1B (*Timer/counter 1 output compare B match output*)), Port D5 (OC1A (*Timer/counter 1 output compare A match output*)), Port D6 (ICP (*Timer/counter input capture pin*)), Port D7 (OC2 (*timer/counter 2 compare match output*)).
- Pin 9 RESET, merupakan saluran dua masukan untuk mereset mikrokontroler dengan cara memberi masukan logika rendah.
- Pin 10 VCC, merupakan saluran masukan untuk catu daya positif sebesar 5 volt DC.
- Pin 11 GND, merupakan Ground dari seluruh rangkaian.
- Pin 12 dan 13 (XTAL2 dan XTAL1), merupakan saluran untuk mengatur pewaktuan sistem. Untuk pewaktuan dapat menggunakan pewaktuan internal maupun eksternal.
- Pin 32 AREF, merupakan pin analog referensi untuk masukan ADC.
- Pin 33 GND, merupakan ground dari ADC.
- Pin 30 AVCC, merupakan catu untuk perangkat ADC.

2.8 Komunikasi Data Serial

Ada 2 macam cara komunikasi data serial yaitu Sinkron dan Asinkron. Pada komunikasi data serial sinkron, *clock* dikirimkan bersama sama dengan data serial, tetapi *clock* tersebut dibangkitkan sendiri-sendiri baik pada sisi pengirim maupun penerima. Sedangkan pada komunikasi serial asinkron tidak diperlukan *clock* karena data dikirimkan dengan kecepatan tertentu yang sama baik pada pengirim maupun penerima.

Pada UART, kecepatan pengiriman data (*baudrate*) dan *fase clock* pada sisi transmitter dan sisi receiver harus sinkron. Untuk itu diperlukan sinkronisasi antara

Transmitter dan Receiver. Hal ini dilakukan oleh bit “Start” dan bit “Stop”. Ketika saluran transmisi dalam keadaan *idle*, output UART adalah dalam keadaan logika “1”. Ketika Transmitter ingin mengirimkan data, *output* UART akan diset dulu ke logika “0” untuk waktu satu bit. Sinyal ini pada receiver akan dikenali sebagai sinyal “Start” yang digunakan untuk menyinkronkan *fase clock* nya sehingga sinkron dengan *fase clock* transmitter.

Selanjutnya data akan dikirimkan secara serial dari bit yang paling rendah (bit 0) sampai bit tertinggi. Selanjutnya akan dikirimkan sinyal “Stop” sebagai akhir dari pengiriman data serial. Sebagai contoh misalnya akan dikirimkan data huruf “A” dalam format ASCII (atau sama dengan 41 heksa atau 0100 0001). Kecepatan transmisi (*baud rate*) dapat dipilih bebas dalam rentang tertentu. *Baudrate* yang umum dipakai adalah 110, 135, 150, 300, 600, 1200, 2400, dan 9600 (bit/per detik). Dalam komunikasi data serial, *baudrate* dari kedua alat yang berhubungan harus diatur pada kecepatan yang sama. Selanjutnya harus ditentukan panjang data (6,7 atau 8 bit), paritas (genap, ganjil, atau tanpa paritas), dan jumlah bit “Stop” (1, 1 ½, atau 2 bit).

Mikrokontroler ATMega16 dilengkapi dengan fasilitas komunikasi serial USART (*Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter*). Untuk menghitung *baudrate* komunikasi serial digunakan rumus seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Rumus Penghitungan *Baudrate*

Operating Mode		Equation for Calculating Baud Rate	Equation for Calculating UBRR Value
Asynchronous mode (U2X = 0)	Normal	$BAUD = \frac{f_{osc}}{16(UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{16BAUD} - 1$
Asynchronous Speed Mode (U2X = 1)	Double	$BAUD = \frac{f_{osc}}{8(UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{8BAUD} - 1$
Synchronous Master Mode		$BAUD = \frac{f_{osc}}{2(UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{2BAUD} - 1$

Sumber : Atmel, 2006:136

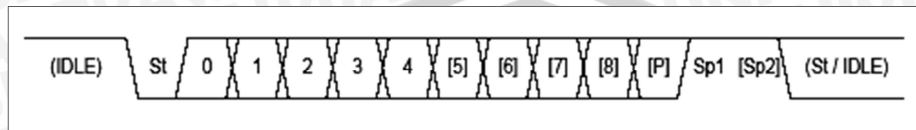
dengan:

f_{osc} = Frekuensi *clock* sistem osilator

UBRR = Register *baudrate* yang terdiri dari UBRRH dan UBRRH

BAUD = *Baudrate* dalam *bit per second* (bps)

Format pengiriman data secara serial menggunakan ATmega16 ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.1 Format Pengiriman Data Serial

Sumber : Atmel, 2006:137

dengan:

St = Bit *start* selalu berlogika rendah

(n) = Banyaknya data yang dikirim (0-8)

P = Bit paritas (ganjil atau genap)

Sp = Bit *stop* selalu berlogika tinggi (bit stop bisa berjumlah 1 atau 2)

IDLE = Tidak ada data yang ditransfer pada RX dan TX, IDLE selalu berlogika tinggi.

