

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Wortel

Wortel (*Daucus carota*, Linn) adalah sayuran berbatang daun basah, berupa sekumpulan pelepah yang muncul dari pangkal umbi akar bagian atas. Di dunia ini dikenal berbagai varietas wortel dengan ukuran dan warna yang beragam, yang paling sering kita jumpai di pasar adalah berwarna jingga.



Gambar 2.1. Wortel

Sumber: [hydroponicsonline.com](http://hydroponicsonline.com)

Wortel disebut sayuran yang kaya manfaat, karena wortel kaya akan senyawa karoten dan berbagai senyawa fitokimia. Kandungan gizi dalam wortel ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kandungan Gizi Wortel

Komponen Kimia	Kandungan per 100 gram
Protein	1-2 gr
Karbohidrat	10-12 gr
Serat	2-3 gr
Mineral - sodium	50-55 mg
Vitamin A	± 2800 µg RE

Sumber: Hariyadi, 2005: 1

Umbi akar wortel yang diambil untuk dikonsumsi mempunyai lapisan kulit, dinamakan lapisan lilin. Lapisan lilin sangat tipis dan transparan, sehingga lapisan ini seperti tidak terlihat. Setiap sayuran dan buah-buahan yang memiliki lapisan lilin

memungkinkan penerapan metode pengukuran spektroskopi yang tidak merusak sampel (non-destruktif).

## 2.2 Vitamin A dan Karoten

Vitamin A dapat diperoleh dari buah-buahan dan sayuran, serta terdapat dalam dua macam bentuk, yaitu retinal dan beta-karoten. Beta-karoten merupakan senyawa dari karoten. Sumber beta-karoten kebanyakan berasal dari makanan nabati, terutama yang berwarna jingga (*orange*). Warna jingga pada wortel muncul akibat adanya pigmen karoten. Adapun senyawa karoten dalam wortel ditunjukkan dalam Tabel 2.2.  $\beta$ -Carotene (beta-karoten) dalam karoten mempunyai kandungan 67 %.

Jumlah vitamin A dihitung melalui konversi RE (*Retinal Equivalents*), satu RE (1  $\mu\text{g}$  retinal) sama dengan atau 6  $\mu\text{g}$  beta-karoten atau 3,3 IU (*International Unit*) vitamin A.

Tabel 2.2. Senyawa Karoten Dalam Wortel

Senyawa Karoten dalam Wortel	Kandungan ( $\mu\text{g}$ )
$\alpha$ -Carotene	355
$\beta$ -Carotene	800
$\beta$ -Zeaxarotene	17
$\gamma$ -Carotene	18
Total	1190

Sumber: Baloch et al., 1977: 4

## 2.3 Kromatografi

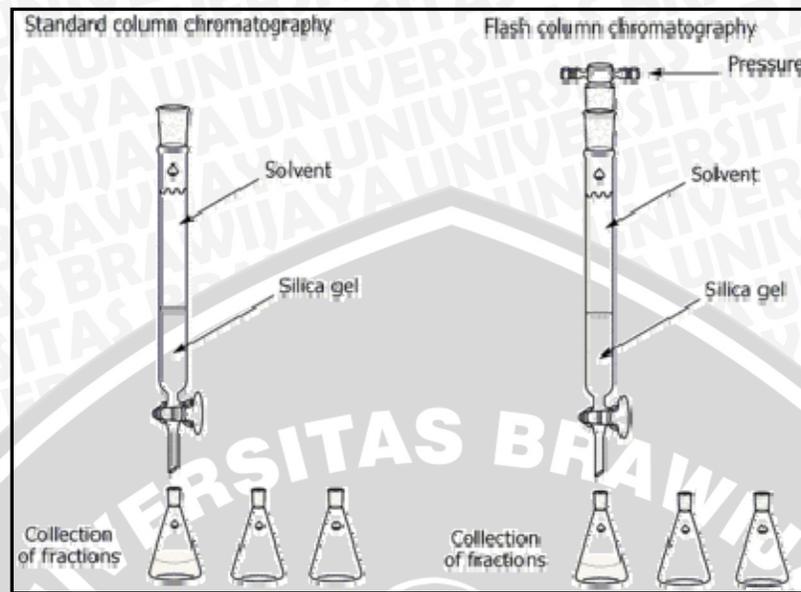
Prinsip kromatografi biasanya digunakan dalam analisis senyawa beta karoten di laboratorium. Penganalisan senyawa atau molekul dalam metode ini dilakukan dengan cara memisahkan senyawa atau molekul lain yang tercampur dalam sample yang diukur. Sampel yang diukur harus diuraikan dahulu sebelum proses analisis senyawa atau molekul yang diinginkan. Pemisahan senyawa dalam kromatografi dilaksanakan dengan memanipulasi sedemikian rupa sifat-sifat fisik umum dari suatu senyawa atau molekul, yaitu kelarutan, absorsi dan volatilitas.

Kromatografi diklasifikasikan atas beberapa jenis, diantaranya berdasarkan fase, teknik dan prinsipnya. Klasifikasi yang digunakan dalam analisis kadar beta

karoten dalam wortel di laboratorium menggunakan teknik kromatografi kolom. Fase bergerak dan fase diam dalam analisisnya berupa cairan dan prinsip yang digunakan adalah partisi.

Analisis kuantitatif dalam menentukan kadar beta karoten (sumber vitamin A) yang dilakukan di laboratorium harus melalui beberapa tahap. Wortel yang akan diukur harus dihancurkan, sehingga wortel tidak dapat digunakan kembali sebagai bibit maupun untuk dipasarkan. Prinsip kromatografi hanya mendukung untuk pengukuran secara destruktif. Tahap pengukuran kadar beta karoten dalam wortel dengan metode kromatografi kolom adalah sebagai berikut:

1. Wortel diekstraksi dengan cara digerus dan ditambahkan cairan pelarut pigmen (aseton dan  $\text{CaCO}_3$ ) dan aquades steril dengan perbandingan volume tertentu.
2. Campuran bahan tersebut disaring menggunakan kertas saring dan diulang beberapa kali hingga ampas memudar warnanya, sehingga didapatkan ekstrak wortel
3. Ekstrak wortel di masukkan dalam pipet kolom dengan volume tertentu untuk pembanding.
4. Pipet kolom pada bagian atas dipasang reservoir dan pengontrol tekanan untuk mengalirkan ekstrak wortel secara konstan.
5. Ekstrak wortel ditambah suatu pelarut (dapat berupa air).
6. Ekstrak wortel dialirkan ke kolom yang berisi *silica gel* dengan kecepatan tertentu secara konstan.
7. Perbedaan kecepatan setiap unsur/molekul larutan dalam merambat ke bawah kolom akan memisahkan unsur/molekul tersebut.
8. Unsur/molekul yang terkandung dalam wortel diletakan pada tempat yang berbeda dengan sistem penyulingan seperti dalam Gambar 2.2.
9. Penganalisisan konsentrasi unsur/molekul beta karoten dengan detektor kromatografi dapat dilakukan pada ujung pipet kolom atau dalam sebuah *cuvet*.



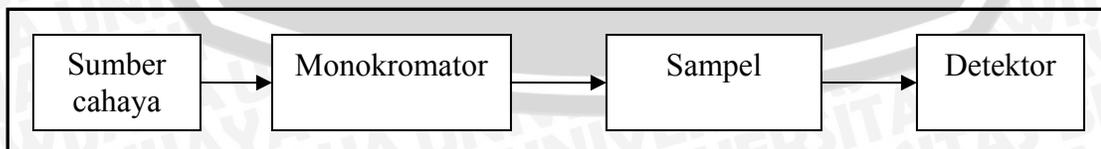
Gambar 2.2. Proses Kolom Kromatografi

Sumber: <http://www.uni-regensburg.de>

## 2.4 Spektroskopi

Prinsip spektroskopi didasarkan adanya interaksi dari energi radiasi elektromagnetik dengan zat kimia. Dengan mengetahui interaksi yang terjadi, dikembangkan teknik-teknik analisis kimia yang memanfaatkan sifat-sifat dari interaksi tersebut (Sudarmaji, 1989: 22).

Pengukuran dengan metode spektroskopi yang memanfaatkan besaran cahaya untuk memberikan gambaran sifat aneka ragam material ataupun objek, serta interaksi terhadap radiasi disebut spektrofotometri. Kuantitas dasar yang termasuk dalam spektrofotometri meliputi penyerapan (absorpsi cahaya), pantulan (refleksi cahaya), pembauran (emisi cahaya) dan penerusan (transmisi cahaya). Secara garis besar konfigurasi spektrofotometri ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Instrumentasi Spektrofotometri Secara Umum

a. Sumber cahaya

Sumber cahaya memberikan radiasi dengan rentang panjang gelombang tertentu.

b. Pemilih panjang gelombang atau monokromator

Pemilih panjang gelombang adalah alat yang membatasi radiasi atau cahaya yang diukur menjadi pita sempit yang diserap atau dibaurkan oleh sampel. Monokromator berfungsi untuk mengubah radiasi polikromatis yang dipancarkan oleh sumber radiasi menjadi radiasi monokromatis.

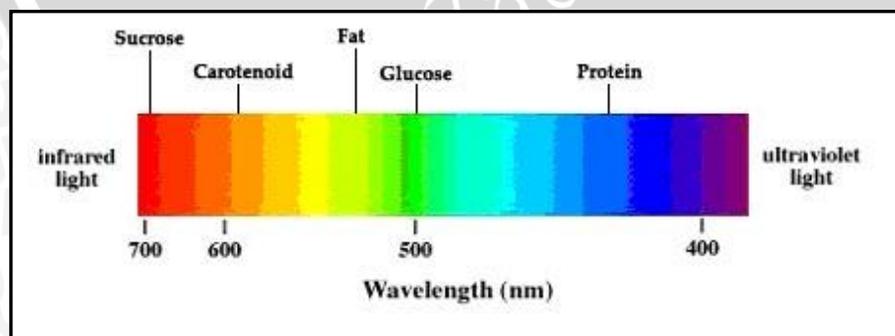
c. Sampel

Sampel dalam pengukuran ini menggunakan bahan yang akan dideteksi secara langsung, yaitu wortel. Tempat sampel ini harus dalam ruang yang gelap, sehingga tidak ada gangguan cahaya lain.

d. Detektor cahaya

Detektor cahaya mengubah besaran fisis menjadi besaran listrik, besaran fisis berupa tingkatan intensitas cahaya.

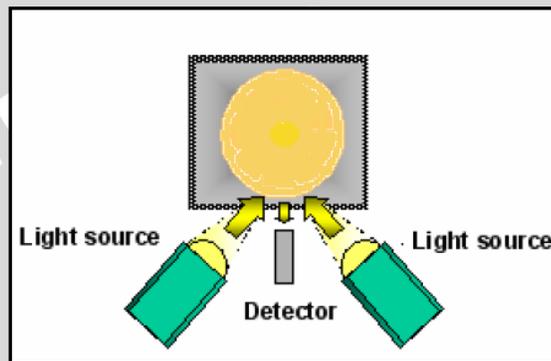
Sumber cahaya yang digunakan dalam spektrofotometri, diantaranya adalah cahaya ultra violet (UV), cahaya tampak (VIS) dan inframerah (IR). Metode spektroskopi cahaya tampak adalah spektrofotometri yang menggunakan sumber cahaya dengan panjang gelombang 400-700 nm. Karoten pada wortel mempunyai spektrum warna jingga kekuningan yang panjang gelombangnya ( $\lambda$ ) 600 nm, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Spektrum Warna Kandungan Wortel

Sumber: [www.chem.vt.edu](http://www.chem.vt.edu)

Pengukuran secara non-destruktif pada wortel ini dilakukan dengan memanfaatkan interaksi pantulan (reflektansi). Gambaran sistem sensor perancangan alat ukur kadar vitamin A dalam wortel ditunjukkan dalam Gambar 2.5. Sumber cahaya dan detektor diletakkan ke arah yang sama pada permukaan yang diukur. Agar pencahayaan terhadap objek merata, sebaiknya objek diterangi dua sumber cahaya yang mengapit detektor. Konsentrasi vitamin A dalam objek diukur dari intensitas radiasi dengan pengkalibrasian sebelumnya.



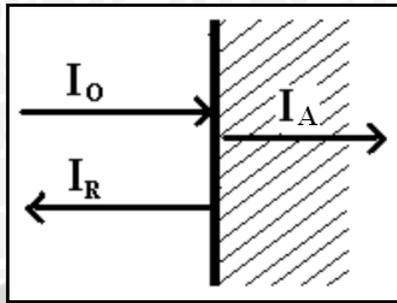
**Gambar 2.5.** Sistem Pengukuran Dengan Metode Pantulan Spektrofotometri.

Sumber: Choi, *et. all*, 2005: 8

## 2.5 Hukum Pemantulan Lambert dan Hukum Beer

Jika suatu permukaan menunjukkan faktor pemantulan atau reflektansi Lambert (1768), cahaya yang datang dipantulkan berhamburan. Pengamat melihatnya seperti kecerahan permukaan, hal ini sama dengan dengan mengabaikan sudut pandang pengamat. Pemantulan Lambert sering digunakan sebagai suatu model pemantulan membaaur

Reflektansi ( $R$ ) adalah perbandingan antara daya radiasi atau intensitas cahaya setelah dipantulkan terhadap daya radiasi atau intensitas cahaya sebelum dipantulkan oleh permukaan. hukum Beer (1819) menyatakan hubungan antara perubahan intensitas cahaya terhadap perubahan konsentrasi sampel. Semakin tinggi tingkat konsentrasi zat padat yang diukur, maka semakin banyak pula cahaya yang dipantulkan dan reflektansinya semakin besar.



**Gambar 2.6.** Intensitas Cahaya Mengenai Permukaan Benda Padat

Gambar 2.6 menunjukkan interaksi cahaya mengenai permukaan benda padat, dimana intensitas sumber ( $I_0$ ) mengenai permukaan, intensitas tersebut akan dipantulkan ( $I_R$ ) dan diserap dan diteruskan ( $I_A$ ). Setiap permukaan yang mempunyai spektrum warna tertentu akan menyerap semua cahaya tampak dan memantulkan cahaya yang sesuai dengan spektrum tersebut, kecuali warna putih dan warna hitam. Warna putih memantulkan semua warna dan warna hitam menyerap semua warna. Gabungan hukum Lambert dan Beer (Lambert-Beer) memberikan perumusan bahwa berkurangnya intensitas cahaya yang diserap dan diteruskan permukaan ( $-dI$ ) oleh setiap pertambahan konsentrasi ( $dc$ ) berbanding lurus dengan intensitas cahaya ( $I$ ) dengan konstanta tertentu ( $k_I$ ), pernyataan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 -\frac{dI}{dc} &= k_1 I & (2.1) \\
 -\frac{dI}{I} &= k_1 dc \\
 -\int_{I_0}^{I_A} \frac{dI}{I} &= k_1 \int_0^c dc \\
 -(\ln I_A - \ln I_0) &= k_1 c & ; I_A = I_0 - I_R \\
 -\ln\left(\frac{I_0 - I_R}{I_0}\right) &= k_1 c & ; R = \frac{I_R}{I_0} \\
 -\ln(1 - R) &= k_1 c & (2.2)
 \end{aligned}$$

Perumusan dalam persamaan 2.2 dapat digunakan dalam model logaritma, yaitu dengan menambahkan konstanta ( $k_1$ ) sebesar 2,302,  $k_2 = k_1 + 2,302$

$$-\log(1 - R) = k_2 c$$

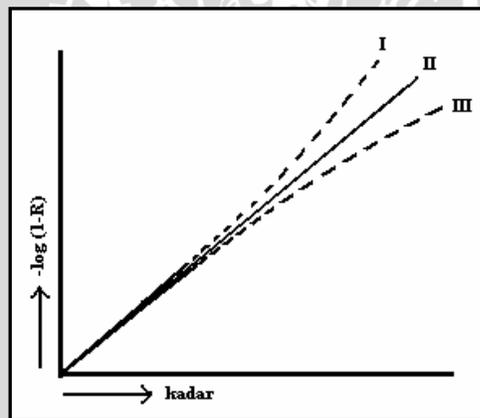
Jarak antara sumber cahaya dengan sampel dan jarak antara sampel dengan detektor cahaya dianggap konstan, besarnya jarak tersebut termasuk dalam konstanta.

$$-\log(1 - R) = kc \quad (2.3)$$

$k$  = Koefisien Larutan

$c$  = Konsentrasi larutan (mol/liter atau g/liter atau %)

Persamaan 2.3 menunjukkan bahwa kenaikan reflektansi sebanding dengan kenaikan konsentrasi sampel. Besarnya koefisien larutan memiliki nilai yang tetap dan dapat berubah-ubah jika terjadi suatu penyimpangan hukum Beer, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.7. Penyimpangan hukum Beer biasanya dijumpai apabila terdapat radiasi menyimpang yang mencapai detektor. Kurva penyimpangan hukum Beer masih dapat digunakan dalam analisis kuantitatif dengan dasar penentuan kadar suatu zat selalu didasarkan atas kurva standar yang telah teruji.

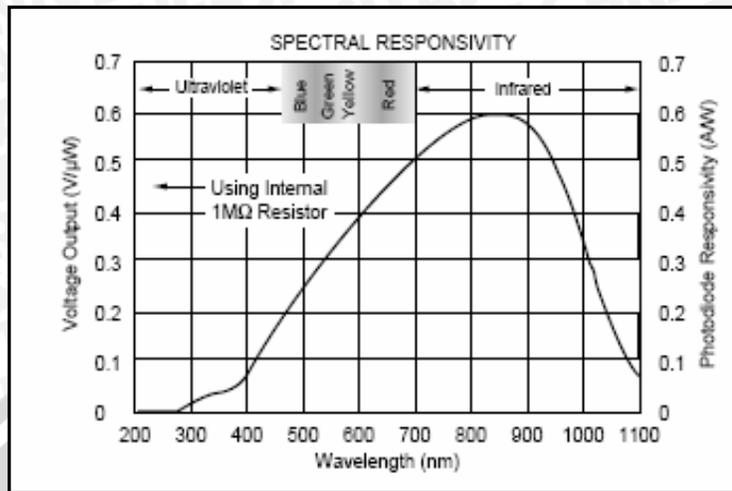


**Gambar 2.7.** Penyimpangan Hukum Beer; (I) Penyimpangan Positif Hukum Beer; (II) Sesuai Hukum Beer; (III) Penyimpangan Negatif Hukum Beer.

Sumber: Sudarmadji, dkk., 1989: 29

## 2.6 Detektor Cahaya Tampak OPT101P

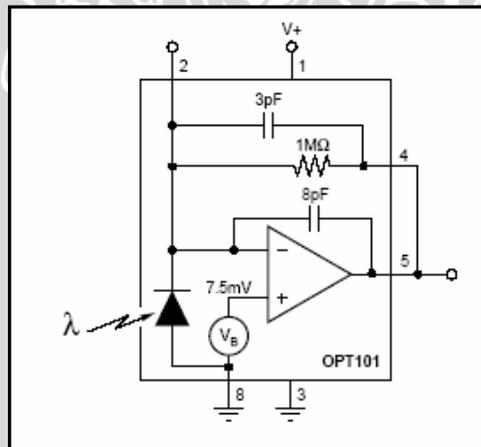
Perancangan alat ukur ini memerlukan suatu detektor yang dapat mengubah besaran fisis menjadi elektrik, yaitu dari intensitas cahaya menjadi tegangan listrik. OPT101P adalah sensor pengukur intensitas cahaya yang berupa *photodiode* dan dilengkapi penguat operasional. Respon sensor OPT101P ini dapat dilihat dalam Gambar 2.8.



**Gambar 2.8.** Diagram Respon Spektrum

Sumber: OPT101P Datasheet book.

Sensor ini membutuhkan tegangan sumber sebesar 2,7-36 V dan dapat bekerja pada temperatur 0° C sampai 70° C. Rangkaiannya ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



**Gambar 2.9.** Rangkaian OPT101P Linear Photodiode

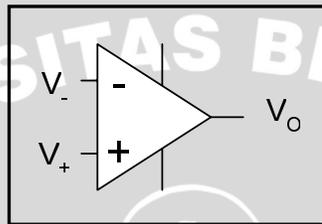
Sumber: OPT101P Datasheet book

## 2.7 Penguat Operasional

Tegangan yang dihasilkan detektor cahaya terlalu kecil untuk dapat diolah ke sub sistem berikutnya, maka perlu adanya penguat sinyal untuk menghasilkan range tegangan tertentu yang lebih besar. Penguat operasional (op-amp) berfungsi untuk menguatkan sinyal keluaran yang dihasilkan detektor cahaya. Karakteristik dari suatu penguat operasional adalah:

- Impedansi masukan yang sangat tinggi, sehingga arus masukan dapat diabaikan.
- Penguatan loop terbuka ( $A_v$ ) sangat tinggi, sehingga tegangan keluaran penguat menjadi:  $V_{out} = A_v((V_+) - (V_-))$
- Impedansi keluaran sangat rendah, sehingga keluaran penguat tidak terpengaruh pada pembebanan.

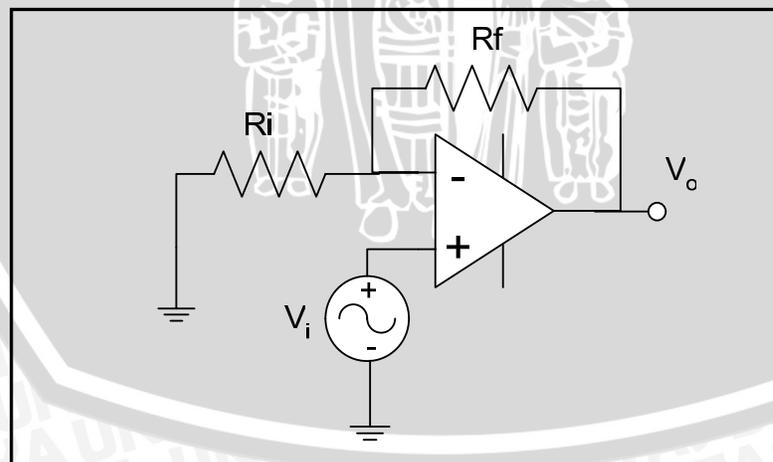
Sebuah penguat operasi ditunjukkan dalam Gambar 2.10.



**Gambar 2.10.** Penguat Operasi

Sumber: Aswan 2004: 1

Penguat tegangan yang digunakan dalam perancangan ini adalah penguat tak membalik (*non inverting*), seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.11.. Rangkaian penguat ini memiliki persamaan sebagai berikut:  $V_o = \left(1 + \frac{R_B}{R_A}\right)V_i$



**Gambar 2.11.** Rangkaian Penguat Operasional Tak Membalik

Sumber: Aswan 2004: 1

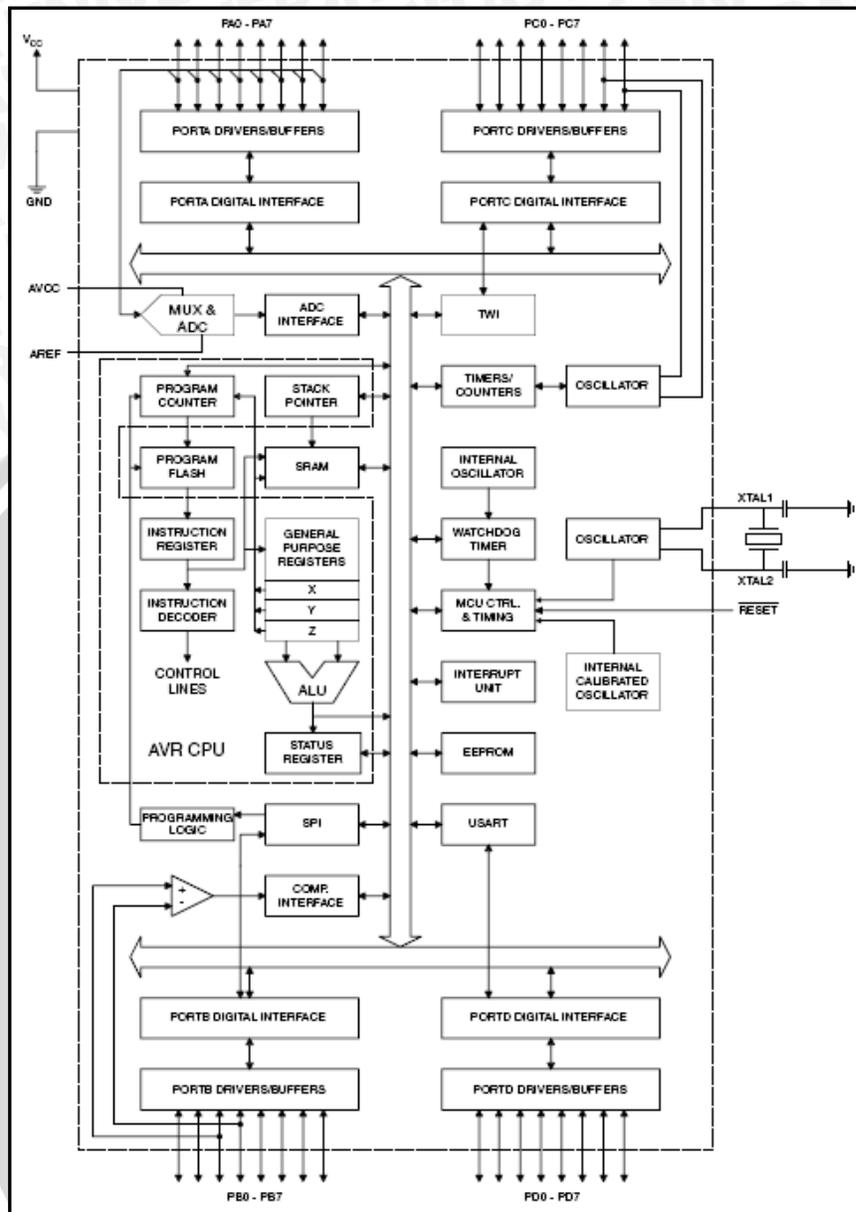
## 2.8 AVR

Data analog yang dihasilkan pengkondisi sinyal tentunya belum dapat ditampilkan pada rangkaian penampil yang memerlukan masukan data digital tanpa adanya konverter analog ke digital, pengontrol dan pengolah data hasil konversinya. AVR merupakan mikrokontroler yang terdapat konverter analog ke digital didalamnya.

AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) adalah mikrokontroler produksi Atmel yang menggunakan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit, AVR pertama kali diperkenalkan pada tahun 1996. AVR mengkombinasikan arsitektur RISC, memori *flash* internal dan jumlah *register* yang besar (32 buah) untuk memperoleh ukuran code program, kinerja, dan konsumsi daya yang optimal. AVR memiliki arsitektur dengan memori dan bus terpisah untuk data dan program. Lebar bus program pada AVR adalah 16 bit sedangkan lebar bus data 8 bit. Memori program dieksekusi dengan *pipeline* satu tingkat. Saat instruksi sedang dieksekusi, instruksi yang berikutnya dibaca dari memori program. Konsep ini memungkinkan instruksi untuk dieksekusi dalam tiap-tiap siklus *clock*. Arsitektur AVR juga dirancang untuk bekerja secara efisien menggunakan bahasa C. Secara umum AVR dapat dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu ATtiny, AT90Sxx, ATmega dan AT86RFxx. Salah satu jenis mikrokontroler yang mudah dijumpai dipasaran adalah ATmega8535.

### 2.8.1 Mikrokontroler ATmega8535

Diagram blok ATmega8535 ditunjukkan dalam Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Diagram Blok Mikrokontroler ATmega8535

Sumber: ATmega8535 Datasheet Book

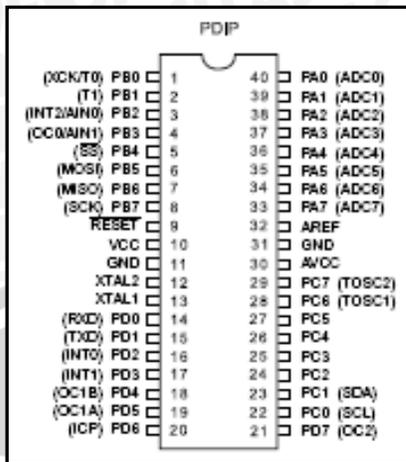
Mikrokontroler ATmega8535 memiliki kelengkapan sebagai berikut:

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D, masing-masing pin memiliki resistor *pull-up* internal yang dapat diset.
2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
3. Tiga buah *Timer/Counter*.

4. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
5. *Watchdog Timer* dengan osilator internal.
6. SRAM sebesar 512 byte.
7. Memori *Flash* sebesar 8 kb dengan kemampuan *Read While Write*.
8. Unit interupsi internal dan eksternal.
9. Port Antarmuka SPI (*Serial Peripheral Interface*)
10. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi.
11. Antarmuka komparator analog.
12. Port USART untuk komunikasi serial dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.

ATmega8535 memiliki 40 pin seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.13, adapun penjelasan fungsionalnya adalah sebagai berikut:

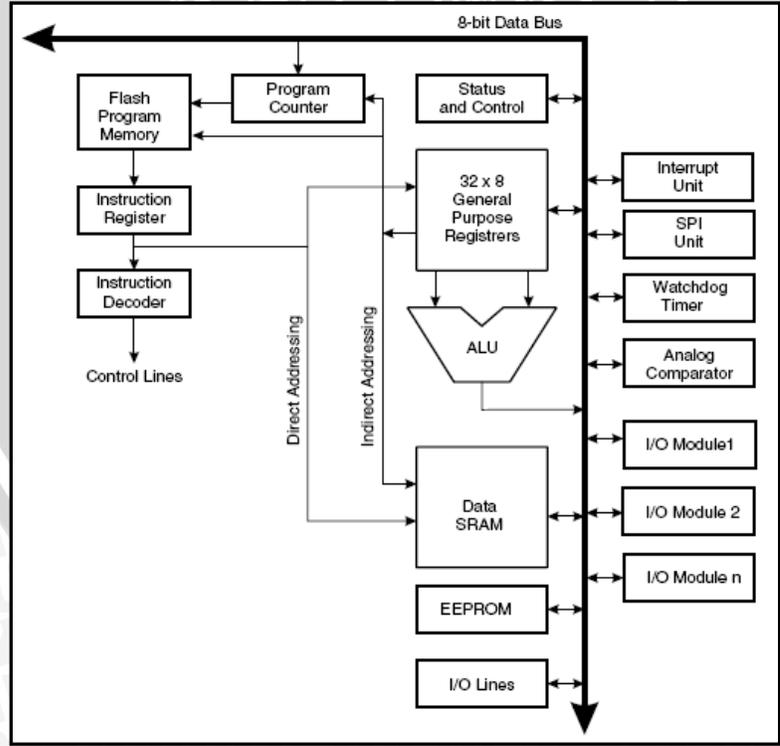
1. VCC adalah pin sebagai masukan catu daya.
2. GND merupakan pin *ground*.
3. Port A (PA0..PA7) adalah pin I/O dua arah dan sebagai pin masukan ADC.
4. Port B (PB0..PB7) adalah pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer/Counter*, Komparator analog dan SPI.
5. Port C (PC0..PC7) adalah pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer Oscilator* dan Komparator analog.
6. Port D (PD0..PD7) adalah pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Komparator analog, interupsi eksternal dan komunikasi serial.
7. RESET merupakan pin masukan untuk mengeset ulang mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 adalah pin masukan *clock* eksternal.
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.



Gambar 2.13. Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega8535

Sumber: ATmega8535 Datasheet Book: 2

Semua jenis mikrokontroler AVR memiliki arsitektur dan instruksi yang relatif sama, pada dasarnya yang membedakan adalah memori dan peripheralnya. ATmega8535 memiliki 32 buah *general purpose registers* dan tidak memiliki *accumulator*.



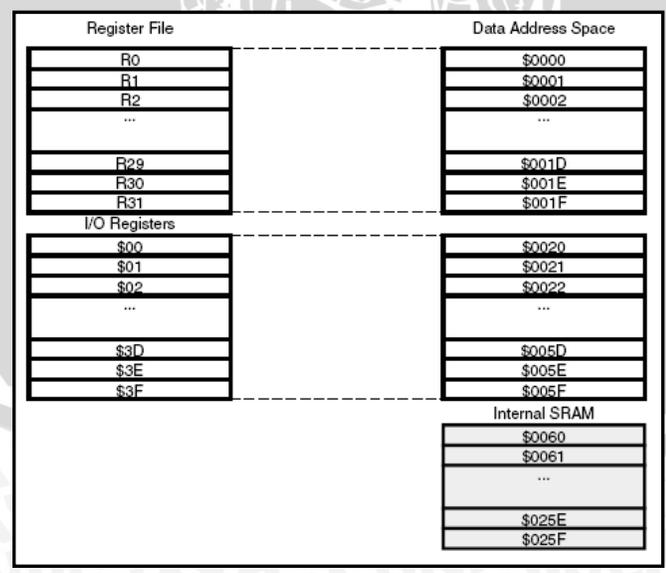
Gambar 2.14. Arsitektur ATmega8535

Sumber: ATmega8535 Datasheet Book: 8

Seluruh *register* terhubung ke ALU (*Arithmetic Logic Unit*) sehingga operasi ALU dapat dilaksanakan dengan menggunakan *general purpose registers* sebagai *operand*. Dua *operand* diambil dari *register*, operasi ALU dijalankan dan hasil operasi disimpan ke dalam *register*, semuanya dilakukan dalam satu siklus *clock*. Dalam skala operasi yang relatif besar, operasi ALU dapat dijalankan dengan lebih cepat. Semua *general purpose registers* juga dapat digunakan untuk mengakses data dari dan ke memori dengan instruksi *load* dan *store*.

Enam dari 32 *register* dapat digunakan sebagai pasangan *register* 16 bit. Pasangan *register* 16 bit dapat digunakan sebagai *register pointer* untuk pengalamatan area data sehingga memungkinkan perhitungan alamat menjadi lebih efisien. Ketiga *register* tersebut adalah *register X* (R26 dan R27), Y (R28 dan R29), dan Z (R30 dan R31).

Peta memori data ATmega8535 dapat dilihat dalam Gambar 2.15. Memori data dibagi menjadi 4 bagian. 32 alamat paling bawah (0000 – 001F) ditempati oleh *general purpose registers*. 64 alamat berikutnya (0020 – 005F) ditempati oleh *register I/O* yang mengatur piranti CPU seperti *register kontrol*, *timer/counter*, ADC, dan fungsi I/O lainnya. Alamat berikutnya digunakan oleh SRAM internal dan eksternal.



Gambar 2.15. Peta Memori AVR

Sumber: ATmega8535 Datasheet Book: 17

Selama *interrupt* dan pemanggilan *subroutine*, alamat pada *Program Counter* (PC) disimpan pada *stack*. Pada tipe AVR yang memiliki SRAM internal atau eksternal, *stack* dialokasikan di SRAM sehingga ukuran *stack* hanya terbatas oleh total ukuran dan pemakaian SRAM. Semua program harus menginisialisasi *Stack Pointer* (SP) di dalam rutin *reset*, sebelum *subroutines* atau *interrupt* dieksekusi. Sedangkan tipe AVR yang tidak memiliki SRAM, alamat pada PC disimpan di *stack hardware* yang memiliki ukuran terbatas.

### 2.8.2 ADC ATmega8535

ADC (*Analog to Digital Converter*) merupakan suatu piranti yang digunakan untuk mengubah suatu tegangan analog menjadi suatu data digital. Resolusi konverter ADC mengacu pada nomer bit dalam keluaran data binernya. Perancangan alat ukur ini menggunakan ADC dalam ATmega8535 dengan resolusi 10 bit.

Masukan ADC pada Atmega8535 dihubungkan dengan multiplekser analog yang berfungsi memilih salah satu dari 8 saluran di port A yang akan dikonversi. ADC dalam mikrokontroler ini memiliki *sample and hold* untuk menahan input analog agar tetap konstan pada saat konversi. Blok diagram dari ADC ini dapat dilihat dalam *datasheet book* ATmega8535 halaman 207.

ADC memiliki tegangan input analog yang tidak boleh berbeda lebih dari 0,3V dari VCC. Tegangan referensi internal yang ada pada mikrokontroler adalah 2,56V. Tegangan referensi eksternal dapat diberikan melalui pin AREF dengan diberi kapasitor untuk mengurangi noise.

Operasi ADC ini mengkonversi tegangan input analog ke nilai digital 10 bit. Nilai minimum yang dihasilkan mewakili ground sedangkan nilai konversi maksimum merupakan hasil konversi tegangan input analog dikurangi 1 LSB. Untuk memilih tegangan analog input internal 2,56V, dilakukan dengan mengatur bit REFSn bit pada register ADMUX. Setelah itu saluran input analog dapat dipilih dengan menuliskan konfigurasi bit MUX pada register ADMUX. ADC ini diaktifkan oleh bit ADC *enable* ADEN pada register ADCSRA. Hasil dari konversi ADC akan dimasukkan dalam register ADCH dan ADC dengan konfigurasi 2 bit teratas di LSB ADCH dan 8 bit lainnya di ADCL. Jika bit ADLAR pada register ADMUX diset,

maka 8 bit teratas di ADCH dan 2 bit lainnya di MSB ADCL. Hasil konversi ini dapat dihitung dengan Persamaan 2.4.

$$ADC = \frac{V_{in} \times 1024}{V_{Ref}} \quad (2.4)$$

ADC dalam mikrokontroler ini dapat memicu *interrupt* sendiri setelah konversi selesai. Konversi normal ADC Atmega8535 membutuhkan 13 siklus clock ADC dan konversi pertamanya membutuhkan 25 siklus clock ADC.

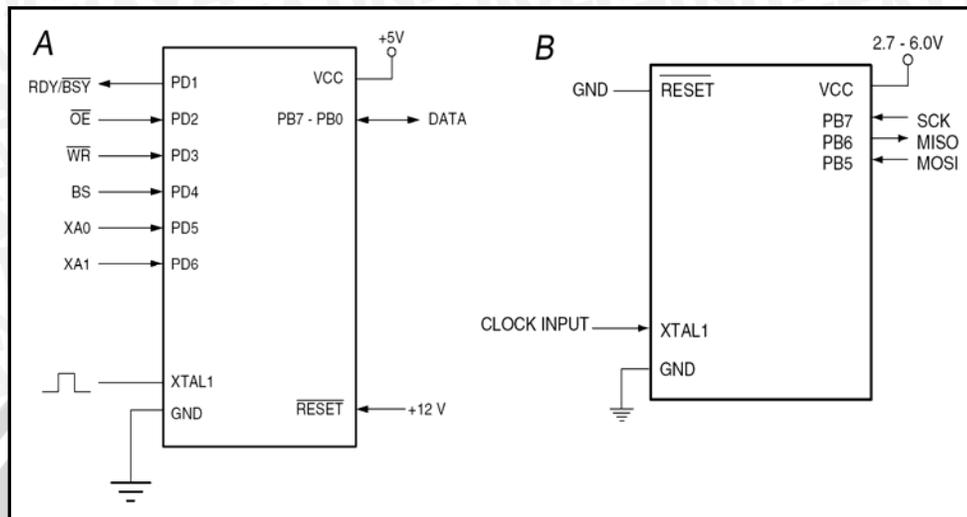
### 2.8.3 Pemrograman AVR

AVR memiliki 118 buah instruksi. Sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. Secara umum instruksi-instruksi dalam AVR dapat dibagi menjadi 4 kelompok yaitu: aritmatika dan logika, percabangan, transfer data serta bit. Instruksi dalam AVR disimpan dalam memori *flash* internal dalam pasangan 16 bit. Besarnya memori *flash* bergantung dari tipe AVR, berkisar antara 1k sampai 128k byte. Memori *flash* AVR memiliki *endurance* 1,000 siklus *write/erase*. AVR mempunyai dua mode pemrograman berbeda yaitu mode pemrograman paralel (mode paralel) dan mode pemrograman serial (mode ISP) seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.16.

Alat yang akan diprogram dalam mode paralel dipasang pada soket programmer dan tegangan pemrograman sebesar +12 volt dikenakan pada pin RESET. Komunikasi antar programmer dan AVR mode secara paralel lebih cepat dari mode serial.

Mode serial dalam pemrograman AVR hanya memerlukan tiga jalur sinyal tanpa tegangan +12V, sehingga AVR dapat program saat masih berada dalam sistem. Mode serial juga biasa disebut sebagai mode ISP (*In-System Programming*). Pada banyak kasus mode serial mempermudah pengembangan program karena program dapat diganti sewaktu-waktu tanpa melepas mikrokontroler dari sistem. Namun, mode pemrograman serial tidak bisa digunakan untuk memprogram *fuse bit* pada beberapa tipe AVR dan beberapa tipe tidak mempunyai fasilitas ISP. Pada kasus seperti itu pemrograman harus dilakukan dalam mode paralel. Sebagai pengecualian, tipe-tipe AVR yang hanya memiliki 8 pin menggunakan mode pemrograman serial

yang menggunakan tegangan pemrograman +12V. Detil pemrograman masing-masing tipe AVR dapat dilihat pada *datasheet*.



**Gambar 2.16.** Pemrograman Paralel (A) Dan Pemrograman Serial (B) Pada AVR

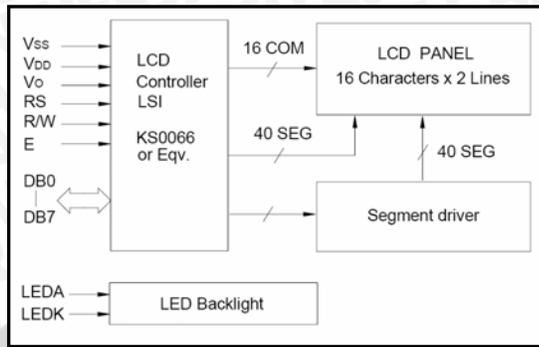
Sumber: Atmel, 2001, [www.atmel.com](http://www.atmel.com)

## 2.9 LCD LMB162A

LCD (*Liquid Cell Display*) dengan jenis LMB162A mempunyai tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya rendah. Modul ini dilengkapi dengan LCD *controller* yang berfungsi mengendalikan CGROM (*Character Generator Read Only Memory*), CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) dan DDRAM (*Display Data Random Access Memory*). LMB162A memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Memiliki 192 jenis karakter permanen dalam CGROM.
- Dapat menggambarkan 8 pola karakter dalam CGRAM.
- Tempat tampilan karakter di-*set* pada *address counter* DDRAM.
- Antarmuka dengan 4 *bit* atau 8 *bit* MPU.
- Tegangan catu 5 volt dan temperatur operasi -20°C sampai dengan 70 °C
- Otomatis reset pada saat dihidupkan

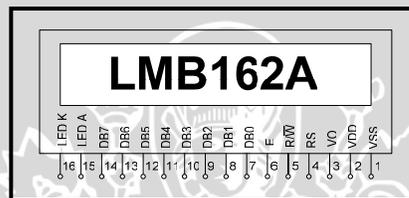
Masukan modul LCD ini berupa bus data yang masih termultipleks dengan bus alamat serta 3 *bit* sinyal kontrol, yaitu RS, R/W dan E. Pengendali *dot matrix* LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang dalam modul LCD. Diagram blok LMB162A ditunjukkan dalam Gambar 2.17.



**Gambar 2.17.** Blok Diagram LCD LMB162A

Sumber: LCD LMB162A Datasheet Book

LCD LMB162A memiliki 16 pin seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.18 dan Konfigurasi pinnya terdapat dalam Tabel 2.3.



**Gambar 2.18.** Konfigurasi Pin LCD LMB162A

Sumber: LCD LMB162A Datasheet Book

**Tabel 2.3.** Tabel Fungsi Pin LCD LMB162A.

Nama pin	Jumlah	I/O	Fungsi
DB0-DB3	4	I/O	Jalur data dua arah bit rendah, untuk jalur bus data pada proses baca maupun tulis.
DB4-DB7	4	I/O	Jalur data dua arah bit tinggi, untuk jalur bus data pada proses baca maupun tulis.
E	1	Input	Sinyal operasi dimulai: sinyal aktif pada saat terjadi perpindahan logika tinggi ke rendah. ( 1 ke 0 )
R/W	1	Input	Sinyal pilih data dan tulis (0:tulis,1:baca)
RS	1	-	Proses penulisan ke LCD 0: Untuk tulis/kirim instruksi. 1: Untuk tulis/kirim Data Proses pembacaan 0: sinyal sibuk(Busy flag) dan address counter 1: Baca Data
VLC	1	-	Penyetelan kontras pada tampilan LCD denagn merubah tahanan VLC,
VDD	1	-	+ 5V
VSS	1	-	Ground 0V
VBL-	1	-	Ground untuk lampu (Back Light)
VBL+	1	-	+ 5V untuk lampu (back Light)

Sumber: LCD LMB162A Datasheet Book