

---

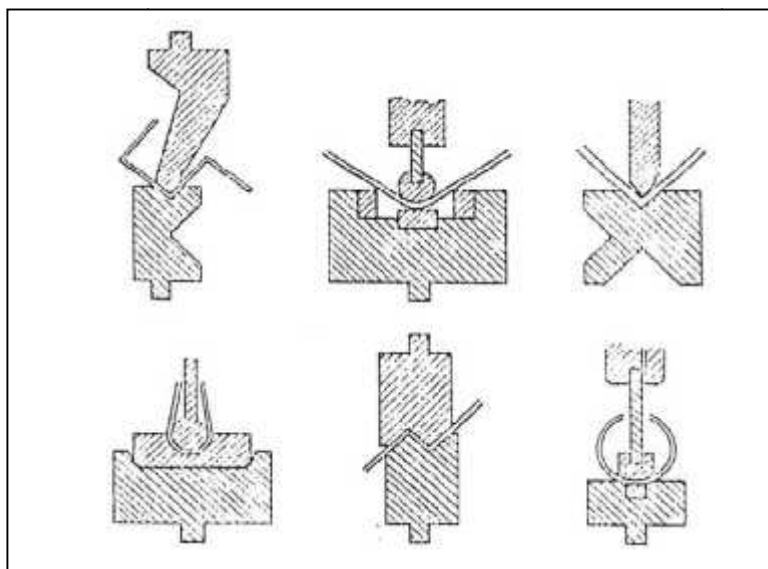
## BAB II

### TEORI DASAR

Pada bab ini dibahas tentang proses pembengkokan, motor stepper, motor DC servo, mikrokontroler ATmega8535, *Geckodrive G320X*, *Encoder (E40H-A-360-24)*, dan *CodeVisionAVR*.

#### 2.1 Proses Pembengkokan

Proses pembengkokan (*bending process*) merupakan proses *forming* secara *cold working* yang menyebabkan deformasi secara plastis logam terhadap sumbu linier dengan hanya sedikit atau hampir tidak mengalami perubahan penampang dengan bantuan tekanan piston pembentuk dan cetakan (*dies*). Sepotong logam dapat menjadi bengkok akibat tekanan mesin sederhana dengan menggunakan proses yang disebut *bending*. Biasanya pekerjaan *bending* menggunakan sepotong logam panjang, lembaran logam ataupun piring. *Bending* biasanya memakai *dies* berbentuk U, V, W atau yang lainnya. *Bending* menyebabkan logam pada sisi luar sumbu netral mengalami tarikan, sedangkan pada sisi lainnya mengalami tekanan. Skema jenis-jenis pembengkokan dapat dilihat pada gambar 2.1.

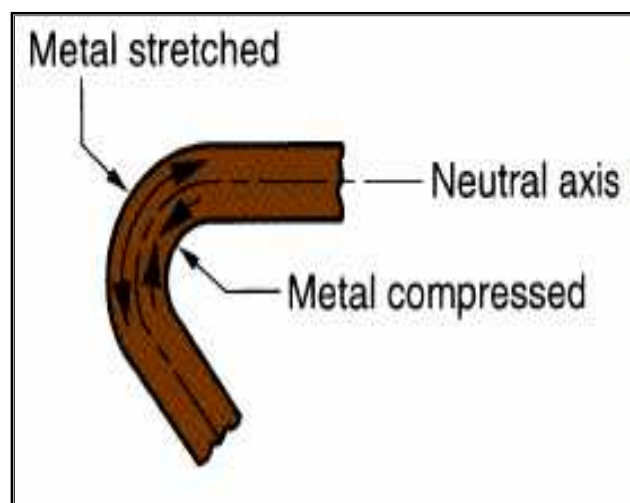


**Gambar 2.1** Skema jenis-jenis proses pembengkokan (*bending*) [1]

---

Apabila *bending* ganda (*multiple bending*) secara simultan dengan mempergunakan dies maka proses ini disebut *Forming*. Berbagai sumbu dapat saling membentuk sudut satu dengan yang lainnya, namun demikian masing-masing sumbu harus linear dan bebas (tidak tergantung sumbu lainnya) agar dapat digolongkan sebagai operasi bending murni dan dapat diperlakukan dengan teori *bending* sederhana. Apabila sumbu bending atau tekukan tidak linear / tidak bebas maka prosesnya menjadi disebut *drawing* dan atau *stretching* dan bukan *bending*.

Proses *bending* mengakibatkan logam bagian luar mengalami tegangan tarik sementara bagian dalamnya mengalami tegangan tekan. Tempat kedudukan dimana bagian logam tidak mengalami penegangan ataupun tekanan dikenal sebagai sumbu netral tekukan. Karena biasanya kekuatan luluh lebih besar daripada kekuatannya maka logam bagian luar terdeformasi lebih dahulu daripada bagian dalamnya akibatnya sumbu netral bergeser dari tengah-tengah dua permukaan tersebut. Selama proses bending ini selalu terjadi penegangan (*stretching*) dan pengerutan (*shrinking*) jika radius pembentukan relatif kecil terhadap part, benda kerja cenderung terjadi stretch saat proses pembentukan. Perlunya mengestimasi besarnya *stretching* dan *shrinking*, maka panjang *part* akhir sesuai dimensi pada gambar. Perilaku lembaran logam yang mengalami tekukan dapat dilihat pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Perilaku lembaran logam yang mengalami tekukan [1]

---

Pada kenyataannya, sumbu netral biasanya terletak diantara  $1/3$  dan  $1/2$  dari permukaan bagian dalam. Tempat kedudukan sumbu netral yang tepat tergantung pada jari-jari tekuk (*bending radius*) dan jenis materialnya. Karena ketidaksamaan deformasi, logam akan mengalami sedikit penipisan pada daerah tekukan. Penipisan akan lebih terlihat pada tengah-tengah *sheet* dimana material dapat secara bebas ditarik sepanjang sumbu tekukan. Kedua efek tersebut diperlihatkan secara skematik seperti terlihat pada gambar 2.2. Dilihat dari sisi bagian dalam tekukan, sangat mungkin tekanan pada bagian bawah tersebut dapat mengakibatkan *upsetting*. Adanya *upsetting* tersebut mengakibatkan logam bertambah panjang dalam arah sejajar dengan sumbu tekukan. Efek ini akan semakin terlihat pada proses penekukan material yang tebal tetapi sempit. Masih sebagai konsekuensi dari adanya kombinasi tegangan tarik dan tegangan tekan tersebut adalah kecenderungan logam untuk kembali ke bentuk semula (*un-bend*) beberapa saat setelah penekukan. Fenomena ini disebut sebagai efek *springback*. Oleh karena itu untuk menekuk dengan sudut tekuk tertentu maka logam harus ditekuk dengan sudut lebih besar daripada sudut tekuk yang diinginkan (*overbend*), sehingga kelebihan tekuk tersebut dapat mengeliminir adanya efek *springback* tersebut.

## 2.2 Motor Stepper

Motor stepper adalah motor DC yang khusus berputar dalam suatu derajat yang tetap yang disebut langkah (*step*). Satu step antara  $0,9^\circ$  -  $1,8^\circ$ . Motor stepper terdiri dari rotor dan stator. Rotor adalah permanen magnet sedangkan stator adalah elektromagnet. Rotor akan bergerak jika stator diberi aliran listrik. Aliran listrik ini membangkitkan medan magnet dan membuat rotor menyesuaikan dengan kutub magnet yang dimilikinya. Bentuk fisik motor stepper dapat dilihat pada gambar 2.3.

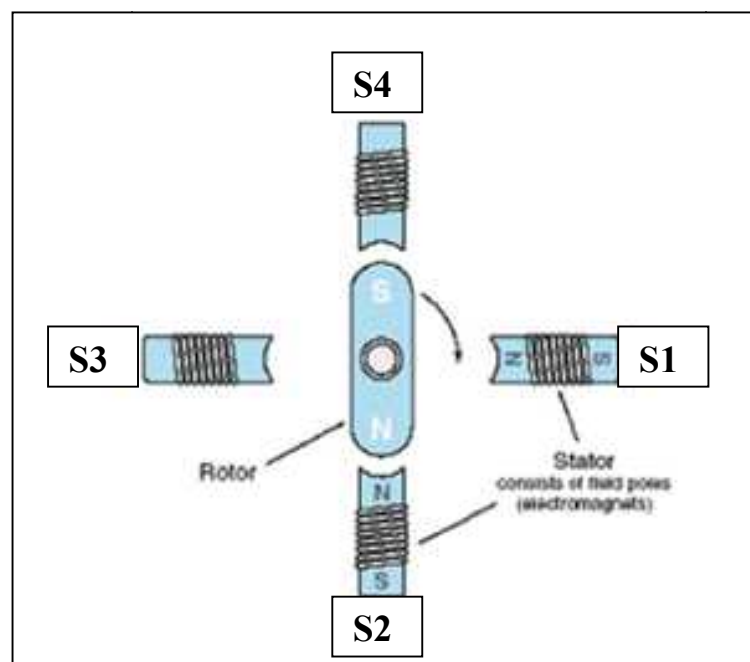
Motor stepper digunakan khusus untuk menentukan posisi batang motor tanpa harus mempergunakan sensor posisi. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menghitung jumlah *step* yang harus diberikan dari posisi

---

acuan. Ukuran *step* ditentukan oleh jumlah rotor dan kutub stator motor stepper. Pada motor stepper tidak terdapat kesalahan akumulatif, yaitu kesalahan sudut tidak terus bertambah dengan meningkatnya *step*. Posisi rotor dan stator pada motor stepper dapat dilihat pada gambar 2.4.



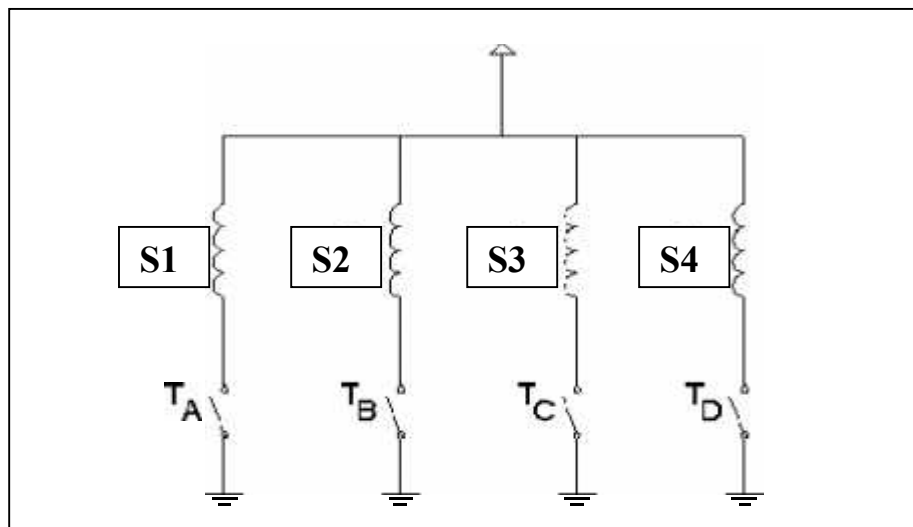
**Gambar 2.3** Bentuk fisik motor stepper



**Gambar 2.4** Posisi rotor dan stator pada motor stepper

Motor stepper dapat digerakan jika lilitan stator diaktifkan satu persatu secara bergantian dan berurutan. Prinsip pengendalian motor

stepper dapat dilihat pada gambar 2.5 dan tabel 2.1. Jika seluruh saklar dalam keadaan terbuka (OFF alias berkondisi 0), maka motor berada dalam keadaan diam. Jika saklar ditutup dan dibuka secara bergantian dengan urutan sebagai berikut,  $T_A, T_B, T_C, T_D$ , maka motor akan bergerak sejauh 4 langkah ( $4 \times 1,8^\circ$ ) searah jarum jam. Sebaliknya, motor akan bergerak sejauh 4 langkah berlawanan dengan arah jarum jam, jika saklar ditutup dan dibuka menurut urutan  $T_D, T_C, T_B, T_A$ .



**Gambar 2.5** Rangkaian penggerak motor stepper menggunakan saklar

**Tabel 2.1** Arah putaran motor stepper

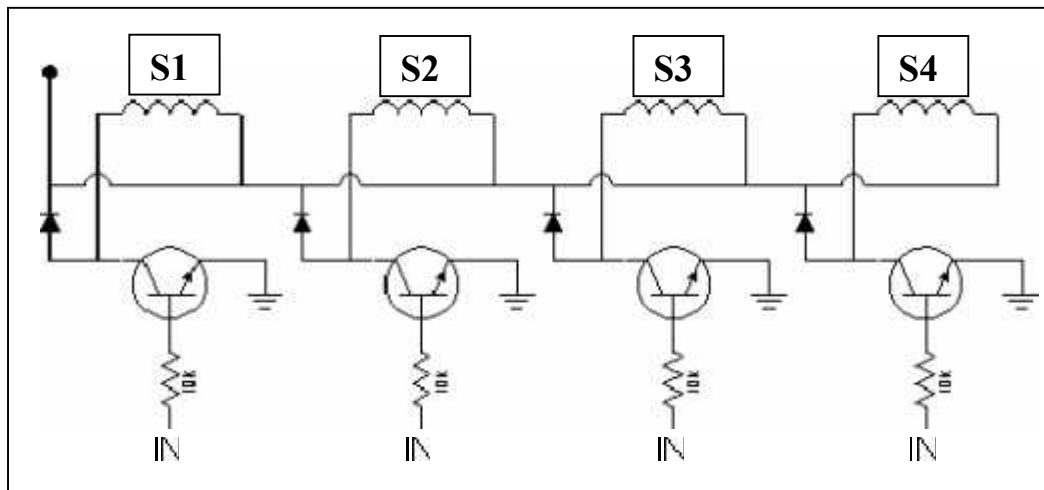
$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	Gerakan
0	0	0	0	X
1	0	0	0	CW
0	1	0	0	CW
0	0	1	0	CW
0	0	0	1	CW
1	0	0	0	CW
0	0	0	1	CCW
0	0	1	0	CCW
0	1	0	0	CCW
1	0	0	0	CCW

CW : Clock Wise (Searah jarum Jam)

CCW : Counter Clock Wise (Berlawanan dengan arah jarum jam)

---

Agar dapat dikendalikan secara elektronik (termasuk pengendalian melalui komputer), posisi saklar dapat diganti dengan rangkaian yang terdiri atas transistor, dioda, dan resistor, seperti pada gambar 2.6. Jika satu transistor mendapatkan arus bias pada basisnya (yang telah diperkecil oleh resistor 10 k), transistor langsung memasuki kondisi saturasi, sehingga timbul kesan seolah-olah kaki kolektor dan emitor terkontak langsung. Hal ini menyebabkan arus VCC dapat mengalir melalui lilitan menuju ground. Arus bias pada jalur IN di sini dapat berasal, misalnya, dari port paralel suatu komputer. Sebaliknya, jika transistor tidak mendapat bias, hubungan antara kaki kolektor dan emitor akan "terputus", sehingga arus tidak dapat mengalir melalui lilitan menuju ground.



**Gambar 2.6** Rangkaian penggerak motor stepper menggunakan transistor

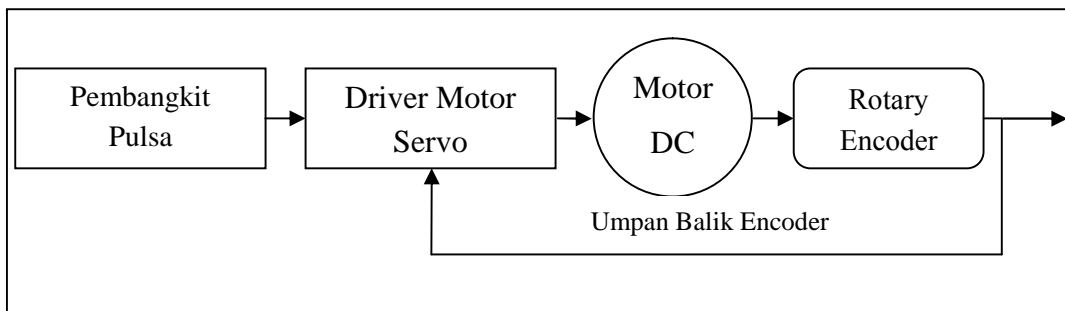
### 2.3 Motor DC Servo

Motor servo DC adalah sebuah motor DC yang dapat berputar perlangkah seperti motor stepper, hanya sistem yang digunakan untuk menggerakkan motor ini menggunakan sistem lup tertutup dimana posisi pergerakan poros motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian pengendali. Langkah motor stepper tidak dapat dirubah nilainya dan sudah mempunyai standar yaitu 0,9 dan 1,8 derajat/langkah. Berbeda dengan motor stepper langkah pada motor servo dapat diubah-ubah yaitu, 1 derajat/langkah, 2 derajat/langkah, 5 derajat/langkah dan 10

---

derajat/langkah bahkan dapat lebih kecil atau besar tergantung kepada jenis encoder dan driver yang digunakan.

Motor servo DC terdiri dari sebuah motor DC, rangkaian penggerak (driver) dan Encoder. Besar sudut pergerakan poros motor servo diatur oleh encoder berdasarkan jumlah pulsa yang dikirim (feedback) ke rangkaian penggerak (driver) motor servo. Prinsip kerja motor servo dapat dilihat pada gambar 2.7.



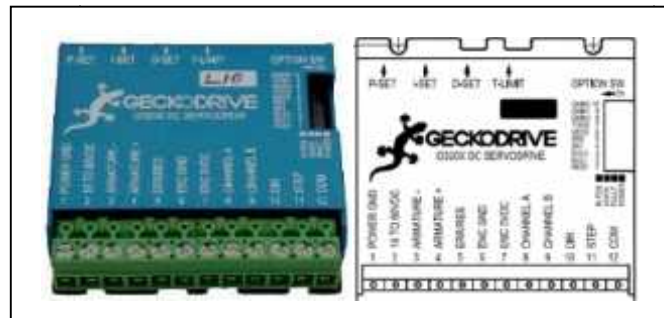
**Gambar 2.7** Prinsip kerja motor servo

Melihat pada gambar 2.7, dapat diketahui cara kerja motor servo secara umum. Pembangkit pulsa berfungsi sebagai pemberi pulsa yang akan diberikan ke rangkaian penggerak motor servo. Pulsa yang masuk ke rangkaian penggerak motor servo akan diolah untuk menggerakkan motor DC dengan besar sudut tertentu, pergerakan poros motor DC akan dimonitor oleh rotary encoder dan diinformasikan kembali ke rangkaian penggerak motor servo. Informasi umpan balik yang diterima oleh rangkaian penggerak motor servo akan diolah untuk kembali menggerakkan motor DC.

## **2.4 Geckodrive G320X**

Geckodrive 320X merupakan rangkaian penggerak (driver) motor DC servo yang dapat dikendalikan untuk dijadikan sebagai penggerak motor servo. Geckodrive 320X membutuhkan rotary encoder tambahan yang dipasang pada as/poros motor DC yang akan digunakan menjadi sistem lup tertutup. Rotary Encoder yang digunakan untuk driver ini yaitu encoder dengan output NPN open collector. Rangkaian penggerak ini

cocok digunakan untuk para peminat dalam membuat robot, mesin CNC, dan mesin lain yang membutuhkan kepresisian dan kecepatan gerak yang dapat diatur. Geckodrive mempunyai dua input yaitu pulsa (clock) dan arah putaran (direction). Bentuk fisik Gecko Drive dapat dilihat pada gambar 2.9 dan spesifikasi Gecko Drive dapat dilihat pada tabel 2.2.



**Gambar 2.8** Bentuk fisik driver motor servo *geckodrive G320X* [3]

**Tabel 2.2** Spesifikasi *Geckodrive G320X* [x]

Komponen	Spesifikasi
<i>Power Supply</i>	+18 VDC to +80 VDC
<i>Quiescent Current</i>	30 mA
<i>Motor Current</i>	0 to 20 Amps
<i>Motor Inductance</i>	At Least 1 mH
<i>Short Circuit Protect</i>	22 A trip
<i>Lock Range</i>	+/- 256, 512, 1024, or 2048
<i>Feedback</i>	Quadrature TTL Encoder 5V Compatible
<i>Feedback Resolution</i>	X4 Encoder Line Count
<i>Feedback Voltage</i>	< 1 V for Logic 0 and > 4 V for Logic 1
<i>Switching Frequency</i>	20 kHz
<i>Current Limit</i>	0 to 20 Amps Trimpot Adjustable
<i>Analog PID</i>	Proportional, Derrivative, Integral Coefficient Trimpots
<i>Step Pulse Frequency</i>	0 to 300 kHz
<i>Step LED "ON" Time (min)</i>	1 $\mu$ S
<i>Step LED "OFF" Time (min)</i>	2.5 $\mu$ S



---

<i>Size</i>	2.5" X 2.5"X 0.8375"
<i>Package</i>	<i>Blue aluminum anodized cover, black aluminum hard anodized bottom heatsink</i>
<i>Weight</i>	3.6 oz (100 g)
<i>Encoder Supply</i>	+5 VDC 50 mA <i>maximum</i>
<i>Pulse Multiplier</i>	1, 2, 5, or 10 <i>times input step rate</i>

## 2.5 Rotary Encoder (E40H-A-360-24)

Rotary encoder adalah perangkat elektromekanik yang dapat mencatat gerakan dan posisi pada poros benda berputar. Rotary encoder umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial index pulsa yang dapat diartikan sebagai gerakan, posisi dan arah putaran poros. Posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh rotary encoder. Bentuk fisik Rotary Encoder dapat dilihat pada gambar 2.10.



**Gambar 2.9** Bentuk fisik rotary encoder [4]

Rotary encoder tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Di

---

sisi yang lain suatu photo-transistor diletakkan sehingga dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai photo-transistor melalui lubang-lubang yang ada, maka photo-transistor akan mengalami perubahan bentuk energi sehingga akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi. Semakin banyak deretan pulsa yang dihasilkan pada satu putaran menentukan ketelitian rotary encoder tersebut. Deretan pulsa tersebut berfungsi sebagai umpan balik (feedback) jika dipasangkan dengan rangkaian motor servo.

## **2.6 Mikrokontroler ATmega8535**

Mikrokontroler merupakan perangkat elektronika yang didalamnya terdapat rangkaian kontrol, mikroprosesor, memori, dan *input/output*. Mikrokontroler dapat diprogram menggunakan berbagai macam bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman yang biasa digunakan untuk memprogram mikrokontroler diantaranya adalah bahasa *assembler*, bahasa C, dan bahasa *basic*.

Mikrokontroler biasanya digunakan untuk mengendalikan suatu proses secara otomatis seperti sistem kontrol mesin, *remote* kontrol, kontrol alat berat, kontrol robot dan lain-lain. Dengan menggunakan mikrokontroler sistem kontrol akan menjadi lebih ringkas, lebih mudah, dan lebih ekonomis.

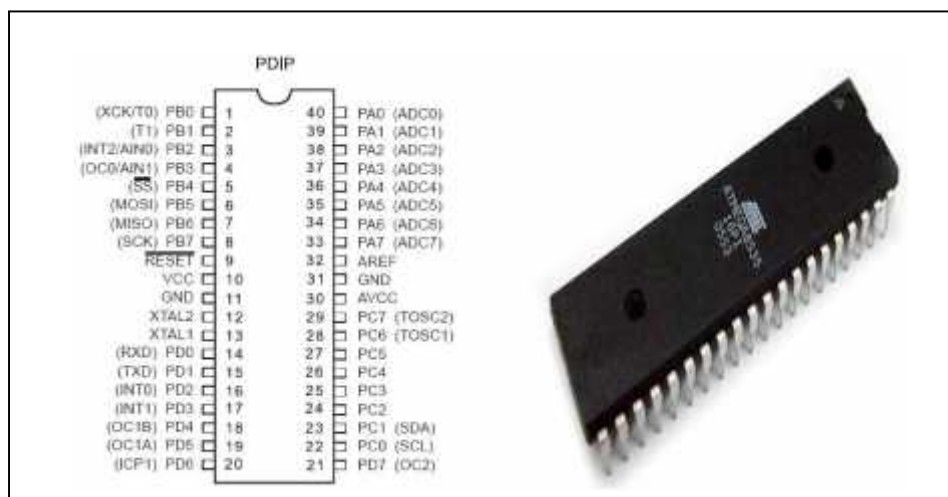
Salah satu jenis mikrokontroler yang banyak digunakan untuk aplikasi kontrol adalah ATmega8535. ATmega8535 merupakan salah satu mikrokontroler keluaran Atmel. Atmel adalah salah satu vendor yang bergerak dibidang mikroelektrika. ATmega8535 memiliki beberapa fitur yang dapat digunakan untuk aplikasi kontrol. Skema dan bentuk Mikrokontroler ATmega8535 dapat dilihat pada gambar 2.11.

## **2.7 CodeVision AVR**

Sistem minimum mikrokontroler hanya sekumpulan komponen-komponen elektronika yang belum dapat dioperasikan. Agar dapat

dioperasikan, suatu program harus dimasukkan terlebih dahulu ke dalam IC mikrokontroler. Program yang dimasukkan haruslah sesuai dengan tujuan dari dibuatnya sistem tersebut, program tersebut akan disimpan ke dalam mikrokontroler pada bagian penyimpanan (*memory*). Ketika sistem dijalankan, baris per baris pada memori akan dibaca dan dijalankan instruksinya oleh keseluruhan sistem. Untuk membuat, memasukkan program ke *chip* dan menguji program, dibutuhkan software seperti Code Vision AVR sebagai program *compiler*.

Code Vision AVR merupakan software yang biasa digunakan untuk membuat code program mikrokontroler AVR. Kebanyakan user yang akan memprogram suatu IC mikrokontroler menggunakan software ini. Tampilan awal CV AVR dapat dilihat pada gambar 2.13.



**Gambar 2.10** Skema dan bentuk mikrokontroler ATmega8535



**Gambar 2.11** Tampilan awal program CodevisionAVR