

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU)

Stasiun Pengisian Bahan Bakar adalah tempat di mana kendaraan bermotor bisa memperoleh bahan bakar. Di Indonesia, Stasiun Pengisian Bahan Bakar dikenal dengan nama SPBU (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum). Namun, masyarakat juga memiliki sebutan lagi bagi SPBU. Misalnya di kebanyakan daerah, SPBU disebut Pom Bensin yang adalah singkatan dari Pompa Bensin.

Stasiun Pengisian Bahan Bakar, pada umumnya menyediakan beberapa jenis bahan bakar. Misalnya:

- Bensin dan beragam varian produk bensin.
- Solar.
- LPG dalam berbagai ukuran tabung.
- Minyak tanah.

Banyak Stasiun Pengisian Bahan Bakar yang juga menyediakan layanan tambahan. Misalnya musholla, pompa angin, toilet dan lain sebagainya. Stasiun Pengisian Bahan Bakar modern, biasanya dilengkapi pula dengan *minimarket* dan ATM. Tak heran apabila Stasiun Bahan Bakar juga menjadi *meeting point* atau

tempat istirahat. Bahkan ada beberapa Stasiun Pengisian Bahan Bakar terutama di jalan tol atau jalan antar kota memiliki kedai kopi seperti Starbucks atau restoran *fast food* dalam berbagai merek.

Di beberapa negara termasuk Indonesia, Stasiun Pengisian Bahan Bakar dijaga oleh petugas-petugas yang mengisi bahan bakar kepada pelanggan. Pelanggan kemudian membayarkan biaya pengisian kepada petugas. Di negara-negara lainnya, misalnya di Amerika Serikat atau Eropa, pompa-pompa bensin tidak dijaga oleh petugas; pelanggan mengisi bahan bakar sendiri dan kemudian membayarnya kepada petugas di sebuah loket/*counter*.

Hingga pertengahan Oktober 2005, perusahaan pemerintah, Pertamina, merupakan satu-satunya perusahaan yang mendirikan SPBU di Indonesia. Pada Oktober 2005, Shell menjadi perusahaan swasta pertama yang membuka SPBU-nya di Indonesia, yang terletak di Lippo Karawaci, Tangerang. Shell menjual bahan bakar beroktan tinggi yang diimpor dari Singapura dan memasang harga yang kompetitif dengan harga milik Pertamina.

Mungkin untuk menghadapi kemungkinan datangnya pesaing, Pertamina akhir-akhir ini telah meremajakan stasiun-stasiunnya, misalnya dengan perubahan pada penampilan dan penambahan fasilitas. Selain itu, mereka kini lebih banyak membuka stasiun-stasiun milik mereka sendiri (bukan dengan sistem waralaba). Stasiun-stasiun tersebut umumnya lebih besar daripada stasiun-stasiun waralaba.

Di Indonesia SPBU dioperasikan oleh beberapa perusahaan, di antaranya:

- Pertamina.
- Shell.
- Petronas.
- Total.

B. Bahan Bakar Minyak (BBM)

Bahan bakar minyak (BBM) adalah bahan bakar yang diproses dari pengilangan minyak bumi maupun minyak yang berasal dari nabati. Produk yang dikategorikan sebagai BBM adalah produk seperti bensin, minyak diesel (solar), minyak tanah, avtur dan avigas. BBM adalah satu-satunya komoditas yang mendapatkan perlakuan khusus, dimana harga BBM terus disubsidi agar dapat terjangkau oleh masyarakat luas dan ketersediannya di seluruh pelosok tanah air dijamin oleh pemerintah. BBM yang dipasarkan di Indonesia diantaranya, yaitu:

1. Bahan Bakar Bensin

Jenis bahan bakar minyak bensin merupakan nama umum untuk beberapa jenis BBM yang dipantulkan kepada mesin dengan pembakaran menggunakan perapian. Di Indonesia saat ini terdapat beberapa jenis bahan bakar bensin memiliki nilai mutu pembakaran yang berbeda. Nilai mutu jenis BBM bensin ini dihitung berdasarkan RON (*Research Octane Number*). Berdasarkan nilai tersebut BBM bensin yang ada di Indonesia dibedakan menjadi tiga jenis yaitu ; RON 88, RON 92, dan RON 95.

Bahan bakar RON 88 adalah bahan bakar minyak jenis destilat berwarna kekuningan yang jernih. Penggunaan bahan bakar premium pada umumnya adalah bahan bakar kendaraan bermotor bermesin bensin antara lain : mobil, motor, dan motor tempel. Bahan bakar ini juga sering disebut gasoline atau petrol. Bahan bakar RON 88 ini di Indonesia hanya dijual oleh pihak SPBU Pertamina yaitu dengan nama premium.

2. Bahan Bakar Solar

Minyak Solar (HSD), *High Speed Diesel* (HSD) merupakan BBM jenis solar yang memiliki angka performa *octane number* mencapai 45, jenis BBM ini umumnya digunakan untuk mesin transportasi diesel yang umum dipakai dengan sistem injeksi pompa mekanik (*injection pump*) dan *electronic injection*. Jenis BBM ini diperuntukkan untuk jenis kendaraan bermotor transportasi dan mesin industri. Minyak solar atau *Automotive Diesel Oil* (ADO) sebagai salah satu hasil kilang minyak, merupakan bahan bakar destilasi menengah (*middle destilate*) yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan energi khususnya bahan bakar minyak (BBM) untuk bahan bakar di sektor transportasi, industri dan kelistrikan di Indonesia. Sekitar 10 tahun terakhir dari tahun 1994 sampai tahun 2004, penggunaan minyak solar diperkirakan mencapai rata-rata lebih 41 persen dari total penggunaan BBM dalam negeri.

Minyak solar sebenarnya adalah BBM yang diperuntukkan untuk sektor transportasi. Namun dalam kenyataannya bahan bakar tersebut banyak pula yang dipergunakan untuk sektor-sektor lainnya seperti sektor industri dan pembangkit

listrik. Selama sepuluh tahun terakhir, yaitu dari tahun 1994 sampai dengan tahun 2004 total kebutuhan minyak solar untuk semua sektor meningkat dengan pertumbuhan rata-rata sekitar lima perser pertahun, sehingga total kebutuhan atau penggunaan minyak solar tersebut meningkat lebih dari 1,5 kali lipat selama periode tersebut. Sesuai dengan peruntukannya, sebagian besar dari minyak dipergunakan untuk sektor transportasi, disusul untuk sektor industri dan pembangkit listrik. Meskipun pangsa penggunaan minyak solar untuk sektor pembangkit listrik paling kecil, namun kebutuhan minyak solar pada sektor tersebut paling pesat pertumbuhannya, yaitu meningkat lebih dari sembilan persen pertahun, sedangkan kebutuhan minyak solar pada sektor transportasi dan industri, masing-masing hanya meningkat 4,26 persen dan 4,69 persen pertahun.

3. Bahan Bakar Pertamina

Bahan bakar yang memiliki RON 92 adalah bahan bakar yang ditujukan untuk kendaraan bermotor yang mempersyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan tanpa timbal (*unleaded*). Bahan bakar RON 92 ini dikeluarkan oleh pihak Pertamina dengan nama pertamax di SPBU Petronas dengan nama Primax 92 dan SPBU Shell dengan nama Shell Super.

Bahan bakar yang memiliki RON 95 merupakan jenis BBM yang telah memenuhi standar *World Wide Fuel Charter* (WWFC) ditujukan untuk kendaraan yang berteknologi mutakhir yang mempersyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan ramah lingkungan. Pertamina Plus sangat direkomendasikan untuk kendaraan yang memiliki kompresi ratio lebih dari 10.5 dan juga menggunakan teknologi *Electronic Fuel Injection* (EFI), *Variable Valve Timing Intellegent*

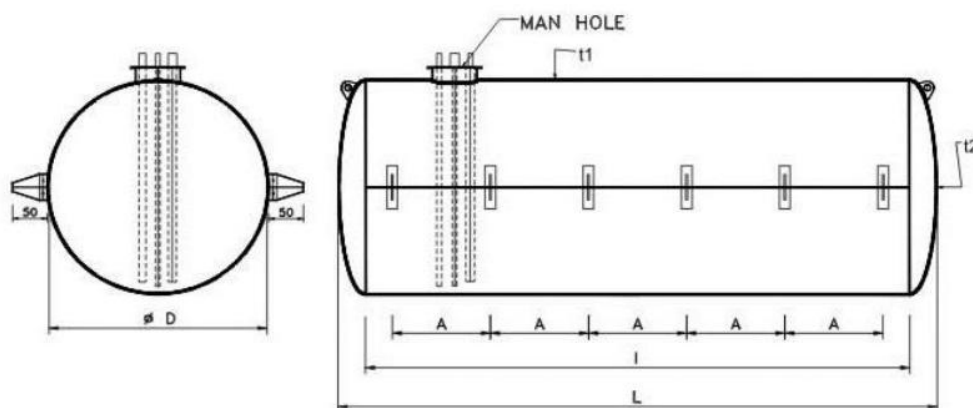
(VVTi), *Turbochargers* dan *Catalytic Converters*. Bahan bakar RON 95 ini dikeluarkan SPBU Pertamina dengan nama Pertamax Plus, SPBU Petronas dengan nama Primax 95 dan SPBU Shell dengan nama Shell Super Extra.

C. *Underground Tank (Tangki Pendam)*

Underground Tank (Tangki Pendam) adalah tempat penyimpanan bahan bakar disetiap SPBU yang umumnya berupa bak yang berada dibawah permukaan tanah. Pengukuran kapasitas bahan bakar pada tangki pendam di sebuah SPBU seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 dan 2.2 merupakan suatu hal mutlak yang harus dilakukan, yaitu untuk mengetahui persediaan bahan bakar dalam tangki.

Pengukuran bahan bakar yang dilakukan saat ini kurang efisien, hal ini dikarenakan pengukuran kapasitas bahan bakar dalam tangki pendam SPBU dilakukan manual. Pengukuran dengan menggunakan sensor merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan dalam proses pengukuran kapasitas tangki.

Ukuran tangki pendam BBM SPBU disajikan pada tabel 2.1.



Gambar 2.1. Desain *Underground Tank* BBM SPBU Pertamina (Sumber : CV. Sinar Baru Perkasa, 2012)



Gambar 2.2. Bentuk Fisik Underground Tank SPBU Pertamina (Sumber : CV. Sinar Baru Perkasa, 2012)

Tabel 2.1. Ukuran Underground Tank SPBU Pertamina

No	Tipe Tangki	Ø (Diameter)	I Mm	L Mm	t1 mm	t2 mm	A mm
1	10.000 Liter	2070	2540	3040	6	8	970
2	10.000 Liter	2380	2275	2275	6	8	825
3	15.000 Liter	2000	4750	5210	6	8	1030
4	20.000 Liter	2500	4000	4540	8	10	1130
5	30.000 Liter	2500	6100	6700	8	10	1110
6	45.000 Liter	2500	9150	9950	8	10	1200
7	45.000 Liter	2750	7500	8138	8	10	1230
8	60.000 Liter	2860	9450	10050	8	10	1230

SPBU juga menimbulkan polusi udara akibat penguapan bensin yang terjadi pada tangki pendam maupun dispenser. Polusi udara tersebut dapat menimbulkan bahaya kebakaran, bahaya kesehatan, maupun kerugian ekonomi. Untuk itu, perlu dikembangkan sebuah sistem vapor recovery yang dapat mengurangi polusi udara

sekaligus me-*recover* kehilangan akibat penguapan bensin yang tidak terkendali tersebut.

D. Sensor

Sensor adalah alat yang mendeteksi sebuah nilai pada suatu objek. Sensor mempunyai banyak jenis dan kegunaan sesuai dengan objek yang dideteksinya seperti sensor suara, sensor suhu, sensor mekanis, sensor infra merah, dan sensor cahaya.

Sensor yang baik harus memenuhi persyaratan kualitas sebagai berikut:

a. Linearitas

Proses *konversi* pada sensor harus proposional, dalam artian adanya kesesuaian antara *input* dan *outputnya*.

b. Waktu tanggap

Waktu tanggap adalah waktu yang diperlukan sensor untuk mencapai nilai akhir pada nilai masukan yang berubah secara mendadak, sensor harus dapat berubah cepat bila nilai *input* pada sistem sensor berubah.

c. Kepekaan

Kepekaan adalah perubahan koordinat-koordinat akibat perubahan suhu, dapat terukur.

d. *Travel* differensial/histeresis

Pada keadaan tertentu kadang hasil keluaran sensor dapat berubah karena perubahan temperatur. Hal tersebut berlaku juga pada saat sensor dihidupkan (*on*) akan ada kerugian penurunan tegangan yang kecil di antara terminal *output-nya*.

1. Sensor Ultrasonik SRF05

SRF05 adalah sensor non-kontak pengukur jarak menggunakan ultrasonik. Prinsip kerja sensor ini adalah transmitter mengirimkan seberkas gelombang ultrasonik, lalu diukur waktu yang dibutuhkan hingga datangnya pantulan dari objek. Lamanya waktu ini sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan objek, sehingga jarak sensor dengan objek dapat ditentukan dengan persamaan jarak = kecepatan suara \times waktu pantul : 2.



Gambar 2.3. Bentuk Fisik SRF05

SRF05 dapat mengukur jarak dalam rentang antara 3 cm – 4 m dengan output panjang pulsa yang sebanding dengan jarak objek. Sensor ini hanya memerlukan 2 pin I/O untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, yaitu trigger dan echo. Untuk mengaktifkan SRF05 mikrokontroler mengirimkan pulsa positif melalui pin trigger minimal 10 us, selanjutnya SRF05 akan mengirimkan pulsa positif melalui pin echo selama 100 us hingga 18 ms, yang sebanding dengan jarak objek.

2. Sejarah Gelombang Ultrasonik

Teknologi gelombang ultrasonik pertama kali diperkenalkan secara luas saat perang dunia ke-II sebagai sistem sonar untuk kapal laut, tetapi beberapa tahun sebelumnya ada beberapa ilmuwan yang mengembangkannya. Pada tahun 1929 sampai 1935, Sokolov (ilmuwan asal Rusia) meneliti penggunaan gelombang ultrasonik untuk detektor benda logam. Mulhauser, pada tahun 1931, memperoleh hak paten untuk penggunaan gelombang ultrasonik pada deteksi aliran dalam benda padat dengan dua transduser, serta Firestone 1940 dan Simons 1945 yang mengembangkan pengukuran pulsa ultrasonik menggunakan teknik pulsa-gema atau sering dikenal dengan sebutan sonar. Sistem kerja sonar berawal dari pemancar mengirimkan pulsa bunyi melalui air, dan sebuah detektor menerima pantulan (*gema* atau *echo*), tidak lama kemudian selang waktu ini dihitung dengan teliti, dan dari pengukuran ini, jarak benda yang memantulkan dapat ditentukan karena laju bunyi dalam air diketahui. Kedalaman laut dan lokasi karang, kapal karam, kapal selam atau sekelompok ikan dapat ditentukan dengan cara ini. Teknik pulsa-gema yang dikembangkan ini umumnya menggunakan frekuensi gelombang ultrasonik.

3. Pengertian Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik didefinisikan sebagai gelombang suara yang memiliki frekuensi diatas batas pendengaran manusia yaitu lebih dari 20 kHz. Seperti jenis gelombang lainnya, gelombang ultrasonik juga merambat pada suatu medium (udara) dan bila mengenai suatu benda, sebagian gelombang akan dipantulkan, sebagian akan dilewatkan dan sebagian lagi akan diserap.

Beberapa kelebihan gelombang ultrasonik dibandingkan gelombang lainnya adalah sebagai berikut:

- a. Tidak dapat didengar manusia.
- b. Tidak terlihat secara kasat mata.
- c. Tidak dipengaruhi oleh cahaya.
- d. Tidak berbahaya bagi kesehatan tubuh manusia.
- e. Cepat rambat gelombang dalam medium diketahui, dan untuk setiap medium yang berbeda maka cepat rambat gelombang berbeda pula.
- f. Jika dipancarkan dan mengenai benda maka akan memantulkan gema.
- g. Panjang gelombang pendek dan difraksi kecil dapat dideteksi.

Sedangkan kekurangan dari gelombang ultrasonik adalah sebagai berikut:

- a. Cepat rambat gelombang dalam medium dipengaruhi oleh suhu.

$$v = 331 + (0,6.t) \quad (2.1)$$

- b. Semakin jauh jarak yang ditempuh gelombang ultrasonik maka amplitudonya semakin kecil (mengalami pelemahan/*attenuasi*), sehingga jarak yang dapat diukur oleh gelombang ultrasonik terbatas.
- c. Beberapa hewan dapat menghasilkan gelombang ultrasonik secara alami di alam, sehingga mungkin sekali terjadi kesalahan deteksi terhadap pulsa ultrasonik yang dipancarkan.

E. Metode Pengukuran Jarak Dengan Gelombang Ultrasonik

Ada tiga metode untuk menemukan jarak menggunakan gelombang ultrasonik, yaitu:

1. Metode *time of light (tof)*.

Metode ini adalah metode menemukan jarak dengan memperoleh beda waktu antara gelombang ultrasonik sejak dipancarkan sampai gelombang pantul diterima pertama kali. Kelebihan dari metode ini adalah mudah untuk digunakan dan tidak ada kalibrasi frekuensi. Sedangkan kekurangan metode ini adalah tidak dapat mengukur objek yang dekat.

2. Metode modulasi frekuensi gelombang kontinyu.

Metode ini dapat digunakan untuk mengukur jarak dan kecepatan relatif. Transduser menghasilkan sinyal yang mencakup seluruh jangkauan frekuensi ultrasonik (dari 20 kHz sampai 200 kHz) bersamaan pula transduser tersebut memantau seluruh gelombang pantul yang diterima. Dengan diperoleh perbedaan frekuensi antara gelombang yang dipancarkan dan diterima maka beda waktu sejak gelombang dipancarkan sampai gelombang pantul diterima dapat diperoleh sehingga jarak benda dapat diperoleh pula. Kecepatan relatif juga dapat diukur dengan menggunakan efek doppler. Metode ini mengharuskan penggunaan transduser yang memiliki respon frekuensi yang baik dan akurasi tegangan sampai sub-milimeter.

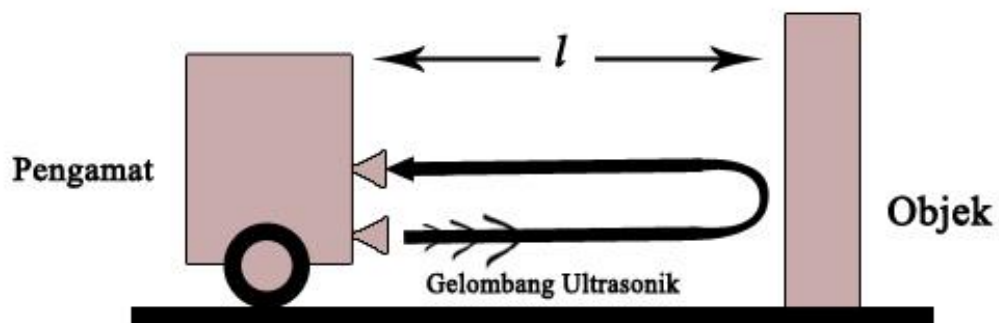
3. Metode gelombang kontinyu-fasa berbeda.

Metode ini memanfaatkan beda fasa antara sinyal yang dipancarkan dan sinyal yang dipantulkan, yaitu dengan mengurangi panjang gelombang yang dipancarkan dengan panjang gelombang pantul yang diterima. Metode ini mengharuskan pembangkit gelombang dan penerima

gelombang memiliki ketepatan yang sangat baik. Kelebihan dari metode ini yaitu dapat mengukur sampai mikro meter.

1. Metode *Time of Flight* (TOF)

Metode *time of flight* adalah metode untuk mencari rentang waktu sejak gelombang ultrasonik dipancarkan oleh pemancar hingga menghasilkan gema yang pertama kali dapat ditangkap oleh penerima. Gambar 2.3 menunjukkan pengukuran jarak dengan transduser pemancar dan transduser penerima yang ada pada pengamat dengan posisi sejajar.



Gambar 2.4. Prinsip Pengukuran Jarak dengan Time of Light

Pertama-tama transduser pemancar memancarkan gelombang ultrasonik. Gelombang tersebut kemudian dipantulkan oleh objek yang berada pada jarak l sehingga transduser penerima dapat menerima pantulannya. Rentang waktu sejak gelombang dipancarkan oleh transduser pemancar hingga pantulan gelombang mulai dideteksi oleh transduser penerima dapat diukur dan jarak benda dapat dihitung. Penghitungan jarak benda berdasarkan waktu tempuh gelombang dilakukan dengan rumus:

$$l = \frac{v \cdot \text{tof}}{2} \cos \theta \quad (2.2)$$

Dimana : l = jarak benda dari transduser ultrasonik (m)

tof = waktu tempuh gelombang ultrasonik

v = cepat rambat gelombang ultrasonik diudara (m/s)

$\cos \theta$ = sudut yang dibentuk antara pemancar dan penerima

2. Cepat Rambat Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik adalah gelombang suara berfrekuensi diatas 20 kHz, karena gelombang ultrasonik juga merupakan gelombang suara, maka cepat rambat gelombang ultrasonik sama dengan cepat rambat gelombang suara. Cepat rambat gelombang suara berbeda-beda untuk setiap medium perambatan yang berbeda. Untuk itu gelombang suara dalam fluida seperti udara atau air, laju v diberikan oleh:

$$v = \sqrt{B/\rho} \quad (2.3)$$

Dimana : v = cepat rambat gelombang suara (m/s)

B = modulus limbak (N/m^2)

ρ = massa jenis benda (Kg/m^3)

Untuk gelombang suara dalam gas seperti udara, modulus limbak berbanding lurus dengan tekanan yang dengan sendirinya sebanding dengan kerapatan ρ dan temperatur mutlak T . Rasio $\frac{B}{\rho}$ dengan demikian tak bergantung pada volume maupun pada tekanan, dan hanya sebanding dengan temperature mutlak T , sehingga ekuivalen dengan persamaan berikut:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (2.4)$$

Dimana : γ = konstanta gas

R = konstanta gas *universal* (J/mol.K)

M = massa molar gas (Kg/mol)

T = temperature mutlak (K) = 273 + °c

Untuk medium udara, nilai γ , R , dan M diketahui, yaitu:

$$\gamma = 1,4$$

$$R = 8,314 \text{ J/mol K}$$

$$M = 29 \times 10^{-3} \text{ Kg/mol}$$

Maka cepat rambat gelombang suara diudara pada 0°c adalah:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} = \sqrt{\frac{1,4 \times 8,314 \times 273}{29 \times 10^{-3}}} = 330,9 \text{ m/s} \quad (2.5)$$

Dengan cara yang sama, cepat rambat gelombang suara pada suhu lainnya dapat diperoleh dan diberikan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Cepat rambat gelombang ultrasonik diudara

No.	Suhu t (°c)	v(m/s)
1.	0°	330,9
2.	1°	331,5
3.	2°	332,1
4.	3°	332,7
5.	4°	333,3

Dari tabel 2.2 terlihat bahwa setiap kenaikan suhu 1 °c, cepat rambat gelombang suara diudara bertambah sebesar 0,6 m/s, sehingga dapat dituliskan sebagai persamaan berikut:

$$v = 331 + (0,6.t) \quad (2.6)$$

Dimana : v = cepat rambat gelombang ultrasonik (m/s)

t = suhu (°c)

F. Mikrokontroler

Mikrokontroler sebagai suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer, hadir memenuhi kebutuhan pasar dan teknologi karena merupakan teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan yang ruang kecil serta dapat diproduksi secara masal (dalam jumlah banyak) sehingga harganya menjadi lebih murah (dibandingkan mikroprosesor). Sebagai kebutuhan pasar mikrokontroler hadir untuk memenuhi selera industri dan para konsumen akan kebutuhan dan keinginan alat-alat bantu bahkan mainan yang lebih baik dan canggih.

Ada perbedaan yang cukup penting antara mikroprosesor dan mikrokontroler (*microcontroller*). Jika mikroprosesor merupakan *Central Processing Unit* (CPU) tanpa memori dan I/O pendukung dari sebuah komputer, maka mikrokontroler umumnya terdiri atas CPU, memori, I/O tertentu, dan unit pendukung, misalnya *Analog to Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalam mikrokontroler tersebut. Kelebihan utama dari mikrokontroler adalah telah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran *board* mikrokontroler menjadi sangat ringkas.

Tidak seperti sistem komputer, yang mampu menangani berbagai macam program aplikasi (misalnya pengolah kata, pengolah angka, dan lain sebagainya), mikrokontroler hanya bisa digunakan untuk suatu aplikasi tertentu saja (hanya satu program saja yang bisa disimpan). Perbedaan lainnya terletak pada perbandingan RAM dan ROM. Pada sistem komputer perbandingan RAM dan ROM-nya besar, artinya program-program pengguna disimpan dalam ruang RAM yang relatif besar, sedangkan rutin-rutin antarmuka perangkat keras disimpan dalam ruang ROM yang kecil. Sedangkan pada mikrokontroler, perbandingan ROM dan RAM-nya yang besar, artinya program kontrol disimpan dalam ROM (*Masked ROM* atau *Flash PEROM*) yang ukurannya relatif cukup lebih besar, sedangkan RAM digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara, termasuk register-register yang digunakan pada mikrokontroler yang bersangkutan.

1. ATmega8535

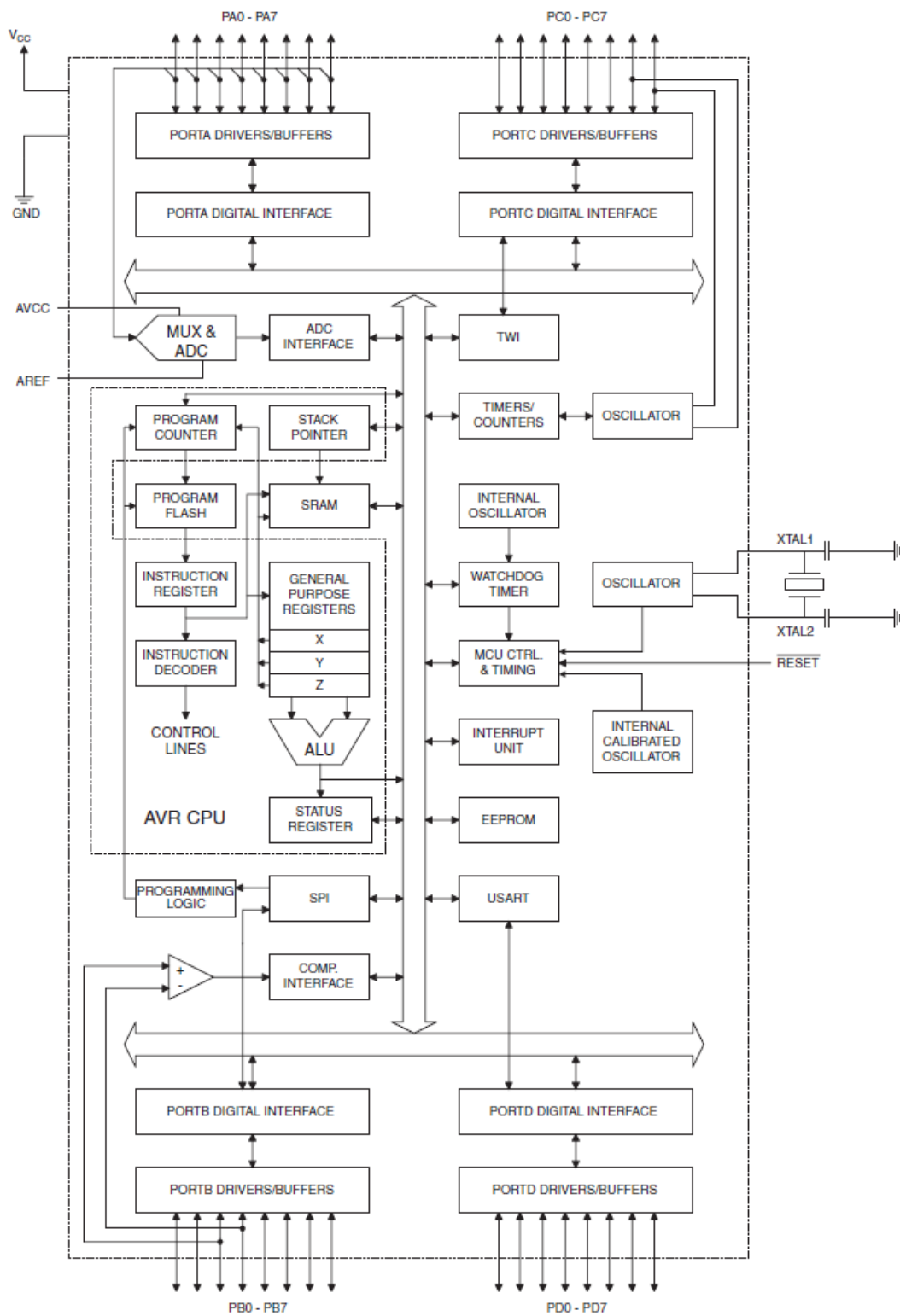
ATMEL merupakan salah satu *vendor* yang mengembangkan dan memasarkan produk mikroelektronika yang telah menjadi suatu teknologi standar. Dan *Alf and Vegard's Risc Processor (AVR)* adalah suatu teknologi yang memiliki kapabilitas yang sangat maju, tetapi dengan biaya ekonomis yang cukup minimal.

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksi dalam 1 (satu) siklus *clock*, berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 siklus *clock*. Hal ini terjadi karena kedua jenis mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda. AVR berteknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*), sedangkan seri MCS51 berteknologi (*Complex Instruction Set Computing*). Secara

umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya, yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan sama. Oleh karena itu, dipergunakan salah satu AVR produk Atmel, yaitu ATmega8535. Selain karena mudah didapatkan dan murah, ATmega8535 juga memiliki fasilitas yang lengkap.

Diagram blok arsitektur mikrokontroler tipe ATmega8535 ditunjukkan pada gambar 2.5. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa ATmega8535 memiliki struktur bagian sebagai berikut:

- 1) Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*.
- 2) ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
- 3) Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan pembanding.
- 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 Serial *Peripheral Interface* (SPI).
- 10) EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memori*) sebesar 512 byte yang diprogram saat operasi.
- 11) Antarmuka komparator *analog*.
- 12) *Port* USART untuk komunikasi serial dengan kecepatan maksimal 12,5 Mbps.



Gambar 2.5. Blok Diagram Arsitektur ATmega8535 (Sumber : Heryanto,2008)

a. Fitur

Kapabilitas detail dari ATmega8535 adalah sebagai berikut:

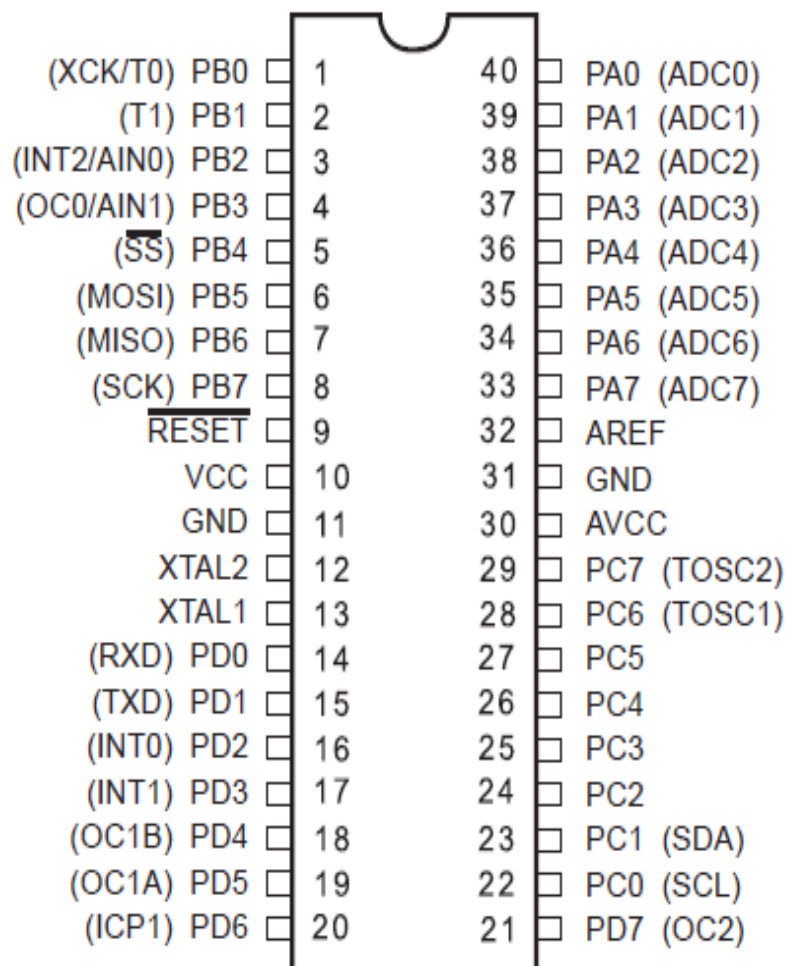
- 1) Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
- 2) Kapabilitas memori *flash* 8 KB, SRAM sebesar 512 byte, dan *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* (EEPROM) sebesar 512 byte.
- 3) ADC internal dengan fidelitas 10 bit sebanyak 8 *channel*.
- 4) *Port* komunikasi serial (USART) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.
- 5) Enam pilihan mode *sleep* menghemat penggunaan daya listrik.

b. Konfigurasi Pin

Konfigurasi pin ATmega8535 pada gambar 2.6, secara fungsional dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
- 2) GND merupakan pin *Ground*.
- 3) *PORT* A (PA0...PA7) merupakan pin I/O dan pin masukan ADC.
- 4) *PORT* B (PB0...PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin yang mempunyai fungsi khusus yaitu *Timer/Counter*, komparator *analog* dan SPI.
- 5) *PORT* C (PC0...PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin yang mempunyai fungsi khusus, yaitu komparator *analog* dan *Timer Oscillator*.

- 6) *PORT D* (PD0...PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin yang mempunyai fungsi khusus yaitu komparator *analog* dan *interrupt* eksternal serta komunikasi serial.
- 7) *RESET* merupakan pin yang digunakan untuk mengembalikan kondisi mikrokontroler seperti semula.
- 8) XTAL1 dan XTAL2 pin untuk eksternal *clock*.
- 9) AVCC adalah pin masukan untuk tegangan ADC.
- 10) *AREF* adalah pin masukan untuk tegangan referensi eksternal ADC.



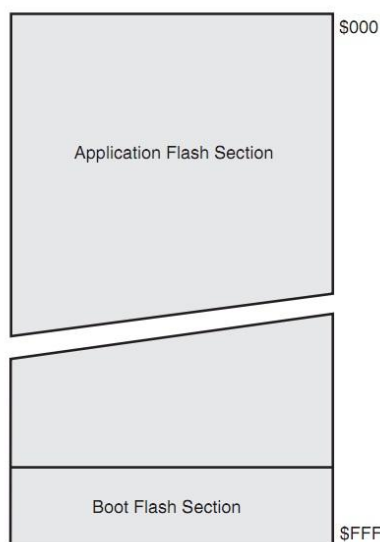
Gambar 2.6. Konfigurasi Pin ATmega8535 (Sumber : Heryanto, 2008)

c. Peta Memori

Mikrokontroler ATmega8535 memiliki dua jenis memori utama, yaitu:

1) Memori Program

Memori program berfungsi untuk menyimpan program. Bersifat *non-volatile*. Memori yang digunakan adalah tipe *flash memory*. Kapasitasnya 8 Kbyte. Memori ini hanya digunakan untuk pemrograman. Untuk alasan keamanan, program *memory* dibagi menjadi dua bagian yaitu *Boot Flash Section* dan *Application Flash Section*. *Boot Flash Section* digunakan untuk menyimpan program *Boot Loader*, yaitu program yang harus dijalankan pada saat AVR reset atau pertama kali diaktifkan. *Application Flash Section* digunakan untuk menyimpan program aplikasi yang dibuat *user*. AVR tidak dapat menjalankan program *Boot Loader*. Besarnya *Boot Flash Section* dapat diprogram dari 128 *word* sampai 1024 *word* tergantung *setting* pada konfigurasi bit di register *BOOTSZ*. Jika *Boot Loader* diproteksi, maka program pada *Application Flash Section* juga sudah aman.

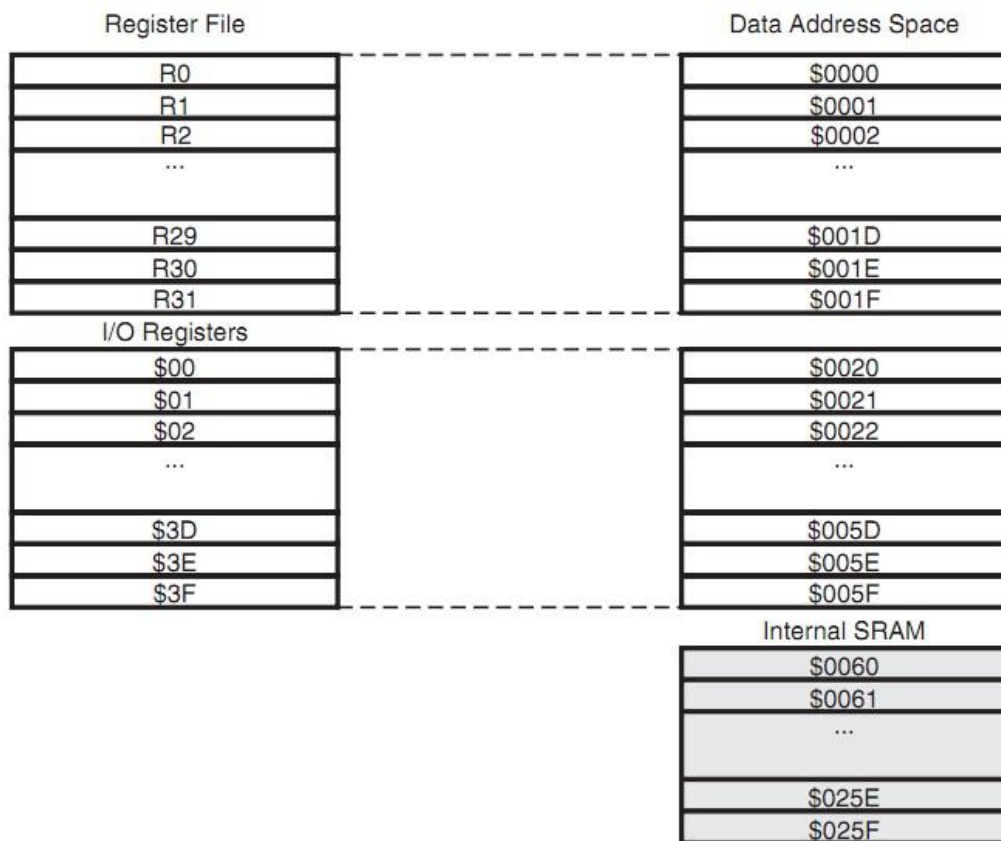


Gambar 2.7. Blok Memori ATmega8535

2) Memori Data

Memori data berfungsi untuk menyimpan data yang selanjutnya. Memori data masih terbagi dua jenis lagi, yaitu jenis memori EEPROM (*non-volatile*), dan data RAM (*volatile*).

Gambar 2.8 menunjukkan peta memori SRAM pada ATmega8535. Terdapat 608 lokasi *address* data memori. 96 lokasi *address* digunakan untuk Register *file* dan I/O Memory sementara 512 lokasi *address* lainnya digunakan untuk internal data SRAM. Register *file* terdiri dari 32 *general purpose working* register, I/O register terdiri dari 64 register.



Gambar 2.8. Peta Memori ATmega8535

Register *file* menempati *space* data pada alamat terbawah yaitu \$00 sampai \$1F. Sementara itu, register khusus untuk menangani I/O dan *control* terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$5F. Register tersebut merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai *peripheral* mikrokontroler, seperti *control* register, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O dan sebagainya. Alamat memori berikutnya digunakan untuk SRAM 512 byte, yaitu pada lokasi \$60 sampai dengan \$25F.

ATmega8535 memiliki EEPROM sebesar 512 byte untuk menyimpan data. Lokasinya terpisah dengan sistem *address* register yang dibuat khusus untuk EEPROM.

Dalam AVR terdapat 4 sinyal yang digunakan untuk SPI, yaitu : *Master In Slave Out* (MISO), *Master Out Slave In* (MOSI), *Serial Clock* (SCK) dan *SS Complemented* (SS').

d. Analog to Digital Converter (ADC)

Fitur yang terdapat pada mikrokontroler ATmega8535 ini berfungsi sebagai pengkonversi nilai *analog* ke *digital*, karena nilai masukan atau keluaran pada ATmega8535 menggunakan logika *input-output* digital yakni 1/0 (*high/low*). Penggunaan ADC ini dikarenakan sensor yang digunakan pada pembacaan konversi tegangan dari nilai 0 – 5 Volt, sedangkan ATmega8535 tidak dapat membaca nilai sensor tegangan yang bernilai 1,5 atau 3,5 Volt. Dengan menggunakan fitur ADC ini nilai pembacaan sensor tersebut dapat dibaca oleh ATmega8535, karena fitur ADC mempunyai resolusi pembacaan dari 0-1024.

Untuk pembacaan nilai sensor yang berada di tengah-tengah antara 0 - 5 Volt dapat menggunakan persamaan konversi ADC dibawah ini:

$$\text{Nilai konversi} = \frac{V_{cc}}{V_{ref}} \times 1024 \quad (2.7)$$

Dimana:

Nilai konversi = nilai yang telah terkonversi dalam bentuk resolusi ADC

V_{cc} = nilai tegangan dari sensor

V_{ref} = nilai tegangan referensi pada ATmega (5 volt)

1024 = nilai resolusi 10 bit ADC ATmega8535

Nilai hasil dari konversi tersebut kemudian dimasukkan pada bahasa program (*software*). Dari pembacaan konversi nilai sensor diatas pin-pin *output* yang telah ditentukan bekerja sesuai dengan kode program yang ditulis pada *software* dan seterusnya pada saat perubahan nilai sensor yang terbaca oleh *channel* ADC.

e. Interupsi

Interupsi adalah suatu kondisi dimana *microchip* akan berhenti sementara dari program utama untuk melayani atau menjalankan kode interupsi yang ditulis pada kode program interupsi, kemudian *microchip* akan menjalankan program utama. ATmega8535 menyediakan 3 interupsi eksternal, yaitu INT0, INT1 dan INT2. Interupsi ini dapat dilakukan dengan cara memberikan *input low* (0) pada pin yang dipasang sebagai pin interupsi.

f. Sistem *Clock*

Clock digunakan untuk mengontrol keserempakan operasi perangkat yang ada dalam mikrokontroler. Ketika semakin besar frekuensi *clock* yang digunakan, semakin cepat mikrokontroler dalam mengeksekusi suatu perintah. Pada ATmega8535 terdapat lima buah sumber *clock* yang dapat diatur melalui bit *flash fuse* CKSEL3..0.

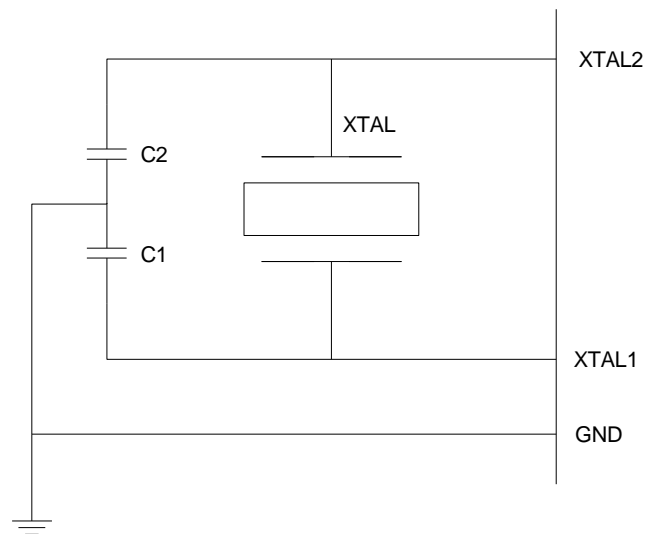
Tabel 2.3. Pengaturan Clock

CKSEL3..0	Sumber <i>Clock</i>
1111-1010	Kristal eksternal/resonator keramik
1001	Kristal eksternal frekuensi rendah
1000-0101	Osilator RC eksternal
0100-0001	Osilator RC internal terkalibrasi
0000	<i>Clock</i> eksternal

Osilator RC internal terkalibrasi memiliki kemampuan untuk menyuplai sinyal *clock* maksimal hingga frekuensi 8 MHz. Untuk memperoleh *clock* yang lebih tinggi lagi, dapat digunakan kristal eksternal sebagai sumber *clock* yang dapat membangkitkan *clock* hingga frekuensi 16 MHz.

XTAL1 dan XTAL2 adalah pin yang digunakan untuk rangkaian osilator kristal.

Rangkaian osilator kristal ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Rangkaian Osilator Kristal Eksternal

Osilator kristal dapat beroperasi dalam tiga mode yang ditunjukkan pada tabel 2.4. Mode operasi ini ditentukan oleh nilai bit yang ada pada *fuse* CKOPT dan CKSEL3..1.

Tabel 2.4. Mode Pengoperasian Osilator Kristal

CKOPT	CKSEL3..1	Rentang Frekuensi (MHz)	Nilai C1 dan C2 (pF)
1	110	0,9 – 3,0	12 – 22
1	111	3,0 – 8,0	12 – 22
0	101,110, 111	1,0 – 16,0	12 – 22

g. Kumpulan Instruksi

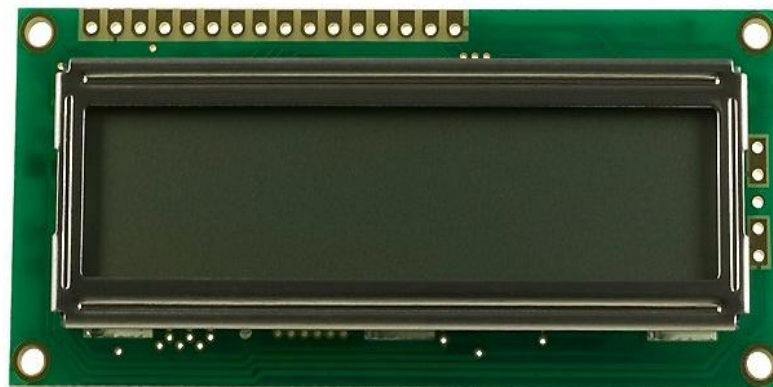
ATmega8535 memiliki 130 instruksi yang dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu kelompok instruksi percabangan, aritmatika dan logika, dan pengujian bit.

h. Komunikasi Serial

Komunikasi data secara serial terbagi atas dua cara yang dibedakan berdasarkan pengiriman sinyal *clock*, yaitu komunikasi data serial secara sinkron dan komunikasi data secara asinkron. Pada komunikasi data serial secara sinkron, sinyal *clock* dikirimkan bersama-sama dengan data serial, sedangkan pada komunikasi data secara asinkron, sinyal *clock* tidak dikirimkan bersamaan dengan data serial, akan tetapi dibandingkan secara sendiri-sendiri baik pada sisi pengirim (*transmitter*) ataupun pada sisi penerima (*receiver*).

i. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD merupakan suatu jenis penampil (*display*) yang menggunakan *Liquid Crystal* sebagai media refleksinya. LCD juga sering digunakan dalam perancangan alat yang menggunakan mikrokontroler. LCD dapat berfungsi untuk menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. Tergantung dengan perintah yang ditulis pada mikrokontroler.



Gambar 2.10. LCD 2 x 16 Karakter (Sumber : Heryanto, 2008)

LCD yang akan digunakan dalam perancangan dan realisasi model sistem *monitoring underground tank* SPBU ini adalah LCD dengan tipe karakter 2 x 16 yaitu alat penampil yang dapat menampilkan karakter 2 baris dengan tiap baris 16 karakter. Pada pembuatan alat ini LCD akan digunakan sebagai penampil hasil *monitoring underground tank* SPBU.

G. Bahasa Pemrograman ATmega8535

Pemrograman mikrokontroler ATmega8535 dapat menggunakan *low level language (assembly)* dan *high level language (C, Basic, Pascal, JAVA, dll)* tergantung *compiler* yang digunakan. Bahasa Assembler mikrokontroler AVR memiliki kesamaan instruksi, sehingga jika pemrograman satu jenis mikrokontroler AVR sudah dikuasai, maka akan dengan mudah menguasai pemrograman keseluruhan mikrokontroler AVR. Namun bahasa assembler relatif lebih sulit dipelajari dari pada bahasa C.

Untuk pembuatan suatu proyek yang besar akan memakan waktu yang lama serta penulisan programnya akan panjang. Sedangkan bahasa C memiliki keunggulan dibanding bahasa assembler yaitu *independet* terhadap hardware serta lebih mudah untuk menangani *project* yang besar. Bahasa C memiliki keuntungan-keuntungan yang dimiliki bahasa assembler (bahasa mesin), hampir semua operasi yang dapat dilakukan oleh bahasa mesin, dapat dilakukan dengan bahasa C dengan penyusunan program yang lebih sederhana dan mudah. Bahasa C terletak di antara bahasa pemrograman tingkat tinggi dan *assembly*.

1. Bahasa C

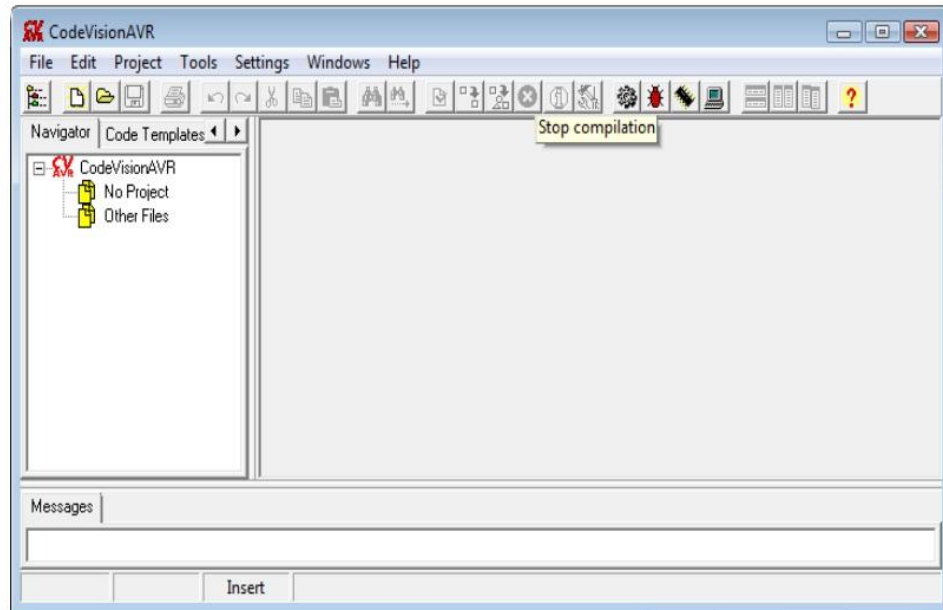
Bahasa pemrograman C merupakan salah satu bahasa pemrograman komputer. Dibuat pada tahun 1972 oleh Dennis Ritchie untuk Sistem Operasi Unix di *Bell Telephone Laboratories*. Meskipun C dibuat untuk memprogram sistem dan jaringan komputer namun bahasa ini juga sering digunakan dalam mengembangkan software aplikasi. C juga banyak dipakai oleh berbagai jenis *platform* sistem operasi dan arsitektur komputer, bahkan terdapat beberapa *compiler* yang sangat populer telah tersedia. C secara luar biasa memengaruhi bahasa populer lainnya, terutama C++ yang merupakan *extensi* dari C.

Berikut ini adalah contoh program sederhana yang akan mencetak kalimat "Hello, World!" dengan menggunakan pustaka `stdio.h` (ANSI C):

```
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
int main(void) {
    printf("Hello, World!\n");
    return 0;
}
```

2. CodeVision AVR

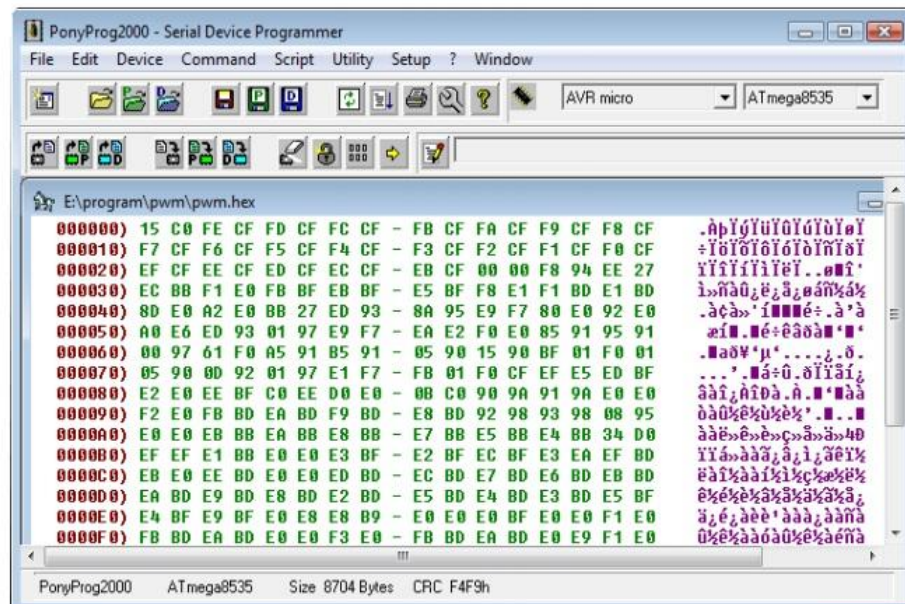
Dalam memprogram *chip* mikrokontroler ATmega8535 pada perancangan dan realisasi tugas akhir ini digunakan software CodeVision AVR. CodeVision AVR merupakan *software* untuk membuat *code* program mikrokontroler AVR. kebanyakan programmer memakai *software* ini karena fasilitas-fasilitas yang disediakan CodeVision AVR sangatlah memudahkan bagi programmer dalam membuat code. HP InfoTech menyajikan versi baru (lebih dari 9500 pengguna terdaftar) yang paling populer C Compiler komersial untuk ATMEL AVR.



Gambar 2.11. Tampilan CodeVision AVR

3. PonyProg 2000

Melakukan download program ke mikrokontroler dapat menggunakan *software* PonyProg2000. Tampilannya dapat di lihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Tampilan PonyProg2000