

MODUL 1.

PENGANTAR TEKNOLOGI MIKROKONTROLER

Kompetensi Dasar :

Setelah mendapatkan materi ini, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Memahami pengertian mikrokontroler dan arsitektur mikrokontroler.
2. Memahami perbedaan antara mikroprosesor dengan mikrokontroler.
3. Memahami perkembangan dan aplikasi teknologi mikrokontroler.

A. Pengertian Mikrokontroler

Istilah mikrokontroler berasal dari *microcontroller* yang berarti pengendali mikro. Disebut sebagai pengendali mikro karena mikrokontroler secara fisik adalah sebuah keping kecil (*microchip*) yang merupakan komponen elektronika terintegrasi, dan dalam aplikasinya mikrokontroler berfungsi untuk mengendalikan sebuah pekerjaan tertentu secara terprogram.

Mikrokontroler adalah *single chip* komputer yang memiliki kemampuan untuk diprogram dan digunakan untuk tugas-tugas yang berorientasi kendali (*control*). Mikrokontroler muncul dengan dua alasan utama, yaitu kebutuhan pasar (*market need*) dan perkembangan teknologi baru (*expansion of technology*). Yang dimaksud dengan kebutuhan pasar adalah kebutuhan yang luas dari produk-produk elektronik akan perangkat pintar sebagai pengendali dan pemroses data. Sedangkan yang dimaksud dengan perkembangan teknologi baru adalah perkembangan teknologi semikonduktor yang memungkinkan pembuatan *chip* dengan kemampuan komputasi yang sangat cepat, bentuk yang semakin kecil, dan harga yang semakin murah (*smart, small, and cheap*).

B. Mikroprosesor dan Mikrokontroler

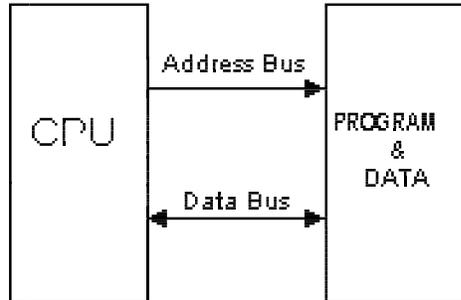
1. Arsitektur Mikroprosesor - Mikrokontroler

Pada tahun 1944, Howard Aiken dari Harvard University bekerja sama dengan para *engineer* IBM membuat mesin *electromechanical* yang terbuat dari banyak transistor tabung dan relay. Mesin ini dikenal sebagai komputer pertama di dunia yang diberi nama *Harvard Mark I*. Mesin Harvard ini tidak lain adalah mesin kalkulator yang dikendalikan oleh pita kertas yang berisi instruksi. Kemudian pada tahun 1945, John von Neumann ahli matematika yang lahir di Budapest Hongaria, membuat tulisan mengenai konsep komputer yang menurutnya penting untuk menyimpan instruksi dan data pada memori. Sehingga mesin komputer ini dapat bekerja untuk berbagai keperluan. Sebagai pionir erakomputer digital, nama *Harvard* dan *Von Neumann* diadopsi untuk menggambarkan dua tipe arsitektur mikroprosesor. Kedua arsitektur itu berbeda pada cara penempatan memorinya dan dikenal dengan sebutan arsitektur *Harvard* dan arsitektur *Von Neumann*.

Arsitektur Von Neumann adalah arsitektur komputer yang menempatkan program dan data dalam peta memori yang sama. Arsitektur ini memiliki *address bus* dan *data bus* tunggal untuk mengamati program (instruksi) dan data. Contoh dari mikrokontroler yang memakai arsitektur Von Neumann adalah keluarga 68HC05 dan 68HC11 dari Motorola. Adapun arsitektur Harvard memiliki dua memori yang terpisah, satu untuk program dan satu untuk data. Intel 80C51, keluarga *Microchip PIC16xx*, Philips P87CLxx dan Atmel AT89LSxx adalah contoh dari mikroprosesor yang mengadopsi arsitektur Harvard. Kedua jenis arsitektur ini masing-masing memiliki keunggulan tetapi juga ada kelemahannya.

Dengan arsitektur Von Neumann (Gambar 1.1), prosesor tidak perlu membedakan program dan data. Prosesor tipe ini tidak memerlukan *control bus* tambahan berupa pin Input Output (I/O) khusus untuk membedakan program dan data. Karena kemudahan ini, tidak terlalu sulit bagi prosesor yang berarsitektur Von Neumann untuk menambahkan peripheral eksternal seperti ADC (*Analog to Digital Converter*), LCD (*Liquid Crystal Display*), EEPROM (*Electric Erasable Programmable Read Only Memory*) dan perangkat I/O lainnya. Biasanya perangkat eksternal ini sudah ada di dalam satu *chips*, sehingga prosesor seperti ini sering disebut dengan nama mikrokontroler (*microcontroller*). Kelemahan arsitektur Von Neumann adalah terletak pada *bus* tunggalnya, sehingga

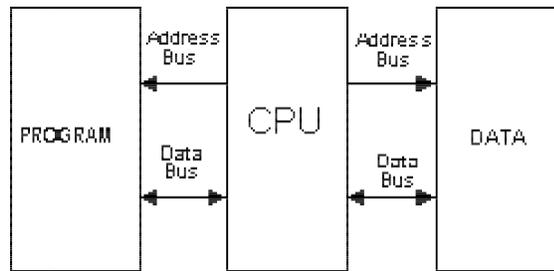
instruksi untuk mengakses program dan data harus dijalankan secara sekuensial dan tidak bisa dilakukan *overlapping* untuk menjalankan dua instruksi yang berurutan. Selain itu *bandwidth* program harus sama dengan *bandwidth* data.



Gambar 1.1. Arsitektur Von Neumann

Keuntungan lain dengan arsitektur Von Neumann adalah pada fleksibilitas pengalamatan program dan data. Biasanya program selalu ada di ROM (*Read Only Memory*) dan data selalu ada di RAM (*Random Access Memory*). Arsitektur Von Neumann memungkinkan prosesor untuk menjalankan program yang ada didalam memori data (RAM). Misalnya pada saat *power on*, dibuat program inialisasi yang mengisi *byte* di dalam RAM. Data di dalam RAM ini pada gilirannya nanti akan dijalankan sebagai program. Sebaliknya data juga dapat disimpan di dalam memori program (ROM). Contohnya adalah data *look-up-table* yang diletakkan di ROM. Data ini ditempatkan di ROM agar tidak hilang pada saat catu daya mati. Pada mikroprosesor Von Neumann, instruksi yang membaca data *look-up-table* atau program pengambilan data di ROM adalah instruksi pengalamatan biasa.

Pada mikroprosesor yang berarsitektur Harvard (Gambar 1.2), *overlapping* pada saat menjalankan instruksi bisa terjadi. Satu instruksi biasanya dieksekusi dengan urutan *fetch* (membaca instruksi), *decode* (pengalamatan), *read* (membaca data), *execute* (eksekusi) dan *write* (penulisan data).



Gambar 1.2. Arsitektur Harvard

Secara garis besar ada dua hal yang dilakukan prosesor yaitu *fetching* atau membaca perintah yang ada di memori program (ROM) dan kemudian diikuti oleh *executing* berupa *read/write* dari/ke memori data (RAM). Karena pengalamatan ROM dan RAM yang terpisah, ini memungkinkan CPU untuk melakukan *overlapping* pada saat menjalankan instruksi. Dengan cara ini dua instruksi yang berurutan dapat dijalankan pada saat yang hampir bersamaan, yaitu pada saat CPU melakukan tahap *executing* instruksi yang pertama maka CPU sudah dapat menjalankan *fetching* instruksi yang kedua dan seterusnya. Ini yang disebut dengan sistem *pipeline* (Gambar 1.3), sehingga program keseluruhan dapat dijalankan relatif lebih cepat.



Gambar 1.3. Prinsip Pipeline

Pada arsitektur Harvard, lebar bit memori program tidak mesti sama dengan lebar memori data. Misalnya pada keluarga PICxx dari Microchip, ada yang memiliki memori program dengan lebar 16 bits, sedangkan lebar datanya tetap 8 bits. Karena *bandwidth* memori program yang besar (16 bits), *opcode* dan *operand* dapat dijadikan satu dalam satu *word* instruksi saja. Tujuannya adalah supaya instruksi dapat dilakukan dengan lebih singkat dan cepat.

Kelemahan arsitektur Harvard adalah tidak bisa menempatkan data pada ROM. Arsitektur ini memang tidak memungkinkan untuk mengakses data yang ada di ROM. Namun hal ini bisa diatasi dengan cara membuat instruksi dan mekanisme khusus untuk pengalamatan data di ROM. Mikroprosesor yang memiliki instruksi seperti ini biasanya disebut berarsitektur *Modified Harvard*. Instruksi yang seperti ini dapat ditemukan pada keluarga MCS-51 termasuk Intel 80C51,P87CLxx dari Philips dan Atmel AT89LSxx.

2. Perbedaan Mikroprosesor dan Mikrokontroler

Terdapat perbedaan yang signifikan antara mikroprosesor dan mikrokontroler. Mikroprosesor adalah suatu *chip* (rangkaian terintegrasi yang sangat kompleks) yang berfungsi sebagai pemroses data dari input yang diterima pada suatu sistem digital. Mikroprosesor banyak ditemukan pada komputer khususnya CPU (*Central Processing Unit*) yang berfungsi untuk memproses data dan mengkoordinasikan kerja sebuah komputer. Secara fisik mikroprosesor tidak dapat bekerja sendiri tanpa didukung oleh perangkat tambahan lainnya seperti, RAM, ROM atau I/O.

Adapun mikrokontroler sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya merupakan chip yang mampu melakukan kerja pengendalian terprogram. Mikrokontroler adalah chip lengkap yang didalam kemasannya terdapat mikroprosesor, I/O pendukung, memori bahkan perangkat ADC. Oleh karena kelengkapan fiturnya maka mikrokontroler sering disebut sebagai komputer mikro (*microcomputer*) karena dapat bekerja layaknya komputer namun secara fisik ukurannya kecil.

Berikut ini adalah perbedaan yang utama antara mikroprosesor dan mikrokontroler yang dapat dilihat dari dua faktor utama yaitu arsitektur perangkat keras dan aplikasi masing-masing :

Tabel 1.1. Perbedaan Mikroprosesor dan Mikrokontroler

Tinjauan	Mikroprosesor	Mikrokontroler
Arsitektur	Mikroprosesor hanya merupakan <i>single chip central processing unit (CPU)</i> .	Di dalam mikrokontroler terdapat ROM, RAM, EPROM, <i>serial interface, parallel interface, timer, interrupt controller, analog to digital converter (ADC)</i> .
Memori	Mikroprosesor memiliki kapasitas memori program (ROM) yang kecil, namun didukung oleh memori data (RAM) yang besar pada sebuah sistem komputer.	Mikrokontroler biasanya memiliki memori program (ROM) yang besar, namun memori data (RAM) yang kecil.
Software	Dalam sebuah komputer, mikroprosesor mendukung penggunaan software / program aplikasi yang besar.	Mikrokontroler hanya dapat diprogram untuk pekerjaan terbatas, yang berarti hanya satu program saja yang dapat dimasukkan ke dalam chip mikrokontroler.
Apikasi	Mikroprosesor hanya berfungsi sebagai CPU yang menjadi otak komputer.	Mikrokontroler berfungsi melakukan tugas-tugas yang berorientasi kendali pada rangkaian yang membutuhkan jumlah komponen minimum dan biaya rendah (<i>low cost</i>). Aplikasi mikrokontroler terdapat di games boy, peralatan audio/video, remote control, robot, dan lainnya.
Harga	Mikroprosesor biasanya relatif mahal harganya, tergantung dari spesifikasi / kecepatannya.	Mikrokontroler relatif murah harganya dan mudah didapatkan di pasar elektronika.

C. Perkembangan dan Aplikasi Mikrokontroler

1. Perkembangan Mikrokontroler

Oleh karena kebutuhan yang tinggi terhadap “*smart chips*” dengan berbagai fasilitasnya, maka para vendor juga berlomba untuk menawarkan produk-produk mikrokontrolernya. Hal tersebut terjadi semenjak tahun 1970-an. Motorola mengeluarkan seri mikrokontroler 6800 yang terus dikembangkan hingga sekarang menjadi 68HC05, 68HC08, 68HC11, 68HC12, dan 68HC16. Zilog juga mengeluarkan seri mikroprosesor Z80-nya yang terkenal dan terus dikembangkan hingga kini menjadi Z180 dan kemudian diadopsi juga oleh mikroprosesor Rabbit. Intel mengeluarkan mikrokontrolernya yang populer di dunia yaitu 8051, yang karena begitu populernya maka arsitektur 8051 tersebut kemudian diadopsi oleh vendor lain seperti Philips, Siemens, Atmel, dan vendor- vendor lain dalam produk mikrokontroler mereka. Selain itu, masih ada mikrokontroler populer lainnya seperti Basic Stamps, PIC dari *Microchip*, MSP 430 dari Texas Instrument dan masih banyak lagi.

Selain mikroprosesor dan mikrokontroler, sebenarnya telah bermunculan *chip-chip* pintar lain seperti DSO prosesor dan *Application Specific Integrated Circuit* (ASIC). Di masa depan, *chip-chip* mungil berkemampuan sangat tinggi akan mendominasi semua desain elektronik di dunia sehingga mampu memberikan kemampuan komputasi yang tinggi serta meminimumkan jumlah komponen- komponen konvensional.

Karena kemampuannya yang tinggi, bentuknya yang kecil, konsumsi dayanya yang rendah dan harga yang murah, maka mikrokontroler begitu banyak digunakan di dunia. Mikrokontroler digunakan mulai dari mainan anak-anak, perangkat elektronik rumah tangga, perangkat pendukung otomotif, peralatan industri, peralatan telekomunikasi, peralatan medis dan kedokteran, sampai dengan pengendali robot serta persenjataan militer. Terdapat beberapa keunggulan yang diharapkan dari alat-alat yang berbasis mikrokontroler :

- a) Kehandalan tinggi dan kemudahan integrasi dengan komponen lain.
- b) Ukuran yang semakin dapat diperkecil.
- c) Penggunaan komponen dipersedikit yang juga akan menyebabkan biaya produksi dapat semakin kecil.

- d) Waktu pembuatan lebih singkat sehingga lebih cepat pula dijual ke pasar sesuai kebutuhan.
- e) Konsumsi daya yang rendah.

2. Berbagai Tipe Mikrokontroler

a. Mikrokontroler ATMEL

Mikrokontroler buatan ATMEL ini merupakan keluarga MCS-51 dari Intel Corp (www.atmel.com). Saat ini mikrokontroler ATMEL merupakan mikrokontroler yang paling banyak digunakan karena harganya relatif murah dan mudah didapatkan. Mikrokontroler ini dapat diprogram menggunakan port paralel atau serial. Selain itu, mikrokontroler ini dapat beroperasi hanya dengan satu chip dan beberapa komponen dasar, seperti resistor, kapasitor dan kristal. Berikut ini diberikan contoh beberapa tipe mikrokontroler ATMEL beserta fitur dan kelengkapannya..

Tabel 1.2. Tipe-tipe Mikrokontroler ATMEL

Tipe	RAM	Flash Memory	EEPROM
AT89C51/AT89S51	8 x 128 byte	4 Kbyte	Tidak ada
AT89C52/AT89S52	8 x 256 byte	8 Kbyte	Tidak ada
AT89C55	8 x 256 byte	20 Kbyte	Tidak ada
AT89C53	8 x 256 byte	12 Kbyte	Tidak ada
AT89S8252	8 x 256 byte	8 Kbyte	2 Kbyte

b. Mikrokontroler PIC

Mikrokontroler PIC (*Peripheral Interface Controller*) merupakan keluarga mikrokontroler tipe RISC (*Reduce Instruction Set Programs*) yang diproduksi oleh Microchip (www.microchip.com). Mikrokontroler PIC dibuat pertama kali pada tahun 1975 untuk meningkatkan kinerja sistem pada I/O. Masing-masing mikrokontroler memiliki kekhasan yang berbeda dalam hal jenis memori yang digunakan, ada yang menggunakan EEPROM, ada yang menggunakan Flash memori, bahkan ada yang menggunakan OTP (*One Time Programmable*) atau memori sekali program.

Saat ini PIC telah dilengkapi dengan EPROM dan komunikasi serial, UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*), kernel kendali motor, serta memori program dari 32 word hingga 512 word (1 word sama dengan 1 instruksi bahasa assembly yang bervariasi dari 12 hingga 16 bit). Beberapa tipe mikrokontroler PIC yang banyak digunakan adalah : PIC 16F84, PIC 12F625, PIC 12F629, PIC 16F873, PIC 16F874 dan PIC 16F877. Berikut ini diberikan contohbeberapa tipe mikrokontroler PIC beserta fitur dan kelengkapannya..

Tabel 1.3. Tipe-tipe Mikrokontroler PIC

Tipe	Memori Program	Fitur
PIC 12C5084	512 x 12	OTP, 8 pin, WDT, Internal Osc
PIC 1400	4096 x 14	ADC, Internal Osc, 12C
PIC 16C54C	512 x 12	WDT, 12 I/O, 40 MHz max
PIC 16F84	1024 x 14	Flash, 18 pin, Timer/Counter, WDT

c. Mikrokontroler Maxim

Mikrokontroler Maxim diproduksi oleh Maxim corp yang merupakan salah satu produsen chip yang fokus pada komponen digital dan komunikasi (www.maxim-ic.com). Produknya adalah chip mikrokontroler, akuisisi data dan komponen radio frekuensi. Maxim merupakan produsen yang cukup inovatif dalam melahirkan produk-produk berteknologi tinggi, misalnya mikrokontroler 80C400 kecepatan tinggi yang mendukung jaringan komputer (*computer networking*).

Beberapa chip mikrokontroler Maxim juga mendukung penggunaan perangkat lunak *compiler* berbasis bahasa C, diantaranya : Keil-C sebagai compiler C, macro assemblers, real time kernels, debuggers dan simulator di lingkungan IDE (*Interface Design Environmet*).

d. Mikrokontroler Renesas

Renesas merupakan produsen semikonduktor gabungan antara Mitsubishi dan Hitachi. Salah satu produk mikrokontroler Renesas yang dikenal adalah R8C/Tiny Series yang termasuk keluarga M16C dan mempunyai beberapa seri antara lain R8C/10, R8C/12, yang berbeda kapasitas flash ROM dan jumlah pin I/O.

D. Latihan

1. Jelaskan perbedaan utama antara mikroprosesor dan mikrokontroler !
2. Jelaskan deskripsi perangkat keras dari mikroprosesor yang ber-arsitektur Harvard ?
3. Jelaskan keunggulan peralatan yang menggunakan aplikasi mikrokontroler ?
4. Sebutkan minimal 3 (tiga) peralatan elektronik yang menggunakan teknologi mikrokontroler !
5. Carilah minimal 5 (lima) situs di internet yang memberikan penjelasan paling lengkap tentang teknologi mikrokontroler, aplikasi, dan perkembangannya!

E. Ringkasan

1. Mikrokontroler adalah *single chip* komputer yang memiliki kemampuan untuk diprogram dan digunakan untuk tugas-tugas yang berorientasi kendali (*control*). Terdapat perbedaan yang signifikan antara mikrokontroler dan mikroprosesor yaitu dari arsitektur perangkat keras dan aplikasi masing- masing perangkat.
2. Arsitektur mikroprosesor-mikrokontroler terdiri dari arsitektur *Harvard* yang menempatkan data dan program dalam peta memori yang terpisah dan arsitektur *Von Neumann* yang menempatkan data dan program dalam peta memori yang sama.
3. Beberapa tipe mikrokontroler yang banyak digunakan adalah : mikrokontroler ATMELE, mikrokontroler PIC, mikrokontroler Maxim dan mikrokontroler Renesas.
4. Keunggulan dari alat-alat yang berbasis mikrokontroler yaitu : Keandalan tinggi dan kemudahan integrasi dengan komponen lain, ukuran yang semakin diperkecil, komponen dipersedikit, rendahnya biaya produksi, waktu pembuatan lebih dan konsumsi daya yang rendah.

F. Sumber Belajar

1. Agus B, 2008, C and AVR pada Mikrokontroler ATmega8535, PT. Graha Ilmu, Yogyakarta.
2. Lukman Rosyidi, 2002, Diktat Mikrokontroler 8051, PT. Prasimax Technology, Jakarta.
3. Widodo Budiharto, 2005, Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
4. Website : www.atmel.com, www.pic.com, www.maxim-ic.com, www.innovativeelectronics.com,

