

---

# Arsitektur dan Organisasi Komputer

## Modul Input / Output

Yuli Sopiati, S.Pd., M.Kom.

---

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1 Pengantar

Selain CPU dan memori, **modul I/O** adalah elemen penting ketiga dalam sistem komputer. Modul I/O berfungsi sebagai antarmuka (interface) antara bus sistem atau switch sentral dan perangkat peripheral. Modul ini bukan sekadar penghubung mekanis sederhana yang menyambungkan perangkat dengan bus sistem. Modul I/O memiliki kemampuan "cerdas" karena dilengkapi dengan logika yang memungkinkan komunikasi antara perangkat peripheral dan bus sistem berjalan dengan baik.

#### 1.2 Tujuan

Alasan mengapa perangkat peripheral tidak dihubungkan langsung ke bus sistem adalah sebagai berikut:

- Keragaman metode operasi. Perangkat peripheral memiliki metode operasi yang berbeda-beda, sehingga sulit bagi sistem komputer untuk menangani semua jenis perangkat secara langsung.
- Perbedaan kecepatan transfer data. Laju transfer data perangkat peripheral umumnya jauh lebih lambat dibandingkan dengan memori atau CPU, sehingga memerlukan penyesuaian.
- Format dan panjang data yang berbeda. Perangkat peripheral sering menggunakan format data dan panjang word yang tidak sesuai dengan standar komputer, sehingga diperlukan modul untuk menyelaraskannya.

#### 1.3 Latar Belakang

Unit Input/Output (I/O) adalah bagian dari sistem mikroprosesor yang berfungsi sebagai penghubung mikroprosesor dengan perangkat luar. Unit input digunakan untuk memasukkan data dari luar ke mikroprosesor, seperti data dari keyboard atau mouse.

Sementara itu, unit output digunakan untuk menampilkan atau menerima data dari mikroprosesor, misalnya data yang ditampilkan di layar monitor atau dicetak melalui printer. Proses input dan output ini membutuhkan sinyal kontrol, seperti Input/Output Read (IOR) untuk membaca data dan Input/Output Write (IOW) untuk menulis data.

Modul I/O berperan sebagai perantara antara sistem bus atau switch sentral dengan perangkat peripheral. Modul ini tidak hanya menjadi penghubung, tetapi juga dilengkapi logika untuk mendukung komunikasi antara perangkat peripheral dan bus komputer.

Ada beberapa alasan mengapa perangkat perifer tidak dihubungkan langsung ke bus sistem komputer, di antaranya:

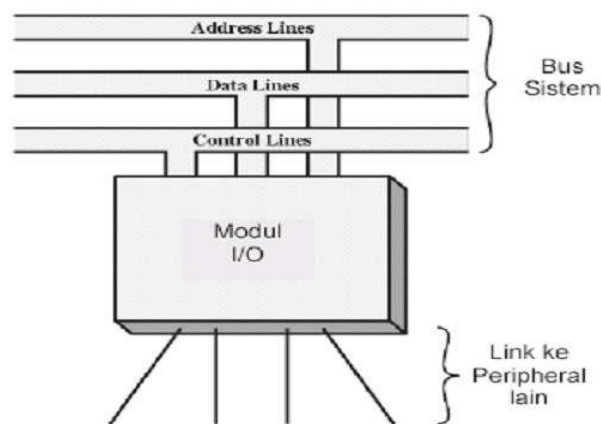
- Metode operasi perangkat peripheral yang beragam. Sistem komputer akan kesulitan menangani berbagai jenis perangkat jika tidak ada modul I/O.
- Kecepatan transfer data perangkat peripheral yang lebih lambat. Biasanya, kecepatan perangkat perifer lebih rendah dibandingkan CPU dan memori, sehingga diperlukan penyesuaian.
- Perbedaan format dan panjang data. Data dari perangkat perifer sering kali tidak sesuai dengan format atau ukuran data CPU, sehingga dibutuhkan modul untuk menyelaraskan data tersebut.

## **2. DEFINISI**

Input/Output (I/O) adalah komponen dalam sistem mikroprosesor yang memungkinkan mikroprosesor berinteraksi dengan dunia luar. Unit input berfungsi untuk memasukkan data dari luar ke dalam mikroprosesor, seperti data yang dihasilkan oleh keyboard atau mouse. Sebaliknya, unit output berfungsi untuk menampilkan data yang dikirimkan oleh mikroprosesor, misalnya data yang ditampilkan di layar monitor atau dicetak melalui printer.

## 2.1 Sistem I/O

Untuk memahami bagaimana modul I/O menjalankan tugasnya sebagai penghubung antara CPU, memori, dan perangkat luar, kita perlu memahami fungsi dan struktur modul I/O. Modul I/O bertugas mengelola komunikasi data, baik dari CPU ke perangkat luar maupun sebaliknya. Modul ini bekerja dengan cara mengatur aliran data, menerjemahkan format data antara perangkat peripheral dan sistem komputer, serta memastikan kecepatan transfer yang sesuai. Pemahaman tentang model generik modul I/O, yang sering kali digambarkan dalam diagram, akan membantu kita mengenali bagaimana modul ini mengatur fungsi input, output, dan kontrol komunikasi secara efisien. Perhatikan gambar dibawah ini yang menyajikan model generik modul I/O.



**Gambar 1. Model Generik dari suatu modul I/O**

## 2.2 Fungsi Modul I/O

Modul I/O adalah komponen penting dalam sistem komputer yang bertugas mengontrol satu atau lebih perangkat luar serta menangani pertukaran data antara perangkat luar tersebut dengan memori utama atau register CPU. Untuk melaksanakan fungsi ini, modul I/O membutuhkan antarmuka internal (terhubung dengan CPU dan memori utama) dan antarmuka eksternal (terhubung dengan perangkat luar).

Fungsi modul I/O dikelompokkan ke dalam beberapa kategori, yaitu:

1. Kontrol dan pewaktuan: Mengatur alur komunikasi data antara perangkat eksternal dan sistem komputer agar berjalan dengan lancar sesuai waktu yang ditentukan.
2. Komunikasi CPU: Menyediakan jalur komunikasi data antara modul I/O dan CPU untuk membaca atau menulis data.
3. Komunikasi perangkat eksternal: Mengelola hubungan dan sinyal antara modul I/O

dan perangkat luar.

4. Pem-buffer-an data: Menyimpan sementara data untuk mengatasi perbedaan kecepatan transfer antara perangkat luar dan sistem komputer.
5. Deteksi kesalahan: Memonitor dan menangani kesalahan yang terjadi selama proses komunikasi atau transfer data.

Fungsi kontrol dan pewaktuan (control & timing) merupakan hal yang penting untuk mensinkronkan kerja masing – masing komponen penyusun komputer. Dalam sekali waktu CPU berkomunikasi dengan satu atau lebih perangkat dengan pola tidak menentu dan kecepatan transfer komunikasi data yang beragam, baik dengan perangkat internal seperti register – register, memori utama, memori sekunder, perangkat peripheral. Proses tersebut bisa berjalan apabila ada fungsi kontrol dan pewaktuan yang mengatur sistem secara keseluruhan. Contoh kontrol pemindahan data dari peripheral ke CPU melalui sebuah modul I/O dapat meliputi langkah – langkah berikut ini :

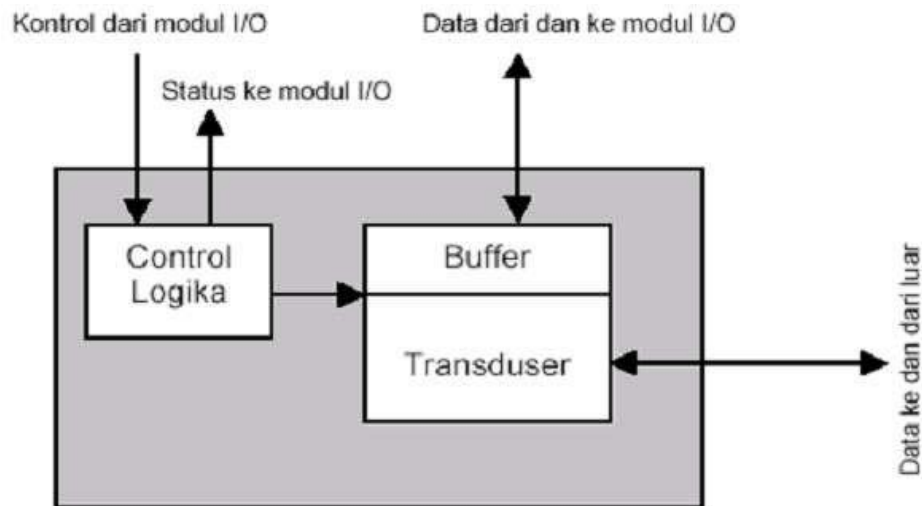
1. Permintaan dan pemeriksaan status perangkat dari CPU ke modul I/O.
2. Modul I/O memberi jawaban atas permintaan CPU.
3. Apabila perangkat eksternal telah siap untuk transfer data, maka CPU akan mengirimkan perintah ke modul I/O.
4. Modul I/O akan menerima paket data dengan panjang tertentu dari peripheral.
5. Selanjutnya data dikirim ke CPU setelah diadakan sinkronisasi panjang data dan kecepatan transfer oleh modul I/O sehingga paket – paket data dapat diterima CPU dengan baik.

Transfer data tidak akan lepas dari penggunaan sistem bus, maka interaksi CPU dan modul I/O akan melibatkan kontrol dan pewaktuan sebuah arbitrase bus atau lebih.

Adapun fungsi komunikasi antara CPU dan modul I/O meliputi proses – proses berikut :

- Command Decoding, yaitu modul I/O menerima perintah – perintah dari CPU yang dikirimkan sebagai sinyal bagi bus kontrol. Misalnya, sebuah modul I/O untuk disk dapat menerima perintah: Read sector, Scan record ID, Format disk.
- Data, pertukaran data antara CPU dan modul I/O melalui bus data.
- Status Reporting, yaitu pelaporan kondisi status modul I/O maupun perangkat peripheral, umumnya berupa status kondisi Busy atau Ready. Juga status bermacam – macam kondisi kesalahan (error).
- Address Recognition, bahwa peralatan atau komponen penyusun komputer dapat dihubungi atau dipanggil maka harus memiliki alamat yang unik, begitu pula pada perangkat peripheral, sehingga setiap modul I/O harus mengetahui alamat peripheral yang dikontrolnya.

Pada sisi modul I/O ke perangkat peripheral juga terdapat komunikasi yang meliputi komunikasi data, kontrol maupun status. Perhatikan gambar berikut.



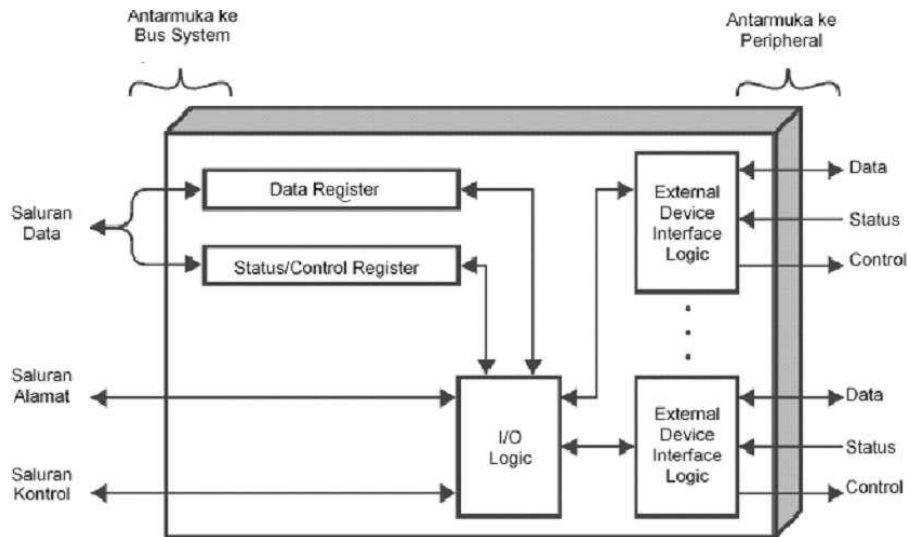
**Gambar 2. Skema perangkat peripheral**

Fungsi selanjutnya adalah buffering. Tujuan utama buffering adalah mendapatkan penyesuaian data sehubungan perbedaan laju transfer data dari perangkat peripheral dengan kecepatan pengolahan pada CPU. Umumnya laju transfer data dari perangkat peripheral lebih lambat dari kecepatan CPU maupun media penyimpanan.

Fungsi terakhir adalah deteksi kesalahan. Apabila pada perangkat peripheral terdapat masalah sehingga proses tidak dapat dijalankan, maka modul I/O akan melaporkan kesalahan tersebut. Misal informasi kesalahan pada peripheral printer seperti: kertas tergulung, tinta habis, kertas habis, dan lain – lain. Teknik yang umum untuk deteksi kesalahan adalah penggunaan bit paritas.

### **3. STRUKTUR MODULE I/O**

Terdapat berbagai macam modul I/O seiring perkembangan komputer itu sendiri, contoh yang sederhana dan fleksibel adalah Intel 8255A yang sering disebut PPI (Programmable Peripheral Interface). Bagaimanapun kompleksitas suatu modul I/O, terdapat kemiripan struktur, seperti terlihat pada gambar dibawah ini



**Gambar 2. Blok diagram struktur I/O**

Antarmuka modul I/O ke CPU melalui bus sistem komputer terdapat tiga saluran, yaitu saluran data, saluran alamat dan saluran kontrol. Bagian terpenting adalah blok logika I/O yang berhubungan dengan semua peralatan antarmuka peripheral, terdapat fungsi pengaturan dan switching pada blok ini.

### **3.1 I/O Terprogram**

Pada I/O terprogram, data saling dipertukarkan antara CPU dan modul I/O. CPU mengeksekusi program yang memberikan operasi I/O kepada CPU secara langsung, seperti pemindahan data, pengiriman perintah baca maupun tulis, dan monitoring perangkat.

Kelemahan teknik ini adalah CPU akan menunggu sampai operasi I/O selesai dilakukan modul I/O sehingga akan membuang waktu, apalagi CPU lebih cepat proses operasinya. Dalam teknik ini, modul I/O tidak dapat melakukan interupsi kepada CPU terhadap proses – proses yang diinteruksikan padanya. Seluruh proses merupakan tanggung jawab CPU sampai operasi lengkap dilaksanakan.

Untuk melaksanakan perintah – perintah I/O, CPU akan mengeluarkan sebuah alamat bagi modul I/O dan perangkat peripheralnya sehingga terspesifikasi secara khusus dan sebuah perintah I/O yang akan dilakukan. Terdapat empat klasifikasi perintah I/O, yaitu:

#### **1. Perintah control.**

Perintah ini digunakan untuk mengaktifasi perangkat peripheral dan memberitahukan tugas yang diperintahkan padanya.

## **2. Perintah test.**

Perintah ini digunakan CPU untuk menguji berbagai kondisi status modul I/O dan peripheralnya. CPU perlu mengetahui perangkat peripheralnya dalam keadaan aktif dan siap digunakan, juga untuk mengetahui operasi – operasi I/O yang dijalankan serta mendeteksi kesalahannya.

## **3. Perintah read.**

Perintah pada modul I/O untuk mengambil suatu paket data kemudian menaruh dalam buffer internal. Proses selanjutnya paket data dikirim melalui bus data setelah terjadi sinkronisasi data maupun kecepatan transfernya.

## **4. Perintah write.**

Perintah ini kebalikan dari read. CPU memerintahkan modul I/O untuk mengambil data dari bus data untuk diberikan pada perangkat peripheral tujuan data tersebut. Dalam teknik I/O terprogram, terdapat dua macam implementasi perintah I/O yang tertuang dalam instruksi I/O, yaitu: memory-mapped I/O dan isolated I/O.

Dalam memory-mapped I/O, terdapat ruang tunggal untuk lokasi memori dan perangkat I/O. CPU memperlakukan register status dan register data modul I/O sebagai lokasi memori dan menggunakan instruksi mesin yang sama untuk mengakses baik memori maupun perangkat I/O. Konsekuensinya adalah diperlukan saluran tunggal untuk pembacaan dan saluran tunggal untuk penulisan. Keuntungan memory-mapped I/O adalah efisien dalam pemrograman, namun memakan banyak ruang memori alamat.

Dalam teknik isolated I/O, dilakukan pemisahan ruang pengalamatan bagi memori dan ruang pengalamatan bagi I/O. Dengan teknik ini diperlukan bus yang dilengkapi dengan saluran pembacaan dan penulisan memori ditambah saluran perintah output. Keuntungan isolated I/O adalah sedikitnya instruksi I/O.

## **5. Aplikasi antar muka I/O**

Sifat-sifat perangkat komputer diabstraksi oleh I/O system call berbentuk kelas-kelas umum. Lapisan driver perangkat menyembunyikan perbedaan-perbedaan I/O controller dari kernel.

Ragam device dari beberapa sisi Character-stream atau block, Sequential atau random-access, Synchronous atau asynchronous, Sharable atau dedicated, Speed

atau operation, Read-write, read only, write only.

#### **4. INTERRUPT-DRIVEN I/O**

Teknik interrupt – driven I/O memungkinkan proses tidak membuang – buang waktu. Prosesnya adalah CPU mengeluarkan perintah I/O pada modul I/O, bersamaan perintah I/O dijalankan modul I/O maka CPU akan melakukan eksekusi perintah – perintah lainnya. Apabila modul I/O telah selesai menjalankan instruksi yang diberikan padanya akan melakukan interupsi pada CPU bahwa tugasnya telah selesai.

Dalam teknik ini kendali perintah masih menjadi tanggung jawab CPU, baik pengambilan perintah dari memori maupun pelaksanaan isi perintah tersebut. Terdapat selangkah kemajuan dari teknik sebelumnya, yaitu CPU melakukan multitasking beberapa perintah sekaligus sehingga tidak ada waktu tunggu bagi CPU. Cara kerja teknik interupsi di sisi modul I/O adalah modul I/O menerima perintah, misal read. Kemudian modul I/O melaksanakan perintah pembacaan dari peripheral dan meletakkan paket data ke register data modul I/O, selanjutnya modul mengeluarkan sinyal interupsi ke CPU melalui saluran kontrol. Kemudian modul menunggu datanya diminta CPU. Saat permintaan terjadi, modul meletakkan data pada bus data dan modul siap menerima perintah selanjutnya.

Pengolahan interupsi saat perangkat I/O telah menyelesaikan sebuah operasi I/O adalah sebagai berikut :

1. Perangkat I/O akan mengirimkan sinyal interupsi ke CPU.
2. CPU menyelesaikan operasi yang sedang dijalankannya kemudian merespon interupsi.
3. CPU memeriksa interupsi tersebut, kalau valid maka CPU akan mengirimkan sinyal acknowledgment ke perangkat I/O untuk menghentikan interupsinya.
4. CPU mempersiapkan pengontrolan transfer ke routine interupsi. Hal yang dilakukan adalah menyimpan informasi yang diperlukan untuk melanjutkan operasi yang tadi dijalankan sebelum adanya interupsi. Informasi yang diperlukan berupa:
  - a. Status prosesor, berisi register yang dipanggil PSW (program status word).
  - b. Lokasi intruksi berikutnya yang akan dieksekusi.

Informasi tersebut kemudian disimpan dalam stack pengontrol sistem.

5. Kemudian CPU akan menyimpan PC (program counter) eksekusi sebelum interupsi ke stack pengontrol bersama informasi PSW. Selanjutnya



mempersiapkan PC untuk penanganan interupsi.

6. Selanjutnya CPU memproses interupsi sampai selesai.
7. Apabila pengolahan interupsi selesai, CPU akan memanggil kembali informasi yang telah disimpan pada stack pengontrol untuk meneruskan operasi sebelum interupsi.

Terdapat bermacam teknik yang digunakan CPU dalam menangani program interupsi ini, diantaranya :

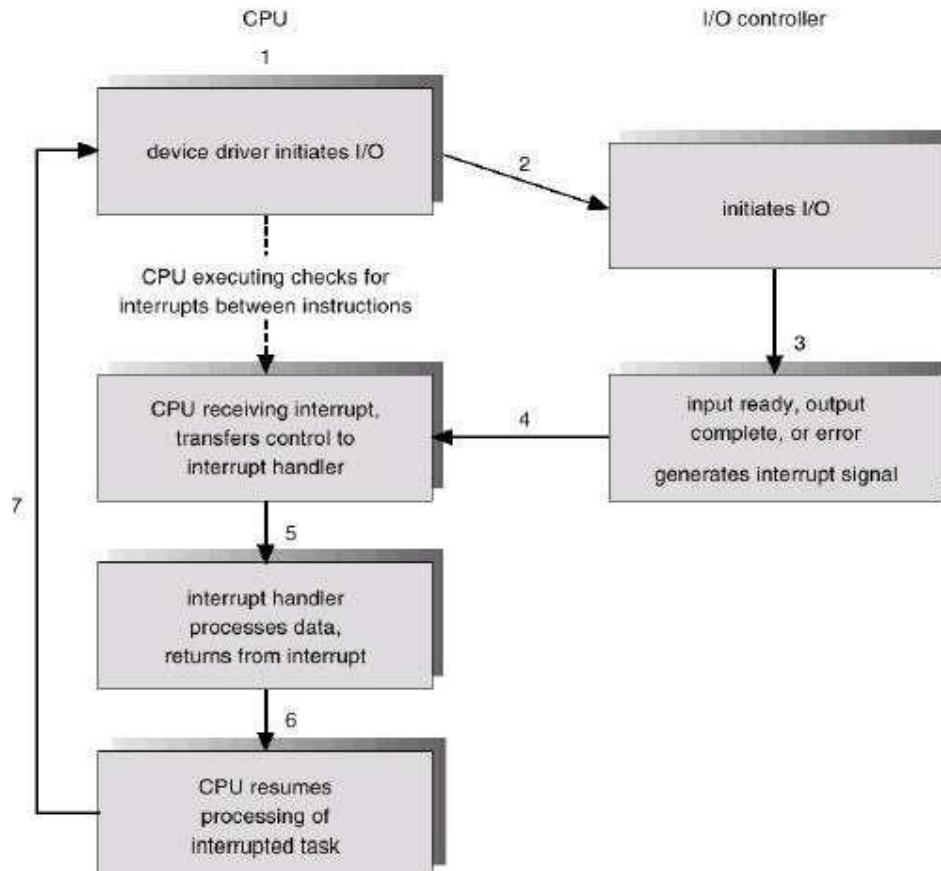
- Multiple Interrupt Lines.
- Software poll.
- Daisy Chain.
- Arbitrasi bus.

Teknik yang paling sederhana adalah menggunakan saluran interupsi berjumlah banyak (Multiple Interrupt Lines) antara CPU dan modul – modul I/O. Namun tidak praktis untuk menggunakan sejumlah saluran bus atau pin CPU ke seluruh saluran interupsi modul – modul I/O.

Alternatif lainnya adalah menggunakan software poll. Prosesnya, apabila CPU mengetahui adanya sebuah interupsi, maka CPU akan menuju ke routine layanan interupsi yang tugasnya melakukan poll seluruh modul I/O untuk menentukan modul yang melakukan interupsi. Kerugian software poll adalah memerlukan waktu yang lama karena harus mengidentifikasi seluruh modul untuk mengetahui modul I/O yang melakukan interupsi.

Teknik yang lebih efisien adalah daisy chain, yang menggunakan hardware poll. Seluruh modul I/O tersambung dalam saluran interupsi CPU secara melingkar (chain). Apabila ada permintaan interupsi, maka CPU akan menjalankan sinyal acknowledge yang berjalan pada saluran interupsi sampai menjumpai modul I/O yang mengirimkan interupsi.

Teknik berikutnya adalah arbitrasi bus. Dalam metode ini, pertama – tama modul I/O memperoleh kontrol bus sebelum modul ini menggunakan saluran permintaan interupsi. Dengan demikian hanya akan terdapat sebuah modul I/O yang dapat melakukan interupsi.



**Gambar 3. Interrupt-Driven I/O Cycle**

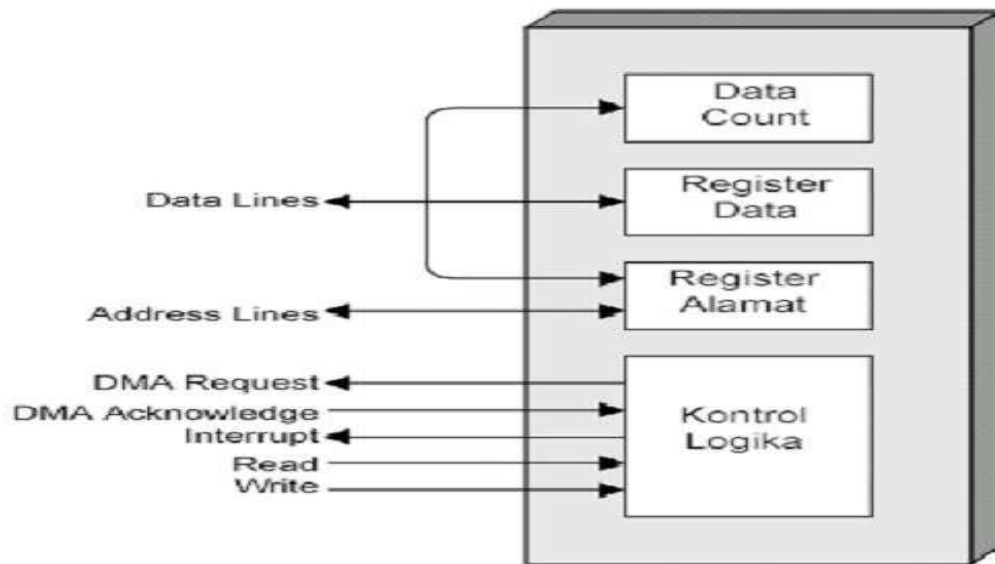
## 5. DIRECT MEMORY ACCESS

Teknik yang dijelaskan sebelumnya yaitu I/O terprogram dan Interrupt-Driven I/O memiliki kelemahan, yaitu proses yang terjadi pada modul I/O masih melibatkan CPU secara langsung. Hal ini berimplikasi pada :

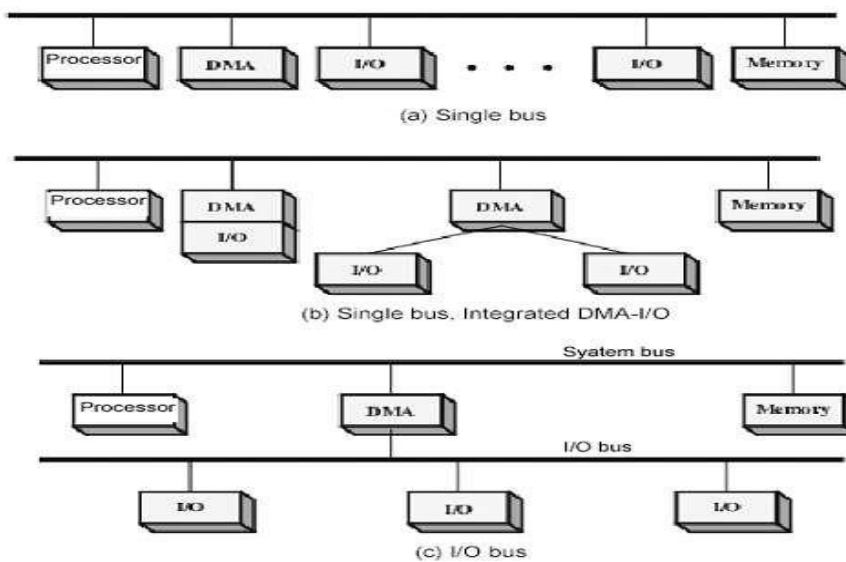
- Kelajuan transfer I/O yang tergantung pada kecepatan operasi CPU.
- Kerja CPU terganggu karena adanya interupsi secara langsung.

Bertolak dari kelemahan di atas, apalagi untuk menangani transfer data bervolume besar dikembangkan teknik yang lebih baik, dikenal dengan Direct Memory Access (DMA).

Prinsip kerja DMA adalah CPU akan mendelegasikan kerja I/O kepada DMA, CPU hanya akan terlibat pada awal proses untuk memberikan instruksi lengkap pada DMA dan akhir proses saja. Dengan demikian CPU dapat menjalankan proses lainnya tanpa banyak terganggu dengan interupsi. Blok diagram modul DMA terlihat pada gambar berikut :



**Gambar 4. Blok Diagram DMA**

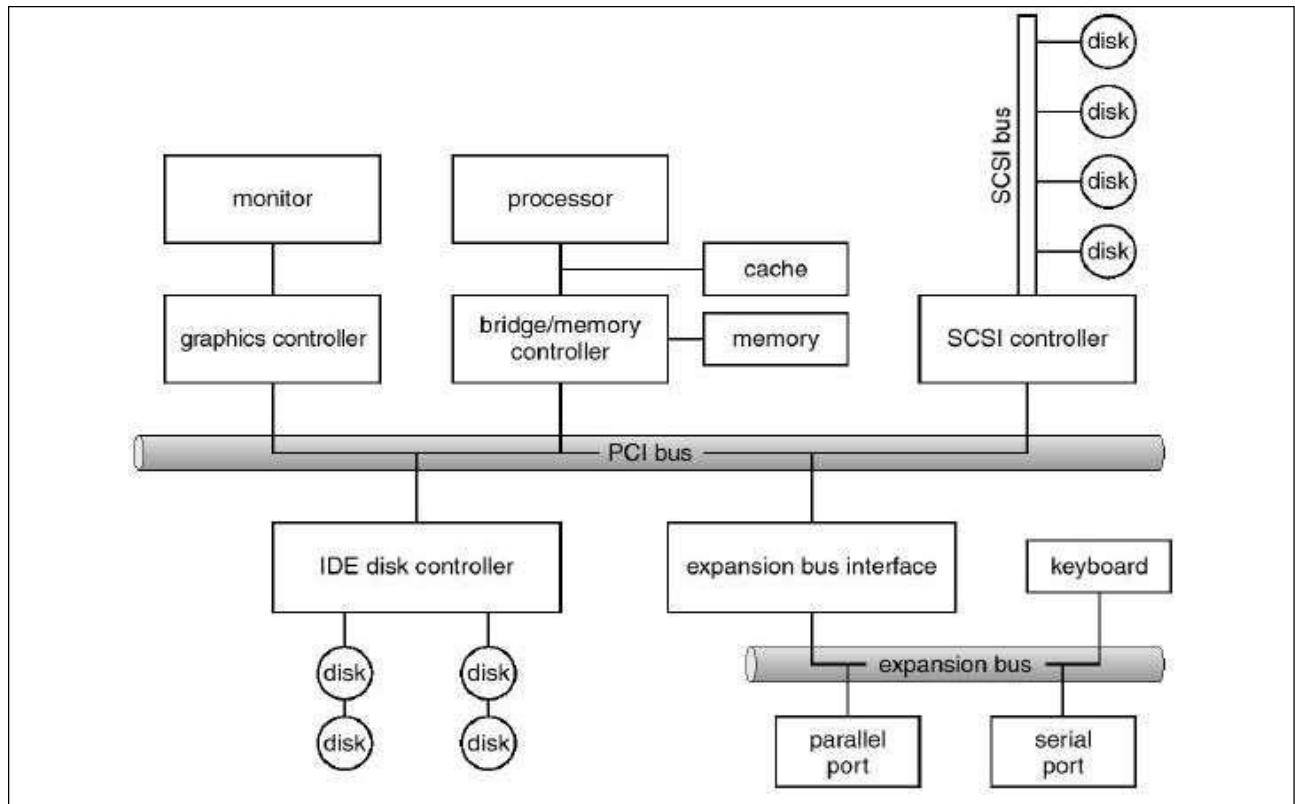


**Gambar 5. Konfigurasi Modul DMA**

Dalam melaksanakan transfer data secara mandiri, DMA memerlukan pengambilalihan kontrol bus dari CPU. Untuk itu DMA akan menggunakan bus bila CPU tidak menggunakannya atau DMA memaksa CPU untuk menghentikan sementara penggunaan bus. Teknik terakhir lebih umum digunakan, sering disebut cycle-stealing, karena modul

DMA mengambil alih siklus bus. Penghentian sementara penggunaan bus bukanlah bentuk interupsi, melainkan hanyalah penghentian proses sesaat yang berimplikasi hanya pada kelambatan eksekusi CPU saja. Terdapat tiga buah konfigurasi modul DMA seperti yang terlihat pada gambar diatas.

## DMA TRANSFER



**Gambar 6. I/O Stream (1)**

I/O stream adalah suatu mekanisme pengiriman data secara bertahap dan terus menerus melalui suatu aliran data (dua arah) Biasa digunakan dalam network protocol, Asynchronous, Menggunakan message passing dalam men-transfer data Untuk memasukkan ke dalam stream digunakan ioctl system call, Untuk menuliskan data ke device digunakan write / putmsg system call, Untuk membaca data dari device digunakan read / getmsg system call.

## 6. PERANGKAT EKSTERNAL

Mesin komputer akan memiliki nilai apabila bisa berinteraksi dengan dunia luar. Lebih dari itu, komputer tidak akan berfungsi apabila tidak dapat berinteraksi dengan dunia luar. Ambil contoh saja, bagaimana kita bisa menginstruksikan CPU untuk melakukan suatu operasi apabila tidak ada keyboard. Bagaimana kita melihat hasil kerja sistem komputer bila tidak ada monitor. Keyboard dan monitor tergolong dalam perangkat eksternal komputer.

Perangkat eksternal atau lebih umum disebut peripheral tersambung dalam sistem CPU melalui perangkat pengendalinya, yaitu modul I/O seperti telah dijelaskan sebelumnya. Lihat kembali gambar diatas. Secara umum perangkat eksternal diklasifikasikan menjadi 3 katagori:

- *Human Readable*, yaitu perangkat yang berhubungan dengan manusia sebagai pengguna komputer. Contohnya: monitor, keyboard, mouse, printer, joystick, disk drive.
- *Machine readable*, yaitu perangkat yang berhubungan dengan peralatan. Biasanya berupa modul sensor dan tranduser untuk monitoring dan kontrol suatu peralatan atau sistem.
- *Communication*, yatu perangkat yang berhubungan dengan komunikasi jarak jauh. Misalnya: NIC dan modem.

Pengklasifikasian juga bisa berdasarkan arah datanya, yaitu perangkat output, perangkat input dan kombinasi output-input. Contoh perangkat output: monitor, proyektor dan printer. Perangkat input misalnya: keyboard, mouse, joystick, scanner, mark reader, bar code reader

## REFERENSI

Stalling, W. COMPUTER ORGANIZATION AND ARCHITECTURE *DESIGNING FOR PERFORMANCE* EIGHTH EDITION, prentice hall 2010