

Tugas 1

Deadline: **24 Februari 2023**, 17.00 Waktu Scele

Pengantar Organisasi Komputer
Semester Genap 2022/2023

Revisi 0

Petunjuk pengerjaan:

1. Jawaban tugas **HARUS** ditulis tangan atau menggunakan pen tablet. Untuk penulisan tangan dapat ditulis di kertas polos A4 atau kertas folio bergaris dan discan. **Tidak boleh diketik!** Kumpulkan semua halaman jawaban ke satu file yang berformat PDF.
 2. Tuliskan **nama, NPM, kelas, dan kode asisten** di **setiap lembar** berkas jawaban Anda. Kelalaian menuliskan keempat informasi ini (lupa atau salah tulis) akan **diberikan penalti -5 poin**/kesalahan.
 3. Pastikan tulisan tangan rapi dapat dibaca!
 4. Keterlambatan **10 menit < x < 2 jam** dari deadline akan dikenakan penalti **sebesar 30 poin** dari nilai tugas. Keterlambatan **2-6 jam** dari deadline dikenakan penalti **sebesar 60 poin** dari nilai tugas. Pengumpulan yang melewati batasan waktu tersebut **tidak akan dinilai**.
 5. Silakan tambahkan asumsi sendiri bila diperlukan.
 6. **Plagiarisme adalah pelanggaran serius dengan sanksi nilai 0.**
 7. **Warna biru** menunjukkan revisi, silahkan tulis pada revisi mana anda mengerjakan, jika tidak menulis maka akan dianggap revisi terbaru.
 8. Format penamaan:
Tugas1_KodeAsdos_NPM_Nama.pdf
Contoh: **Tugas1_RT_1906398364_RicoTadjudin.pdf**
-

1. [3 + 3 + 3 + 3 + 3] Jelaskan dalam 4-6 kalimat per point mengenai hal di bawah ini:

a. Performance

Performance adalah satuan hal/detik. Semakin besar semakin bagus. Jika mempersingkat waktu respon, maka semakin cepat semakin baik.

$$\text{performance} = \frac{1}{\text{time}}$$

Performance dapat didefinisikan kedalam dua aspek, yaitu :

- Response time / Latency / Execution time
Lamanya waktu eksekusi suatu program
- Throughput
Banyak pekerjaan yang bisa dilakukan

b. Benchmarking

Benchmarking adalah program yang dirancang untuk mengukur performance. Program ini diharapkan meniru beban kerja yang dihasilkan oleh program pengguna. Tingkat program yang dapat digunakan untuk mengukur performance.

- Actual target workloads
- Full application benchmarks
- Small kernel benchmarks
- Micro benchmarks

Contoh benchmarks yang telah disepakati : SPEC

c. Amdahl's Law

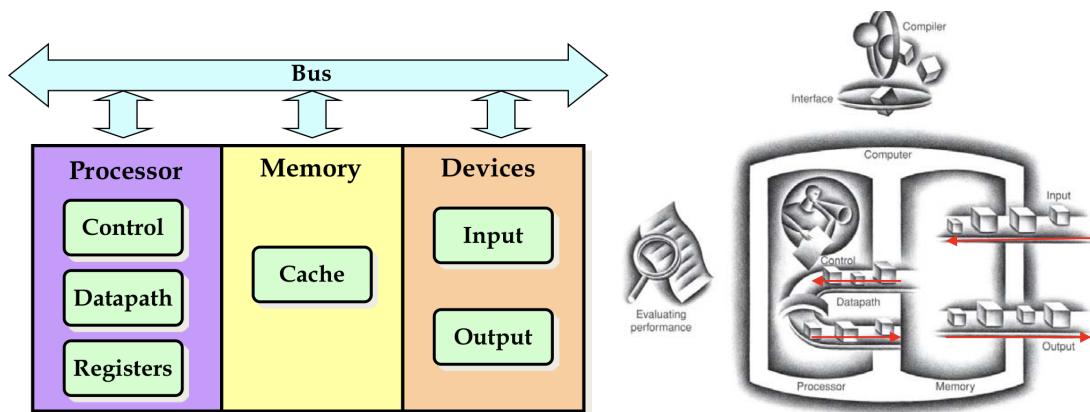
Amdahl's Law menyanggah pernyataan "Peningkatan satu aspek mesin untuk meningkatkan performance sebanding dengan jumlah ukuran peningkatan". Performance terbatas pada bagian program yang tidak dipercepat.

Misal $ExT = \text{Execution Time}$

$$ExT_{\text{after improvement}} = ExT_{\text{unaffected part}} + ExT_{\text{speedup}}$$

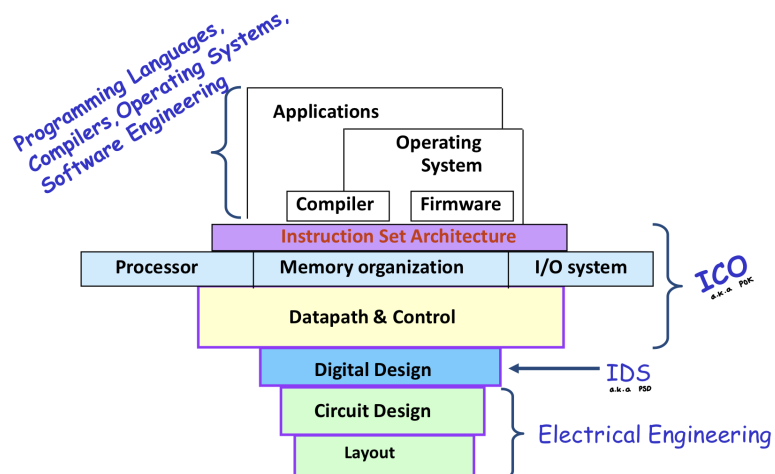
d. von Neumann Architecture

von Neumann Architecture yaitu program dan data disimpan dalam memori, (stored-memory concept). Terdiri dari prosesor, memori, devices, dan bus yang membawa data antar komponen. Proses membaca data dari memori, memproses, dan menulis data ke memori dinamakan datapath. Prosesor terdiri dari control, datapath, registers. Memori terdiri dari cache. Devices terdiri dari I/O.



e. Instruction Set Architecture

Instruction Set Architecture (ISA) adalah bagian dari arsitektur komputer yang berhubungan dengan pemrograman. Mencakup spesifikasi opcodes (bahasa mesin). Berfungsi sebagai jembatan antara hardware dan software. Contoh ISA yaitu SGI MIPS, Intel, Sun Sparc, dan lain-lain.



2. [10] Peokra memiliki komputer A dengan clock rate 750 MHz. Selain itu, Peokra juga memiliki komputer B dengan clock rate 1,2 GHz. Jika Peokra dapat menjalankan program X di komputer A sebanyak 3 kali dalam waktu 5 detik, berapakah waktu yang dibutuhkan komputer B untuk menjalankan program X sebanyak 12 kali?

Diketahui :

$$\text{Clock Rate}_A (f_A) = 750 \times 10^6 \text{ Hz} \quad \text{Clock Rate}_B (f_B) = 1,2 \times 10^9 \text{ Hz}$$

$$\text{CPU Time}_A = 5 \text{ detik}$$

$$\text{Misal } I_x = I, \text{ maka } I_A = 3I \text{ dan } I_B = 12I$$

Ditanya : CPU Time_B = ... ?

Jawab :

$$\text{CPI}_B = \text{CPI}_A$$

$$\frac{\text{CPU Time}_B \times f_B}{I_B} = \frac{\text{CPU Time}_A \times f_A}{I_A}$$

$$\text{CPU Time}_B = \frac{5 \times 750 \times 10^6 \times 12I}{3I \times 1,2 \times 10^9} = 12,5 \text{ detik}$$

3. [10 + 10 + 10] Terdapat 3 buah mesin M1, M2, dan M3 yang memiliki implementasi ISA yang sama. Namun, implementasi hardware dan compiler-nya berbeda. Performa dari mesin-mesin tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Kelas Instruksi	M1		M2		M3	
	CPI	Instruksi yang dieksekusi	CPI	Instruksi yang dieksekusi	CPI	Instruksi yang dieksekusi
A	3	5.500.000	1	4.500.000	4	2.500.000
B	5	3.000.000	4	4.000.000	2	4.500.000
C	4	4.000.000	3	3.500.000	5	3.000.000
D	5	2.500.000	4	5.000.000	3	7.500.000
Total	17	15.000.000	12	17.000.000	14	17.500.000
	

a. Carilah CPI dari setiap mesin tersebut!

$$CPI = \sum_{k=1}^n CPI_k \times F_k \quad \text{dimana} \quad F_k = \frac{I_k}{\text{jumlah instruksi}}$$

Mesin M1

$$CPI_{M1} = \frac{(3 \times 5,5 + 5 \times 3 + 4 \times 4 + 5 \times 2,5) \times 10^6}{(5,5 + 3 + 4 + 2,5) \times 10^6} = \frac{60}{15} = 4$$

Mesin M2

$$CPI_{M2} = \frac{(1 \times 4,5 + 4 \times 4 + 3 \times 3,5 + 4 \times 5) \times 10^6}{(4,5 + 4 + 3,5 + 5) \times 10^6} = \frac{51}{17} = 3$$

Mesin M3

$$CPI_{M3} = \frac{(4 \times 2,5 + 2 \times 4,5 + 5 \times 3 + 3 \times 7,5) \times 10^6}{(2,5 + 4,5 + 3 + 7,5) \times 10^6} = \frac{56.5}{17.5} \approx 3,28$$

b. Jika clock time semua mesin sama, mesin manakah yang tercepat? Jelaskan!

$$CPU \text{ Time} = \text{Jumlah Instruksi} \times CPI \times \text{Clock Time}$$

Misalkan clock time untuk semua mesin = t

Mesin M1

$$CPU \text{ Time } M1 = 15 \times 10^6 \times 4 \times t = 60t \times 10^6 \text{ detik}$$

Mesin M2

$$CPU \text{ Time } M2 = 17 \times 10^6 \times 3 \times t = 51t \times 10^6 \text{ detik}$$

Mesin M3

$$CPU \text{ Time } M3 = 17.5 \times 10^6 \times \left(\frac{56.5}{17.5} \right) \times t = 56.5t \times 10^6 \text{ detik}$$

Mesin M2 adalah mesin yang tercepat.

c. Mesin diperbaharui sehingga dapat menjalankan instruksi kelas B dalam waktu 0 detik. Mesin manakah yang lebih cepat jika clock time semua mesin sama? Berapa kali lebih cepat dari mesin lainnya?

$$CPI = \sum_{k=1}^n CPI_k \times F_k \quad \text{dimana} \quad F_k = \frac{I_k}{\text{jumlah instruksi}}$$

Mesin M1

$$CPI_{M1} = \frac{(3 \times 5,5 + 0 \times 3 + 4 \times 4 + 5 \times 2,5) \times 10^6}{(5,5 + 3 + 4 + 2,5) \times 10^6} = \frac{45}{15} = 3$$

Mesin M2

$$CPI_{M2} = \frac{(1 \times 4,5 + 0 \times 4 + 3 \times 3,5 + 4 \times 5) \times 10^6}{(4,5 + 4 + 3,5 + 5) \times 10^6} = \frac{35}{17} \approx 2,06$$

Mesin M3

$$CPI_{M3} = \frac{(4 \times 2,5 + 0 \times 4,5 + 5 \times 3 + 3 \times 7,5) \times 10^6}{(2,5 + 4,5 + 3 + 7,5) \times 10^6} = \frac{47,5}{17,5} \approx 2,71$$

$$CPU \text{ Time} = \text{Jumlah Instruksi} \times CPI \times \text{Clock Time}$$

Misalkan clock time untuk semua mesin = t

Mesin M1

$$CPU \text{ Time } M1 = 15 \times 10^6 \times 3 \times t = 60t \times 10^6 \text{ detik}$$

Mesin M2

$$CPU \text{ Time } M2 = 17 \times 10^6 \times \left(\frac{35}{17}\right) \times t = 35t \times 10^6 \text{ detik}$$

Mesin M3

$$CPU \text{ Time } M3 = 17,5 \times 10^6 \times \left(\frac{47,5}{17,5}\right) \times t = 47,5t \times 10^6 \text{ detik}$$

Mesin M2 adalah mesin yang tercepat.

$$\text{Speedup}(M2, M1) = \frac{60t \times 10^6}{35t \times 10^6} \approx 1,71$$

M2 lebih cepat 1,71x dibanding M1

$$\text{Speedup}(M2, M3) = \frac{47,5t \times 10^6}{35t \times 10^6} \approx 1,36$$

M2 lebih cepat 1,36x dibanding M3

4. [10] Terdapat komputer A yang mempunyai CPI 1,2 dengan clock rate 1,5 GHz dan komputer B yang mempunyai CPI 3,2 dengan clock rate 800 Mhz. Jika menggunakan komputer A untuk meng-compile sebuah program Y maka terdapat 120.000 instruksi yang perlu dilakukan. Berapa banyak instruksi yang dibutuhkan program tersebut jika di-compile menggunakan komputer B agar kedua komputer tersebut mempunyai waktu eksekusi (execution time) yang sama?

$$CPI_A = 1,2 \quad CPI_B = 3,2 \quad I_A = 1,2 \times 10^5$$

$$f_A = 1,5 \times 10^9 \text{ Hz} \quad f_B = 800 \times 10^6 \text{ Hz}$$

Ditanya : $I_B = \dots ?$

Jawab :

$$\text{CPU Time B} = \text{CPU Time A}$$

$$\frac{CPI_B \times f_B}{I_B} = \frac{CPI_A \times f_A}{I_A}$$

$$I_B = \frac{3,2 \times 800 \times 10^6 \times 1,2 \times 10^5}{1,2 \times 1,5 \times 10^9} = \frac{5,12}{3} \times 10^5 \approx 17000 \text{ instruksi}$$

5. [10 + 10] Peokra berhasil membuat sebuah mesin yang dapat menjalankan suatu program selama 300 detik. Dari waktu tersebut, diketahui bahwa 25% digunakan untuk perkalian, 45% untuk floating point, dan sisanya untuk operasi lainnya. Peokra ingin mengimprovisasi mesin tersebut dengan mempercepat operasi perkalian dan floating point.

Diketahui :

$$ExT = 300 \text{ detik}$$

$$ExT_{mul} = 25\% \times 300 = 75 \text{ detik}$$

$$ExT_{fp} = 45\% \times 300 = 135 \text{ detik}$$

$$ExT_{other} = 300 - 135 - 75 = 90 \text{ detik}$$

- a. Apakah mesin dapat dipercepat hingga 2,4x kecepatan semula? Jika bisa, apa yang dipercepat dan berapa besar? Jelaskan!

$$\text{Speedup} = 2,4$$

Jawab :

$$ExT' = \frac{ExT}{\text{Speedup}} = \frac{300}{2,4} = 125 \text{ detik}$$

Operasi perkalian dan floating point dapat dipercepat karena $ExT' > ExT_{other}$.

Dengan begitu $ExT_{mul}' + ExT_{fp}' = 125 - 90 = 35 \text{ detik}$.

Maka operasi perkalian dan floating point perlu ditingkatkan :

$$\text{Speedup} = \frac{75 + 135}{35} = 6 \text{ kali.}$$

$$\text{Sehingga } ExT_{mul}' = 75/6 = 12,5 \text{ detik dan } ExT_{fp}' = 135/6 = 22,5 \text{ detik.}$$

- b. Apakah mesin dapat dipercepat hingga 3,6x kecepatan semula? Jika bisa, apa yang dipercepat dan berapa besar? Jelaskan!

$$\text{Speedup} = 3,6$$

Jawab :

$$ExT' = \frac{ExT}{\text{Speedup}} = \frac{300}{3,6} = 83,33 \text{ detik}$$

Operasi perkalian dan floating point tidak mungkin dapat dipercepat karena $ExT' < ExT_{other}$.

6. [5+5] Sebuah mesin menjalankan suatu program Z dengan total waktu 180 detik. Diketahui bahwa 40 detik dijalankan untuk operasi A, 70 detik untuk operasi B, 50 detik untuk operasi C, dan 20 detik untuk operasi D. Mesin tersebut kemudian diimprovisasi menjadi 2 versi.
- Versi 1 akan mempercepat proses A sebesar 3 kali dan mempercepat proses C sebesar 2,5 kali.
 - Versi 2 akan mempercepat proses B sebesar 4 kali dan mempercepat proses D sebesar 2 kali.

Diketahui :

$$ExT = 180 \text{ detik}$$

$$ExT_A = 40 \text{ detik}$$

$$ExT_C = 50 \text{ detik}$$

$$ExT_B = 70 \text{ detik}$$

$$ExT_D = 20 \text{ detik}$$

$$\text{Versi 1} \Rightarrow \text{Speedup A} = 3 \text{ dan Speedup C} = 2,5$$

$$\text{Versi 2} \Rightarrow \text{Speedup B} = 4 \text{ dan Speedup D} = 2$$

a. Tentukan dari kedua versi tersebut, manakah yang akan mengeksekusi program lebih cepat? Jelaskan!

Versi mana yang lebih cepat ?

Jawab :

Versi 1

$$T_A' = 40/3 \approx 13,33 \text{ detik}$$

$$T_C' = 50/2,5 = 20 \text{ detik}$$

$$\text{Maka } ExT_1 \approx 13,33 + 70 + 20 + 20 \approx 123,33 \text{ detik}$$

Versi 2

$$T_B' = 70/4 = 17,5 \text{ detik}$$

$$T_D' = 20/2 = 10 \text{ detik}$$

$$\text{Maka } ExT_2 = 40 + 17,5 + 50 + 10 = 117,5 \text{ detik}$$

Karena $ExT_1 > ExT_2$ maka mesin dengan versi 2 lah yang dapat mengeksekusi program lebih cepat.

b. Jika program Z dioptimisasi sehingga operasi D dapat berjalan dalam waktu 0 detik, mesin manakah yang akan mengeksekusi program lebih cepat? Berapa kali lebih cepat dari mesin lainnya?

Apabila $E_{\pi T D} = 0$ detik, Versi mana yang lebih cepat?

Jawab :

Versi 1

$$T_A' = 40/3 \approx 13,33 \text{ detik}$$

$$T_C' = 50/2,5 = 20 \text{ detik}$$

$$\text{Maka } E_{\pi T_1} \approx 13,33 + 40 + 20 + 0 \approx 103,33 \text{ detik}$$

Versi 2

$$T_B' = 40/4 = 10 \text{ detik}$$

$$T_D' = 0/2 = 0 \text{ detik}$$

$$\text{Maka } E_{\pi T_2} = 40 + 10 + 50 + 0 = 100 \text{ detik}$$

Karena $E_{\pi T_1} < E_{\pi T_2}$ maka mesin dengan versi 1 lah yang dapat mengeksekusi program lebih cepat. Mesin versi 1 lebih cepat

$$\text{Speedup} = 103,33/100 \approx 1,04 \text{ kali daripada versi 2.}$$

7. [5] Tandai dengan [✓] mana saja faktor yang saling mempengaruhi dibawah ini!

	Instruction Count	CPI	Clock Rate
Compiler	✓		
ISA	✓	✓	
Organization (CPU Design)		✓	✓
Technology (VLSI)			✓