

JARINGAN DAN PENGOLAHAN DATA PARALEL

LAPORAN PRAKTIKUM

Mohammad Rizka Fadhli

Ikang

20921004@mahasiswa.itb.ac.id

31 December 2021

Contents

1	<i>INTRODUCTION</i>	5
1.1	Definisi	5
1.2	Perbedaan <i>Serial Processing</i> dan <i>Parallel Processing</i>	5
1.3	Cara Kerja <i>Parallel Processing</i>	7
1.3.1	SISD	7
1.3.2	SIMD	8
1.3.3	MISD	8
1.3.4	MIMD	8
1.4	TUGAS PRAKTIKUM	8
1.5	<i>SERVER</i> YANG DIGUNAKAN	9
1.6	MPI	12
2	<i>METHOD</i>	13
2.1	Metode Integral Numerik	13
2.1.1	Metode Titik Tengah (<i>Midpoint</i>)	13
2.1.2	Simulasi Monte Carlo	14
3	<i>RESULT AND DISCUSSION</i>	14
3.1	Soal I	14
3.2	Soal II	14
3.3	Soal III	14
4	<i>CONCLUSION</i>	14
	<i>REFERENCES</i>	14

List of Figures

1	Ilustrasi Perbedaan Serial dan Parallel Processing	6
2	Ilustrasi SISD	7
3	Ilustrasi SIMD	8
4	Spesifikasi Server yang Digunakan	10
5	Tampilan Awal Setelah Login ssh	11
6	lscpu dari Server	11
7	htop dari Server	12
8	Versi MPI yang Digunakan	12

List of Tables

1 INTRODUCTION

1.1 Definisi

Parallel processing adalah metode komputasi untuk menggunakan dua atau lebih *processors* untuk menjalankan beberapa tugas secara terpisah atau secara keseluruhan. Setiap komputer yang memiliki lebih dari satu *CPUs* atau memiliki *processor multi cores* bisa melakukan *parallel processing*.¹

1.2 Perbedaan *Serial Processing* dan *Parallel Processing*

Perbedaan mendasar dari *serial processing* dan *parallel processing* adalah dari segi bagaimana komputer melakukan proses komputasi. *Serial processing* berarti komputer melakukan tugasnya secara sekuensial (berurutan) menggunakan satu *processor*. Akibatnya adalah saat melakukan suatu proses yang kompleks, *runtime* yang diperlukan lebih lama karena *processor* harus memproses data satu-persatu.

Berbeda halnya dengan *parallel processing*. Tugas yang dilakukan komputer didistribusikan kepada sejumlah *processors* untuk diolah secara bersamaan. Konsekuensinya adalah *runtime* komputasi lebih singkat. Namun perlu diperhatikan dengan seksama bahwa tidak semua tugas bisa kita buat paralelisasinya dan cara kita menulis algoritma atau *coding* harus disesuaikan.

Kenapa tidak semua tugas bisa diparalelisasi?

Beberapa tugas sekuensial yang tidak bisa dihindari tidak bisa diparalelisasi.

Sebagai contoh:

1. *Looping* yang prosesnya tidak saling bergantung bisa diparalelisasi. Misalkan ada suatu fungsi untuk menghitung suatu *array* bisa diparalelisasi dengan cara memecah *array* tersebut untuk diproses bersamaan di beberapa *processors*.
2. *Looping* yang prosesnya saling bergantung tidak bisa diparalelisasi. Misalkan suatu *looping* ke i nilainya bergantung pada proses *looping* ke $i - 1$.

¹<https://searchdatacenter.techtarget.com/definition/parallel-processing>

Berikut adalah ilustrasi perbedaan serial dan *parallel processing*:

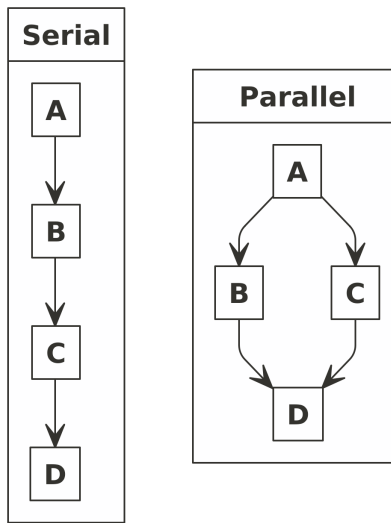


Figure 1: Ilustrasi Perbedaan Serial dan Parallel Processing

1.3 Cara Kerja *Parallel Processing*

Untuk melakukan *parallel processing*, dibutuhkan *hardware* dan *software* yang mendukung hal tersebut. Secara *hardware* dibutuhkan komputer dengan *multiple cores processors* atau dibutuhkan beberapa komputer yang digabung menjadi satu kesatuan. Secara *software* dibutuhkan tidak hanya `Python` tapi juga *middleware* bernama `Open MPI`. Bagian *hardware* dan *software* ini akan dibahas pada bagian selanjutnya.

Pada sistem *parallel processing* terdiri dari beberapa unit *processors* dan beberapa unit *memory*. Ada dua teknik berbeda yang digunakan untuk mengakses data di unit *memory*, yaitu: *shared memory address* dan *message passing*.

Berdasarkan cara mengorganisasikan memori ini komputer bisa dibedakan menjadi *shared memory parallel machine* dan *distributed memory parallel machine*.

Ada empat model komputasi yang dikenal dalam taksonomi Flynn, yaitu:

1. **SISD** (*Single Instruction, Single Data*)
2. **SIMD** (*Single Instruction, Multiple Data*)
3. **MISD** (*Multiple Instruction, Single Data*)
4. **MIMD** (*Multiple Instruction, Multiple Data*)

1.3.1 SISD

Komputer ini adalah tipikal komputer konvensional yang hanya memiliki satu *processor* dan satu instruksi yang dieksekusi secara serial. Komputer jenis ini tidak bisa melakukan *parallel processing*.

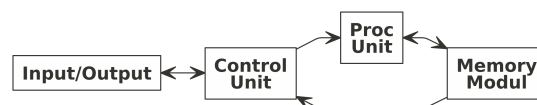


Figure 2: Ilustrasi SISD

1.3.2 SIMD

Komputer ini memiliki lebih dari satu *processor* tapi hanya mengeksekusi satu instruksi secara paralel pada data yang berbeda pada level *lock-step*. Contohnya adalah komputer vektor.

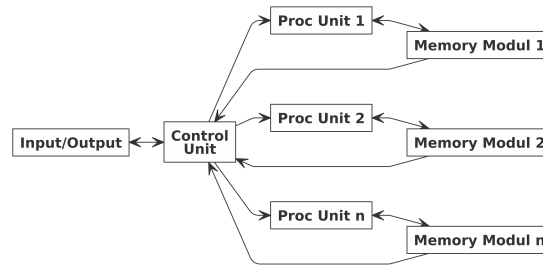


Figure 3: Ilustrasi SIMD

1.3.3 MISD

Komputer jenis ini belum diciptakan karena secara arsitekturnya tidak mudah dipahami. Secara teori komputer ini memiliki satu *processor* dan mengeksekusi beberapa instruksi secara paralel.

1.3.4 MIMD

Komputer berarsitektur ini paling banyak digunakan untuk membangun *super computer*. Komputer ini memiliki lebih dari satu *processors* dan mengeksekusi lebih dari satu instruksi secara paralel.

1.4 TUGAS PRAKTIKUM

Pada praktikum ini, saya akan mengerjakan:

- Dua buah tugas terkait penyelesaian integral secara numerik memanfaatkan metode dikritisasi nilai tengah (*midpoint*) dan simulasi Monte Carlo.
- Satu buah tugas terkait penjumlahan dan perkalian matriks $n \times n$.

Ketiga tugas tersebut akan diselesaikan menggunakan serial dan *parallel processing*.

1.5 *SERVER* YANG DIGUNAKAN

Pada praktikum kali ini, saya tidak bisa menggunakan *server* **HPC** yang disediakan oleh ITB karena masalah koneksi. Oleh karena itu, saya menggunakan *server* lain agar bisa menduplikasi apa yang seharusnya dikerjakan di *server* ITB.

Saya menggunakan *server virtual machine* milik *Google Cloud*². *Server* ini memiliki *processor* **Intel Xeon 8 cores**. *Hostname* dari *server* ini saya beri nama **praktikum**.

Server ini disewa menggunakan *free credit* yang kita dapatkan saat mengaktifkan layanan *Google Cloud* menggunakan akun *Google*.

²<https://ikanx101.com/blog/vm-cloud/>

Berikut adalah spesifikasinya:

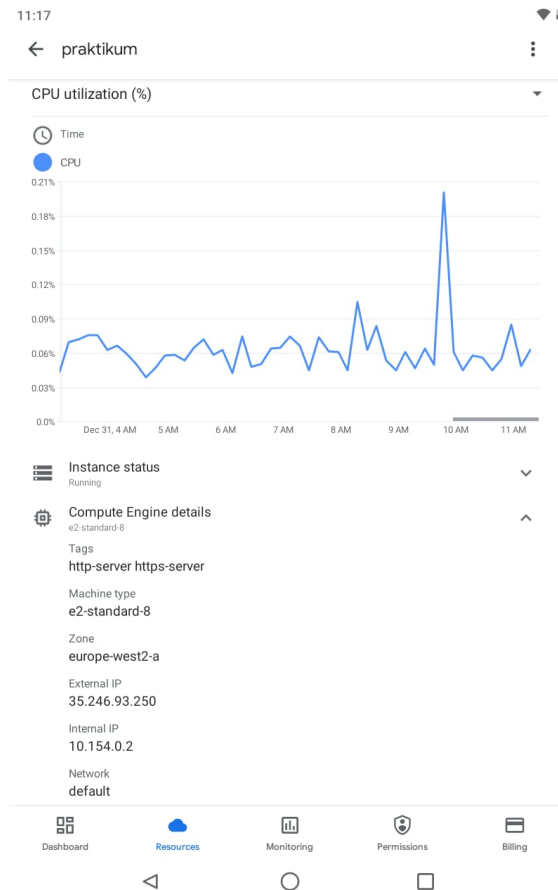


Figure 4: Spesifikasi Server yang Digunakan

Server ini bisa diakses menggunakan *command line* menggunakan `ssh` langsung ke *IP Public* yang diberikan *Google*.

```

ls@localhost:~/209_1TB/Semester I/Jaringan dan Pengolahan Data Paralel/praktikum$ ssh 35.246.93
250
Enter passphrase for key '/home/ix/.ssh/id_rsa':
Welcome to Ubuntu 20.04.3 LTS (GNU/Linux 5.11.0-1023-gcp x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:        https://ubuntu.com/advantage

System information as of Fri Dec 31 03:38:00 UTC 2021

System load: 0.16               Processes:    158
Usage of /:  48.4% of 9.52GB     Users logged in: 0
Memory usage: 1%                IPv4 address for ens4: 10.154.0.2
Swap usage:  0%

 * Super-optimized for small spaces - read how we shrank the memory
   footprint of MicroK8s to make it the smallest full K8s around.
   https://ubuntu.com/blog/microk8s-memory-optimisation

0 updates can be applied immediately.

Last login: Fri Dec 31 02:40:18 2021 from 111.94.196.248
ls@praktikum:~$

```

Figure 5: Tampilan Awal Setelah Login ssh

Server ini berjalan di *operating system* Ubuntu Linux 20.04 LTS.

Berikut adalah tampilan hasil `lscpu`:

```

Last login: Fri Dec 31 02:40:18 2021 from 111.94.196.248
ls@praktikum:~$ lscpu
Architecture:                x86_64
CPU op-mode(s):              32-bit, 64-bit
Byte Order:                  Little Endian
Address sizes:               46 bits physical, 48 bits virtual
CPU(s):                      8
On-line CPU(s) list:         0-7
Thread(s) per core:          2
Core(s) per socket:          4
Socket(s):                   1
NUMA node(s):                1
Vendor ID:                   GenuineIntel
CPU family:                   6
Model:                        79
Model name:                   Intel(R) Xeon(R) CPU @ 2.20GHz
Stepping:                     0
CPU MHz:                      2200.202
BogoMIPS:                     4400.40
Hypervisor vendor:           KVM
Virtualization type:         full
L1d cache:                   128 KiB
L1i cache:                   128 KiB
L2 cache:                     1 MiB
L3 cache:                     55 MiB
NUMA node0 CPU(s):           0-7
Vulnerability Itlb multihit:  Not affected
Vulnerability L1tf:           Mitigation: PTE Inversion
Vulnerability Mds:            Mitigation: Clear CPU buffers; SMT Host state unknown
Vulnerability Meltdown:       Mitigation: PTI
Vulnerability Spec store bypass: Mitigation: Speculative Store Bypass disabled via prctl and seccomp
Vulnerability Spectre v1:     Mitigation: usercopy/swapgs barriers and __user pointer sanitization
Vulnerability Spectre v2:     Mitigation: Full generic retpoline, IBPB conditional, IBRS_FW, STIBP conditional, RSB filling
Vulnerability Srbds:          Not affected
Vulnerability Tsx async abort: Mitigation: Clear CPU buffers; SMT Host state unknown

```

Figure 6: lscpu dari Server

Berikut adalah tampilan hasil `htop`:

The screenshot shows the htop interface. At the top, system statistics are displayed: 1 task, 0.7% CPU usage, 264M/31.4G memory, and 29 tasks with 64 threads, 1 running. The load average is 0.00, 0.00, 0.00, and the uptime is 1 day, 20:21:08. Below this is a table of running processes. The first process is 'htop' (PID 6166, PPID 1, USER 'ix', PRI 20, NI 0, VIRT 8292, RES 3576, SHR 1120, S R, CPU% 0.0, MEM% 0.0, TIME 0:00.11, COMMAND 'htop'). Other processes include 'sbin/init', 'lib/systemd/systemd-journald', 'lib/systemd/systemd-udevd', 'sbin/multipathd -d -s', 'lib/systemd/systemd-networkd', 'lib/systemd/systemd-resolved', 'usr/lib/accounts-service/accou', 'usr/bin/dbus-daemon --system', 'usr/bin/google_osconfig_agent', and 'usr/bin/google_osconfig_agent'.

PID	USER	PRI	NI	VIRT	RES	SHR	S	CPU%	MEM%	TIME	COMMAND
6166	ix	20	0	8292	3576	1120	R	0.0	0.0	0:00.11	htop
1	root	20	0	164M	12892	8448	S	0.0	0.0	0:11.30	/sbin/init
215	root	19	-1	76080	15948	14728	S	0.0	0.0	0:03.04	/lib/systemd/systemd-journald
247	root	20	0	19944	5488	4080	S	0.0	0.0	0:00.56	/lib/systemd/systemd-udevd
378	root	RT	0	273M	17996	8204	S	0.0	0.1	0:01.34	/sbin/multipathd -d -s
379	root	RT	0	273M	17996	8204	S	0.0	0.1	0:00.00	/sbin/multipathd -d -s
380	root	RT	0	273M	17996	8204	S	0.0	0.1	0:00.21	/sbin/multipathd -d -s
381	root	RT	0	273M	17996	8204	S	0.0	0.1	0:00.86	/sbin/multipathd -d -s
382	root	RT	0	273M	17996	8204	S	0.0	0.1	0:00.00	/sbin/multipathd -d -s
383	root	RT	0	273M	17996	8204	S	0.0	0.1	0:00.00	/sbin/multipathd -d -s
377	root	RT	0	273M	17996	8204	S	0.0	0.1	0:19.48	/sbin/multipathd -d -s
482	systemd-n	20	0	26612	7612	6756	S	0.0	0.0	0:01.15	/lib/systemd/systemd-networkd
485	systemd-r	20	0	23904	12060	8136	S	0.0	0.0	0:01.29	/lib/systemd/systemd-resolved
609	root	20	0	235M	9376	8344	S	0.0	0.0	0:03.62	/usr/lib/accounts-service/accou
824	root	20	0	235M	9376	8344	S	0.0	0.0	0:00.04	/usr/lib/accounts-service/accou
608	root	20	0	235M	9376	8344	S	0.0	0.0	0:03.76	/usr/lib/accounts-service/accou
627	messagebu	20	0	8052	4860	3896	S	0.0	0.0	0:01.54	/usr/bin/dbus-daemon --system
634	root	20	0	1274M	22900	16556	S	0.0	0.1	0:03.98	/usr/bin/google_osconfig_agent
635	root	20	0	1274M	22900	16556	S	0.0	0.1	0:01.96	/usr/bin/google_osconfig_agent
636	root	20	0	1274M	22900	16556	S	0.0	0.1	0:00.00	/usr/bin/google_osconfig_agent
637	root	20	0	1274M	22900	16556	S	0.0	0.1	0:01.62	/usr/bin/google_osconfig_agent
639	root	20	0	1274M	22900	16556	S	0.0	0.1	0:00.00	/usr/bin/google_osconfig_agent
642	root	20	0	1274M	22900	16556	S	0.0	0.1	0:01.51	/usr/bin/google_osconfig_agent
644	root	20	0	1274M	22900	16556	S	0.0	0.1	0:01.46	/usr/bin/google_osconfig_agent
645	root	20	0	1274M	22900	16556	S	0.0	0.1	0:01.73	/usr/bin/google_osconfig_agent
646	root	20	0	1274M	22900	16556	S	0.0	0.1	0:01.50	/usr/bin/google_osconfig_agent
647	root	20	0	1274M	22900	16556	S	0.0	0.1	0:01.68	/usr/bin/google_osconfig_agent

Figure 7: `htop` dari Server

1.6 MPI

Secara *default* Python sudah ter-*install* di *server* namun tidak untuk Open MPI. Oleh karena itu, salah satu langkah yang perlu dilakukan adalah meng-*install*-nya terlebih dahulu³.

Pada **Ubuntu**, proses instalasinya bisa kita lakukan dengan mengetikkan perintah berikut ini di *command line*:

```
sudo apt install openmpi-bin openmpi-dev openmpi-common openmpi-doc libopenmpi-dev
```

Setelah proses instalasi selesai, kita bisa mengecek versi Open MPI yang berjalan di *server* sebagai berikut:

```
ix@praktikum:~$ mpirun --version
mpirun (Open MPI) 4.0.3
Report bugs to http://www.open-mpi.org/community/help/
```

Figure 8: Versi MPI yang Digunakan

Oleh karena saya menjalankan program Python praktikum di *server* sendiri (tanpa ada *user* lain), maka saya tidak melakukan instalasi SLURM.

³<https://rantahar.github.io/introduction-to-mpi/setup.html>

2 *METHOD*

Pada praktikum ini, kita akan melakukan *parallel processing* menggunakan **Python** versi 3.8.10 di *server* berbasis **Linux Ubuntu OS**. Ada beberapa metode *parallel processing* yang hendak dilakukan, yakni:

1. *Broadcast*,
 1. *Broadcast-gather*,
 2. *Broadcast-reduce*,
2. *Scatter*,
 1. *Scatter-reduce*,
 2. *Scatter-gather*,
3. *Gather*,
4. *Reduce*,
5. *Multi-processing*,
6. *Multi-thread*,
7. *Point-to-point*.

Kemudian semua metode *parallel processing* ini akan dibandingkan *runtime*-nya dengan *serial processing*.

2.1 Metode Integral Numerik

Ada beberapa metode numerik yang bisa digunakan untuk menghitung suatu integral dari fungsi kontinu. Pada praktikum ini, saya akan menggunakan metode titik tengah dan simulasi Monte Carlo untuk mengerjakan dua soal integral numerik.

2.1.1 Metode Titik Tengah (*Midpoint*)

Metode titik tengah merupakan salah satu cara perhitungan integral numerik dari fungsi kontinu melalui dikritisasi fungsi (Contributor 2021). Prinsip yang digunakan adalah penjumlahan deret **Riemann**.

2.1.1.1 Definisi

Misalkan $f(x)$ kontinu di selang $[a, b]$. Jika diambil suatu n bilangan bulat positif, kita bisa membagi selang tersebut menjadi partisi-partisi kecil berikut: $\Delta x = \frac{b-a}{n}$.

Tuliskan $m_i = x_i + \frac{\Delta}{2}$ sebagai titik tengah di partisi ke- i , maka: $\int_a^b f(x)dx$ bisa didekati dengan $n \sum_{i=1}^n f(x_i^*)\Delta x_i$.

2.1.2 Simulasi Monte Carlo

Berbeda dengan metode titik tengah, simulasi Monte Carlo digunakan dengan cara *generate* sejumlah titik secara random.

3 *RESULT AND DISCUSSION*

3.1 Soal I

3.2 Soal II

Perhitungan π menggunakan rumus: $4 \times \text{sqrt}1 - x^2$

3.3 Soal III

4 *CONCLUSION*

lalala (Hillier and Lieberman 2001)

REFERENCES

Contributor, Math Libretexts. 2021. "Numerical Integration - Midpoint, Trapezoid, Simpson's Rule." <https://math.libretexts.org/@go/page/10269>.

Hillier, Frederick S., and Gerald J. Lieberman. 2001. *Introduction to Operations Research*. 7th ed. New York, US: McGraw Hill. www.mhhe.com.