



## BAB IV

# ANALISA DAN PERANCANGAN

### 4.1 Analisa Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelian ini adalah *cluster* yang dibangun dapat menjalan program secara paralel dan melakukan tugas yang dapat dijalankan pada *cluster* yang telah dibuat. Tugas yang akan di jalankan pada *cluster* yang akan dibangun yakni menjalankan program deteksi tepi menggunakan operator Sobel dengan menggunakan komputasi paralel yang dijalankan dalam sebuah *cluster*.

Pada saat menjalankan program deteksi tepi yang dibuat secara paralel, gambar/citra yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 5 gambar dengan beragram *size* dan dilakukan 3 proses *editing* yakni *cropping*, *rotate* dan *grayscale*. dalam melakukan pengujiannya. Dengan menggunakan gambar/citra yang cukup besar maka akan dilakukan pengujian kecepatan deteksi tepi menggunakan peromograman paralel. Penelitian ini juga, akan mengukur performa performa *cluster*.

Dalam melakukan pengujian pemrograman paralel, pada penelitian ini akan melakukan perbandingan menggunakan dua *switch* yang berbeda dan menggunakan spesifikasi *master* yang berbeda untuk melihat pengaruh *speedup* komputasi pada pemrograman paralel.

Deteksi tepi yang akan dilakukan dari gambar/citra berupa RGB yang akan diubah menjadi gambar/citra *grayscale*. Selajutnya citra *grayscale* ini akan dilakukan proses deteksi tepi dengan menggunakan operator Sobel yang akan di kerjakan oleh masing-masing *nodes*. Setelah setiap *nodes* telah menyelesaikan tugas, maka akan diperoleh waktu komputasi deteksi tepi dan waktu eksekusi secara keseluruhan.

Pada *cluster* yang akan dibuat, akan diuji performa performa *cluster*. Pada penelitian ini, penulis menggunakan HPL untuk mengetahui performa *cluster* yang telah dibangun. Dalam mengetahui performa *cluster*, akan diukur dengan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

menggunakan perhitungan performa yang telah ditetapkan pada HPL. Setiap *node* akan diukur hingga pada keseluruhan *nodes*.

## 4.2 Analisa Pemrograman

Pembuatan program deteksi tepi secara paralel menggunakan OpenMPI sebagaimana OpenMPI adalah salah satu model pemrograman secara paralel. Penelitian ini akan membangun pemrograman paralel menggunakan bahasa C++ dan menggunakan *library* OpenCV untuk dapat mendukung *library image* yang akan diproses pada program paralel.

Pada program yang akan dibangun, program yang diharapkan yakni dapat menjalankan deteksi tepi pada gambar/citra yang sudah dibagi-bagi ke setiap *nodes* yang ada dan dapat mengumpulkan kembali gambar/citra yang telah dibagi tadi menjadi kesatuan utuh gambar/citra yang telah berubah setelah di lakukan deteksi tepi. Pembuatan program juga diharapkan agar dapat menampilkan waktu komputasi deteksi tepi dan waktu eksekusi secara keseluruhan.

Pada aplikasi paralel, gambar yang di inputkan berupa citra RGB yang akan di konfersikan ke bentuk *grayscale*, proses ini bekerja pada *master node*. Setelah gambar berbentuk *grayscale* maka akan dihitung jumlah keseluruhan element matrik pada gambar, kemudian tentukan baris dan kolom pada element matrik tersebut. *Master node* akan membagi jumlah element baris dengan banyaknya *nodes* yang akan di gunakan, selanjutnya *master node* akan mengirim element matrik kolom dan matrik baris yang telah di bagi ke masing-masing *nodes*. Selanjutnya masing-masing *nodes* akan mengeksekusi bagian-bagian gambar dalam melakukan deteksi tepi. Setelah melakukan deteksi tepi, element-element matrik tersebut di kirim kembali ke *master node* untuk disatukan dalam satu element.

Program ini akan diujikan dengan menjalankan program pada *master node 1* dan *master node 2* dengan masing-masing *nodes*. Program dijalankan dengan menambahkan jumlah *nodes* yakni dari *node01* hingga *nodes04*.

Program paralel ini juga akan di uji menggunakan dua *switch* yang berbeda yakni *master node 1* menggunakan *switch* 100Mbps dan menjalankan program



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

paralel pada masing-masing *nodes*. Selanjutnya *master node* 1 menggunakan *switch* 1000Mbps dan menjalankan program paralel pada masing-masing *nodes*. Pengujian ini juga dilakukan sama pada *master node* 2.

Gambar yang akan diuji sebanyak 5 gambar dan akan dilakukan proses editing pada tiap-tiap gambar sebanyak 3 proses yakni *cropping*, *rotate*, dan *grayscale*. Editan *cropping*, dilakukan pemotongan pada bagian tepi gambar, hasil *cropping* dapat dilihat pada Lampiran B. Editan *rotate*, dilakukan dengan memutar gambar 90°. Sedangkan gambar *grayscale* dilakukan dengan menggunakan hasil gambar *grayscale* aplikasi. Gambar dapat dilihat pada Lampiran B.

Masing-masing gambar akan diuji pada program paralel yang telah dibangun. Hasil dari pengujian ini, akan dapat membandingkan waktu komputasi menggunakan *switch* yang berbeda dan *master node* yang berbeda dan mengetahui waktu komputasi yang dihasilkan dengan menjalankan program pada masing-masing *nodes*.

### 4.3 Analisis Kebutuhan Cluster

Pada penelitian ini, *cluster* yang dibangun digunakan untuk komputasi paralel. *Cluster* yang dibangun merupakan *cluster* homogen, yakni menggunakan sistem operasi yang sama dan menggunakan perangkat keras yang memiliki spesifikasi yang hampir sama di setiap-setiap komputer.

#### 4.3.1 Master Node

*Master node* merupakan komputer di dalam sebuah *cluster* yang digunakan untuk memberikan *task* atau tugas-tugas yang akan dikerjakan komputer *nodes*. *master node* membutuhkan *ethernet card* untuk dapat terhubung dengan komputer *nodes* dalam jaringan privat. *master node* juga harus menjalankan servis-servis diantaranya NFS, OpenMPI, SSH.

Pada penelitian ini, *cluster* yang akan dibangun mempunyai dua *master node* yang berbeda. Spesifikasi perangkat keras yang digunakan pada *master node* lebih tinggi dibandingkan dengan komputer *nodes*. Ini dikarenakan *master node* akan menjalankan beberapa servis di dalamnya. Berikut spesifikasi perangkat keras pada *master node* :



**Tabel 4. 1 Spesifikasi Perangkat Keras pada Master node**

Identifikasi	Nama <i>Device</i>	Spesifikasi
<i>Master Node 1</i>	Laptop Acer Aspire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Pocessor</i> Intel(R) Celeron(R) CPU B800 @1,50Ghz</li> <li>• Ram 4GB DDR2</li> <li>• <i>Hardisk</i> ATA 320GB</li> <li>• <i>Ethernet interface</i> Qualcomm Atheros AR8152/8158 PCI-E <i>Fast Ethernet Card</i> (NDIS 6,20)</li> <li>• <i>Type</i> 32 bit</li> </ul>
<i>Mater Node 2</i>	Personal Komputer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Processor</i> Intel (R) Pentium (R) dual CPU E2180@2.00GHZ</li> <li>• Ram 4GB DDR2 SDRAM</li> <li>• <i>Hardisk</i> ATA 160 GB Seagate</li> <li>• <i>Ethernet interface</i> RTL8111/8168/8411 PCI <i>Express Gigabit Ethernet Controller</i></li> <li>• <i>Type</i> 32 bit</li> </ul>

Perangkat lunak yang diharus ada pada *master node* dalam membangun *cluster* ini yakni dapat dijabarkan pada tabel berikut ini :

**Tabel 4. 2 Perangkat Lunak pada Master Node**

Perangkat Lunak	Versi	Keterangan
Ubuntu Desktop	14.04	Sistem operasi yang digunakan pada <i>master node</i>
OpenSSH Server	6.6	Sebagai aplikasi remote pada komputer yang lain
NFS Server	3	Membuat <i>file server</i> pada <i>master node</i>
OpenMPI	1.10	Pustaka MPI untuk melakukan proses paralel
OpenCV	2.4.9	Aplikasi tambahan dalam membuat program paralel
HTOP	1.0.2	Sebagai aplikasi memonitoring proses pada komputer
NTP Server	4.2	Sinkronasi waktu pada <i>master node</i> dengan waktu



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Perangkat Lunak	Versi	Keterangan
		pada <i>nodes</i>
HPL	2.1	Aplikasi <i>benchmark cluster</i> atau aplikasi pengukuran performa <i>cluster</i>
Sublime Text	2	Text Editor dalam membuat program

### 4.3.2 Nodes

*Nodes* merupakan komputer yang digunakan untuk melakukan tugas-tugas yang dikirimkan oleh komputer *master node*. Komputer *nodes* hanya dapat diakses melalui komputer *master node*. Berikut spesifikasi perangkat keras komputer *nodes* :

**Tabel 4. 3 Spesifikasi Perangkat Keras pada Nodes**

Identifikasi	Nama Device	Spesifikasi
<i>Node01</i>	Personal Komputer 01	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Processor</i> Intel (R) Pentium (R) dual CPU E2180@2.00GHZ</li> <li>• Ram 512MB DDR2</li> <li>• <i>Hardisk</i> ATA 160 GB Seagate</li> <li>• <i>Ethernet interface</i> RTL8111/8168/8411 PCI Express Gigabit Ethernet Controller</li> <li>• <i>Type</i> 32 bit</li> </ul>
<i>Node02</i>	Personal Komputer 02	
<i>Node03</i>	Personal Komputer 03	
<i>Node04</i>	Personal Komputer 04	

Perangkat lunak yang diharus ada pada *master node* dalam membangun *cluster* ini yakni dapat dijabarkan pada tabel berikut ini :

**Tabel 4. 4 Perangkat Lunak pada Nodes**

Perangkat Lunak	Versi	Keterangan
Ubuntu Server	14.04	Sistem operasi yang digunakan pada <i>nodes</i>
OpenSSH Client	6.6	Sebagai aplikasi remote pada komputer yang lain
NFS Client	3	Mengakses <i>file server</i> yang ada pada <i>master node</i>
HTOP	1.0.2	Sebagai aplikasi memonitoring proses pada komputer



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

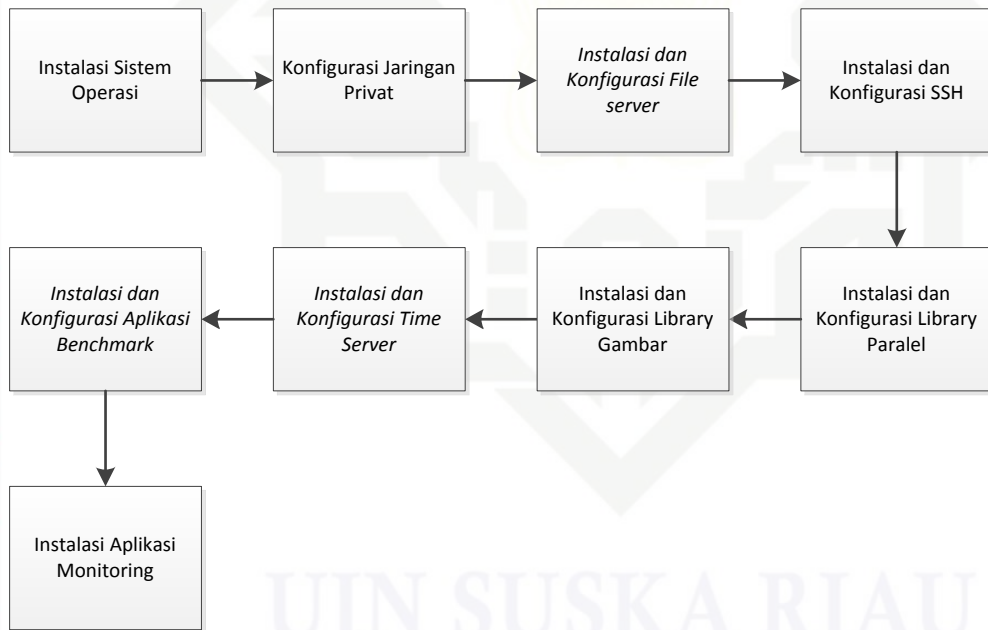
Perangkat Lunak	Versi	Keterangan
NTP Client	4.2	Sinkronasi waktu pada <i>master node</i> dengan waktu pada <i>nodes</i>

Selain perangkat keras yang diatas, berikut adalah perangkat keras yang dibutuhkan dalam membangun *cluster* ini :

**Tabel 4. 5 Perangkat Keras Lain**

Identifikasi	Nama Device	Spesifikasi
Switch	D-Link DGS-1008A	8 Port 10/100Mbps
Switch	Cisco Catlyst 2960 SR	24 Port 10/100/1000Mbps
Kabel UTP	Cat-6	1,5 Meter @ 5 Unit

Berikut adalah langkah-langkah yang diperlukan dalam membangun sebuah *cluster*.



**Gambar 4. 1 Alur Membangun Cluster**

Gambar diatas menjelaskan langkah-langkah dalam membangun sebuah *cluster*.

Berikut adalah penjelasan-penjelasan dari langkah-langkah diatas :



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Instalasi sistem operasi  
Sistem operasi di install keseluruh komputer yang ada, pada komputer *master node* digunakan sistem operasi Ubuntu Desktop agar lebih mudah dalam menjalankan aplikasi paralel sedangkan *nodes* menggunakan Ubuntu Server agar *nodes* lebih ringan dan *nodes* hanya diakses pada *master node*.
2. Konfigurasi jaringan private  
Membuat suatu jaringan private yang dapat menghubungkan antara *master node* dengan masing-masing *nodes*. Pada penelitian ini digunakan IP kelas C yakni dari 192.168.1.1 -192.168.1.5.
3. Instalasi dan Konfigurasi *File Server*  
Instalasi *file server* di gunakan agar pada masing-masing *nodes* dapat mengakses suatu *file/folder* pada *master node*. Pada *master nodes* dilakukan penginstalan NFS server dan pada masing-masing *nodes* dilakukan penginstalan NFS client. NFS ini berguna sebagai *file server* yang dapat diakses oleh masing-masing *nodes*.
4. Instalasi dan Konfigurasi SSH  
Instansi SSH di gunakan agar *master node* dapat men-remote setiap *nodes*. Pada *master nodes* dilakukan penginstalan OpenSSH server dan pada masing-masing *nodes* dilakukan penginstalan OpenSSH client. SSH yang akan dijalankan pada masing-masing *nodes* dilakukan tanpa autentikasi, ini dikarenakan program paralel tidak akan bisa dijalankan bila SSH masih menggunakan *password*.
5. Instalasi dan Konfigurasi *Library* Paralel  
*Library* paralel yang di gunakan adalah OpenMPI. Pada master dilakukan penginstalan OpenMPI, sedangkan pada masing-masing *nodes* hanya melakukan konfigurasi *path* untuk dapat menjalankan OpenMPI.
6. Instalasi dan Konfigurasi *Library* Gambar  
*Library* yang digunakan untuk mendukung pengolahan gambar yakni OpenCV. Pada master dilakukan penginstalan OpenCV, sedangkan pada masing-masing *nodes* hanya melakukan konfigurasi untuk dapat menjalankan



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

OpenCV. OpenCV berguna pada pembuatan program paralel seperti mengubah RGB pada gambar menjadi *grayscale*.

7. Instalasi dan Konfigurasi *Time Server*

*Time server* di install agar waktu dan tanggal pada masing-masing *nodes* sama dengan waktu dan tanggal *master node*. Pada *master* dilakukan penginstalan *ntp ntpdate* dan dilakukan konfigurasi pada *file ntp.conf*. Pada masing-masing *nodes* dilakukan penginstalan *ntp* yang sama hanya saja pada *file ntp.conf* dilakukan konfigurasi yang berbeda

8. Instalasi dan Konfigurasi Aplikasi *Benchmark*

Aplikasi *benchmark* yang di gunakan adalah HPL. Pada *master* dilakukan penginstalan HPL, sedangkan pada masing-masing *nodes* hanya melakukan konfigurasi untuk dapat menjalankan HPL.

9. Instalasi Aplikasi Monitoring

Aplikasi monitoring yang di gunakan adalah HTOP. HTOP di install pada *master node* dan masing-masing *nodes*.

#### 4.4 Analisa Benchmark Cluster

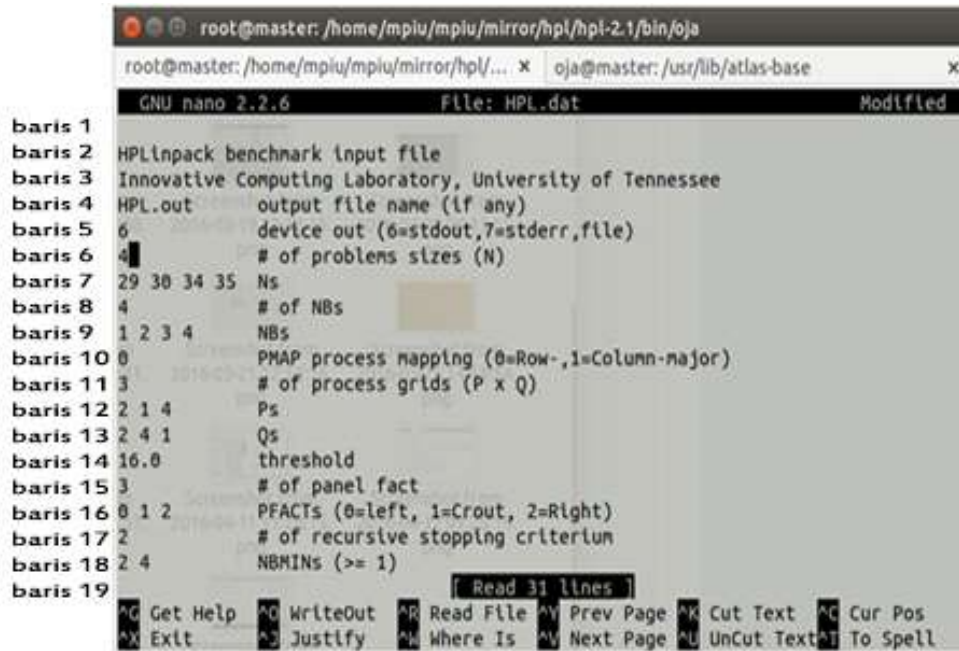
Pada analisa *benchmark cluster*, akan diukur performa *cluster* yang telah dibangun. Untuk mengukur performa *cluster*, HPL sebagai *tools benchmark cluster* yang di bangun karena HPL dapat menunjukkan kemampuan-kemampuan *processor* pada setiap *nodes*.

HPL mempunyai perhitungan dalam mengukur performa sebuah *cluster*. Dalam pengujian performa *cluster*, *file* konfigurasi yang akan digunakan yakni HPL.dat. Berikut adalah parameter-parameter dalam HPL.dat :



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



```

root@master: /home/mpi/mpi/mirror/hpl/hpl-2.1/bin/oja
root@master: /home/mpi/mpi/mirror/hpl/... x oja@master: /usr/lib/atlas-base x
GNU nano 2.2.6 File: HPL.dat Modified
baris 1
baris 2 HPLInpack benchmark input file
baris 3 Innovative Computing Laboratory, University of Tennessee
baris 4 HPL.out output file name (if any)
baris 5 6 device out (6=stdout,7=stderr,file)
baris 6 4 # of problems sizes (N)
baris 7 29 30 34 35 Ns
baris 8 4 # of NBs
baris 9 1 2 3 4 NBs
baris 10 0 PMAP process mapping (0=Row-,1=Column-major)
baris 11 3 # of process grids (P x Q)
baris 12 2 1 4 Ps
baris 13 2 4 1 Qs
baris 14 16.0 threshold
baris 15 3 # of panel fact
baris 16 0 1 2 PFACTS (0=left, 1=Crout, 2=Right)
baris 17 2 # of recursive stopping criterium
baris 18 2 4 NBMINS (>= 1)
baris 19
[ Read 31 lines ]
^G Get Help ^O WriteOut ^R Read File ^Y Prev Page ^K Cut Text ^C Cur Pos
^X Exit ^J Justify ^W Where Is ^N Next Page ^U UnCut Text ^T To Spell

```

**Gambar 4. 2 file HPL.dat**

Pada *file* konfigurasi diatas, parameter yang penting dalam mengukur performa *cluster* yakni pada baris ke 7, 9, 12, 13. Pada baris ke 7 (Ns) yakni parameter N, menunjukkan seberapa besar permasalahan yang akan diuji. Untuk mencari jumlah permasalahan yang akan di uji menggunakan yang telah dibahas pada bab II. Pada baris 9 (NBs) yakni parameter NB, menunjukkan nilai *block size* yang digunakan untuk pendistribusian data. Pada baris 12 (Ps) dan 13 (Qs) yakni parameter P dan Q menunjukkan nilai dari ukuran jumlah prosessor yang dimiliki.

Setelah konfigurasi selesai, maka pengujian performa *cluster* akan dilakukan di mulai dari 1 *node* hingga 4 *nodes*. Pada pengujian performa *cluster* dilakukan dengan menggunakan 2 tahap yakni mengukur performa maksimum *cluster* dan mengukur performa *cluster* dengan pertambahan jumlah *nodes*. Berikut adalah parameter yang akan digunakan untuk menjalankan program HPL :

a. Nilai N

Nilai N digunakan sebagai besarnya masalah yang dapat mengukur kemampuan pada *cluster*. Pada penelitian ini, menggunakan spesifikasi *nodes* yakni menggunakan *memory* sebesar 512 sehingga 512 x 4 MB yakni 2 GB.



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 2.6, nilai N yang digunakan pada penelitian ini yaitu 13107.

## b. Nilai P dan Q

Nilai P dan Q salah satu nilai yang harus ditentukan sesuai spesifikasi komputer pada *cluster* untuk dapat mengukur performa pada *cluster* tersebut. Nilai P dan Q didapatkan berdasarkan jumlah *core* yang dimiliki oleh masing-masing *nodes*. Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 2.6, nilai yang di pilih adalah 2 dan 4, karena jarak antara P dan Q dekat dan  $P < Q$ .

## c. Perhitungan Nilai P dan Q

Pada pengukuran performa maksimum *cluster*, nilai N yang digunakan adalah 13107. Nilai NB dipilih bebas dari 96 sampai 256 pada kelipatan 8 namun untuk mendapatkan nilai NB yang menghasilkan performa *cluster* tertinggi maka dilakukan pengujian terhadap semua nilai NB dengan menggunakan keempat *nodes*. Berikut adalah hasil pengujian untuk menentukan nilai NB :

Tabel 4. 6 Mencari nilai NB

N	NB	P	Q	Time	Gflops
13107	152	2	4	410,27	3,660E+00
13107	128	2	4	411,69	3,647E+00
13107	96	2	4	414,95	3,618E+00
13107	136	2	4	420,3	3,572E+00
13107	112	2	4	411,38	3,650E+00
13107	104	2	4	412,68	3,638E+00
13107	120	2	4	423,64	3,544E+00
13107	136	2	4	420,91	3,567E+00
13107	144	2	4	426,16	3,523E+00
13107	160	2	4	415,35	3,615E+00
13107	168	2	4	414,82	3,619E+00
13107	176	2	4	409,7	3,665E+00
13107	184	2	4	419,79	3,577E+00
13107	200	2	4	412,8	3,637E+00
13107	208	2	4	423,73	3,543E+00
13107	216	2	4	423,21	3,548E+00
13107	224	2	4	417,6	3,595E+00
13107	232	2	4	419,88	3,576E+00
13107	240	2	4	417,46	3,596E+00



N	NB	P	Q	Time	Gflops
13107	256	2	4	649,26	2,312E+00
13107	192	2	4	418,62	3,587E+00

Pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa Gflops yang menghasilkan nilai yang tinggi yakni pada NB 176. NB 176 akan digunakan sebagai *block size* dalam melakukan pengujian performa maksimum *cluster* dan pengujian performa *cluster* dengan pertambahan jumlah *nodes*.

#### 4.4.1 Performa Maksimum Cluster

Mengukur maksimum *cluster* ini, akan dilakukan pengujian *benchmark* LINPACK pada cluster yang akan dibangun. Pengukuran maksimum *cluster* dilakukan dengan cara meningkatkan nilai N sesuai dengan banyaknya *nodes* yang akan digunakan, NB yang digunakan adalah 176 dan nilai P dan Q yang digunakan sesuai dengan penggunaan *nodes*. Nilai P dan Q yang digunakan pada pengujian ini yakni :

**Tabel 4. 7 Menentukan nilai P dan Q**

Nodes	P x Q
1	1 x 2
2	1 x 4
3	1 x 6
4	2 x 4

Nilai P dan Q ini telah dihitung berdasarkan banyaknya *nodes* yang digunakan sesuai dengan perhitungan P dan Q yang diatas.

**Tabel 4. 8 Menentukan nilai N**

Nodes	P x Q	N
1	1 x 2	6553
2	1 x 4	9268
3	1 x 6	11350
4	2 x 4	13107



Tabel diatas adalah nilai N yang akan digunakan, nilai N dicari dengan menggunakan rumus N yang telah dijelaskan sebelumnya. Setelah nilai semua telah diketahui maka dapat dilakukan pengujian maksimum *cluster* dengan menjalankan HPL.

#### 4.4.2 Performa *Cluster* dengan Pertambahan Jumlah *Nodes*

Pada pengukuran performa *cluster* dengan pertambahan jumlah *nodes*, pengujian akan dilakukan dengan cara menggunakan nilai N yang sama pada pengujian dengan bervariasi *nodes* yang digunakan mulai dari satu *node* hingga keseluruhan *nodes*.

Nilai NB dan nilai P dan Q juga menggunakan nilai yang sama dalam melakukan pengujian ini, akan tetapi hasil yang akan diambil dalam pengujian ini adalah berupa waktu yang dihasilkan dalam menjalankan HPL dalam pengujian.

**Tabel 4. 9 Menentukan nilai N, P dan Q**

Nodes	P x Q	N
1	1 x 2	13107
2	1 x 4	13107
3	1 x 6	13107
4	2 x 4	13107

Tabel diatas adalah nilai N, P dan Q yang digunakan dalam mengukur performa *cluster* dengan pertambahan jumlah *nodes*.

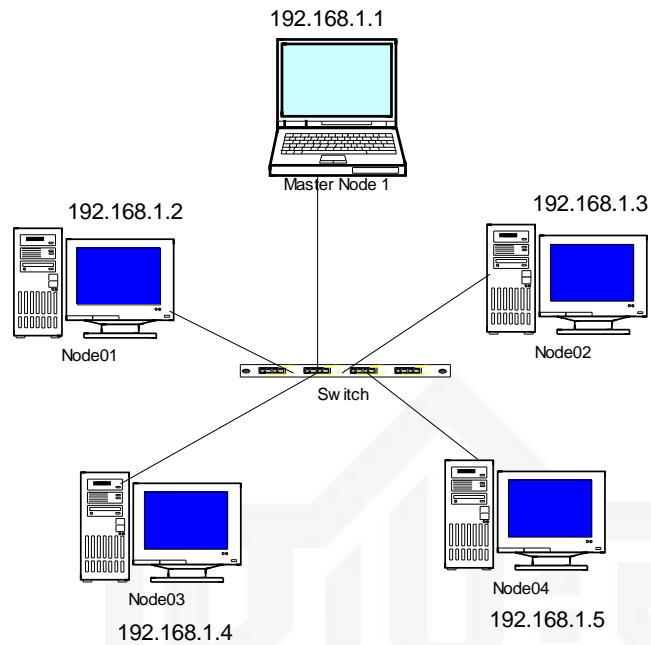
#### 4.5 Infrastruktur Jaringan *Cluster*

Membangun sebuah *cluster*, diperlukan interkoneksi untuk dapat berkomunikasi antar *node*. *Cluster* yang dibangun memiliki jaringan sendiri agar mudah dalam melakukan komunikasi dan performa *cluster* dalam melakukan *parallel processing* dapat maksimum.

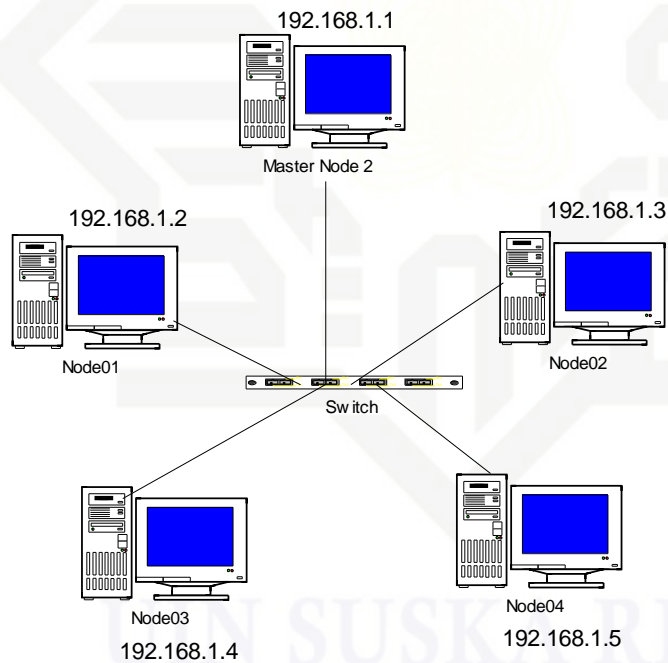
Pengguna hanya dapat mengakses *cluster* melalui *master node* saja. Komputer-komputer yang digunakan sebagai *nodes* tidak perlu diakses oleh pengguna secara langsung sehingga pengguna hanya memberikan tugas komputasi tanpa perlu melakukan konfigurasi sistem ke mesin *nodes*.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**Gambar 4. 3 Topologi Jaringan Cluster**



**Gambar 4. 4 Topologi Jaringan Cluster**



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar diatas menunjukkan komputer *master node1&2* dan 4 buah *nodes* yang saling terhubung satu sama lain dan membentuk sebuah jaringan privat dengan topologi *star*. Penulis memilih topologi *star* karena konfigurasi jaringan pada topologi *star* lebih mudah dan perangkat yang dibutuhkan mudah didapatkan. Masing-masing komputer diberi sebuah IP privat kelas C. Pemberian IP pada masing-masing komputer dimulai dari 192.168.1.1 - 192.168.1.5.

```

Iface eth0 inet static
Address 192.168.1.1
Netmask 255.255.255.0
Gateway 192.168.1.1
  
```

**Gambar 4. 5 IP address pada Master Node1&2**

Diperlukan pula sistem penamaan nama *host* untuk *nodes* sehingga mempermudah dalam mengingat nama *nodes* didalam *cluster*. Pemberian nama *host* dilakukan dengan mengedit *file* konfigurasi */etc/hostname* disetiap *nodes*. Setiap komputer diberi nama *master, node01, node02, node03, node04*.

*Nodes* yang berada di dalam *cluster* harus mengenali nama *host* antar *node* agar *node* dapat saling mengenali nama *host*, masing-masing *node* harus mengedit *file* */etc/hosts* dengan mencantumkan IP dan nama *host node* yang berada didalam *cluster*. *File* */etc/hosts* berfungsi untuk memetakan alamat IP kesebuah nama yang mudah dibaca dan diingat.

```

127.0.0.1      localhost
192.168.1.1   master
192.168.1.2   node01
192.168.1.3   node02
192.168.1.4   node03
192.168.1.5   node04
  
```

**Gambar 4. 6 File */etc/hosts***



## 4.6 Intergrasi antar *node*

Di dalam *cluster* tidak hanya menghubungkan setiap *nodes* dalam sebuah jaringan interkoneksi secara fisik melainkan juga dilakukan integrasi sistem pada masing-masing *nodes*. Integrasi yang akan dimaksud yakni integrasi sistem *file*, integrasi komunikasi antar *nodes*, dan integrasi penyampaian pesan untuk komputasi paralel.

Setiap *nodes* di dalam *cluster* harus menjalankan servis-servis yang mengimplementasikan integrasi sistem *file*, integrasi komunikasi dalam *cluster*, dan penyampaian pesan. Servis-servis yang berkaitan yakni *Network File System* (NFS), *Secure Shell* (SSH), dan *OpenMPI*.

### 4.6.1 Network File System (NFS)

NFS adalah sistem *file* yang terdistribusi di dalam sebuah jaringan komputer. Komputer-komputer di dalam jaringan yang mengimplementasikan NFS dapat mengakses NFS *server* dengan cara *mounting* NFS tersebut. NFS yang telah di *mount* oleh NFS *client* dapat dianggap seolah-olah sebagai sistem *file* lokal.

Di dalam *cluster* yang akan dibangun, diperlukan suatu berkas/direktori yang diakses oleh *master* dan *nodes*. Direktori ini berguna untuk menyimpan semua kegiatan yang akan dilakukan pada saat melakukan komputasi paralel seperti *files* instalasi dan konfigurasi yang dibutuhkan dalam membangun sebuah *cluster*.

#### a. NFS *server*

NFS *server* akan di install pada *master*. NFS *server* akan membuat berkas/direktori yang akan dapat diakses oleh semua *nodes*. Dalam penginstallan NFS *server* pada *master*, paket yang harus di install pada *master* yakni *nfs-kernel server*.

#### b. NFS *client*

NFS *client* akan di install pada setiap *nodes*. NFS *client* akan menghubungkan setiap *nodes* ke *master* agar dapat mengakses berkas/direktori yang telah dibuat oleh *master* agar dapat diakses oleh setiap *nodes*. Dalam penginstallan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



NFS *client* pada setiap *nodes*, paket yang harus di install pada setiap *nodes* yakni *nfs-client*.

#### 4.6.2 Secure Shell (SSH)

*Master node* harus dapat mengakses *nodes* dengan menggunakan SSH tanpa harus melakukan otentikasi terlebih dahulu. SSH digunakan untuk melakukan komunikasi antar *nodes*. OpenMPI mengharuskan *master node* untuk mengeksekusi aplikasi paralel di setiap *nodes* tanpa otentikasi. Agar *nodes* dapat mengakses dengan SSH tanpa otentikasi, *master node* harus membuat *private-public keys* dengan menggunakan algoritma RSA atau DSA. Dalam penelitian ini, menggunakan algoritama RSA *authentication*.

Pada pembuatan *private-public key* tidak hanya meng-*generate key* pada *user* tetapi juga pada *root*. Ini dibuat agar *master* bisa mengakses *nodes* dari sisi *user* dan dari sisi *root* sehingga pengaksesan *master* ke semua *nodes* menjadi lebih mudah. Pada instalasi SSH pada *master* yakni memerlukan paket installan *openssh-server* dan *openssh-client* pada setiap *nodes*.

#### 4.6.3 OpenMPI

OpenMPI adalah hal yang paling penting dalam pembuatan *cluster*, karena OpenMPI adalah salah satu *middleware* yang digunakan untuk komputasi paralel. Penginstallan OpenMPI hanya dilakukan pada *master node* yakni pada direktori */home/mpiu/mpiu/mirror*. Dengan meletakkan OpenMPI pada direktori tersebut secara otomatis OpenMPI juga akan terinstall pada semua *nodes* dalam *cluster*. Direktori */home/mpiu/mpiu/mirror* merupakan NFS yang dapat diakses oleh setiap *nodes*.

Agar semua *nodes* dapat menjalankan OpenMPI maka perlu ditambahkan *path*. *Path* disini adalah tempat atau berkas/direktori dimana OpenMPI di install, *path* ditambahkan pada file *.bashrc* pada setiap *nodes*. Paket-paket yang harus terinstall pada *master* sebelum melakukan penginstallan OpenMPI adalah sebagai berikut :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





```
$ sudo apt-get openmpi-common, openmpi-bin, libopenmpi-dev,
libc6, libibverbs-dev, libhwloc-dev
```

#### Gambar 4. 7 Paket-Paket Installan OpenMPI

Paket paket diatas harus dipastikan sudah terinstall didalam *master*, jika tidak maka OpenMPI tidak akan bisa di jalankan sebagaimana mestinya. Paket-paket ini tidak di install pada setiap *nodes* hanya di install pada *master*, *nodes* hanya menambahkan *path* agar dapat menjalankan OpenMPI.

#### 4.6.4 OpenCV

Penginstallan OpenCV pada *cluster* digunakan supaya dapat memanggil *librarys* untuk pengolahan citra yang akan dilakukan. OpenCV yang digunakan yakni versi 2.4.9 merupakan versi yang terbaru. Dalam menginstall OpenCV diperlukan beberapa paket agar dapat menjalankan OpenCV seperti paket untuk mendukung membaca dan menulis *file* gambar, beberapa *tools* yang diperlukan serta *librarys* yang diperlukan. Paket-paket yang perlu diinstal adalah sebagai berikut :

```
$ sudo apt-get install build-essential libgtk2.0-dev libjpeg-dev
libtiff4-dev libjasper-dev libopenexr-dev cmake python-dev python-
numpy python-tk libtbb-dev libeigen3-dev yasm libfaac-dev libopencore-
amrnb-dev libopencore-amrwb-dev libtheora-dev libvorbis-dev
libxvidcore-dev libx264-dev libqt4-dev libqt4-opengl-dev sphinx-common
texlive-latex-extra libv4l-dev libdc1394-22-dev libavcodec-dev
libavformat-dev libswscale-dev default-jdk ant libvtk5-qt4-dev
```

#### Gambar 4. 8 Paket-paket OpenCV

Paket-paket diatas harus di install pada *master* dan masing-masing *nodes* untuk dapat menjalankan OpenCV. Proses penginstallan OpenCV dilakukan pada *master* yakni pada berkas/direktori `/home/mpiu/mpiu/mirror` yang merupakan berkas/direktori NFS.