

RANCANG BANGUN SISTEM KOMPUTER CLUSTER MENGUNAKAN UML (USER MODE LINUX)

Shah Khadafi dan Darmanto

Teknologi Informasi
Sekolah Tinggi Teknik Surabaya
khadafishah@yahoo.com

ABSTRAK

Perkembangan dunia *open source* semakin mencuat cepat dengan berkembang pesatnya teknologi informasi. Pesona yang ditawarkan oleh software open source seakan tak terbendung seiring perkembangannya yang didukung oleh Linux. Linux yang terdiri dari sebuah kernel yang merupakan bagian utama sistem operasi yang bertugas melayani permintaan hardware. Perancangan komputer cluster menggunakan UML (User Mode Linux) ini mencoba mengembangkan kernel Linux memanfaatkan software UML digabung dengan teknologi komputer cluster yang dapat menggabungkan sumber daya beberapa komputer seolah-olah menjadi satu kesatuan utuh. Tools OCFS2 merupakan sebuah alternatif open source untuk *proprietary* cluster filesystems. "Ini adalah kontribusi penting untuk komunitas open source," kata Andrew Morton, maintainer untuk kernel Linux 2.6. Dukungan untuk OCFS2 oleh komunitas Linux memperlihatkan hasil penting bagi Oracle dan menunjukkan bagaimana kontribusi dari Oracle membawa adopsi bagi perkembangan teknologi open source.

Kata kunci: *cluster, user mode linux, oracle, OCFS*

ABSTRACT

World development open source blooms fast together with information technology. Enchantment on the market by open source softwares couldn't be blocked, along the development that's supported by Linux. Linux that consist of a kernel that be operating system bodywork that have a duty to serve hardware request. The cluster computer planning using UML (User Mode Linux) tries to develop Linux kernel, making use of UML software, merged with computer cluster technology that can unite some computer resources as if they are one union. Ocfs2 tool is an alternative open source to proprietary cluster filesystem. "this is an important contribution for open source communities," Andrew Morton says, maintainer of kernel linux 2.6. Supports to ocfs2 by Linux communities show the important result for Oracle and display how Oracle's contribution bring adoption for development of open source technology.

Keywords: *cluster, user mode linux, oracle, OCFS*

I. PENDAHULUAN

Pada tahun 80 sampai 90-an, komputasi tingkat lanjut sangat tergantung pada fasilitas komputer super (*supercomputer*). Kendalanya pada biaya, segmen pasar yang kecil dan kebutuhan yang jarang membuat komputer super tidak diproduksi secara massal sehingga harganya mahal. Karena perkembangan teknologi komputer berkembang pesat untuk mengatasi hal tersebut berkembanglah *cluster computer*. Contoh komputer cluster ini adalah *search engine* Google yang memanfaatkan sekitar 10.000 PC yang terangkai satu sistem dengan komputasi. Kemampuan kinerja komputer cluster tergantung perangkat kerasnya, *processor*, memori, koneksi jaringan, dan perangkat lunaknya yaitu algoritma paralel. Penghematan hardware tentunya dapat menekan biayanya tanpa harus mengurangi kinerja komputer cluster. Dari kebutuhan perangkat keras maka dibutuhkan sebuah teknologi yang mana dapat mengemulasikan dan mengimplementasikan perangkat keras computer, yaitu teknologi virtualisasi.

Salah satu teknologi virtualisasi yaitu UML (*User Mode Linux*). UML berjalan pada sistem operasi *host* Linux. UML berbeda dengan teknologi virtualisasi lain yang berjalan pada sebuah proses di dalam *user space*. Untuk menjalankan UML diperlukan *filesystem* yaitu *root_fs* (*root file system*).

II. LANDASAN TEORI

Sistem Clustering

Sistem cluster memiliki persamaan dengan sistem paralel yaitu menggabungkan beberapa CPU untuk meningkatkan kinerja komputasi. Sedangkan *computer cluster* merupakan sekelompok komputer yang terhubung jaringan lokal yang bekerja bersama secara berdekatan. *Computer cluster* seperti komputer tunggal dimana *computer cluster* saling terhubung, terhubung antara yang satu dengan yang lainnya melalui jaringan LAN (*Local Area Networks*).

Cluster Computer pada Mesin Virtual

Virtualisasi adalah menyembunyikan karakteristik fisik dari sumber daya komputer sesungguhnya dari pengguna menjadi aplikasi program. Berkembangnya teknologi *virtual machine*, muncullah hal untuk *setup* berbeda komputer cluster pada *virtual machine*. Virtualisasi terdapat *host system* dan *guest system*. *Host system* adalah hardware yang sesungguhnya dan *software* virtualisasi PC ataupun komputer utama yang digunakan menyediakan sumber daya *guest system*. Sistem operasinya yaitu *host operating system*. *Guest system* adalah sistem operasi yang berjalan pada *virtual machine*. Sistem operasi *virtual machine* disebut *guest operating system*.

Cluster Manager

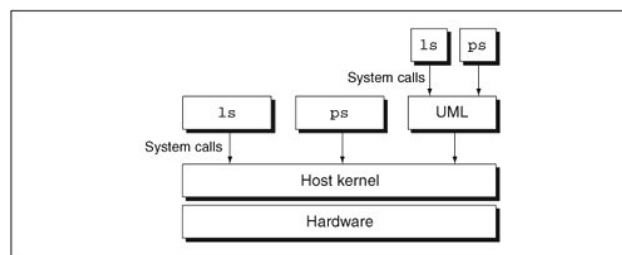
Cluster manager meliputi beberapa hal yang dibutuhkan dalam komputer cluster, seperti *restarting of resource*, *handling of failover*, dll. Tingkatan dalam pengelolaan komputer cluster pada virtual mesin, antara lain: *Cluster Manager Only on Host Systems*, *Cluster Manager Only in Guest Systems*, *Independent Cluster Manager on Guest and Host Systems*, dan *Integrated Cluster Manager on Guest and Host Systems*.

Linux

Linux adalah sistem operasi komputer yang bersifat *multiuser* dan *multitasking* yang berjalan berbagai *platform*. Linux adalah tiruan dari UNIX yang dikembangkan oleh Linus Benedict Torvalds dari Universitas Helsinki, Finlandia. Linux memiliki semua fitur yang dimiliki oleh UNIX termasuk *multitasking*, *virtual memory*, *shared libraries*, *shared copy-on-write executables*, *proper memory management* dan *TCP/IP networking*. Didalam linux terdapat *kernel* dan *shell*. *Kernel* merupakan jembatan yang berfungsi sebagai penghubung antara *hardware* dan aplikasi-aplikasi yang menterjemahkan bahasa *software* sehingga mampu untuk dimengerti oleh *hardware*. Kemudian *hardware* akan segera memprosesnya sesuai dengan permintaan. Akibatnya *user* dapat menggunakan komputernya melalui *software*. *Shell* merupakan penghubung *user* input dengan kernel, yang memberikan fasilitas pada *user* agar bisa berinteraksi dengan komputer baik dengan *hardware* ataupun *software*.

User Mode Linux

UML merupakan *platform* virtual yang didefinisikan oleh *system call* Linux. Secara umum UML yaitu kernel dalam kernel, karena UML adalah sebuah kernel Linux lengkap sehingga proses-proses dalam UML sepenuhnya terisolasi dari proses-proses lainnya baik proses dari *host* ataupun proses UML yang lain. Pengaksesan UML pada sumber daya yang dimiliki *host* juga dengan kontrol yang ketat. Jeff Dike dalam preview bukunya yang berjudul *USER MODE LINUX* mengatakan: “ *In contrast, UML can be only a Linux guest. On the other hand, being a virtual OS rather than a virtual machine allows UML to interact more fully with the host OS, which has advantages and which would be somewhat more accurate*”. Jeff Dike adalah penggagas UML, sejak tahun 2004 bekerja pada Red Hat dan Intel untuk mengembangkan UML pada *Institute for Security Technology Studies* di Dartmouth College, di Northern New Hampshire[4]. Terdapat mode operasi UML agar berjalan dalam sistem *host*, yaitu *tt (tracing thread) mode*, *skas3 mode* dan *skas0 mode*. Khusus untuk *mode skas3* dan *skas0* digunakan pada *kernel* versi 2.6.x. Permasalahan *process addressing space* pada *tt mode* diatasi dengan *mode skas3*, dengan cara menambah *patch skas3* pada *host*. *Patch skas3* memperkenalkan pengalamatan ruang *host* terpisah dari setiap proses UML. *Mode skas0* mirip dengan *mode skas3* yang tanpa menambahkan *patch skas3* pada *host*.



Gambar 1. UML sebuah proses dan sebuah kernel

Tabel 1. Processor arsitektur X86 yang mendukung UML

| Platform | Jenis CPU | Keterangan |
|----------|--|------------|
| Intel | Intel 8086, 8088, 80186, 80188, 80286 | 16 bit |
| | Intel386, 486, Pentium, Pentium MMX, Pentium Pro, Pentium II/III | 32 bit |
| | Intel Core, Intel Core 2 | 64 bit |

| | | |
|-----|--|--------|
| AMD | AMD Am386, AMD K5, K6, Athlon, Athlon XP | 32 bit |
| | Athlon 64, AMD Phenom | 64 bit |

Root_FS (root file system)

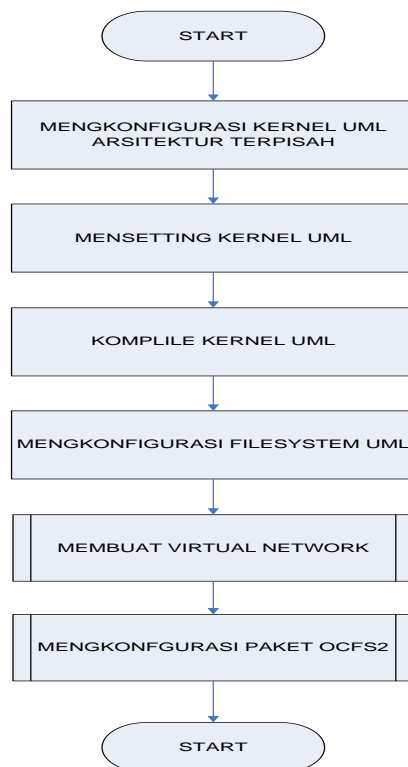
Pada prinsipnya *root filesystem* mirip dengan *filesystem* seperti pada distribusi Linux seperti Debian, Ubuntu, Fedora, Mandrake, suse, dll[5]. *Root filesystem* ini mewakili dari distribusi-distribusi tersebut untuk *filesystem* UML. Dalam UML terdapat mekanisme *Copy-On-Write* (COW) *filesystem* yang bisa dipakai bersama-sama oleh beberapa UML dengan mekanisme ini.

OCFS2 (Oracle Cluster File System)

OCFS2 merupakan *filesystem* cluster yang dirancang dalam penggunaan lingkungan *shared-disk*. OCFS2 sanggup menyediakan *high performance* dan *high availability* [8]. OCFS2 release1 memudahkan pengguna Oracle *Real Application Cluster* (RAC) untuk menjalankan database ter-cluster. File system ini dirancang untuk menyimpan database *related files*, seperti *data files*, *control files*, *redo logs*, *archive logs*, dll. Dengan OCFS2 seseorang dapat menyimpan *file binary Oracle* dan *file konfigurasi* (*shared Oracle home*) sehingga membuat manajemen dari RAC lebih mudah.

III. RANCANGAN SISTEM

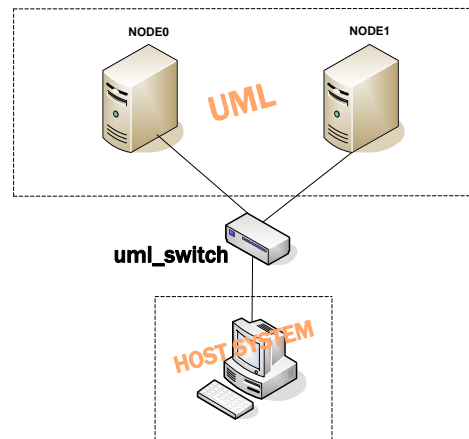
Rancangan sistem yang membahas konsep komputer cluster dengan kernel UML disajikan dalam diagram *flowchart* dan gambar desain.



Gambar 2. Flowchart rancangan sistem

Tabel 2. Alokasi IP address untuk UML

| Hostname | IP Address | Nermask |
|----------|---------------|---------------|
| node0 | 192.168.0.112 | 255.255.255.0 |
| node1 | 192.168.0.116 | 255.255.255.0 |

**Gambar 3. Desain sistem komputer cluster UML**

Spesifikasi Host Sistem

Spesifikasi *hardware* sistem *host*: Tablet PC HP Pavillion TX1000: AMD Athlon (tm) 64 X2 Dual-Core Processor (2 CPUs) 1.70 GHz, RAM 2494 MB, Disk Device ST916082 GB, Display Adapter NVIDIA GeForce Go 6150 330MB.

Software yang dibutuhkan: sistem operasi Linux Ubuntu 8.04 Hardy Heron kernel 2.6.21, *build-essential*, *readline packages*, *kbuild*, *uml-utilities*, *bridge-utils*, *libstdc++5*, *gcc*, *make*, *htop*.

Spesifikasi Guest System

Spesifikasi *hardware* virtual computer atau guest system yang digunakan sebagai node-node cluster UML:

1. node0: Kernel Linux 2.6.24, *Filesystem* Ubuntu 7.04 Festy Fawn, RAM 128 Mb, eth0=uml-netcard0.
2. node1: Kernel Linux 2.6.27, *Filesystem* Ubuntu 7.04 Festy Fawn, RAM 128 Mb, eth0=uml-netcard1

Software/tools yang dibutuhkan UML untuk konfigurasi node-node *cluster*: DVD *installer* dan *repository* Ubuntu 8.04 Hardy Heron, *build-essential*, *readline packages*, *libstdc++5*, *gcc*, *ocfs2-tools*, *ocfs2-tools-static-dev*, *htop*.

Hasil dan Analisa

Kernel yang digunakan pada UML yaitu versi 2.6.24 dan 2.6.27 yang sudah mendukung *mode skas0*.

- Persiapan *kernel* UML.

Tahap pertama membuat UML, install paket *build-essential*, *readline packages*, *Kbuild*. Digunakan untuk menjalankan perintah *make* untuk meng-compile kernel UML.

- Pembuatan kernel UML.
Kernel yang digunakan 2.6.24 [10] & 2.6.27 [11] dengan *extension *.tar.bz2*. Jalankan *menuconfig* untuk menampilkan *xterm windows* untuk memilih menu konfigurasi kernel UML. settingan pada kernel uml yang akan di konfigurasi yaitu, antara lain: **(a)** UML-specific options: host processor type and features: Opteron/Athlon64/Hammer/K8, **(b)** UML-specific options, **(c)** Enable the block layer, **(d)** Block devices, **(e)** Networking, **(f)** UML Network devices, **(g)** Network device support, **(h)** Filesystems.
- *Compile Kernel UML*
Pembuatan kernel UML (proses konfigurasi *install* dan *compile*) untuk membangun 1 (satu) kernel UML versi 2.6.24. Untuk kernel UML versi 2.6.27 caranya sama.
- *Filesystem Ubuntu 7.04 Festy Fawn sebagai Root Filesystem UML*. Namun untuk menjalankan kernel UML harus login sebagai *user root*.

```

Virtual Console #6 (UmlB1)
Ubuntu 7.04 (none) tty6
(none) login root
Last login: Sun Feb  8 13:25:14 2009 on tty6
Linux (none) 2.6.24 #1 Sun Jan 25 13:07:22 WIT 2009 i686

The programs included with the Ubuntu system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Ubuntu comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent permitted by
local law.

root@(none):~# ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  Hardware Address: 00:0C:29:12:18:17
          inet addr:192.168.255.1  Bcast:192.168.255.255  Mask:255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  Metric:1
          RX packets:0  errors:0  dropped:0  overruns:0  frame:0
          TX packets:0  errors:0  dropped:0  overruns:0  carrier:0
          collisions:0  frame:0
          RX bytes:0 (0.0 b)  TX bytes:0 (0.0 b)
          Internet:

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          UP LOOPBACK RUNNING  Metric:0
          RX packets:0  errors:0  dropped:0  overruns:0  frame:0
          TX packets:0  errors:0  dropped:0  overruns:0  carrier:0
          collisions:0  frame:0
          RX bytes:0 (0.0 b)  TX bytes:0 (0.0 b)

root@(none):~#

```

Gambar 4. Xterm kernel UML 7.04 Festy Fawn

- Persiapan konfigurasi Cluster UML. Menu *ocfs* pada menu *Filesystem* sedangkan *configfs* pada submenu *Pseudo filesystem* pada item *userspace-driven configuration filesystem*.
- Modul UML siap diinstall. Install Modul Kernel Pada Filesystem UML
- Upgrade Filesystem UML Ubuntu 7.04 Festy Fawn ke 8.04 Hardy Heron[6]
- Install paket OCFS2 versi *ocfs2-tools-1.2.2.tar.gz* pada masing-masing UML.
- Indikator pada saat *load* cluster UML berjalan:
 - Loading module "configfs": **OK**
 - Mounting configfs filesystem at /sys/kernel/config: **OK**
 - Loading module "ocfs2_nodemanager": **OK**
 - Loading module "ocfs2_dlm": **OK**
 - Loading module "ocfs2_dlmfs": **OK**
 - Mounting ocfs2_dlmfs filesystem at /dlm: **OK**
- Setup File Konfigurasi Cluster. Didalam file *cluster.conf* terdapat *ip_port*, *ip_address*, *number*, *name* dan *cluster*. Edit File *cluster.conf* lalu copy file *cluster.conf* pada direktori */etc/ocfs2*.

Tabel 3. Detail dari file *cluster.conf*

| UML | ip_port | ip_address | number | name | cluster |
|-----|---------|---------------|--------|-------|---------|
| 1 | 7777 | 192.168.0.112 | 0 | Node0 | Ocfs2 |
| 2 | 7777 | 192.168.0.116 | 1 | Node1 | Ocfs2 |

Dari tabel diatas diketahui bahwa nantinya terdapat `node_count = 2` dengan dan nama clusternya = `ocfs2`.

- Jalankan UML ke-1 dengan inisial `node0` ditandai inisial `umid=node0`.
- Setelah selesai mensetting UML `node0` lalu meng-*online* kan `node0`.



```
Virtual Console #6 (node0)
root@node0:/usr/local/ocfs2-tools-1.2.2# ./vendor/common/o2cb.init status
Module "configfs": Not loaded
Filesystem "configfs": Not mounted
Module "ocfs2_nodemanager": Not loaded
Module "ocfs2_dlm": Not loaded
Module "ocfs2_dlmfs": Not loaded
Filesystem "ocfs2_dlmfs": Not mounted
root@node0:/usr/local/ocfs2-tools-1.2.2# ./vendor/common/o2cb.init load
Loading module "configfs": OK
Mounting configfs filesystem at /sys/kernel/config: OK
Loading module "ocfs2_nodemanager": OK
Loading module "ocfs2_dlm": OK
Loading module "ocfs2_dlmfs": OK
Mounting ocfs2_dlmfs filesystem at /dlm: OK
root@node0:/usr/local/ocfs2-tools-1.2.2# ./vendor/common/o2cb.init online ocfs2
Starting O2CB cluster ocfs2: OK
root@node0:/usr/local/ocfs2-tools-1.2.2#
```

Gambar 5. node0 cluster start atau online

- Jalankan UML ke-2 dengan inisial `node1` ditandai inisial `umid=node1`.
- Setelah selesai mensetting UML `node1` lalu meng-*online* kan `node1`.



```
Virtual Console #6 (node1)
root@node1:/usr/local/ocfs2-tools-1.2.2# ./vendor/common/o2cb.init status
Module "configfs": Not loaded
Filesystem "configfs": Not mounted
Module "ocfs2_nodemanager": Not loaded
Module "ocfs2_dlm": Not loaded
Module "ocfs2_dlmfs": Not loaded
Filesystem "ocfs2_dlmfs": Not mounted
root@node1:/usr/local/ocfs2-tools-1.2.2# ./vendor/common/o2cb.init load
Loading module "configfs": OK
Mounting configfs filesystem at /sys/kernel/config: OK
Loading module "ocfs2_nodemanager": OK
Loading module "ocfs2_dlm": OK
Loading module "ocfs2_dlmfs": OK
Mounting ocfs2_dlmfs filesystem at /dlm: OK
root@node1:/usr/local/ocfs2-tools-1.2.2# ./vendor/common/o2cb.init online ocfs2
Starting O2CB cluster ocfs2: OK
root@node1:/usr/local/ocfs2-tools-1.2.2#
```

Gambar 6. node1 cluster start atau online

- Analisa Data

Analisa dilakukan ketika node-node cluster belum dijalankan dan saat menjalankan node ke-1 dan selanjutnya node ke-2. Tools *Htop* untuk melihat prosentase CPU, memori dan swap. Data-data dibandingkan dengan data sebelumnya. Sehingga dapat menyimpulkan penggunaan CPU, memori dan *swap* dari *resource*.

```

shah@shah-laptop: ~
┌───┴───┐
1 ||||| 3,2% Tasks: 229 total, 1 running
2 ||||| 3,2% Load average: 0,43 0,33 0,24
Mem ||||| 185/2470M Uptime: 00:27:21
Swap ||||| 0/2721MB

top
  PID TID          PR   CPU   MEM     VSZ    RSS   SHR   ST   TTY          TIME         CMD
5648 root      20   0 1117 24480 4680 5 2,6 1,0 0:33.15 /usr/bin/xi0 -br -audit 0 -auth /var/lib/gdm/0.Xauth -nolisten tcp vt7
6421 shah    20   0 2472 1212  916 5 3,5 0,0 0:10.23 htop
5996 shah    20   0 78880 35888 14960 5 0,0 1,4 0:12.88 nautilus --no-default-window --sm-client-id default2
5995 shah    20   0 44892 21012 13348 5 0,0 0,0 0:12.59 gnome-panel --sm-client-id default1
5993 shah    20   0 20796 12488 1684 5 0,0 0,5 0:09.38 /usr/bin/metacity --replace --sm-client-id default0
8496 root      20   0 1239 29608 29364 5 0,0 1,2 0:00.46 /linux ubd@Ubuntu-FeistyFawn-1386-root fs umid=node0 root=/dev/ubda eth=tunt
6191 shah    20   0 60996 19972 10364 5 0,0 0,8 0:06.48 gnome-terminal
8466 root      20   0 1239 27016 20744 5 0,0 1,1 0:05.71 /linux ubd@Ubuntu-FeistyFawn-1386-root fs umid=node0 root=/dev/ubda eth=tunt

5447 hald@dmcc 20   0 5385 4328 3568 5 0,0 0,2 0:01.48 /usr/sbin/hald
  1 root      20   0 2844 1688  544 5 0,0 0,1 0:01.43 /sbin/init
5881 shah    20   0 7228 4388 1912 5 0,0 0,2 0:01.27 /usr/lib/libgconf2-4/gconfd-2 4
5954 shah    20   0 39596 5912  7948 5 0,0 0,4 0:00.97 gnome-settings-daemon
6090 shah    20   0 25588 10948 6768 5 0,0 0,4 0:00.68 gnome-power-manager
6386 root      20   0 3812 1280  724 5 0,0 0,0 0:00.50 /sbin/mount.ntfs-3g /dev/sda2 /media/Data -o rw,nosuid,nodev,uhelper=hal,locale
5248 messageb 20   0 2980 1380  792 5 0,0 0,1 0:00.45 /usr/bin/dbus-daemon --system
2819 root     16  -4 2404  952  380 5 0,0 0,0 0:00.44 /sbin/udevd --daemon
6056 shah    20   0 24268 12152 7148 5 0,0 0,5 0:00.42 python /usr/share/system-config-printer/applet.py
6151 shah    20   0 44488 14752 9648 5 0,0 0,6 0:00.42 /usr/lib/gnome-applets/mixer applet2 --oaf-activate-iid=OAFIID:GNOME_MixerApplet
6154 shah    20   0 26252 13204 8524 5 0,0 0,5 0:00.42 /usr/lib/fast-user-switch-applet/fast-user-switch-applet --oaf-activate-iid=OAF
6106 shah    20   0 23304 10184 7580 5 0,0 0,4 0:00.39 /usr/lib/gnome-applets/trashapplet --oaf-activate-iid=OAFIID:GNOME_Panel_TrashA
6750 root     20   0 568 376  376 1 0,0 0,0 0:00.38 linux
6834 shah    20   0 19348 8460 6132 5 0,0 0,3 0:00.38 bluetooth-applet --singleton
6621 root     20   0 10588 4284 2392 5 0,0 0,2 0:00.38 xterm -T Virtual Console #6 (node0) -e /usr/lib/uml/port-helper -uml-socket /tm
3566 root     20   0 3420 1156 1800 5 0,0 0,0 0:00.32 hald-addon-storage: polling /dev/scd0 (every 2 sec)
5908 shah    20   0 28496 5748 1388 5 0,0 0,2 0:00.32 /usr/bin/pulseaudio --log-target=syslog
6839 shah    20   0 25948 13656 8892 5 0,0 0,5 0:00.32 update-notifier
8439 shah    20   0 5680 3004 1488 5 0,0 0,1 0:00.28 bash
6503 root     20   0 1239 29608 29364 5 0,0 1,2 0:00.22 /linux ubd@Ubuntu-FeistyFawn-1386-root fs umid=node0 root=/dev/ubda eth=tunt
5895 shah    20   0 20868 7532 4324 5 0,0 0,3 0:00.22 x-session-manager
6846 shah    20   0 28644 9548 1972 5 0,0 0,4 0:00.19 /usr/lib/evolution/2.22/evolution-alarm-notify
  
```

Gambar 7. Tampilan htop setelah menjalankan node1

Tabel 4. Nilai-nilai analisa data

| Proses | CPU1 (%) | CPU2 (%) | Memori (MB) | Load average (ms) |
|--------|----------|----------|-------------|-------------------|
| - | 0,6 | 2,0 | 158/2470 | 0,34 |
| Node0 | 1,2 | 2,6 | 180/2470 | 0,39 |
| Node1 | 3,2 | 3,2 | 185/2470 | 0,43 |

IV. PENUTUP

Kesimpulan

- Mode teks untuk konfigurasi UML menghemat memori *host* dan terhadap proses-proses dalam UML sendiri. Sehingga *hang/error* pada sistem *host* maupun UML dapat dihindari.
- Dari tabel analisa data ketika tidak ada node *runing* untuk dicluster penggunaan CPU 2,6%, memori 6,4% dan *load average* 0,34 ms. Ketika 2 node secara bersamaan *runing* (node1 dan node2) untuk dicluster penggunaan *resoure* meningkat CPU 6,4%, memori 7,5 % dan *load average* 0,43 ms.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwi Handoko, Tri Sampurno. *Tip Praktis Membangun Komputer Linux Cluster*. P3 Teknologi Informatika dan Elektronika BPPT.
- [2] Hans-Jorg Hoxer, Kerstin Buchaker, Volkmar Sieh. 2002. *Implementing User Mode Linux With Minimal Changes From Original Kernel*. 9th International Linux System Technology Conference". Koln, Germany.
- [3] Heriyadi Zuhaidi, Hermawan K.Dipojono. 2002. *On The Contruction & Development of Simple PCs Cluster for High Performance Computing*. *Proceedings, Komputer dan Sistem Intelijen* (KOMMIT 2002). Institut Teknologi Bandung, Bandung. ISSN : 1411-6286.
- [4] Jeff Dike. *User Mode Linux*. Prentice Hall. 2006. http://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/9780131865051/downloads/013865056_Dike_book.pdf

- [5] Jeff Dike. User mode linux. Nagafix,Ltd 2010-2014. uml.devloop.org.uk/
- [6] Jeff Dike. Old Disk Images. Nagafix,Ltd 2010-2014. fs.devloop.org.uk/filesystems/Ubuntu-Hardy/Ubuntu-HardyHeron-i386-root_fs.bz2
- [7] Jeff Dike. Old Disk Images. Nagafix,Ltd 2010-2014. fs.devloop.org.uk/filesystems/Ubuntu-Intrepid/Ubuntu-IntrepidIbex-i386-root_fs.bz2
- [8] Project: OCFS2 tools. ORACLE,TM. 2009. <https://oss.oracle.com/projects/ocfs2-tools/dist/files/source/v1.2/ocfs2-tools-1.2.2.tar.gz>.
- [9] Rachman, A.Benny Mutiara MQN,Singgih Jatmiko. 2004. *Perancangan Control Panel Untuk Cluster Open Mosix. Proceedings, Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT 2004)*. Universitas Gunadarma, Jakarta.
- [10] The Linux kernel Archives :Index of /pub/linux/kernel/v2.6. Januari. 2009. <https://kernel.org/pub/linux/kernel/v2.6/linux-2.6.24.tar.bz2>
- [11] The Linux kernel Archives :Index of /pub/linux/kernel/v2.6. Januari. 2009. <https://kernel.org/pub/linux/kernel/v2.6/linux-2.6.27.tar.bz2>