

# **LAPORAN EKSEKUSI PROGRAM NUMERIK MENGUNAKAN OPEN MPI PADA LINUX MINT**



Disusun Oleh:

Nama : Nadila Afisa Rani

NIM : (09011182227003)

Kelas : SK3C

Mata Kuliah : Pemrosesan Paralel

DosenPengampu: 1. Adi Hermansyah, S.Kom., M.T.

2. Ahmad Heryanto, S.Kom, M.T.

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER**

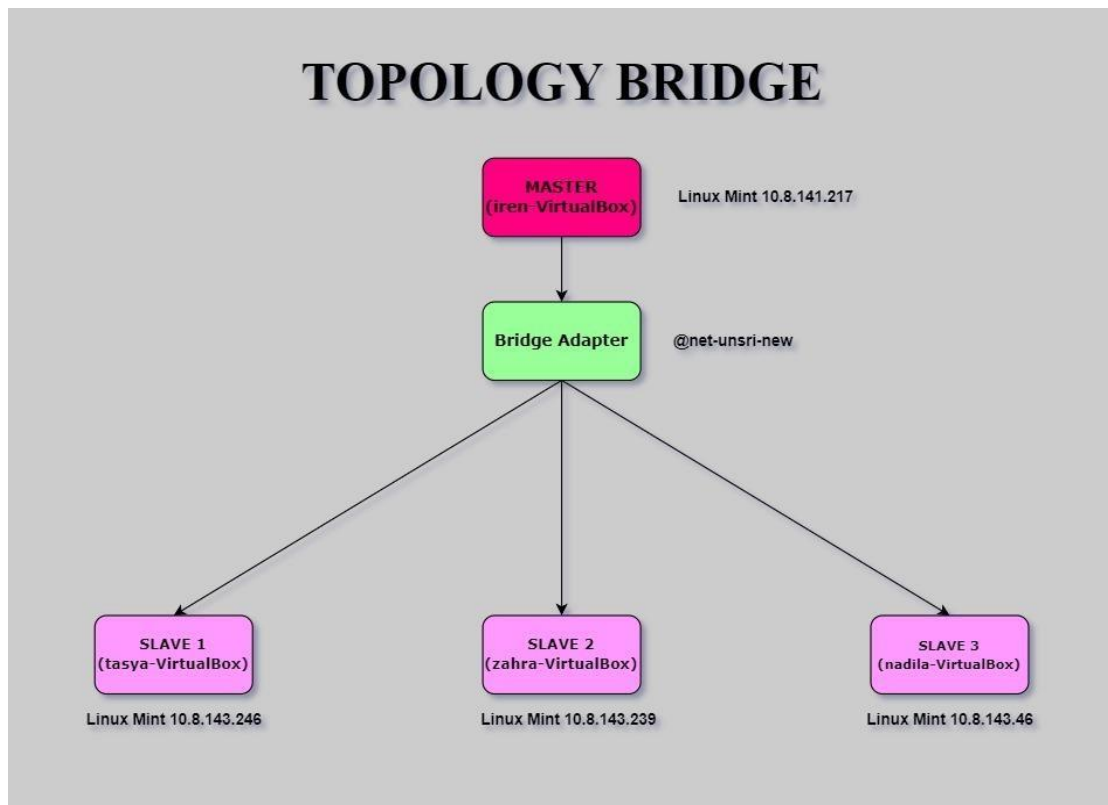
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**TAHUN AJARAN 2023**

## Device Dan Tools Yang di gunakan dalam mengeksekusi :

1. Linux Mint
  - Linux mint master
  - Linux mint slave1
  - Linux mint slave2
  - Linux mint slave3
2. MPI (Master dan Slave)
3. SSH (Master dan Slave)
4. Codingan numerik python

## Topology :



Pada percobaan kali ini digunakan empat komputer, dimana satu komputer sebagai master, dan tiga komputer lainnya sebagai slave. Pastikan sudah berada dalam satu jaringan yang sama.

Kemudian pada pengeksekusian ini terdapat komputer master yang menggunakan linux mint (iren-VirtualBox), dan 3 komputer lainnya yaitu (tasya-Virtual box) sebagai slave1, (Zahra-VirtualBox) sebagai slave2, (nadila-VirtualBox) sebagai slave3.

Dan pengeksekusian ini bertujuan untuk menghitung persamaan kuadrat menggunakan algoritma dengan metode numerik.

### • Konfigurasi file /etc/hosts

Lakukan pada master dan slave:

Edit file `/etc/hosts` melalui nano. Tambahkan isinya dengan beberapa IP dan aliasnya. Di bawah ini sebagai contoh. sesuaikan IP nya dengan komputer masing-masing. Untuk mengecek IP gunakan perintah `ifconfig`.

Tambahkan baris berikut dengan format :

[10.8.141.217] [iren-VirtualBox]

[10.8.143.246] [tasya-VirtualBox]

[10.8.143.239] [zahra-VirtualBox]

[10.8.143.46] [nadila-VirtualBox]

Lakukan disetiap komputer.

Master:

```
GNU nano 6.2 /etc/hosts
127.0.0.1 localhost
127.0.1.1 master

10.8.141.217 master
10.8.143.246 slave1
10.8.143.239 slave2
10.8.143.46 slave3

# The following lines are desirable for IPv6 capable hosts
::1 ip6-localhost ip6-loopback
fe00::0 ip6-localnet
ff00::0 ip6-mcastprefix
ff02::1 ip6-allnodes
ff02::2 ip6-allrouters
```

Slave1:

```
10.8.141.217 master
10.8.143.246 slave1
10.8.143.239 slave2
10.8.143.46 slave3

# The following lines are desirable for IPv6 capable hosts
::1 ip6-localhost ip6-loopback
fe00::0 ip6-localnet
ff00::0 ip6-mcastprefix
ff02::1 ip6-allnodes
ff02::2 ip6-allrouters
```

Slave2:

```
GNU nano 6.2 /etc/hosts
127.0.0.1 localhost
127.0.1.1 zahra-VirtualBox

10.8.141.217 master
10.8.143.246 slave1
10.8.143.239 slave2
10.8.143.46 slave3

# The following lines are desirable for IPv6 capable hosts
::1 ip6-localhost ip6-loopback
fe00::0 ip6-localnet
ff00::0 ip6-mcastprefix
ff02::1 ip6-allnodes
ff02::2 ip6-allrouters
```

Slave3:

```
mpiusr@nadila-VirtualBox: ~/fix
Berkas  Sunting  Tampilan  Cari  Terminal  Bantuan
GNU nano 6.2 /etc/hosts
127.0.0.1 localhost
127.0.1.1 nadila-VirtualBox

10.8.141.217 Master
10.8.143.246 slave1
10.8.143.239 slave2
10.8.143.46 slave3

# The following lines are desirable for IPv6 capable hosts
::1 ip6-localhost ip6-loopback
fe00::0 ip6-localnet
ff00::0 ip6-mcastprefix
ff02::1 ip6-allnodes
ff02::2 ip6-allrouters
```

- **Buat User Baru**

1. **Buat user**

Buat user baru di master dan slave dengan perintah berikut:

`Sudo adduser <nama user>`

Pada percobaan ini digunakan nama user mpiusr. Nama user harus sama pada komputer master dan slave.

Master:

```
iren@iren-VirtualBox:~$ sudo adduser mpiusr
[sudo] password for iren:
Adding user 'mpiusr' ...
Adding new group 'mpiusr' (1008) ...
Adding new user 'mpiusr' (1008) with group 'mpiusr' ...
Creating home directory '/home/mpiusr' ...
Copying files from '/etc/skel' ...
New password:
Retype new password:
passwd: password updated successfully
Changing the user information for mpiusr
Enter the new value, or press ENTER for the default
  Full Name []:
  Room Number []:
  Work Phone []:
  Home Phone []:
  Other []:
Is the information correct? [Y/n]
```

Slave1:

```
tasya@tasya-VirtualBox:~$ sudo adduser mpiusr
Adding user 'mpiusr' ...
Adding new group 'mpiusr' (1013) ...
Adding new user 'mpiusr' (1010) with group 'mpiusr' ...
Creating home directory '/home/mpiusr' ...
Copying files from '/etc/skel' ...
New password:
```

Slave2:

```

zahra@zahra-VirtualBox:~$ sudo adduser mpiusr
Adding user `mpiusr' ...
Adding new group `mpiusr' (1013) ...
Adding new user `mpiusr' (1011) with group `mpiusr' ...
Creating home directory `/home/mpiusr' ...
Copying files from `/etc/skel' ...
New password:
Retype new password:
passwd: password updated successfully
Changing the user information for mpiusr
Enter the new value, or press ENTER for the default
    Full Name []:
    Room Number []:
    Work Phone []:
    Home Phone []:
    Other []:
Is the information correct? [Y/n] y

```

Slave3:

```

nadila@nadila-VirtualBox:~$ sudo adduser mpiusr
Menambahkan pengguna 'mpiusr' ...
Menambah grup baru 'mpiusr' (1009) ...
Menambahkan pengguna baru 'mpiusr' (1009) dengan grup 'mpiusr' ...
Membuat direktori home '/home/mpiusr' ...
Menyalin berkas dari '/etc/skel' ...
Kata sandi baru:
Ketik ulang kata sandi baru:
passwd: kata sandi diperbaharui dengan sukses
Mengubah informasi pengguna dari mpiusr
Masukkan nilai baru atau tekan ENTER untuk nilai bawaan
    Nama Lengkap []:
    Nomor Ruangan []:
    Telepon Kantor []:
    Telepon Rumah []:
    Lain-lain []:
Apakah informasi ini benar? [y/N] y

```

## 2. Memberi akses root ke user

Lakukan di master dan slave dengan perintah berikut:

```
Sudo usermod -aG sudo mpiusr
```

Perintah ini akan menjadikan user `mpiusr` akan memiliki hak akses superuser.

Master:

```

iren@iren-VirtualBox:~$ sudo usermod -aG sudo mpiusr

```

Slave1:

```

tasya@tasya-VirtualBox:~$ sudo usermod -aG sudo mpiusr

```

Slave2:

```

zahra@zahra-VirtualBox:~$ sudo usermod -aG sudo mpiusr

```

Slave3:

```

nadila@nadila-VirtualBox:~$ sudo usermod -aG sudo mpiusr

```

### 3. Masuk ke user

Lakukan di master dan slave dengan perintah berikut:

```
su - mpiusr
```

Master:

```
iren@iren-VirtualBox:~$ su - mpiusr
Password:
To run a command as administrator (user "root"), use "sudo <command>".
See "man sudo_root" for details.
```

Slave1:

```
tasya@tasya-VirtualBox:~$ su - mpiusr
Password:
To run a command as administrator (user "root"), use "sudo <command>".
See "man sudo_root" for details.
```

Slave2:

```
zahra@zahra-VirtualBox:~$ su - mpiusr
Password:
To run a command as administrator (user "root"), use "sudo <command>".
See "man sudo_root" for details.
```

Slave3:

```
nadila@nadila-VirtualBox:~$ su - mpiusr
Sandi:
To run a command as administrator (user "root"), use "sudo <command>".
See "man sudo_root" for details.
```

- **Konfigurasi SSH**

Setelah masuk ke user, lakukan konfigurasi SSH.

#### 1. Install SSH

Lakukan di master dan slave:

```
sudo apt install openssh-server
```

Perintah tersebut akan menginstal perangkat lunak OpenSSH Server pada sistem jika belum terinstal, sehingga Anda dapat menggunakan layanan SSH untuk mengakses dan mengelola sistem secara remote dengan aman.

#### 2. Generate Keygen

Lakukan di master:

```
Ssh-keygen -t rsa
```

Perintah ini akan membuat kunci SSH baru.

master:

```

mpiusr@iren-VirtualBox:~$ ssh-keygen -t rsa
Generating public/private rsa key pair.
Enter file in which to save the key (/home/mpiusr/.ssh/id_rsa):
Created directory '/home/mpiusr/.ssh'.
Enter passphrase (empty for no passphrase):
Enter same passphrase again:
Your identification has been saved in /home/mpiusr/.ssh/id_rsa
Your public key has been saved in /home/mpiusr/.ssh/id_rsa.pub
The key fingerprint is:
SHA256:p5KmhkhQHnzBXm6cIvB2dqn540bPg5M9emaACVHnprk mpiusr@iren-VirtualBox
The key's randomart image is:
+---[RSA 3072]-----+
| . oo.. |
| . = oo. |
| = = +oo |
| . * =+B |
| .. =o0 S . |
| . =.o. o |
| .. .Eo+B. |
| . . .oB.X |
| . .ooB o |
+---[SHA256]-----+

```

Lewatkan seluruh input. Setelah melalui tahap tersebut akan ada folder `.ssh`. dan di dalamnya terdapat file `id_rsa` dan `id_rsa.pub`. file `id_rsa` adalah adalah kunci privat yang digunakan untuk mengautentikasi diri saat terhubung ke server jarak jauh. File `id_rsa.pub` adalah kunci publik yang diberikan kepada server jarak jauh yang ingin diakses.

### 3. Copy key publikkeslave

Lakukan di master:

Salin isidari file `id_rsa.pub` ke file `authorized_keys` semua slave menggunakan perintah berikut:

```

cd .ssh
cat id_rsa.pub | ssh <nama user>@<host>"mkdir .ssh; cat >>
.ssh/authorized_keys"

```

Lakukan penyalinan perintah berulang-ulang dari master ke slave dengan mengubah `<host>` menjadi nama host masing-masing slave.

master:



```

mpiusr@iren-VirtualBox:~$ cd .ssh
mpiusr@iren-VirtualBox:~/.ssh$ cat id_rsa.pub | ssh mpiusr@slave1 "mkdir .ssh; cat
>> .ssh/authorized_keys"
The authenticity of host 'slave1 (10.8.143.246)' can't be established.
ED25519 key fingerprint is SHA256:i3W9XltXakgQMvuygRIJCq1pJvp4fbNV5xb5tRjxx30.
This key is not known by any other names
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added 'slave1' (ED25519) to the list of known hosts.
mpiusr@slave1's password:
mpiusr@iren-VirtualBox:~/.ssh$ cat id_rsa.pub | ssh mpiusr@slave2 "mkdir .ssh; cat
>> .ssh/authorized_keys"
The authenticity of host 'slave2 (10.8.143.239)' can't be established.
ED25519 key fingerprint is SHA256:iQoC++ukX96//9w25AGLTFJPUpeN0YvW74zvCCmunfk.
This key is not known by any other names
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added 'slave2' (ED25519) to the list of known hosts.
mpiusr@slave2's password:
mpiusr@iren-VirtualBox:~/.ssh$ cat id_rsa.pub | ssh mpiusr@slave3 "mkdir .ssh; cat
>> .ssh/authorized_keys"
The authenticity of host 'slave3 (10.8.143.46)' can't be established.
ED25519 key fingerprint is SHA256:RHIMsW7Y5ziO1fGepVdFwgKOp7qoNRaSpr14U25LVRI.
This key is not known by any other names
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added 'slave3' (ED25519) to the list of known hosts.
mpiusr@slave3's password:

```

Dengan membagikan kunci SSH, master akan dapat mengakses server slave jarak jauh dengan aman tanpa perlu memasukkan kata sandi setiap kali.

## • Konfigurasi NFS

### 1. Buat shared folder

Lakukan di master dan slave dengan perintah mkdir :

```
mkdir fix
```

master:

```
mpiusr@iren-VirtualBox:~$ mkdir fix
```

Slave1:

```
mpiusr@tasya-VirtualBox:~$ mkdir fix
```

Slave2:

```
mpiusr@zahra-VirtualBox:~$ mkdir fix
```

Slave3:

```
mpiusr@nadila-VirtualBox:~$ mkdir fix
```

### 2. Install NFS Server

Lakukan di master:

```
sudo apt install nfs-kernel-server
```

Perintah ini akan menginstall paket `nfs-kernel-server` pada master agar dapat berbagi direktori atau sistem berkas dengan slave.

### 3. Konfigurasi file `/etc/exports`

Lakukan di master:

Edit file `/etc/exports` dengan editor nano

```
sudo nano /etc/exports
```

tambahkan baris berikut.

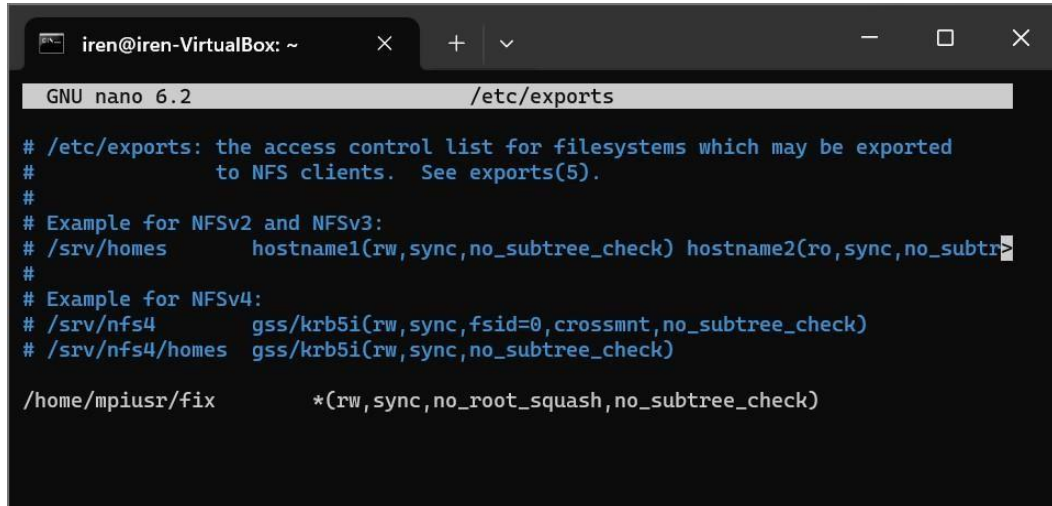


<lokasi shared folder> \*(rw, sync, no\_root\_squash, no\_subtree\_check)

Sesuaikan <lokasi shared folder> dengan lokasi folder yang telah dibuat:

```
/home/mpiusr/fix  
*(rw, sync, no_root_squash, no_subtree_check)
```

Master:

A screenshot of a terminal window titled 'iren@iren-VirtualBox: ~'. The terminal shows the GNU nano 6.2 editor editing the file /etc/exports. The content of the file is as follows:

```
# /etc/exports: the access control list for filesystems which may be exported  
# to NFS clients. See exports(5).  
#  
# Example for NFSv2 and NFSv3:  
# /srv/homes hostname1(rw, sync, no_subtree_check) hostname2(ro, sync, no_subtree_check)  
#  
# Example for NFSv4:  
# /srv/nfs4 gss/krb5i(rw, sync, fsid=0, crossmnt, no_subtree_check)  
# /srv/nfs4/homes gss/krb5i(rw, sync, no_subtree_check)  
  
/home/mpiusr/fix *(rw, sync, no_root_squash, no_subtree_check)
```

Lakukan perintah berikut untuk memastikan bahwa perubahan konfigurasi yang dilakukan dalam file /etc/exports diterapkan tanpa harus memulai ulang layanan NFS.

```
Sudo exportfs -a
```

Jalankan perintah ini untuk memuat ulang layanan server NFS dan menerapkan perubahan konfigurasi terbaru dalam file konfigurasi /etc/exports.

```
Sudo systemctl restart nfs-kernel-server
```

#### 4. Install NFS

Lakukan di slave dengan perintah berikut:

```
sudo apt install nfs-common
```

Paket nfs-common akan diinstall, memungkinkan untuk mengakses dan menggunakan berkas yang dibagikan oleh master NFS yang telah dikonfigurasi dengan benar.

#### 5. Mounting

Lakukan di slave dengan perintah berikut:

```
sudo mount <server host>:<lokasi shared folder di  
master><lokasi shared folder di slave>
```

sesuaikan <server host>, <lokasi shared folder di master> dan <lokasi shared folder di slave>

```
sudo mount master:/home/mpiusr/fix /home/mpiusr/fix
```

Slave1:

```
mpiusr@tasya-VirtualBox:~$ sudo mount master:/home/mpiusr/fix /home/mpiusr/fix
[sudo] password for mpiusr:
```

Slave2:

```
mpiusr@zahra-VirtualBox:~$ sudo mount master:/home/mpiusr/fix /home/mpiusr/fix
[sudo] password for mpiusr:
```

Slave3:

```
mpiusr@nadila-VirtualBox:~$ sudo mount master:/home/mpiusr/fix /home/mpiusr/fix
[sudo] katasandi untuk mpiusr:
mpiusr@nadila-VirtualBox:~$ df -h
Sistem Berkas      Besar  Isi  Sisa Isi% Dipasang di
tmpfs               197M  1,2M 196M  1% /run
/dev/sda3           15G   11G  3,4G  77% /
tmpfs               983M   0 983M  0% /dev/shm
tmpfs               5,0M  4,0K 5,0M  1% /run/lock
/dev/sda2           512M  6,1M 506M  2% /boot/efi
tmpfs               197M 108K 197M  1% /run/user/1000
master:/home/mpiusr/fix 24G  12G  11G  52% /home/mpiusr/fix
```

Lakukan testing pembuatan file di folder fix di komputer master, kemudian lakukan pengecekan apakah file tersebut sudah ada di semua komputer slave:

Master:

Membuat file test.py

```
mpiusr@iren-VirtualBox:~/fix$ touch test.py
```

Server1:

```
mpiusr@tasya-VirtualBox:~/fix$ ls -l
total 0
-rw-rw-r-- 1 a zero 0 Nov  4 13:12 test.py
```

Server2:

```
mpiusr@zahra-VirtualBox:~/fix$ ls -l
total 0
-rw-rw-r-- 1 mpiuser zero 0 Nov  4 13:12 test.py
```

Server3:

```
mpiusr@nadila-VirtualBox:~/fix$ ls -l
total 0
-rw-rw-r-- 1 b b 0 Nov  4 13:12 test.py
```

- **MPI**

1. **Install MPI**

Lakukan di master dan slave dengan perintah berikut:

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

Perintah ini akan menginstal OpenMPI dan komponen yang diperlukan untuk menjalankan program MPI.

## 2. Testing

Lakukan di master:

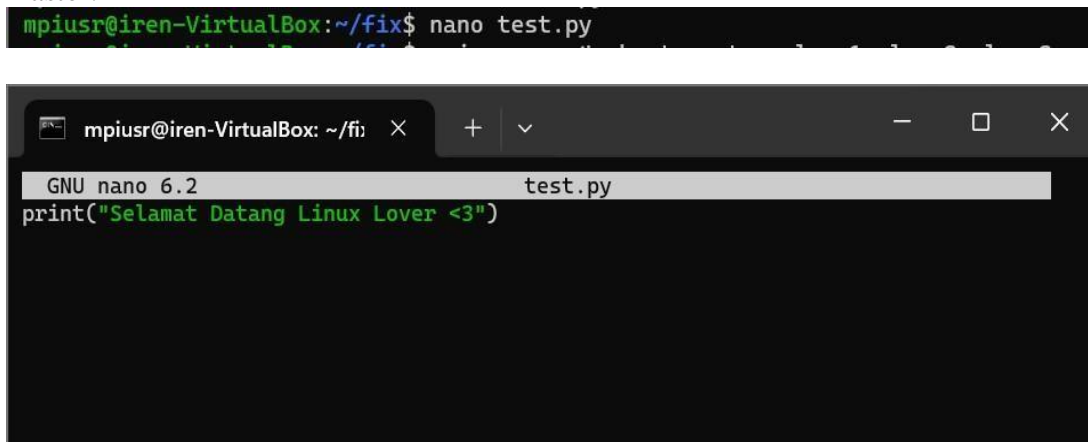
Buat file python di folder fix. Misal test.py

```
touch test.py
```

Kemudian edit file menggunakan perintah nano dengan mengisi file tersebut dengan perogram python sederhana, misalnya:

```
print("Selamat Datang Linux Lover <3")
```

Master:



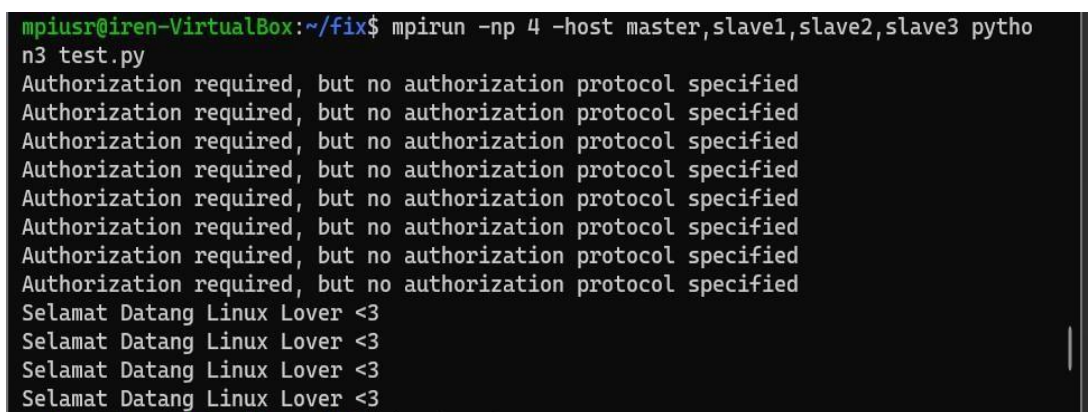
The screenshot shows a terminal window with the prompt `mpiusr@iren-VirtualBox: ~/fix$`. The user enters `nano test.py`. A second window shows the `nano` editor with the file `test.py` open, containing the line `print("Selamat Datang Linux Lover <3")`.

Gunakan perintah berikut untuk mengeksekusi program tersebut:

```
mpirun -np <jumlahprosesor> -host <daftar host> python3 test.py
```

Sesuaikan dengan progrm yang akan dijalankan

```
mpirun -np 4 -host master,slave1,slave2,slave3 python3 test.py
```



The screenshot shows a terminal window with the prompt `mpiusr@iren-VirtualBox: ~/fix$`. The user enters `mpirun -np 4 -host master,slave1,slave2,slave3 python3 test.py`. The output shows four lines of "Authorization required, but no authorization protocol specified" followed by four lines of "Selamat Datang Linux Lover <3".

Output dari program tersebut menandakan bahwa program telah berhasil dieksekusi dan dapat berjalan di setiap komputer.

### 3. Eksekusi program numerik Python menggunakan MPI

Lakukan di master:

Agar bisa memanfaatkan MPI dengan python, install library mpi4py melalui pip menggunakan perintah berikut:

```
sudo apt install python3-pip
pip install mpi4py
```

Kemudian gunakan `from mpi4py import MPI` untuk mengimport mpi pada program python.

Buat program perhitungan numerik menggunakan bahasa pemrograman python.

```
nano pers22.py
```

Berikut adalah program yang akan digunakan dan akan disimpan dengan nama pers22.py:

```
from mpi4py import MPI
import math

# Inisialisasi MPI
comm = MPI.COMM_WORLD
rank = comm.Get_rank()
size = comm.Get_size()

# Input koefisien a, b, dan c dari proses 0
a = None
b = None
c = None

if rank == 0:
    a = float(input("Masukkan koefisien a: "))
    b = float(input("Masukkan koefisien b: "))
    c = float(input("Masukkan koefisien c: "))

# Broadcast koefisien a, b, dan c dari proses 0 ke semua proses
a = comm.bcast(a, root=0)
b = comm.bcast(b, root=0)
c = comm.bcast(c, root=0)

# Hitung diskriminan di semua proses
diskriminan = b**2 - 4*a*c

# Inisialisasi variabel untuk menerima hasil
x1 = None
x2 = None
```

```

# Cek apakah diskriminan positif, nol, atau negatif di semua proses
if diskriminan > 0:
    x1_local = (-b + math.sqrt(diskriminan)) / (2*a)
    x2_local = (-b - math.sqrt(diskriminan)) / (2*a)
elif diskriminan == 0:
    x1_local = -b / (2*a)
    x2_local = x1_local
else:
    realPart = -b / (2*a)
    imaginaryPart = math.sqrt(-diskriminan) / (2*a)
    x1_local = complex(realPart, imaginaryPart)
    x2_local = complex(realPart, -imaginaryPart)

# Kumpulkan hasil dari semua proses ke proses 0
x1 = comm.gather(x1_local, root=0)
x2 = comm.gather(x2_local, root=0)

# Di proses 0, cetak hasil akar-akar persamaan kuadrat
if rank == 0:
    print("Akar-akar persamaan kuadrat adalah:")
    for i in range(size):
        print(f"Proses {i}:")
        print("x1 =", x1[i])
        print("x2 =", x2[i])

```

Program ini merupakan program python yang akan mencari akar-akar persamaan kuadrat dengan bentuk umum:  $ax^2+bx+c$ . Program ini meminta user untuk menginput koefisien a, b, c. Kemudian outputnya akan menampilkan hasil akar-akar dari persamaan kuadrat dengan koefisien yang diinput oleh user.

Gunakan perintah berikut untuk mengeksekusi program tersebut:

```

mpirun -np <jumlahprosesor> -host <daftar host> python3
<nama program yang akan dieksekusi>

```

Sesuaikan dengan program yang akan dijalankan :

```

mpirun -np 4 -host master, slave1,slave2,slave3 python3
pers22.py

```

Output:

```

mpiusr@iren-VirtualBox:~/fix$ mpirun -np 4 -host master,slave1,slave2,slave3 python3 pers22.py
Authorization required, but no authorization protocol specified
Authorization required, but no authorization protocol specified
Authorization required, but no authorization protocol specified
Authorization required, but no authorization protocol specified
Authorization required, but no authorization protocol specified
Authorization required, but no authorization protocol specified
Authorization required, but no authorization protocol specified
Masukkan koefisien a: 33
Masukkan koefisien b: 4
Masukkan koefisien c: 77
Akar-akar persamaan kuadrat adalah:
Proses 0:
x1 = (-0.06060606060606061+1.5263224556924884j)
x2 = (-0.06060606060606061-1.5263224556924884j)
Proses 1:
x1 = (-0.06060606060606061+1.5263224556924884j)
x2 = (-0.06060606060606061-1.5263224556924884j)
Proses 2:
x1 = (-0.06060606060606061+1.5263224556924884j)
x2 = (-0.06060606060606061-1.5263224556924884j)
Proses 3:
x1 = (-0.06060606060606061+1.5263224556924884j)
x2 = (-0.06060606060606061-1.5263224556924884j)
mpiusr@iren-VirtualBox:~/fix$

```

Pers22.py telah berhasil dieksekusi, dan menghasilkan tampilan output seperti di atas.