

**ELECTRON GAMMA SHOWER
PADA KOMPUTER CLUSTER**

Penulis:
Junios
Delsi Kariman

**PENERBIT: Universitas Prima Nusantara
Bukittinggi Press**

ELECTRON GAMMA SHOWER PADA KOMPUTER CLUSTER

Copyright © Prima Nusantara Bukittinggi Press 2024

Penulis:

Junios
Delsi Kariman

Editor: Dina Ediana
Desain Sampul: Dina Ediana
Penerbit Univeristas Prima Nusantara Bukittinggi Press
E-mail: isbn.primanusantarabkt@gmail.com
No.WA: 0853-7614-6611

Junios
Delsi Kariman
Electron Gamma Shower Pada Komputer Cluster
v + 52 Halaman
ISBN:
Cetakan ke-satu, Mei 2024
Universitas Prima Nusantara Bukittinggi Press

Redaksi:
Universitas Prima Nusantara Bukittinggi
Jl. Kusuma Bhakti No.99, Kubu Gulai Bancah, Kec. Mandiangin
Koto Selayan, Kota
Bukittinggi, Sumatera Barat 26111
Telp/Fax, (0752) 6218242/ **Fax.**(0752) 32325

Mei, 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku
tanpa izin tertulis dari penerbit maupun penulis.

PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala atas rampungnya buku yang berjudul "Electron Gamma Shower Pada Komputer Cluster". Buku ini diperlukan sebagai pedoman bagi mahasiswa, peneliti dan masyarakat umum yang mempunyai keinginan mempelajari simulasi Monte Carlo dalam berbagai bidang terutama dalam terapi radiasi.

Pembuatan buku ini menjawab atas kebutuhan para dosen, mahasiswa, dan masyarakat umum di bidang kesehatan, fisika medis, informatika medis, sains data dan kedokteran, terutama dalam pemanfaatan EGS-NRC pada simulasi Monte Carlo dimana sulit untuk menemukan referensi dalam Bahasa Indonesia.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan kepada Penerbit Buku UPNB Press Bukittinggi Sumatera Barat yang telah memfasilitasi penerbitan buku ini.

Dalam proses kegiatan pembelajaran, kehadiran buku ini sangat membantu karena buku ini membahas secara lengkap seperti tertuang dalam Bab-Bab:

Bab 1 Pendahuluan

Bab 2 Perangkat Pendamping Analisis

Bab 3 Instal Program Electron Gamma Shower Pada Komputer Cluster

Bab 4 Instal BEAM-NRC di Komputer Cluster

Bab 5 Technical Note Running BEAM-NRC di Komputer Cluster

Bab 6 Running Di Komputer Cluster

Bab 7 Putty Dan Winscp Akses Komputer Cluster di Luar Jaringan

Bab 8 Penutup

Kami menyadari dalam pembuatan buku Electron Gamma Shower Pada Komputer Cluster ini masih terdapat kekurangan dan kelemahan, semoga di masa yang akan datang lebih baik lagi. Besar harapan kami semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca masyarakat pada umumnya, khususnya dosen, mahasiswa, tenaga kesehatan dan kedokteran terutama dalam mata kuliah Fisika Komputasi Lanjut, Fisika Radiasi, Analisis Data, dan lain-lain.

Bukittinggi, Mei 2024

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
Bab 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 PERANGKAT PENDAMPING ANALISIS	7
2.1 Penggunaan CT-Create.....	7
2.2 Penggunaan Komputer Cluster	10
2.3 Penelitian terkait Pemanfaatan EGS-NRC Monte Carlo	15
BAB 3 INSTAL PROGRAM ELECTRON GAMMA SHOWER PADA KOMPUTER CLUSTER	17
BAB 4 INSTAL BEAM-NRC DI KOMPUTER CLUSTER	27
BAB 5 TECHNICAL NOTE RUNNING BEAM-NRC DI KOMPUTER CLUSTER	31
BAB 6 RUNNING DI KOMPUTER CLUSTER.....	39
BAB 7 PUTTY DAN WINSCP AKSES KOMPUTER CLUSTER DI LUAR JARINGAN	41
BAB 8 PENUTUP	45
8.1 Kesimpulan.....	45
8.2 Tantangan dan Solusi.....	45
8.3 Saran untuk Penggunaan dan Pengembangan Lebih Lanjut.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	47
PROFIL PENULIS.....	51

Bab 1 PENDAHULUAN

Electron Gamma Shower (EGS) yang dikembangkan oleh National Research Council (NRC) of Canada meliputi aspek teknis dan aplikasi fisika radiasi dalam berbagai bidang (I. Kawrakow, 2024). Sejarah perkembangan penggunaan EGS dalam berbagai bidang terlihat dalam uraian berikut ini:

1.1 Pengantar dan Sejarah Pengembangan EGS

EGS adalah sebuah program simulasi Monte Carlo yang digunakan untuk memodelkan perambatan dan interaksi partikel bermuatan (seperti elektron dan positron) dan foton dalam berbagai medium. Program ini pertama kali dikembangkan pada awal 1970-an oleh para ilmuwan di National Research Council of Canada. Tujuan awal pengembangan adalah untuk membantu dalam penelitian radioterapi dan radiasi pengion, namun seiring waktu aplikasinya meluas ke banyak bidang lain seperti fisika medis, fisika nuklir, informatika medis (Junios, et.al., 2024) dan perlindungan radiasi (Kawrakow, 2000).

1.2 Prinsip Dasar Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo pada EGS didasarkan pada konsep sampling stokastik dari proses fisika yang mendasari interaksi partikel dengan materi. Hal ini melibatkan penggunaan distribusi probabilitas untuk model peristiwa fisik seperti hamburan, penyerapan, dan pembuangan energi. EGS memanfaatkan model-model fisika yang kompleks untuk menghitung lintasan dan energi partikel setelah interaksi dengan materi, yang memungkinkan simulasi yang sangat akurat dari fenomena fisik tersebut (Rogers et al., 2024).

1.3 Komponen Utama dan Struktur Program

Program EGS terdiri dari beberapa komponen utama

termasuk kode sumber yang mengatur perambatan partikel, pustaka data lintas seksional yang menyediakan informasi tentang probabilitas interaksi partikel dengan materi, dan rutinitas input/output yang memungkinkan pengguna untuk menentukan konfigurasi eksperimental dan mengumpulkan hasil. Struktur modul EGS memudahkan penyesuaian dan integrasi dengan aplikasi eksternal, yang sangat berguna dalam penelitian dan pengembangan aplikasi baru (Kawrakow, 2024).

1.4 Aplikasi dalam Penelitian dan Industri

Aplikasi EGS sangat luas dan mencakup bidang seperti radioterapi, dimana digunakan untuk merancang berkas penyinaran untuk pengobatan dan mengoptimalkan dosis pengiriman kepada pasien. Di bidang perlindungan radiasi, EGS membantu merancang perisai radiasi dan sistem deteksi radiasi. Dalam fisika nuklir, EGS digunakan untuk merancang detektor dan menghitung koreksi efek radiasi pada eksperimen. EGS juga telah diadaptasi untuk digunakan dalam penelitian lingkungan dan astrofisika (Junios, 2016).

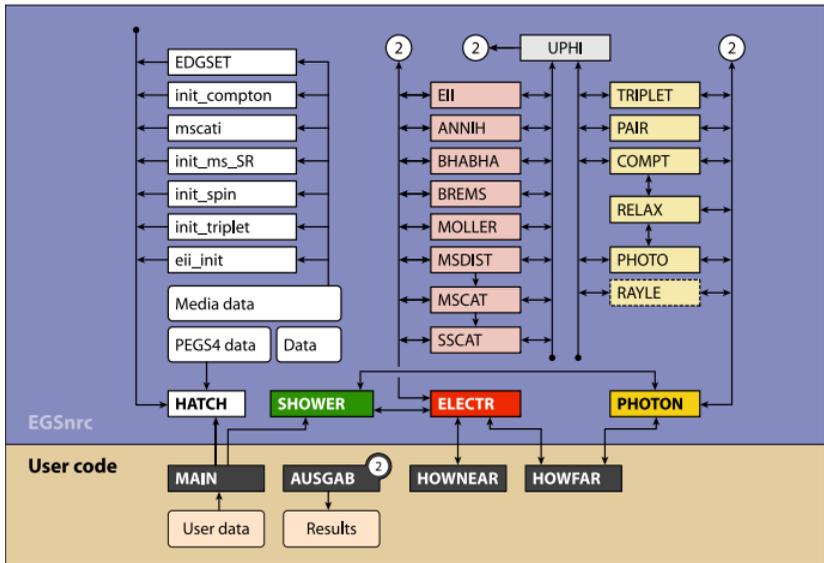
1.5 Perkembangan Terkini dan Masa Depan

Seiring kemajuan teknologi komputasi, EGS terus ditingkatkan dalam hal kemampuan dan efisiensi. Integrasi dengan perangkat keras komputasi modern seperti GPU dan paralelisasi telah memungkinkan peningkatan besar dalam kecepatan simulasi (Gropp et al., 1996). Riset terkini juga melibatkan pengembangan algoritma baru untuk memperbaiki akurasi dan efisiensi simulasi. Kerja sama internasional dan kontribusi dari komunitas ilmiah global terus memperkaya kemampuan EGS dalam menghadapi tantangan ilmiah dan teknis yang baru (Junios et al., 2024).

1.6 Simulasi Monte Carlo dalam Radioterapi

Dalam EGS-NRC, transport foton dan partikel bermuatan

(positron dan elektron) disimulasikan berdasarkan proses interaksi fisis yang terjadi secara acak (Junios, et al., 2020b). Struktur code system pada EGS-NRC ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Bagan struktur *EGS-NRC Code System* (Kawrakow et al., 2016)

Pada Gambar 1.1 terlihat dua bagian utama struktur EGS-NRC yaitu EGS-NRC code dan user code. User code berfungsi untuk: (a) spesifikasi geometri, *incident beam*, dan output yang dibutuhkan dalam simulasi; (b) inisialisasi history dari setiap partikel; (c) merekam atau skoring parameter yang diinginkan (contohnya dosis tiap voxel); (d) pengaturan step size; (e) hasil simulasi. Fungsi dari (a), (b), dan (e) diatur pada MAIN subroutine, fungsi (c) oleh AUSGAB subroutine dan (d) oleh HOWFAR subroutine. EGS system code berfungsi untuk simulasi dari transpor partikel dilakukan pada main system. Parameter awal dari history setiap partikel awal diambil dari MAIN subroutine pada user code kemudian

dikirimkan ke sistem code SHOWER *subroutine*. *Routines* dari simulasi partikel juga berhubungan dengan routine lainnya seperti AUSGAB dan HOWFAR pada *usercode*. PEGS4, sebelum simulasi dimulai, set data yang berisi tentang informasi sifat-sifat fisis dari setiap material yang digunakan dalam simulasi harus dibuat terlebih dahulu menggunakan EGS4 preprocessor (PEGS4). Program ini menghasilkan berbagai parameter yang dibutuhkan seperti *scattering cross section*, *mean free path*, dan *electron stopping power* untuk range energi tertentu yang diatur oleh user. PEGS4 data dibaca melalui subroutine HATCH pada *usercode* sebelum simulasi dimulai.

Simulasi Monte Carlo (MC) dapat dijelaskan dengan mudah sebagai perjalanan n buah partikel yakni foton dan elektron yang melewati sebuah medium. Konsep perhitungan MC adalah merekam jejak partikel mulai dari proses kelahiran, proses kehidupan, hingga kematian. Pada proses kelahiran yang menjadi kajian utama adalah bentuk sumber, jenis partikel, dan energi sumber. Perjalanan partikel menjadi unik, karena masing-masingnya mempunyai cerita sendiri-sendiri. Secara umum metode transpor partikel menggunakan metode MC terjadi sebagai berikut (Kawrakow, 2000):

1. Menentukan sumber partikel yang meliputi jenis partikel, energi, serta arah gerak (sebaran) partikel.
2. Menentukan jarak yang ditempuh partikel sebelum berinteraksi dengan materi.
3. Menentukan jenis interaksi.
4. *Tracking* partikel setelah interaksi dengan materi termasuk *tracking* partikel sekunder yang dihasilkan.
5. Mengulangi langkah (1) sampai (5) hingga energi partikel dibawah ambang atau diluar daerah yang ditinjau.

MC merupakan metode pendekatan numerik terhadap proses stokastik dengan memanfaatkan bilangan random. Kejadian dalam proses stokastik dapat digambarkan dengan suatu fungsi distribusi probabilitas, oleh karena itu fungsi distribusi probabilitas memegang peranan penting dalam simulasi MC. Parameter fisis pada peristiwa stokastik dapat dicari melalui fungsi distribusi probabilitas. Fungsi distribusi probabilitas digunakan dalam bentuk nilai *cummulative density function* (cdf). Ada dua metode dalam menggunakan cdf untuk mengambil sampel yaitu metode *invers cdf* dan metode *range rejection*. Metode *invers cdf* dilakukan dengan cara “membalik” fungsi cdf (Junios, et al., 2020a).

Metode *range rejection* digunakan ketika fungsi distribusi probabilitas tidak diketahui atau *invers cdf* sulit dilakukan. Sesuai namanya *range rejection* maka metode ini mengambil sampel dengan cara menolak sampel lain yang tidak sesuai kriteria. Pemilihan sampel menggunakan metode *range rejection* dilakukan dengan cara memeriksa bilangan random yang dibangkitkan (Junios, et al., 2020).

Misalkan foton berada pada suatu titik dengan energi dan arah gerak tertentu akan berinteraksi dalam suatu medium. Probabilitas foton yang tidak berinteraksi ketika menempuh jarak x adalah $e^{-\mu x}$ (distribusi eksponensial) dengan demikian nilai cdf dari fungsi distribusi tersebut adalah

$$x = -\frac{1}{\mu} \ln \xi_1 \dots\dots\dots (1)$$

Nilai koefisien atenuasi linier secara mikroskopis merupakan total dari semua *cross-section* interaksi yang mungkin, sehingga dapat dituliskan

$$\mu = \tau + \sigma_c + \sigma_{pp} + \delta \dots\dots\dots (2)$$

Dimana $\tau, \sigma_c, \sigma_{pp}$, dan δ berturut-turut adalah nilai *cross-section* untuk interaksi fotolistrik, efek Compton, produksi pasangan, dan fotodisintegrasi (untuk foton berenergi tinggi).

Jenis interaksi yang terjadi ditentukan untuk membangkitkan bilangan random kedua (ξ_2). Pemilihan jenis interaksi antara foton dan medium menggunakan metode *range rejection* berdasarkan kaidah pada pertidaksamaan $P(k - 1) < \xi \leq P(k)$, maka efek foto listrik dipilih saat $\xi_2 \leq \frac{\tau}{\mu}$, efek Compton dipilih saat $\xi_2 \leq \frac{\tau + \sigma_c}{\mu}$, atau produksi pasangan ketika $\xi_2 \leq \frac{\tau + \sigma_c + \sigma_{pp}}{\mu}$ selain ketiga kemungkinan tersebut maka interaksi yang terjadi adalah fotodisintegrasi. Posisi, energi, dan arah gerak foton setelah interaksi ditentukan menggunakan bilangan acak yang dibangkitkan selanjutnya dan metode pemilihan sampel yang sesuai dengan fungsi distribusi energi dan arah gerak foton. Partikel sekunder yang lahir karena interaksi foton yang terjadi diperlakukan seolah-olah partikel primer sehingga partikel sekunder tersebut juga ditelusuri dari mulai ada (lahir) hingga proses kematian (energi di bawah energi ambang atau keluar dari area pengamatan). Seluruh jejak partikel disimpan dalam ruang fase. Langkah penelusuran foton tersebut diulang untuk menelusuri n buah foton yang disimulasikan (Kurniati et al., 2021; Penta Krisna et al., 2020).

BAB 2 PERANGKAT PENDAMPING ANALISIS

2.1 Penggunaan CT-Create

Sebelum menggunakan ctcreate untuk mengubah data CT menjadi phantom virtual yang akan digunakan oleh dosxyznrc, yang harus dilakukan adalah (Solomon & Samei, 2014, Robles et al., 2020):

1. Copy folder file yang berisis data CT scan thorax ke dalam folder CT yang ada di ctcreate
2. Pastikan dalam folder file data CT tersebut terdapat CT file untuk menyusun semua data CT menjadi berurutan.
3. Lakukan pengaturan atau penyusunan semua data CT pada CT file.

Sebagai contoh, data CT yang ada tersimpan dalam format DICOM dengan jumlah 115 buah, maka penyusunan dalam CTfile adalah sebagai berikut:

```
/home/yanidefri/HEN_HOUSE/omega/progs/ctcreate/CT/thorax ct.0.dcm
```

```
/home/yanidefri/HEN_HOUSE/omega/progs/ctcreate/CT/thorax ct.1.dcm
```

```
/home/yanidefri/HEN_HOUSE/omega/progs/ctcreate/CT/thorax ct.2.dcm
```

```
/home/yanidefri/HEN_HOUSE/omega/progs/ctcreate/CT/thorax ct.3.dcm
```

```
.
```

```
.
```

```
.
```

```
/home/yanidefri/HEN_HOUSE/omega/progs/ctcreate/CT/thorax ct.115.dcm
```

4. Simpan pengaturan tersebut dengan diberi nama sesuai

dengan yang diinginkan.

Cara menggunakan ctcreate:

1. Buka terminal
2. Masuk ke dalam folder tersebut dengan mengetik `cd HEN_HOUSE/omega/progs/ctcreate/CT/thorax`
Ketik `ctcreate` (dengan huruf kecil semua) (Wilson et al., 2022).
3. Akan muncul tiga pilihan untuk menanyakan CT format (1. Pinnacle, 2. CADPLAN, 3. DICOM). Ketik angka 3 (karena data CT yang dimiliki tersimpan dalam format DICOM)
4. Ketikkan nama CTfile (CTfile yang berisi seluruh data CT yang sudah disusun secara berurutan sebelumnya)
5. Ketikkan batas bawah dan batas atas dari dimensi phantom yang akan digunakan dalam DOSXYZnrc yang dinyatakan dalam `xctsubmin`, `xctsubmax`, `yctsubmin`, `yctsubmax`, `zctsubmin`, `zctsubmax`
6. Ketikkan pengaturan ukuran voxel yang dinyatakan dalam `xyz_xthickness`, `xyz_ythickness`, `xyz_zthickness`. Pastikan jumlah maksimal voxel dan ukuran minimal voxel sesuai dengan pengaturan pada file `ctcreate.mortran` code.
7. Ketikkan jumlah material penyusun phantom (`num_material`) dan batas bawah material CT (`material_CT_lower_bound`). Jika jumlah material dan batas bawah material CT di set 0 dan 0, maka akan digunakan pengaturan default. Tapi jika jumlah materialnya lebih dari satu, maka ketikkan jumlahnya, dan batas bawah material CT nya. Selanjutnya ketikkan keseluruhan jenis material penyusunnya beserta batas atas material CT (`material_CT_upper_bound`), batas bawah densitas material (`material_Density_lower_bound`), dan batas atas densitas material (`material_density_upper_bound`).
8. Keluaran dari `ctcreate` yaitu file dengan ekstensi `.egsphant` akan secara otomatis tersimpan dalam folder file CT tersebut, dan telah siap untuk digunakan dalam

dosxyznrc.

Keterangan:

Dalam pembacaan data CT dilakukan digunakan pengaturan parameter sebagai berikut:

1. ctformat: DICOM
2. nama CTfile: dian
3. xctsubmin: -24.016, xctsubmax: 23.354
yctsubmin: -23.694, yctsubmax: 23.676
zctsubmin: -114.7, zctsubmax: -149.2
sehingga panjang phantom kurang lebih 43.37 cm x 47.37 cm x 34.5 cm
4. xyz_xthickness: 0.3708
xyz_ythickness: 0.3708
xyz_zthickness: 0.3
sehingga jumlah voxel kurang lebih: 128 buah pada sumbu x, 128 buah pada sumbu y, dan 116 buah pada sumbu z
5. Jumlah material: 4 dengan material_CT_lower_bound; -1024
Material 1: AIR521ICRU
(material_CT_upper_bound): -974
(material_Density_lower_bound): 0.001
(material_density_upper_bound): 0.044
Material 2: LUNG521ICRU
(material_CT_upper_bound): -724
(material_Density_lower_bound): 0.044
(material_density_upper_bound): 0.302
Material 3: ICRUTISSUE521ICRU
(material_CT_upper_bound): 101
(material_Density_lower_bound): 0.302
(material_density_upper_bound): 1.101
Material 4: ICRPBONE521ICRU
(material_CT_upper_bound): 1976
(material_Density_lower_bound): 1.101

(material_density_upper_bound): 2.088

6. Nama File keluarannya : juniors.egspant (Junios, 2016; Junios Junios, 2012).

2.2 Penggunaan Komputer Cluster

Komputer cluster adalah kumpulan dari beberapa komputer yang terhubung dan bekerja bersama-sama, sehingga secara kolektif, mereka dapat melakukan tugas lebih efisien daripada satu komputer yang bekerja sendirian (Gropp et al., 1996; Yeo et al., 2006). Setiap komputer dalam cluster ini dikenal sebagai "node". Tujuan utama dari komputer cluster adalah untuk meningkatkan kecepatan pemrosesan melalui paralelisasi tugas dan meningkatkan keandalan melalui redundansi (Aslam et al., 2018; Lee et al., 2011).

2.2.1 Komponen Komputer Cluster

Sebuah cluster biasanya meliputi (Ghormley et al., 1998):

1. Node: Setiap komputer individual dalam cluster.
2. Jaringan: Koneksi berkecepatan tinggi yang memfasilitasi komunikasi cepat antar node.
3. Perangkat Lunak Cluster: Perangkat lunak yang memungkinkan jaringan, penjadwalan, dan eksekusi pekerjaan di seluruh komputer dalam cluster (Zomaya, 2006).

2.2.2 Aplikasi Komputer Cluster

Aplikasi komputer cluster diantaranya sebagai berikut:

1. Penelitian Ilmiah: Cluster digunakan dalam berbagai penelitian ilmiah untuk melakukan komputasi yang kompleks seperti pemodelan cuaca, biologi molekuler, dan simulasi fisika (Sherwani et al., 2004).
2. Analisis Big Data: Cluster memungkinkan analisis set data besar dengan cepat, yang sangat dibutuhkan dalam bidang seperti pemasaran digital, analisis keuangan, dan

bioinformatika (Buyya, 2000).

3. Rendering dalam Film dan Animasi: Cluster dapat memproses rendering gambar dan animasi resolusi tinggi dengan lebih cepat dengan mendistribusikan beban kerja di antara beberapa node (Barak & La'adan, 1998).

2.2.3 Manfaat Menggunakan Cluster

Manfaat menggunakan cluster diantaranya sebagai berikut:

1. Kinerja dan Kecepatan: Dengan membagi tugas di beberapa node, cluster dapat memproses volume besar perhitungan atau transaksi jauh lebih cepat daripada komputer tunggal.
2. Efektivitas Biaya: Meskipun setup awal dari cluster mungkin mahal, mereka relatif lebih murah untuk ditingkatkan dan dipelihara dibandingkan dengan mainframe.
3. Keandalan dan Toleransi Kesalahan: Cluster dapat terus beroperasi bahkan jika satu node gagal, membuatnya sangat andal dan mengurangi waktu henti (Yeo et al., 2006).

2.2.4 Arsitektur Cluster

Beberapa jenis arsitektur cluster meliputi:

1. *High-Performance Clusters* (HPC): Dirancang untuk menyediakan daya komputasi yang signifikan dengan memaksimalkan kinerja setiap node.
2. *Load-balancing Clusters*: Mendistribusikan lalu lintas jaringan masuk atau permintaan aplikasi di semua node untuk mengimbangi beban secara efisien.
3. *High-Availability Clusters*: Memastikan ketersediaan terus menerus dan interupsi layanan minimal dengan secara otomatis mengalihkan tugas dari node yang gagal ke node lain dalam cluster (Steen, 2003).

2.2.5 Salah Satu Perangkat Komputer Cluster

Berikut dijelaskan komputer cluster pada Laboratorium Komputasi Lanjut Departemen Fisika FMIPA Institut Teknologi Bandung (ITB).

Cluster adalah sebuah sistem paralel komputer, dimana masing-masing komputer *standalone* terhubung untuk melakukan sebuah job secara bersama-sama seperti sebuah komputer yang terintegrasi. Bagian-bagian cluster diantaranya beberapa komputer *standalone* (PCs), sistem operasi Linux atau Windows dan program paralel seperti TCP/IP (Zomaya, 2006).

Komputer cluster yang digunakan dalam penelitian memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi software cluster

Node	Type	Status	Core (thread)	Memory	Time Limit
Compute0-14	Intel Xeon E5-2640 2,53 GHz	High2	12(24)	24 GB	48 hours
Compute0-15	Intel Xeon X5620 2,40 GHz	High	4(8)	84 GB	48 hours
Compute0-0	Intel Xeon E5606 2,13 GHz	Medium	4(8)	16 GB	24 hours
Compute0-11	Intel i7-3770 3,40 GHz	Low	4(8)	16 GB	24 hours
CPHYS	Intel Xeon X3440 2,53 GHz	Cuda	4(8)	40 GB	24 hours

Seluruh processor ini dimanfaatkan untuk mengeksekusi program EGS-NRC sehingga diharapkan dapat mempercepat waktu proses running program.



Gambar 2.1 Hardware Cluster Komputer Lab. Fisika Komputasi Lanjut Fisika FMIPA ITB

Running secara serial atau *standalone* merupakan proses eksekusi satu job yang dilakukan menggunakan komputer hanya satu core, sehingga dapat mereduksi waktu simulasi yang dibutuhkan. Pada cluster komputer yang digunakan, running serial dan paralel dapat dilakukan dengan mengatur job skrip dengan memasukkan jumlah core yang digunakan.

Kelebihan cluster komputer yang dimiliki oleh Lab. Fisika Komputasi lanjut Fisika FMIPA ITB adalah cluster yang dimiliki sudah menggunakan ssh yang dapat diakses dari luar ITB menggunakan PUTTY dan datanya bisa diambil menggunakan Winscp (Pinnegar et al., 2021).

Prosedur Jika Terjadi off Pada Aliran Listrik (Cluster off)

Jika terjadi off pada aliran listrik yang menyebabkan cluster mati, maka perlu dilakukan langkah-langkah untuk melakukan reset pada cluster komputer. Ada dua kemungkinan yang terjadi : 1) Cluster komputer mati dikarenakan node-node nya mati, dan 2) Cluster komputer mati dikarenakan *head*nya yang mati

Untuk mengatasi jika cluster mati dikarenakan node-node nya mati dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Hubungkan komputer node dengan monitor dan keyboard
2. Tekan ctrl+alt+del untuk mereset program cluster komputer
3. Ketika komputer menyala kembali, tunggu hingga 1 menit sehingga akan muncul hitungan mundur. Segera tekan enter sebelum hitungan mundur itu selesai guna menghindari proses mereset komputer gagal. Jika hitungan mundur tidak muncul, maka lanjutkan ke langkah nomor 4.
4. Jika hitungan mundur tidak ada, kita akan dihadapkan pada dua atau tiga pilihan (pada masing-masing program cluster berbeda-beda), biasanya akan ada perintah pilihan reinstal, rocks, dan CENTOS. Pilihlah rocks
5. Tunggu proses hingga layar hanya menampilkan tulisan nama komputer node tersebut dan "login"

Jika yang mati adalah *head* cluster komputer, maka perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Hubungkan komputer node dengan monitor dan keyboard
2. Tekan ctrl+alt+del untuk mereset program cluster komputer
3. Ketika komputer menyala kembali, tunggu hingga 1 menit sehingga akan muncul hitungan mundur. Segera

tekan enter sebelum hitungan mundur itu selesai guna menghindari proses mereset komputer gagal. Jika hitungan mundur tidak muncul, maka lanjutkan ke langkah nomor 4.

4. Jika hitungan mundur tidak ada, kita akan dihadapkan pada dua atau tiga pilihan (pada masing-masing program cluster berbeda-beda), biasanya akan ada perintah pilihan instal, rocks, dan CENTOS. Pilihlah rocks
5. Tunggu proses hingga layar hanya menampilkan tulisan nama komputer node tersebut dan “login”
6. Akan muncul perintah untuk mengetik/memencet tombol tertentu (perintah akan muncul dilayar komputer), kita tinggal mengikuti arahan dari komputernya.
7. Jika diperintahkan mengetik password root, maka masukan password root yang dimaksud (password root hanya dimiliki oleh admin, tidak semua user mendapatkan password tersebut).
8. Jika semua langkah diikuti maka proses mereset cluster komputer dapat dianggap selesai, dan cluster komputer berjalan normal seperti semula.

2.3 Penelitian terkait Pemanfaatan EGS-NRC Monte Carlo

Penelitian yang memanfaatkan EGS-NRC Monte Carlo telah dilakukan dalam berbagai bidang, khususnya yang berkaitan dengan transportasi radiasi ionisasi dan aplikasi medis. Berikut adalah beberapa contoh penelitian yang telah menggunakan EGS-NRC Monte Carlo:

1. Analisis Dosis Radiasi: EGS-NRC Monte Carlo digunakan untuk memodelkan penyebaran foton, elektron, dan positron dalam bahan yang homogen, yang penting dalam penentuan dosis radiasi dalam konteks medis dan industri. Software ini mendukung simulasi yang akurat

untuk energi kinetik antara 1 keV dan 10 GeV.

2. Pemodelan Geometri yang Kompleks: Dengan bantuan library egs++, EGS-NRC Monte Carlo dapat digunakan untuk memodelkan geometri dan sumber partikel yang kompleks, yang sangat berguna dalam studi metrologi dan terapi radiasi. Berikut adalah judul-judul penelitian terkait.
3. Optimalisasi Parameter Fisik: Penelitian juga dilakukan untuk menentukan dan memvalidasi parameter fisik awal untuk simulasi Monte Carlo, yang sangat penting dalam menyiapkan dan mengoptimalkan pengaturan peralatan radioterapi dan diagnostik medis.

Penelitian-penelitian ini menunjukkan bagaimana EGS-NRC Monte Carlo telah menjadi alat yang penting dalam mengembangkan aplikasi yang membutuhkan pemodelan transportasi radiasi ionisasi yang akurat. Ini mencakup aplikasi dalam fisika medis, desain peralatan radioterapi, dan penelitian dosimetri radiasi.

BAB 3 INSTAL PROGRAM ELECTRON GAMMA SHOWER PADA KOMPUTER CLUSTER

Pada bagian penginstalan program EGS pada komputer cluster dibutuhkan software utama sebelum program ini dilakukan. Software yang dibutuhkan untuk menjalankan program EGS di cluster adalah sebagai berikut (Junios, 2016):

1. Fortran compiler
2. C compiler
3. C++ compiler
4. the GNU make utility
5. the Tcl/Tk interpreter and widget toolkit
6. the Grace plotting tool

Apabila keseluruhan software pendukung sudah dipastikan terinstal di cluster komputer, maka langkah selanjutnya adalah mempersiapkan software utama untuk diinstal di cluster komputer. Software tersebut adalah **EGSnrc commandline.tar.gz**

Sekarang mulailah pekerjaan utama kita untuk menginstal EGS di cluster komputer. Urutan cara menginstal software EGS di linux pada system cluster komputer telah dapat dilakukan karena Software software tcl/tk dan Qt telah terinstal dalam sistem Linux tersebut. Software tcl/tk dan Qt yang diinstall sebelumnya diekstrak sehingga hasilnya sebagai berikut :

```

junios@cphys2-~/DISERTASI
The configuration was completed successfully for user junios.

Your default shell is /bin/bash
Add the following 3 statements to your .bashrc file:

export EGS_HOME=/home/junios/egsnrc/foruser_one/
export EGS_CONFIG=/home/junios/DISERTASI/specs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf
. /home/junios/DISERTASI/scripts/egsnrc_bashrc_additions

*****
This is the end of finalize_egs_foruser

Now back in script install_egs

I could try to build the GUIs that come with EGSnrc.
In order this to work, you need the following to be
installed on your system:
 1. A C++ compiler
 2. The Qt toolkit, both library and Qt development tools
 3. The environment variable QTDIR must be defined to point to the
    Qt installation directory.

Note: The EGSnrc GUIs require Qt version 3, they don't work (yet) with Qt 4.

Do you want to install the GUIs ? (yes/no): no
[junios@cphys2 egs_install_commandline]$ cd
[junios@cphys2 ~]$ cd egsnrc/ls
-bash: cd: egsnrc/ls: No such file or directory
[junios@cphys2 ~]$ cd egsnrc/
[junios@cphys2 egsnrc]$ ls
@live/tcl8.6.3-1.298624-1/linux-x86_64-threaded  DISERTASI  egs_install_commandline.tar  JUNIOS  qt-x11-free-3.1.0  tk8.6.5
egs_install_commandline.tar  egs_install_commandline  foruser_one  qt.tar  Tclx86_64.tar  tk8.6.5.tar
[junios@cphys2 egsnrc]$ cd
[junios@cphys2 ~]$ ls
@live  egsnrc
[junios@cphys2 ~]$ cd DISERTASI/
[junios@cphys2 DISERTASI]$ ls
admin  cutlis  doc  gui  interface  licenses  mortran3  pieces  scrips  spectra  user_codes
bin  data  egs++  laaa  phsp  lib  makefiles  pags4  previewR2  specs  src  utils
[junios@cphys2 DISERTASI]$

```

Gambar 3.1

Pada gambar di atas terlihat bahwa tcl/tk dan qt sudah diekstrak dan siap untuk diinstal. Selanjutnya instal tcl dan qt saling bergantian, seperti gambar berikut ini:

```

junios@chys2-egsnrc$ egns_install_commandline
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/America/
Kentucky/Monticello
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/Canada/
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/Canada/P
scIFtc
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/Canada/E
astern
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/Canada/M
ountain
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/Canada/N
ewfoundland
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/Canada/C
entral
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/Canada/Y
ukon
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/Canada/S
askatchewan
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/Canada/A
tlantic
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/Canada/E
ast-Saskatchewan
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/OHT+0
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/Singapor
e
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/EET
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/W-SU
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/Eire
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/PST8PDT
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/US/
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/US/Pacif
ic
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/US/Samoa
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/US/Aleut
ian
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/US/Easte
rn
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/US/Mont
ain
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/US/Centr
al
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded/payload/lib/tcl8.6/tzdata/US/East-

```

Gambar 3.2

```

junios@chys2-egsnrc$ egns_install_commandline
ActiveTcl8.6.3.1.298624-linux-x86_64-threaded junios tcl8.6.5
egns_install_commandline.tar.gz qt.tar tcl8.6.5.tar.gz
egns_install_commandline.tar.gz tclx86_64.tar
[junios@chys2-egsnrc]$ tar -xvf qt.tar
qt-x11-free-3.1.0/
qt-x11-free-3.1.0/FAQ
qt-x11-free-3.1.0/bin/
qt-x11-free-3.1.0/bin/qt20Flx
qt-x11-free-3.1.0/bin/ftndtr
qt-x11-free-3.1.0/bin/qtrename140
qt-x11-free-3.1.0/doc/
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man1/
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man1/moc.1
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man1/ulc.1
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man1/lupdate.1
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man1/lrelease.1
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man1/
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/Open.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/QFocusData.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/qbbuttongroup.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/qdragmovevent.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/QDragMoveEvent.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/QValueListConstitutor.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/QDataTable.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/QWSkIndow.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/qcharref.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/qcamerastangle.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/gmousedriverfactory.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/QXmlLexicalHandler.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/QAccessible.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/QComboBox.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/qerrormessage.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/qdatemedit.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/QPopupMenu.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/qmessagebox.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/QClib3CCodec.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/QTime.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/qbtval.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/qchllivent.3qt
qt-x11-free-3.1.0/doc/man/man3/qptrvector.3qt

```

Gambar 3.3

Setelah tcl dan qt terinstal, kita mulai dengan beberapa commandline, untuk menginstall EGSnrc yaitu:

1. Ekstrak file software `egs_install_commandline.tar.gz` melalui commandline (file jangan di ekstrak di windows), cara mengekstrak dapat dilakukan dengan command **gunzip `egs_install_commandline.tar.gz`**.
2. Setelah digunzip maka file `egs_install_commandline.tar.gz` akan berubah menjadi `egs_install_commandline.tar`
3. Kemudian ekstrak file dengan perintah **tar -xvf `egs_install_commandline.tar`**.

```

junios@cphys2-egsnrc$ egs_install_commandline
ls -lsrc_inprz_makefile_providebz_src_V4_manuals.tar
ls -lsrc_install_egs_mcrnrc_src1_src2_src3_V4_gui.tar
ls -lsrc_interface_pkg4_spaces_V4_EGSgui.tar_V4_user_codes.tar
ls -lsrc2egs.tar
[junios@cphys2-egs_install_commandline]$ tar -xvf V4_EGSgui.tar
gui/pro
gui/makefile
gui/egs_install/egs_install.pro
gui/egs_install/makefile
gui/egs_install/egs_install.rc
gui/egs_install/egs_install.ico
gui/egs_install/include/egs_archive.h
gui/egs_install/include/downloadengine.h
gui/egs_install/include/egs_tests.h
gui/egs_install/include/egs_tools.h
gui/egs_install/src/threads.cpp
gui/egs_install/src/downloadengine.cpp
gui/egs_install/src/egs_archive.cpp
gui/egs_install/src/egs_threads.cpp
gui/egs_install/src/egs_install_main.cpp
gui/egs_install/src/egs_tests.cpp
gui/egs_install/src/egs_tools.cpp
gui/egs_install/src/egs_conf_install.cpp
gui/egs_install/src/egs_loc_install.cpp
gui/egs_install/src/egs_inst_install.cpp
gui/egs_install/src/egs_sys_install.cpp
gui/egs_install/ui/egsnrcmp_setup.ui
gui/egs_install/ui/egsnrcmp_setup.ui.h
gui/egs_install/zlib-msvc/include/zlib.lib
gui/egs_install/zlib-msvc/include/zconf.h
gui/egs_install/zlib-msvc/include/zlib.h
gui/egs_install/zlib-msvc/include/zutil.h
gui/egs_inprz/egs_inprz.pro
gui/egs_inprz/egs_inprz.rc
gui/egs_inprz/egs_inprz.ico
gui/egs_inprz/makefile
gui/egs_inprz/include/cavinputs.h
gui/egs_inprz/include/eventfilter.h
gui/egs_inprz/include/executiondinput.h
gui/egs_inprz/include/mcinputs.h
gui/egs_inprz/include/srcinputs.h

```

Gambar 3.4

4. Setelah selesai diekstrak, kemudian ke folder `egs_install_commandline`, dengan perintah **cd `egs_install_commandline`**, di dalam folder `egs_install_commandline` terdapat beberapa file yang harus di ekstrak juga, file tersebut adalah `V4_EGSnrc.tar.gz`, `V4_spinms.tar.gz`, `V4_user_code.tar.gz`, `V4_manuals.tar.gz` dan `V4_EGSgui.tar.gz`. File-file tersebut harus diekstrak dengan perintah seperti saat mengekstrak file `file.tar.gz`, namun dapat juga dengan mengekstrak file semua dengan satu perintah `gunzip *.gz`. Setelah selesai ketik `ls` untuk melihat hasil ekstraknya, hasil awalnya `.tar.gz` menjadi `.tar` saja.

5. Kemudian ekstrak file V4_EGSsrc.tar, V4_spinms.tar, V4_user_code.tar, V4_manuale.tar dan V4_EGSgui.tar masing-masing dengan perintah **tar -xvf namafil.tar**.

```

junios@cphys2-egsnrc/egs_install_commandline
admin lewa_php makefiles preview02 src V4_manuale.tar
cutlils install_egs nontran3 scripts utils V4_spinms.tar
dirc [unrface pepid specs V4_EGSgui.tar V4_user_codes.tar
eggs+ libeggs aiecs spectra V4_EGSsrc.tar
[junios@cphys2_egs_install_commandline]$ tar -xvf V4_EGSgui.tar
gui/gul.pro
gui/Makefile
gui/egs_install/egs_install.pro
gui/egs_install/Makefile
gui/egs_install/egs_install.rc
gui/egs_install/egs_install.ico
gui/egs_install/include/egs_archive.h
gui/egs_install/include/downloadengine.h
gui/egs_install/include/egs_tests.h
gui/egs_install/include/egs_tools.h
gui/egs_install/include/threads.h
gui/egs_install/src/downloadengine.cpp
gui/egs_install/src/egs_archive.cpp
gui/egs_install/src/threads.cpp
gui/egs_install/src/egs_install_main.cpp
gui/egs_install/src/egs_tests.cpp
gui/egs_install/src/egs_tools.cpp
gui/egs_install/src/egs_conf_install.cpp
gui/egs_install/src/egs_loc_install.cpp
gui/egs_install/src/egs_inst_install.cpp
gui/egs_install/src/egs_sys_install.cpp
gui/egs_install/ut/egsnrcnp_setup.ut
gui/egs_install/ut/egsnrcnp_setup.ut.h
gui/egs_install/zlib-msvc/lib/zlib.lib
gui/egs_install/zlib-msvc/include/zconf.h
gui/egs_install/zlib-msvc/include/zlib.h
gui/egs_install/zlib-msvc/include/zutil.h
gui/egs_inprz/egs_inprz.pro
gui/egs_inprz/egs_inprz.rc
gui/egs_inprz/egs_inprz.ico
gui/egs_inprz/Makefile
gui/egs_inprz/include/cavinputs.h
gui/egs_inprz/include/eventfilter.h
gui/egs_inprz/include/executiondgnpl.h
gui/egs_inprz/include/mcinputs.h
gui/egs_inprz/include/srcinputs.h

```

Gambar 3.5

```

junios@cphys2-egsnrc/egs_install_commandline
admin lewa_php makefiles pepid preview02 specs src V4_EGSgui.tar V4_manuale.tar V4_user_codes.tar
cutlils install_egs nontran3 scripts utils V4_spinms.tar
dirc [unrface pepid specs V4_EGSgui.tar V4_user_codes.tar
eggs+ libeggs aiecs spectra V4_EGSsrc.tar
[junios@cphys2_egs_install_commandline]$ tar -xvf V4_manuale.tar
doc/plrs701.pdf
doc/plrs702.pdf
doc/plrs703.pdf
doc/plrs801.pdf
doc/plrs801/html/
doc/plrs801/html/WARNINGS
doc/plrs801/html/plrs801.html
doc/plrs801/html/node1.html
doc/plrs801/html/node2.html
doc/plrs801/html/node3.html
doc/plrs801/html/node4.html
doc/plrs801/html/node5.html
doc/plrs801/html/node6.html
doc/plrs801/html/node7.html
doc/plrs801/html/node8.html
doc/plrs801/html/node9.html
doc/plrs801/html/node10.html
doc/plrs801/html/node11.html
doc/plrs801/html/node12.html
doc/plrs801/html/node13.html
doc/plrs801/html/node14.html
doc/plrs801/html/node15.html
doc/plrs801/html/node16.html
doc/plrs801/html/node17.html
doc/plrs801/html/node18.html
doc/plrs801/html/node19.html
doc/plrs801/html/node20.html
doc/plrs801/html/node21.html
doc/plrs801/html/node22.html
doc/plrs801/html/node23.html
doc/plrs801/html/node24.html
doc/plrs801/html/node25.html
doc/plrs801/html/node26.html
doc/plrs801/html/node27.html
doc/plrs801/html/node28.html
doc/plrs801/html/node29.html
doc/plrs801/html/node30.html
doc/plrs801/html/Images.tex
doc/plrs801/html/Images.tbl

```

Gambar 3.6

```

junios@cphys2~$egsnrc/egs_install_commandline
[junios@cphys2 egs_install_commandline]$ tar -xvf V4_splnms.tar
data/splnms.data
[junios@cphys2 egs_install_commandline]$ ls
bin  data  egs44  latex_dhnp  interface  makefiles  pages  preview02  specs  src  V4_EGSql.tar  V4_manuals.tar  V4_user_codes.tar
lib  libe  libf  install_egs  licenses  mortran  ptools  scripts  spectra  utils  V4_EGsrc.tar  V4_splnms.tar
[junios@cphys2 egs_install_commandline]$ tar -xvf V4_user_codes.tar
user_codes/tutor1/Makefile
user_codes/tutor1/tutor1.mortran
user_codes/tutor1/tutor1.make
user_codes/tutor2/Makefile
user_codes/tutor2/tutor2.mortran
user_codes/tutor2/tutor2.make
user_codes/tutor3/Makefile
user_codes/tutor3/tutor3.mortran
user_codes/tutor3/tutor3.make
user_codes/tutor4/Makefile
user_codes/tutor4/tutor4.mortran
user_codes/tutor4/tutor4.make
user_codes/tutor5/Makefile
user_codes/tutor5/tutor5.mortran
user_codes/tutor5/tutor5.make
user_codes/tutor6/Makefile
user_codes/tutor6/tutor6.mortran
user_codes/tutor6/tutor6.make
user_codes/tutor6/Snev_e_10m_Ta.egsnp
user_codes/tutor6/Snev_e_1m_Ta.egsnp
user_codes/tutor6/labv_1_100keV_photon_Pb.egsnp
user_codes/tutor7/Makefile
user_codes/tutor7/tutor7.mortran
user_codes/tutor7/tutor7.make
user_codes/tutor7/tutor7.lo
user_codes/tutor7/ge_detector.egsnp
user_codes/tutor7/test_tutor7.egsnp
user_codes/cavrznc/Makefile
user_codes/cavrznc/cavrznc.mortran
user_codes/cavrznc/cavrznc.make
user_codes/cavrznc/cavrznc.lo
user_codes/cavrznc/cavrznc_template.egsnp
user_codes/cavspnrc/Makefile
user_codes/cavspnrc/cavspnrc.mortran

```

Gambar 3.7

6. Setelah file diekstrak kemudian running install_egs dengan perintah **./install_egs**. Ketika ada tulisan hit return to continue, tekan enter.
7. Input directory where you stored the EGSnrc distribution files, kemudian masukkan folder yang terdapat distribusi file egs yang kita miliki dengan cara ketik **/home/junios/egsnrc/egs_install_commandline**.
8. Input directory where you want to install EGSnrc. Sebelum langkah ini dilakukan pastikan dibuat folder BISMILLAH terlebih dahulu, kemudian ketik **/home/junios/egsnrc/Bismillah**.

```

junios@cphys22-~$gnurc/egs_install_commandline
Variable HEN_HOUSE is not set. For most question you can obtain help
by typing 'help' as response. For any questions that do not require any
input (e.g. empty compilation flags), you can just hit enter.

*****
hit return to continue

Checking system type ... x86_64-unknown-linux-gnu
Checking for make ... yes (/usr/bin/make)
Looking for fortran compilers installed on your system ... OK

Found the following FORTRAN compilers in your search path:
  f95 gfortran
Input fortran compiler [f95]: gfortran
Testing if gfortran works ... -fPIC
yes. Object extension is 'o'
Testing if gfortran can create executables ... yes. Extension is ''
Checking for compiler version ... GNU F95 version 4.1.2

Input standard compilation flags [-fPIC]: Input optimization flags [-O2]: -g
Input flags for debugging [-g]: -g
Input libraries that your compiler may need:

Will use the following compiler settings:
  F77 = gfortran
  FCFLAGS = -fPIC
  FDEBUG = -g
  FOPT = -g
  FLIBS =

Checking for the availability of various system dependent functions:
Checking for a working 'exit' subroutine ... yes (exit)
Checking if the system intrinsic is available as a function ... yes
Checking for the 'date_and_time' subroutine ... yes
Checking for the 'flush' subroutine ... yes (flush)
Checking for the 'fdate' subroutine ... yes (fdate)
Checking for the 'fdate' subroutine ... yes (fdate)


```

Gambar 3.8

```

junios@cphys22-~$gnurc/egs_install_commandline
Testing if gfortran can create executables ... yes. Extension is ''
Checking for compiler version ... GNU F95 version 4.1.2

Input standard compilation flags [-fPIC]: Input optimization flags [-O2]: -g
Input flags for debugging [-g]: -g
Input libraries that your compiler may need:

Will use the following compiler settings:
  F77 = gfortran
  FCFLAGS = -fPIC
  FDEBUG = -g
  FOPT = -g
  FLIBS =

Checking for the availability of various system dependent functions:
Checking for a working 'exit' subroutine ... yes (exit)
Checking if the system intrinsic is available as a function ... yes
Checking for the 'date_and_time' subroutine ... yes
Checking for the 'flush' subroutine ... yes (flush)
Checking for the 'fdate' subroutine ... yes (fdate)
Checking for the 'seconds' function ... yes (seconds)
Checking for the 'date' subroutine ... no
Checking for the 'etime' subroutine ... no
Checking for the 'etime' function ... yes (etime)
Checking for the 'lnbink' function ... yes
Checking for the 'hostnm' function ... yes (hostnm)
Testing if hostnm works ... yes, returns cphys22.fl.tib.ac.id
Checking for the 'lstat' function ... no
Checking if Inquire works on directories ... yes
Checking for record length ... 4
Checking for the endianness of the machine ... little endian
Checking for Integer*8 ... yes
Checking for Integer*2 ... yes

Looking for C compilers installed on your system ... gcc cc c89
Input the one you would like to use [gcc]: █

```

Gambar 3.9

9. Input fortran [f95]: *gfortran*.
10. Input standar compilation flags [-fPIC]: *-fPIC*.
11. Input optimazation flags [-O2]: enter.
12. Input flags for debugging [-g]: *-g*.
13. Input libraries that your compiler may need : enter.

14. Input the one you would like to use [gcc]:**gcc**.
15. Input C-compiler flags to use [-O2-fPIC]:**enter**.
16. Input a unique file name to save this config file [x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.config]:**enter**.
17. Input name for this config:[x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran]:**enter**.
18. Input C++ compiler [g++]:**g++**.
19. Input option to change, 0 to proceed without (further) change:**0**

Sampai pada tahap ini egsrc telah berhasil diinstall, config was succesful dan EGSnrc basic installation is complete.

```

junios@cpbysz~$egsnrc/egs_install_commandline
Congratulations! You successfully configured the EGSnrc build system for
this compiler/operating system combination. You can use this config
for compiling EGSnrc user-codes by the following 3 methods:

1. Set the environment variable EGS_CONFIG to point to the file
   /home/junios/DISERTASI/specs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf,
   i.e. for the Bourne(again) shell or the Korn shell, do
   the following in .bashrc (bash) or .profile(korn or Bourne):
   export EGS_CONFIG="/home/junios/DISERTASI/specs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf"
or: for the C-shell or tcsh-shell do the following in your .cshrc file:
   setenv EGS_CONFIG "/home/junios/DISERTASI/specs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf"
then use either the compilation script (scripts/compile_user_code) or
   just go to a user-code directory and type 'make'.

2. By running the compile script with an argument specifying to use this
   config, e.g.:
   /home/junios/DISERTASI/scripts/compile_user_code tutor1 config=x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf

3. By invoking make with an argument specifying to use this config, e.g
   make EGS_CONFIG=x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf

Config was successful
*****
The EGSnrc basic installation is complete.
Every user who wants to use the system must now run the script
/home/junios/DISERTASI/scripts/finalize_egs_foruser
This will specify the directory to keep EGSnrc user-codes and will
set various useful environment variables and aliases.
*****
You are logged in as user junios.

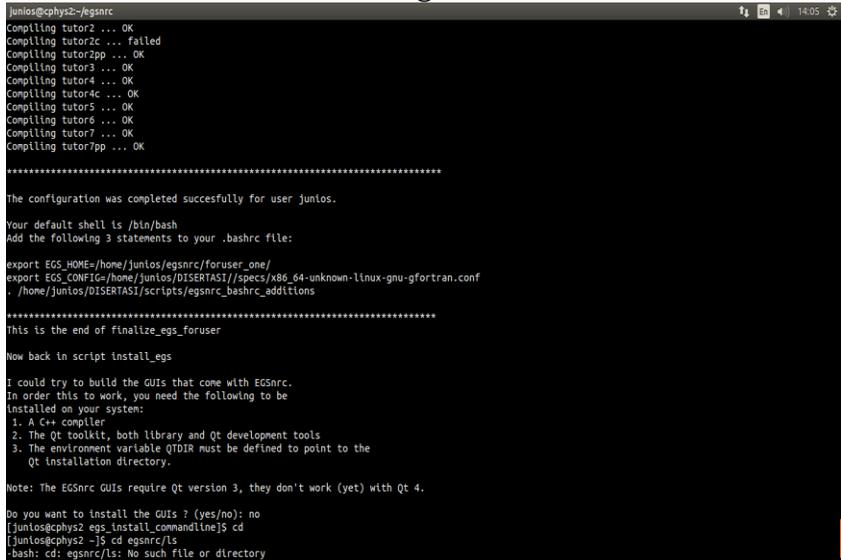
```

Gambar 3.10

20. You are logged in as user junios
Do you want this scripts to finalize the EGSnrc installation
you by running
/home/junios/egsnrc/Bismillah//script/finalize_egs_foru
ser script?(yes/no):**yes**.
21. Input the directory where you want to keep your user
code: **/home/junios/egsnrc/foruser_two**.
22. Do you want to continue (yes/no) : **yes**.

23. You can now compile a few user codes. Please select one of the following option:1

Pada tahapan ini kita diminta memasukkan angka 1, 2 atau 3 untuk masing-masing perintah compilenya. Dalam hal ini akan dimasukkan angka 1.



```
junios@cphys2~$egsnrc
Compiling tutor2 ... OK
Compiling tutor2c ... failed
Compiling tutor2pp ... OK
Compiling tutor3 ... OK
Compiling tutor4 ... OK
Compiling tutor4c ... OK
Compiling tutor5 ... OK
Compiling tutor6 ... OK
Compiling tutor7 ... OK
Compiling tutor7pp ... OK

*****
The configuration was completed succesfully for user junios.

Your default shell is /bin/bash
Add the following 3 statements to your .bashrc file:

export EGS_HOME=/home/junios/egsnrc/foruser_one/
export EGS_CONFIG=/home/junios/DISERTASI/specs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf
. /home/junios/DISERTASI/scripts/egsnrc_bashrc_additlons

*****
This is the end of finalize_egs_foruser

Now back in script install_egs

I could try to build the GUIs that come with EGSnrc.
In order this to work, you need the following to be
installed on your system:
 1. A C++ compiler
 2. The Qt toolkit, both library and Qt development tools
 3. The environment variable QDIR must be defined to point to the
    Qt installation directory.

Note: The EGSnrc GUIs require Qt version 3, they don't work (yet) with Qt 4.

Do you want to install the GUIs ? (yes/no): no
[junios@cphys2 egs_install_commandline]$ cd
[junios@cphys2 ~]$ cd egsnrc/ls
bash: cd: egsnrc/ls: No such file or directory
```

Gambar 3.11

24. Do you want to install the GUIs ? (yes/no) : **no**

Karena dalam hal ini tidak akan menggunakan gui, maka gui tidak diinstal

25. Proses penginstalan telah selesai.

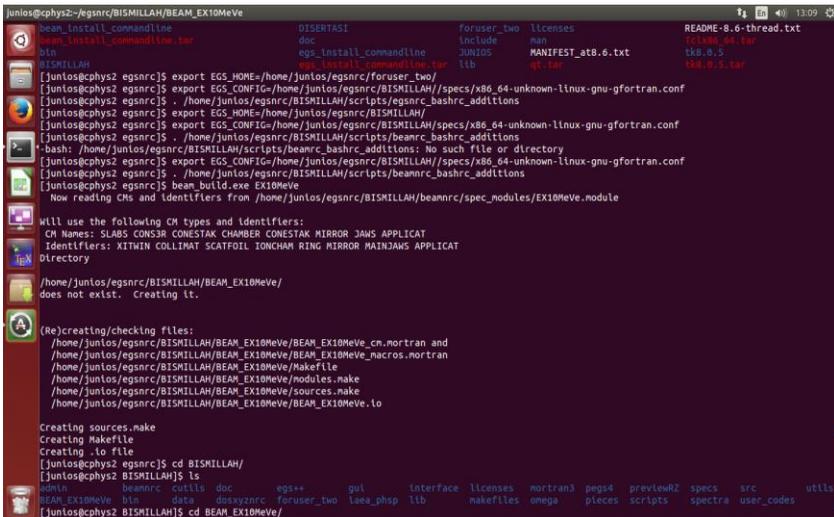
Dengan telah terinstalnya program EGS pada komputer cluster berarti langkah awal pekerjaan telah terselesaikan. Selanjutnya dilakukan penginstalan program BEAM-NRC untuk melakukan penyinaran radiasi sinar radioaktif.

BAB 4 INSTAL BEAM-NRC DI KOMPUTER CLUSTER

Ketika ingin menginstal BEAM-NRC terlebih dahulu EGS telah terinstal. Proses penginstalan BEAM-NRC sebenarnya tidak jauh berbeda dengan proses penginstalaan EGS hanya pada proses penginstalan BEAM-NRC membutuhkan set environment dalam penginstalannya. Software utama yang perlu dipersiapkan adalah BEAMnrc.commandline.tar.gz.

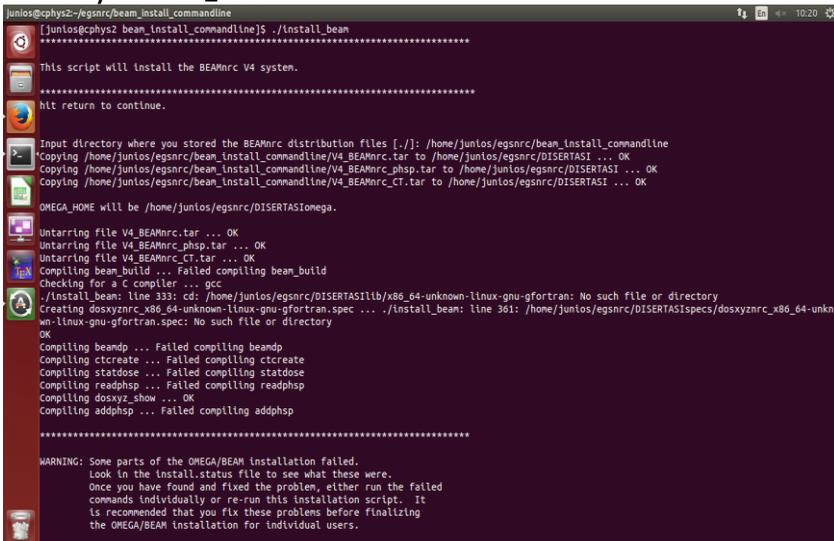
Karena proses penginstalannya menggunakan commandline, maka software BEAM-NRC yang digunakan adalah beam_install_commandline.tar.gz. Ekstrak terlebih dahulu file tersebut dengan perintah ekstrak. Setelah selesai maka lakukan set environment sebagai berikut :

1. Set environment, dapat dilakukan dengan commandline
 - a. export
HEN_HOUSE=/home/junios/egsnrc/Bismillah/
 - b. export
EGS_HOME=/home/junios/egsnrc/Bismillah/
 - c. export
EGS_CONFIG=/home/junios/egsnrc/Bismillah/specs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.config



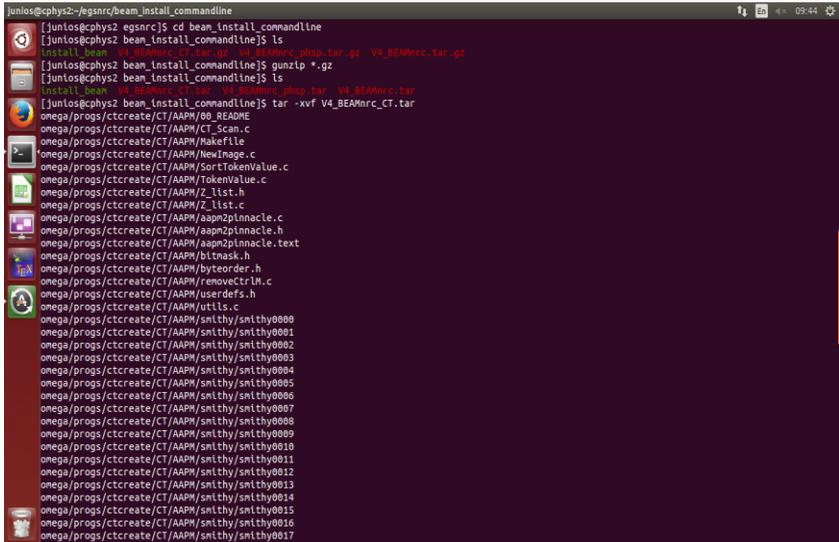
Gambar 4.1

2. Kemudian masuk ke folder beamnrc, lalu ketik `./install_beam`



Gambar 4.2

3. Input directory where you stored the BEAMnrc distribution files [./]:
`/home/junios/egsnrc/beam_install_commandline.`



```
junios@cphys2-egsnrc/beam_install_commandline
[junios@cphys2 egsnrc]$ cd beam_install_commandline
[junios@cphys2 beam_install_commandline]$ ls
install_beam egsnrc ct_tar.gz beamnrc_phsp.tar.gz V4_BEAMnrc.tar.gz
[junios@cphys2 beam_install_commandline]$ gunzip *.gz
[junios@cphys2 beam_install_commandline]$ ls
install_beam V4_egsnrc_ct_tar V4_BEAMnrc_phsp.tar V4_BEAMnrc.tar
[junios@cphys2 beam_install_commandline]$ tar -xvf V4_BEAMnrc_CT.tar
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/00_README
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/CT_Scan.c
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/Makefile
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/NewImage.c
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/SortTokenValue.c
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/TokenValue.c
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/Z_list.c
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/Z_list.c
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/aapn2plnnacle.c
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/aapn2plnnacle.h
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/aapn2plnnacle.Text
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/bitmask.h
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/byteorder.h
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/removectrl.h.c
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/userdefs.h
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/uttl.c
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0000
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0001
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0002
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0003
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0004
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0005
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0006
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0007
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0008
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0009
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0010
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0011
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0012
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0013
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0014
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0015
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0016
onega/progs/ctcreate/CT/AAPM/snthly/smithy0017
```

Gambar 4.3

4. Kemudian selesaikan sampai foruser_beam dengan ketik yes.

```
junios@cphys2--jgsnrc/beam_install_commandline
[junios@cphys2 beam_install_commandline]$ ls
install
[junios@cphys2 beam_install_commandline]$ tar -xvf V4_BEAMnrc.phsp.tar -C V4_BEAMnrc
[junios@cphys2 beam_install_commandline]$ tar -xvf V4_BEAMnrc.phsp.tar
omega/progs/beamdp/BEAMDP_examples/dosxyznrc_test_electron_medlun_egsphp1
[junios@cphys2 beam_install_commandline]$ ls
install
omega/progs/beamdp/BEAMDP_examples/dosxyznrc_test_electron_medlun_egsphp1
[junios@cphys2 beam_install_commandline]$ tar -xvf V4_BEAMnrc.tar
admin/beam_version
licenses/BEAM_general_license
specs/beamnrc.spec
scripts/finalize_beam_foruser
scripts/test_BEAMnrc
scripts/test_beam_models
scripts/test_ctcreate
makefiles/beam_makefile
omega/beamnrc/beamnrc.mortran
omega/beamnrc/beam_lib.mortran
omega/beamnrc/beam_lib.macros
omega/beamnrc/beam_main.mortran
omega/beamnrc/beamnrc_cn.macros.hdr
omega/beamnrc/beamnrc_user.macros.mortran
omega/beamnrc/default.beam.io
omega/beamnrc/sbsnrc.macros.mortran
omega/beamnrc/sources.make.ms
omega/beamnrc/example_user_extra.macros
omega/beamnrc/example_user_extra.mortran
omega/beamnrc/radial_source_distributions/README
omega/beamnrc/radial_source_distributions/gaussian_6mm_FWHM.dat
omega/beamnrc/radial_source_distributions/ring_at_3mm_1mmwide.dat
omega/beamnrc/radial_source_distributions/uniform_1mm_radius.dat
scripts/beamnrc_cshrc_additions
scripts/beamnrc_bashrc_additions
scripts/psprocess
omega/beamnrc/tools/Makefile
omega/beamnrc/tools/beam_build.mortran
omega/progs/beamdp/Makefile
omega/progs/beamdp/beamdp.mortran
omega/progs/beamdp/beammodel_macros.mortran
omega/progs/beamdp/beammodel_routines.mortran
omega/progs/beamdp/BEAMDP_examples/beammodel.inp
omega/progs/beamdp/BEAMDP_examples/dosxyznrc_test_electron_model.egs.inp
```

Gambar 4.4

5. Install selesai.

BAB 5 TECHNICAL NOTE RUNNING BEAM-NRC DI KOMPUTER CLUSTER

Untuk menjalankan program BEAM-NRC di komputer cluster ada beberapa langkah yang harus dilakukan, antara lain :

A. Proses Building BEAM-NRC

Sebelum proses building dilakukan terlebih dahulu dilakukan set environment pada jendela commandline dengan mengetik :

```
export
```

```
EGS_HOME=/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/
```

```
export
```

```
EGS_CONFIG=/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/s  
pecs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf
```

```
./home/junios/egsnrc/BISMILLAH/scripts/beam  
nrc_bashrc_additions
```

Kemudian ketik

```
beam_build.EX10MeVe
```

EX10MeVe adalah salah satu modul yang ada pada **spec_modules**, sebenarnya di folder **spec_modules** terdapat empat file modul, namun dalam hal ini kita coba pada satu modul terlebih dahulu, yaitu EX10MeVe.module.

```

junios@cphys2-~:egsnrc/BISMILLAH/BEAM_EX10MeVe
[junios@cphys2 egsnrc]$ export EGS_CONFIG=/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/specs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf
[junios@cphys2 egsnrc]$ ./home/junios/egsnrc/BISMILLAH/scripts/egsnrc_bashrc_additions
[junios@cphys2 egsnrc]$ export EGS_HOME=/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/
[junios@cphys2 egsnrc]$ export EGS_CONFIG=/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/specs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf
[junios@cphys2 egsnrc]$ ./home/junios/egsnrc/BISMILLAH/scripts/beanrc_bashrc_additions
-bash: /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/scripts/beanrc_bashrc_additions: No such file or directory
[junios@cphys2 egsnrc]$ export EGS_CONFIG=/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/specs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf
[junios@cphys2 egsnrc]$ ./home/junios/egsnrc/BISMILLAH/scripts/beanrc_bashrc_additions
[junios@cphys2 egsnrc]$ beam_build.exe EX10MeVe
Now reading CMS and Identifiers from /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/beanrc/spec_modules/EX10MeVe.module

Will use the following CM types and identifiers:
CM Names: SLABS CONSR CONESTAK CHAMBER CONESTAK MIRROR JAMS APPLICAT
Identifiers: XITWIN COLLIMAT SCATFOIL IONCHAM RING MIRROR MAINJAWS APPLICAT
Directory
/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/BEAM_EX10MeVe/
does not exist. Creating it.

(Re)creating/checking files:
/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/BEAM_EX10MeVe/BEAM_EX10MeVe.cn.mortran and
/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/BEAM_EX10MeVe/BEAM_EX10MeVe.macros.mortran
/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/BEAM_EX10MeVe/Makefile
/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/BEAM_EX10MeVe/modules.make
/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/BEAM_EX10MeVe/sources.make
/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/BEAM_EX10MeVe/BEAM_EX10MeVe.io

Creating sources.make
Creating Makefile
Creating .to file
[junios@cphys2 egsnrc]$ cd BISMILLAH/
[junios@cphys2 BISMILLAH]$ ls
admin      beanrc     cutlis     doc        egs++     gul        interface  licenses  mortran3  pegs4     previewR2  specs     src        utils
BEAM_EX10MeVe  bin      data      dosxyznrc  foruser_two  laea_php5  ltb        makefiles  omega     pieces    scripts    spectra   user_codes

[junios@cphys2 BISMILLAH]$ cd BEAM_EX10MeVe/
[junios@cphys2 BEAM_EX10MeVe]$ make
-bash: make: command not found
[junios@cphys2 BEAM_EX10MeVe]$ ls
BEAM_EX10MeVe.cn.mortran  BEAM_EX10MeVe.io  BEAM_EX10MeVe.macros.mortran  Makefile  modules.make  sources.make
[junios@cphys2 BEAM_EX10MeVe]$

```

Gambar 5.1

Hasil dari proses ini adalah terdapatnya folder BEAM_EX10MeVe pada folder BISMILLAH.

B. Compiling BEAM-NRC

Selanjutnya masuk ke folder BEAM_EX10MeVe pada folder BISMILLAH dan ketik **Make**.

Selanjutnya untuk merunning VMAT pada BEAMNRC, maka perlu dibentuk **make library**. Ketika kita menggunakan make library maka saat me-run beamnrc kita harus menggunakan **file input** dan **file data**. File hasil building dan compiling dapat dilihat pada folder BEAM_EX10MeVe.

C. Running BEAMNRC

Untuk melakukan tahapan running BEAMNRC pada cluster terlebih dahulu masuklah ke folder BEAM_EX10MeVe. Pada folder ini ketikkan perintah BEAM_EX10MeVe -i EX10MeVe -p 521icru. Pada layar cluster akan tampak sebagai berikut :

```

junios@cphys2-egsnrc/BISMILLAH/BEAM_EX10MeVe
raw/hex data file: /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/bin/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran/mortran3.dat
command line files:
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/omega/beamnrc/beam_lib.macros
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/src/egsnrc.macros
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/utills/ftling.macros
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/lib/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran/machine.macros
*** Warning: Line 26 in file /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/lib/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran/machine.macros is longer than 80 chars!
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/src/ranmar.macros
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/src/transport.macros
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/omega/beamrc/beamrc_user_macros.mortran
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/utills/psp_macros.mortran
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/utills/laea_pshp_macros.mortran
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/omega/beamrc/sbsnrc_macros.mortran
-> appending BEAM_EX10MeVe_macros.mortran
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/omega/beamrc/beam_lib.mortran
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/omega/beamrc/beamnrc.mortran
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/src/egs_utillites.mortran
-> appending BEAM_EX10MeVe_cn.mortran
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/src/get_inputs.mortran
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/src/ranmar.mortran
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/utills/jrcaux.mortran
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/lib/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran/machine.mortran
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/src/egs_parallel.mortran
-> appending /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/src/egsnrc.mortran
generated mortjob.mortran
fortran output: libBEAM_EX10MeVe_x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.F
mortlist output: libBEAM_EX10MeVe_x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.mortlist

Mortran compiling ... OK
gfortran -c -fPIC -O2 -o libBEAM_EX10MeVe_x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.o libBEAM_EX10MeVe_x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.F
gfortran -shared -Wl,-Bsymbolic -fPIC -O2 -o /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/bin/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran/libBEAM_EX10MeVe.so libBEAM_EX10MeVe_x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.o /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/lib/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran/egs_c_utills.o /home/junios/egsnrc/BISMILLAH/lib/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran/load_beamlib.o -ldl -L/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/egs++/dso/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran -Wl,-rpath,/home/junios/egsnrc/BISMILLAH/egs++/dso/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran -llaea_pshp
[junios@cphys2 BEAM_EX10MeVe] ls
BEAM_EX10MeVe_cn.mortran          BEAM_EX10MeVe_x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.mortlist  Makefile
BEAM_EX10MeVe_lo                 libBEAM_EX10MeVe_x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.F      modules.make
BEAM_EX10MeVe_macros.mortran     libBEAM_EX10MeVe_x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.mortlist  mortjob.mortran
BEAM_EX10MeVe_x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.F  libBEAM_EX10MeVe_x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.o      sources.make
[junios@cphys2 BEAM_EX10MeVe] BEAM_EX10MeVe -i EX10MeVe -p 521icru

```

Gambar 5.4

```

Junios@cphys2-4egsnrc/BISMILLAH/BEAM_EX10MeV
Paired bars/jaws no: 2
ECUT, PCUT, DOSE_ZONE, IREGION_TO_BIT
: 0.00000 0.00000 15 15
Medium in this region MEDIUM (left justify): PB521ICRU
=====
Input blank line to signify start of component module
=====
Outer boundary of CM 0: 17.00000

Next component is a set of square or rectangular scrapers

APPLICAT (APPLICAT: Rev 1.0)
TITLE: applicator with 2 steel and 3 Al scrapers

Input ZBACK_APPLICAT, the Z coordinate of the back face of this CM
[Note: Leave at least min. airgap (= 0.01000 cm) between
the back of the last scraper and ZBACK]: 100.00000

Number of scrapers in the CM (nminum 1, maxnum10):
and the index for scrapers shape: 0 (default) for square,
5 0

scrapers to be square, use square scraper input format.
Scraper 1:
Z OF FRONT FACE, THICKNESS (in Z), HALF-WIDTH OF OPENING,
BAR WIDTH(cm), DOSE_ZONE, IREGION_TO_BIT (all on one line)
[Leave at least the min. airgap (= 0.01000 cm) between scrapers]
: 61.55 0.15 7.00 2.80 16 16

Scraper 2:
Z OF FRONT FACE, THICKNESS (in Z), HALF-WIDTH OF OPENING,
BAR WIDTH(cm), DOSE_ZONE, IREGION_TO_BIT (all on one line)
[Leave at least the min. airgap (= 0.01000 cm) between scrapers]
: 68.60 0.65 5.20 6.75 17 17

Scraper 3:
Z OF FRONT FACE, THICKNESS (in Z), HALF-WIDTH OF OPENING,
BAR WIDTH(cm), DOSE_ZONE, IREGION_TO_BIT (all on one line)
[Leave at least the min. airgap (= 0.01000 cm) between scrapers]

```

Gambar 5.5

```

Junios@cphys2-4egsnrc/BISMILLAH/BEAM_EX10MeV
: 68.60 0.65 5.20 6.75 17 17

Scraper 3:
Z OF FRONT FACE, THICKNESS (in Z), HALF-WIDTH OF OPENING,
BAR WIDTH(cm), DOSE_ZONE, IREGION_TO_BIT (all on one line)
[Leave at least the min. airgap (= 0.01000 cm) between scrapers]
: 83.20 0.50 0.65 4.00 18 18

Scraper 4:
Z OF FRONT FACE, THICKNESS (in Z), HALF-WIDTH OF OPENING,
BAR WIDTH(cm), DOSE_ZONE, IREGION_TO_BIT (all on one line)
[Leave at least the min. airgap (= 0.01000 cm) between scrapers]
: 93.90 1.30 4.75 2.80 19 19

Scraper 5:
Z OF FRONT FACE, THICKNESS (in Z), HALF-WIDTH OF OPENING,
BAR WIDTH(cm), DOSE_ZONE, IREGION_TO_BIT (all on one line)
[Leave at least the min. airgap (= 0.01000 cm) between scrapers]
: 96.05 0.25 5.10 4.00 20 20

ECUT, PCUT of scrapers & air
& DOSE_ZONE, IREGION_TO_BIT of air (all in one line):
0.00000 0.00000 0 0

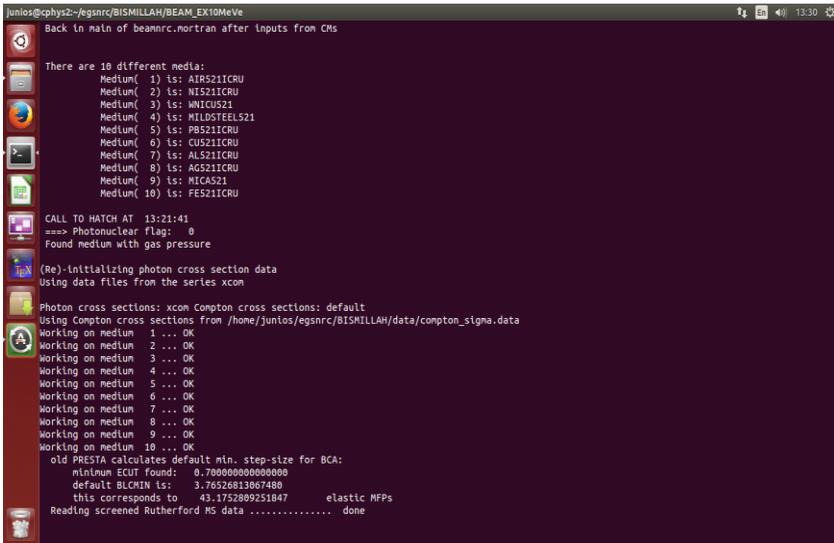
SCRAPER 1 MEDIUM (left justify): ALS21ICRU
SCRAPER 2 MEDIUM (left justify): ALS21ICRU
SCRAPER 3 MEDIUM (left justify): FES21ICRU
SCRAPER 4 MEDIUM (left justify): FES21ICRU
SCRAPER 5 MEDIUM (left justify): ALS21ICRU
Input blank line to signify end of component module

Back in main of beamrc.nortran after inputs from CMs

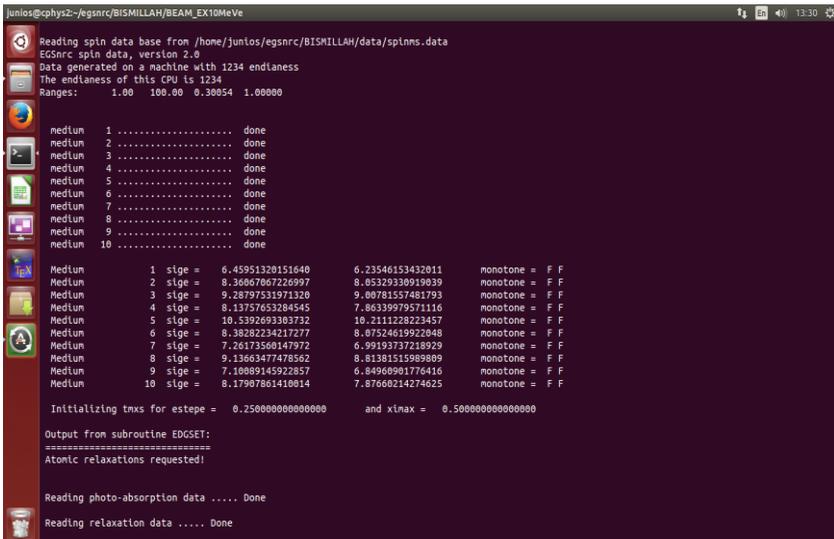
There are 10 different media:
Medium (1) is: AIR521ICRU
Medium (2) is: NIS21ICRU

```

Gambar 5.6



Gambar 5.7



Gambar 5.8

```

Junios@cphys2-~$gnrc/BISMILLAH/BEAM_EX10MeV
Reading photo cross section data ..... Done
Bound Compton scattering requested, reading data ..... Done
Initializing Bound Compton scattering .....
Medium 1 has 18 shells:
 1 18 1 0.00004 0.210E+02 0.285
 2 11 2 0.00004 0.110E+03 0.011
 3 12 3 0.00004 0.669E+02 0.011
 4 13 1 0.21603 0.178E+02 0.410
 5 14 2 0.21603 0.921E+02 0.015
 6 15 3 0.21603 0.558E+02 0.014
 7 16 4 0.10801 0.558E+02 0.014
 8 17 1 0.05805 0.155E+02 0.543
 9 18 2 0.05805 0.793E+02 0.024
10 19 3 0.05805 0.479E+02 0.014
11 20 4 0.05805 0.479E+02 0.014
12 72 1 0.00129 0.671E+01 3.206
13 73 2 0.00129 0.271E+02 0.326
14 74 3 0.00129 0.142E+02 0.251
15 75 4 0.00257 0.142E+02 0.249
16 76 5 0.00129 0.809E+02 0.039
17 77 5 0.00129 0.606E+02 0.016
18 78 5 0.00257 0.606E+02 0.016
Medium 2 has 9 shells:
 1 150 1 0.07143 0.426E+01 0.392
 2 157 2 0.07143 0.160E+02 1.010
 3 158 3 0.07143 0.815E+01 0.871
 4 159 4 0.14286 0.815E+01 0.854
 5 160 5 0.07143 0.445E+02 0.111
 6 161 5 0.07143 0.277E+02 0.067
 7 162 5 0.14286 0.277E+02 0.067
 8 163 5 0.14286 0.599E+02 0.008
 9 164 5 0.21429 0.599E+02 0.008
Medium 3 has 40 shells:
 1 882 1 0.01436 0.138E+01 69.523
 2 883 2 0.01436 0.495E+01 12.899
 3 884 3 0.01436 0.242E+01 11.542
 4 885 4 0.02872 0.267E+01 10.205
 5 886 5 0.01436 0.109E+02 2.817

```

Gambar 5.9

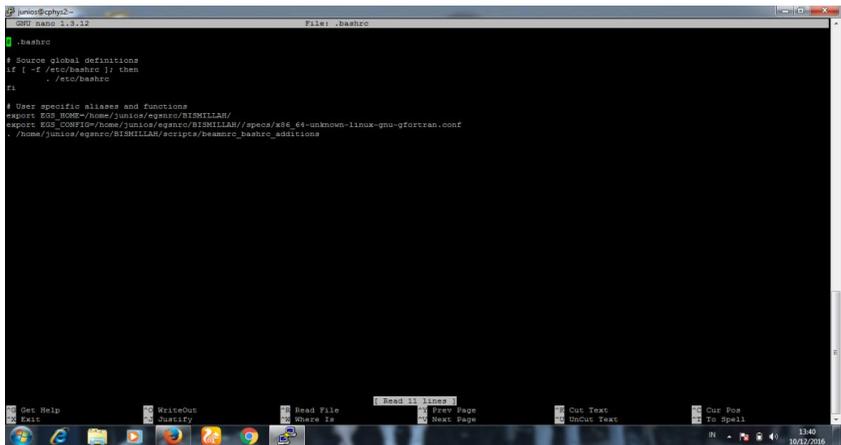
Tampilan di screen begitu banyak, sehingga tampilan commandlinenya tidak dapat di shoot seluruhnya. Screen shoot yang ditampilkan pada bagian buku ini hanya sebagian kecil. Hasil running BEAM_EX10MeV yang lengkap dapat dilampirkan dalam bentuk.txt.

EX10MeV adalah file input yang menggunakan berkas elektron dalam prosesnya. 700 ICRU dan 521 ICRU adalah data yang digunakan dalam perhitungan Monte Carlo. Untuk 700 ICRU dapat digunakan untuk rentang energi elektron 0,7 – 55 MeV, sedangkan 521 ICRU dapat digunakan untuk rentang energi elektron 0,521-55 MeV. Kedua data tersebut juga dapat digunakan untuk berkas foton dengan rentang energi 0,01-55 MeV.

BAB 6 RUNNING DI KOMPUTER CLUSTER

Setelah EGS dan BEAM-NRC terinstal di komputer cluster maka langkah selanjutnya adalah melakukan running BEAM-NRC dan DOSXYZ-NRC pada komputer cluster. Ada dua langkah penting yang harus dilakukan:

1. Menuliskan script running pada .Bashrc. Scripnya dapat dilihat seperti gambar di bawah ini :



```
lwen@ghy2-
GNU nano 1.3.12 File: .bashrc
# .bashrc

# Source global definitions
if [ -f /etc/bashrc ]; then
    . /etc/bashrc
fi

# User specific aliases and functions
export EGS_HOME=/home/junio/egsnc/SHMILLAN/
export DOS_CONFIG=/home/junio/egsnc/SHMILLAN/epos/MS_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf
/home/junio/egsnc/SHMILLAN/scripts/beamrc_bashrc_additions
```

Gambar 6.1

Tujuan dari penulisan Bashrc ini adalah agar kita dalam merunning BEAM-NRC/DOSXYZ-NRC tidak perlu selalu menuliskan set environment.

2. Membuat scrip qsub run.sh dan qsub run_ser.sh pada folder BEAM-NRC atau DOSXYZ-NRC, seperti gambar berikut ini :

```
junior@phy2:~/egnc/BIMILAH/BEAM_EX10My
GNU nano 1.3.12 File: run.sh
# bin/bash
# -S /bin/bash

# -q high@compute-0-15.local

# Name Job
# -N cobra
# -pe orte 8
# -j Y
# -v
# -l h_rt=00:03:00

## ~cd
## -v EOS_HOME=/home/junior/egnc/BIMILAH/conserv_two/
## -v EOS_CONFIG=/home/junior/egnc/BIMILAH/specs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf
## -v EOS_HOME=/home/junior/egnc/BIMILAH/
## -v EOS_CONFIG=/home/junior/egnc/BIMILAH/specs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf

echo ""
date

# untuk eksekusi file perhatikan binary file
cscrc /home/junior/egnc/BIMILAH/scripts/run_user_code_batch BEAM_EX10My EX100p 700icru p=8 > output.out

echo "executing beam"
date
echo "program terminated successfully"
```

Gambar 6.2

```
junior@phy2:~/egnc/BIMILAH/BEAM_EX10My
GNU nano 1.3.12 File: run.sh
# bin/bash
# -S /bin/bash

# -q high@compute-0-15.local

# Name Job
# -N cobra
# -pe orte 8
# -j Y
# -v
# -l h_rt=00:03:00

## ~cd
## -v EOS_HOME=/home/junior/egnc/BIMILAH/conserv_two/
## -v EOS_CONFIG=/home/junior/egnc/BIMILAH/specs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf
## -v EOS_HOME=/home/junior/egnc/BIMILAH/
## -v EOS_CONFIG=/home/junior/egnc/BIMILAH/specs/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran.conf

echo ""
date

# untuk eksekusi file perhatikan binary file
cscrc /home/junior/egnc/BIMILAH/bin/x86_64-unknown-linux-gnu-gfortran/BEAM_EX100p -i EX100p -p 700icru p=8 > cobeserial.out

echo "executing beam"
date
echo "program terminated successfully"
```

Gambar 6.3

Dengan dua langkah ini diharapkan sewaktu kita melakukan running BEAM-NRC, maupun DOSXYZ-NRC di komputer cluster tidak akan menemui kendala berarti.

BAB 7 PUTTY DAN WINSCP AKSES KOMPUTER CLUSTER DI LUAR JARINGAN

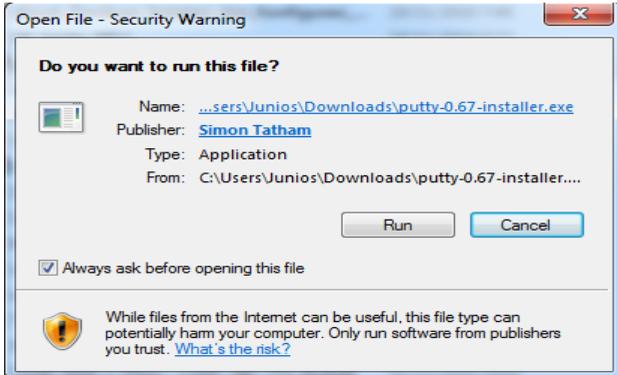
Apabila install dan technical note running telah berjalan dengan baik, maka kita dapat menggunakan fasilitas akses cluster dari luar sistem cluster itu sendiri. Ada dua cara yang biasa digunakan oleh para pemrograman: 1) menggunakan ssh yang telah tersedia otomatis pada u-buntu, dengan menginput kode cluster untuk diakses dari luar (di ITB kode cluster dari luar menggunakan port . 993); 2) menggunakan Putty yang bisa support pada Windows XP, Vista, Windows 7, Windows 8 dan lain-lain. Berikut ini akan dijelaskan cara penggunaan kedua cara tersebut.

Untuk u-buntu, kita tidak perlu lagi menginstall software tambahan untuk dapat mengakses cluster dari luar. Asalkan kita sudah terdaftar sebagai user pada sistem cluster maka kita telah dapat mengakses cluster dari luar sistem. Yang perlu diperhatikan adalah kita jangan salah memasukkan kode ssh sebagai aturan memasuki sistem cluster dari luar sistem. Sebagai contoh pada cluster di Lab. Fisika Komputasi lanjut menggunakan ssh.namauser@cphys2.fi.itb.ac.id. Maka selanjutnya kita telah dapat masuk ke sistem cluster dari luar sistem.

Pada sistem windows, untuk masuk ke dalam sistem cluster dari luar, kita membutuhkan software tambahan untuk masuk. Software tersebut dinamakan software Putty. Software Putty memang menjadi salah satu software wajib bagi kita yang memiliki server untuk dapat mengaksesnya dengan mudah. Dengan Putty kita bisa melakukan remote

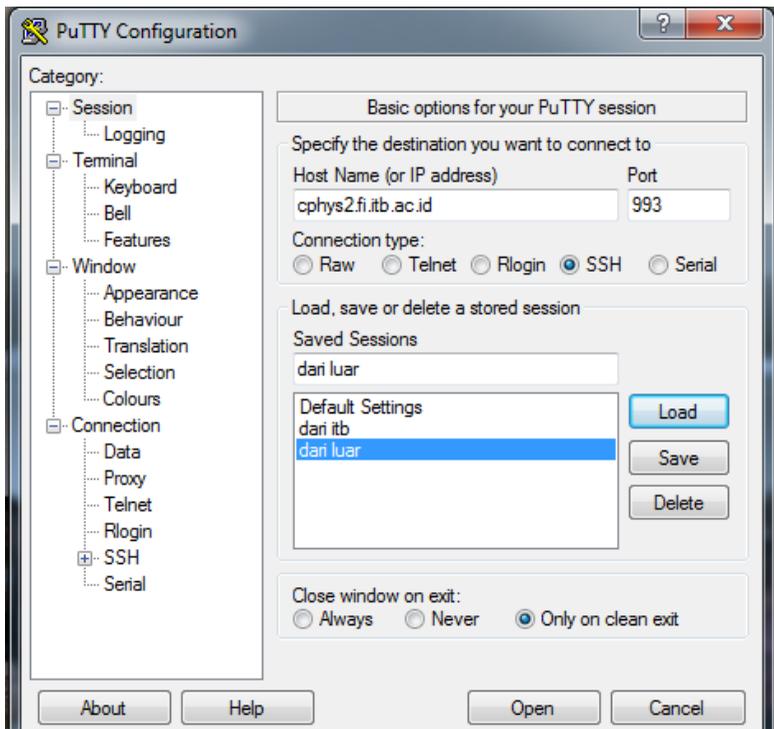
server sesuai dengan keinginan kita. Software ini tersedia gratis dan dapat didownload. Setelah software Putty didownload, maka kita tinggal menginstal software tersebut dengan cara sebagai berikut :

1. Klik Run, untuk menginstall PuTTY



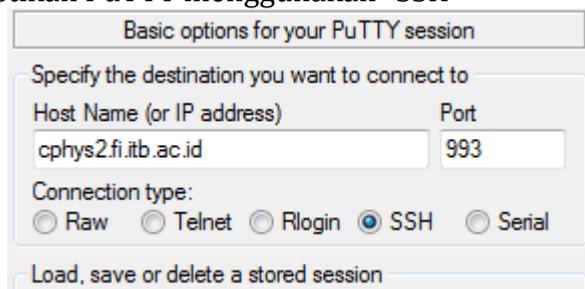
Gambar 7.1

2. Pastikan kita sudah memiliki server akses full root dan siap dipakai
3. Selanjutnya masukkan hostname atau IP server yang dimiliki (untuk di ITB silahkan masukkan cache.itb.ac.id dengan port 993)



Gambar 7.2

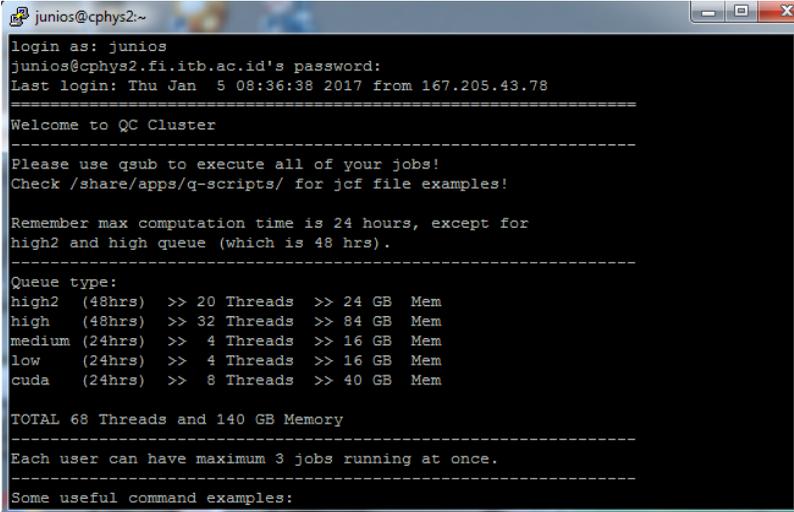
4. Pastikan PuTTY menggunakan “SSH”



Gambar 7.3

5. Jika sudah tinggal tekan tombol “open”

6. Jika pertama kali membuka atau mengakses server cluster dengan PuTTY maka akan muncul pop up notifikasi, silahkan ditekan Yes.
7. Jika sudah, maka otomatis kita akan masuk ke command linux server dan siap menyetting server sesuka kita.



```
junios@cphys2:~
login as: junios
junios@cphys2.fi.itb.ac.id's password:
Last login: Thu Jan  5 08:36:38 2017 from 167.205.43.78

=====
Welcome to QC Cluster
=====

Please use qsub to execute all of your jobs!
Check /share/apps/q-scripts/ for jcf file examples!

Remember max computation time is 24 hours, except for
high2 and high queue (which is 48 hrs).
=====

Queue type:
high2 (48hrs) >> 20 Threads >> 24 GB Mem
high (48hrs) >> 32 Threads >> 84 GB Mem
medium (24hrs) >> 4 Threads >> 16 GB Mem
low (24hrs) >> 4 Threads >> 16 GB Mem
cuda (24hrs) >> 8 Threads >> 40 GB Mem

TOTAL 68 Threads and 140 GB Memory
=====

Each user can have maximum 3 jobs running at once.
=====

Some useful command examples:
```

Gambar 7.4

8. Login pasti root, ingat di Linux untuk paste password dan lainnya cukup klik kanan 1 kali dan enter.
9. Selamat kita sudah berhasil masuk dan mengakses server dengan PuTTY di windows.

BAB 8 PENUTUP

8.1 Kesimpulan

Instalasi EGS pada komputer cluster telah berhasil dilakukan dengan mengikuti serangkaian langkah yang terstruktur. Proses ini meliputi persiapan awal sistem, konfigurasi hardware yang sesuai, dan pengaturan software yang diperlukan untuk menjalankan simulasi fisika partikel. Melalui upaya ini, sistem cluster sekarang mampu melakukan perhitungan yang kompleks dan menyediakan hasil yang akurat untuk penelitian fisika partikel, radiasi fisis, dan lain sebagainya.

8.2 Tantangan dan Solusi

Selama proses instalasi, beberapa tantangan dihadapi termasuk masalah kompatibilitas software dan hardware, serta optimalisasi penggunaan sumber daya. Solusi untuk masalah ini melibatkan pembaruan sistem operasi dan perangkat lunak pendukung, serta penyesuaian konfigurasi jaringan dan distribusi beban kerja. Kerja sama tim teknis juga sangat krusial dalam mengidentifikasi dan mengatasi hambatan teknis yang muncul.

8.3 Saran untuk Penggunaan dan Pengembangan Lebih Lanjut

Untuk penggunaan selanjutnya, disarankan agar pengguna mengikuti dokumentasi dan panduan penggunaan yang telah disediakan untuk memastikan pengoperasian cluster secara efektif. Pengembangan lebih lanjut bisa mencakup peningkatan infrastruktur hardware untuk meningkatkan kecepatan dan efisiensi, serta pembaruan software untuk mendukung simulasi yang lebih kompleks. Selain itu, kolaborasi dengan institusi lain dalam penelitian serupa bisa memberikan keuntungan dalam pertukaran pengetahuan dan teknologi.

Demikianlah buku panduan untuk menginstal EGS dan BEAM-NRC/DOSXYZ-NRC ini dibuat, dengan harapan dapat

membantu pembaca yang berminat untuk menginstal software yang sama pada perangkat komputer cluster di tempat yang berbeda. Di dalam menginstal software ini perlu sekali untuk mencermati bahwa compiler yang kita punyai cocok dengan software yang tersedia pada komputer cluster. Jika kita tidak mengetahui kompiler yang cocok dengan cluster komputer maka kita akan menemui kegagalan dalam menginstal nantinya.

Dengan berhasilnya instalasi EGS pada komputer cluster ini siap mendukung kegiatan penelitian yang akan memberikan wawasan baru dalam fisika partikel. Kedepannya, harapan kami adalah infrastruktur ini dapat terus ditingkatkan dan dimanfaatkan secara maksimal untuk kepentingan penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aslam, M., Rahim, L. B. A., Watada, J., Hashmani, M., & Department of Computer and Information Sciences, Universiti Teknologi PETRONAS 32610 Seri Iskandar, Perak Darul Ridzuan, Malaysia. (2018). Clustering-Based Cloud Migration Strategies. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 22(3), 295–305. <https://doi.org/10.20965/jaciii.2018.p0295>
- Barak, A., & La'adan, O. (1998). The MOSIX multicomputer operating system for high performance cluster computing. *Future Generation Computer Systems*, 13.
- Buyya, R. (2000). PARMON: a portable and scalable monitoring system for clusters. *Software: Practice and Experience*, 30. <https://doi.org/3.0.CO;2-5>
- Ghormley, D. P., Petrou, D., Rodrigues, S. H., Vahdat, A. M., & Anderson, T. E. (1998). GLUnix: A Global Layer Unix for a Network of Workstations. *Software: Practice and Experience*, 28. <https://doi.org/3.0.CO;2-C>
- Gropp, W., Lusk, E., Doss, N., & Skjellum, A. (1996). A High-Performance, Portable Implementation of the MPI Message Passing Interface Standard. *Parallel Computing*, 22. [https://doi.org/10.1016/0167-8191\(96\)00024-5](https://doi.org/10.1016/0167-8191(96)00024-5)
- Junios, J. (2016). Scripts Menginstal Dan Technical Note Running BEAM-NRC di Cluster.
- Junios, J., Dina Ediana, Susi Hidayati, Izhan Saputra. (2024). Buku Panduan Praktik Pre Klinik S-1 Informatika Medis.
- Junios, Haryanto, F., Su'ud, Z., & Novitrian. (2020). The effect of radiation source distance to the scintillation detector based on Monte Carlo simulation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1493(1), 012012.

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1493/1/012012>

- Junios, Irhas, Novitrian, Soediatmoko, E., Haryanto, F., Su'ud, Z., & Fielding, A. L. (2020a). Investigating the impact of collimator size variation on the single beam radiation of Gamma Knife Perfexion™ based on Monte Carlo simulation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1505(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1505/1/012013>
- Junios, J. (2016). TREATMENT PLANNING SYSTEM PADA KANKER PROSTAT DENGAN TEKNIK BRACHYTHERAPY. *Jurnal Iptek Terapan*, 10(3). <https://doi.org/10.22216/jit.2016.v10i3.587>
- Junios, J., Irhas, I., Novitrian, N., Soediatmoko, E., Haryanto, F., Su'ud, Z., & Fielding, A. L. (2020b). Characterization of Gamma Knife Perfexion™ source based on Monte Carlo simulation. *Radiological Physics and Technology*, 13(4), 398–404. <https://doi.org/10.1007/s12194-020-00590-3>
- Junios, J., Kariman, D., Susanti, E., & Haryanto, F. (2024). *Investigating the effect of the material absorber of gamma knife Perfexion™ source based on Monte Carlo simulations.* 060005. <https://doi.org/10.1063/5.0205474>
- Junios Junios. (2012). Hubungan Kuadratik Jumlah Dan Letak Seed Dengan Distribusi Dosis I-125 Brachyseed Pada Model Kanker Prostat Menggunakan Dose Volume Histogram. *Jurnal Sainstek IAIN Batusangkar*, 4(1), 26–35. <https://doi.org/10.31958/js.v4i1.54>
- Kawrakow, I. (2000). Accurate Condensed History Monte Carlo Simulation of Electron Transport. I. EGSnrc, the New EGS4 Version. *Medical Physics*. <https://doi.org/10.1118/1.598917>
- Kawrakow, I. (2024, January 21). *The EGSnrc code system: Monte Carlo simulation of electron and photon*

- transport* - NRC Publications Archive. <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=3ef83f98-160b-4498-b5b9-e2de3ef00113>
- Kawrakow, I., Mainegra-Hing, E., & Tessier, F. (2016). *The EGSnrc Code System: Monte Carlo Simulation of Electron and Photon Transport*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:116959646>
- Kurniati, F., Krisna, F. P., Junios, J., & Haryanto, F. (2021). The Dose Distribution from Iridium-192 Source on Cervical Cancer Brachytherapy by Manchester System Using Monte Carlo Simulation. *Atom Indonesia*, 47(3), 205. <https://doi.org/10.17146/aij.2021.1102>
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W. C., Erickson, J., Malyn-Smith, J., & Werner, L. (2011). Computational Thinking for Youth in Practice. *Acm Inroads*. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929902>
- Penta Krisna, F., Yani, S., Junios, Atiqah, N., Dharul Asmawan, M., & Haryanto, F. (2020). A Study of the Dose Distribution from Ir-192 Source on Inhomogeneous Phantom by Monte Carlo Simulation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1505(1), 012051. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1505/1/012051>
- Pinnegar, H. P., Sánchez-Montalvá, A., Profitós, M. B., Bosch-Nicolau, P., Salvador, F., & Romero, I. M. (2021). Utility of Fluorine-18 Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography in Patients With Visceral Leishmaniasis: Case Report and Literature Review. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.19-0858>
- Robles, M., Carew, R. M., Morgan, R. M., & Rando, C. (2020). A Step-by-Step Method for Producing 3D Crania Models From CT Data. *Forensic Imaging*. <https://doi.org/10.1016/j.fri.2020.200404>

- Rogers, D. W. O., Walters, B. R. B., & Kawrakow, I. (n.d.). *BEAMnrc Users Manual*. National Research Council of Canada. Institute for National Measurement Standards.
- Sherwani, J., Ali, N., Lotia, N., Hayat, Z., & Buyya, R. (2004). Libra: A Computational Economy based Job Scheduling System for Clusters. *Software: Practice and Experience*, 34. <https://doi.org/10.1002/spe.581>
- Solomon, J., & Samei, E. (2014). A Generic Framework to Simulate Realistic Lung, Liver and Renal Pathologies in CT Imaging. *Physics in Medicine and Biology*. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/59/21/6637>
- Steen, A. J. (2003). An Evaluation of Some Beowulf Clusters. *Cluster Computing*, 6.
- Wilson, M. P., Katlariwala, P., Abele, J., & Low, G. (2022). A Review of ^{99m}Tc-Sestamibi SPECT/CT for Renal Oncocytomas: A Modified Diagnostic Algorithm. *Intractable & Rare Diseases Research*. <https://doi.org/10.5582/irdr.2022.01027>
- Yeo, C. S., Buyya, R., Pourreza, H., Eskicioglu, R., Graham, P., & Sommers, F. (2006). Cluster Computing: High-Performance, High-Availability, and High-Throughput Processing on a Network of Computers. In A. Y. Zomaya (Ed.), *Handbook of Nature-Inspired and Innovative Computing: Integrating Classical Models with Emerging Technologies* (pp. 521–551). Springer US. https://doi.org/10.1007/0-387-27705-6_16
- Zomaya, A. Y. (Ed.). (2006). *Handbook of nature-inspired and innovative computing: Integrating classical models with emerging technologies*. Springer Science+Business Media.

PROFIL PENULIS



Dr. Junios, S. Si., M. Si.

Penulis dilahirkan di Kota Padang Provinsi Sumatera Barat tanggal 05 Juni 1978 yang merupakan anak ketujuh dari pasangan Bapak Akhiruddin dan Ibu Syamsidar. Penulis menyelesaikan program S1 Fisika pada Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang dengan Kajian Keahlian (KK) Fisika Bumi. Penulis menamatkan S1 Fisika pada tahun 2002, dengan judul tugas akhir

“Pemodelan Magnetotellurik 2D dengan Persamaan Differensial” yang dianalisis menggunakan program Turbo Pascal dan Fortran. Penulis melanjutkan studi S2 pada tahun 2009 di Institut Teknologi Bandung pada KK Fisika Nuklir dan Biofisika dengan sub KK Fisika Medis. Pada tahun 2011 penulis mampu menyelesaikan studi S2 dengan judul tesis “Pengaruh Jumlah dan Letak Seed terhadap Distribusi Dosis I-125 BrachySeed pada Model Kanker Prostat dengan Dose Volume Histogram”. Pada tahun 2016 penulis melanjutkan studi di Program Studi Doktor Fisika ITB dengan sub KK yang sama yakni Fisika Medis. Disertasi penulis berjudul “Karakterisasi Berkas Sinar dan Perhitungan Dosis Gamma Knife Perfexion™ Berbasis Simulasi Monte Carlo”. Selama studi S3 penulis mendapatkan kesempatan *University Visitor* dalam program PKPKI/Sandwich-like tahun 2019 Ristekdikti di *Queensland University of Technology* (QUT) Australia. Penulis telah menghasilkan banyak karya publikasi yang terindeks pada jurnal internasional bereputasi.



Dr. Delsi Kariman, S. Si., M. Si.

Penulis dilahirkan di Pekan Kamis Kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat tanggal 20 April 1979 yang merupakan anak keempat dari pasangan Bapak Kariman dan Ibu Saemar. Penulis menyelesaikan program S1 Matematika pada Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Padang dengan Kajian Keahlian (KK) Analisis pada tahun 2004.

Penulis melanjutkan studi S2 pada tahun 2008 di Institut Teknologi Bandung pada KK Aljabar. Pada tahun 2010 penulis mampu menyelesaikan studi S2. Pada tahun 2016 penulis melanjutkan studi di Program Studi Doktor Matematika ITB dengan KK yang sama yakni Aljabar. Selama studi S3 penulis mendapatkan kesempatan menjadi *University Visitor* di *Western Sidney University* Australia. Penulis telah menghasilkan karya publikasi yang terindeks pada jurnal internasional bereputasi.