

**RI-GRID:
USULAN PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR KOMPUTASI GRID NASIONAL**

Bobby Nazief, Ph.D., nazief@cs.ui.ac.id

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia
Kampus UI, Depok

ABSTRAK

Dalam makalah ini akan diusulkan RI-GRID, suatu arsitektur sistem komputer berkinerja tinggi di tingkat nasional yang memanfaatkan teknologi grid computing yang ada (beberapa di antaranya: Globus Toolkit 4, Condor, PVM, MPI) sebagai komponen pembangunnya. Dengan terbentuknya infrastruktur komputasi grid nasional ini, diharapkan kebutuhan para peneliti akan sumber daya komputasi dapat dipenuhi dan pada gilirannya dapat meningkatkan tingkat kompetitif bangsa ini.

Kata kunci: grid computing, distributed computing

1. PENDAHULUAN

1.1. Kebutuhan Sumber Daya Komputasi pada Pengembangan *e-Science*

Saat ini, para peneliti sudah amat menyadari pentingnya peran komputer dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Komputer memungkinkan para peneliti untuk menciptakan laboratorium virtual dalam komputer untuk melakukan eksperimen-eksperimen yang akan mahal sekali jika dilakukan di dalam sebuah laboratorium fisik atau bahkan tidak mungkin.

Beberapa pihak bahkan telah memberikan nama tersendiri untuk menggambarkan kegiatan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berbasis komputer ini dengan sebutan *e-Science* [7].

1.2. Mahalnya sumber daya komputasi

Untuk melakukan eksperimen dengan menggunakan komputer dalam konteks pengembangan *e-Science* di atas umumnya dibutuhkan sumber daya komputasi yang berkinerja tinggi (atau juga dikenal dengan sebutan *high performance computing*). Pada beberapa dekade yang lalu, sumber daya komputasi berkinerja tinggi ini hanya dapat dipenuhi oleh komputer yang dikategorikan sebagai *supercomputer* (seperti komputer Cray X-MP, CDC, Illiac-IV).

Supercomputer memang dapat memenuhi kebutuhan para peneliti *e-Science*, namun karena harganya yang mahal, hanya sedikit dari para peneliti tersebut yang dapat memilikinya/menggunakannya.

Sejalan dengan perkembangan teknologi komputer, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak, saat ini sumber daya komputasi berkinerja tinggi tidak lagi harus dipenuhi oleh komputer-komputer berkategori *supercomputer*. Bahkan dengan teknologi komputer yang dikenal dengan nama *grid computing*, sejumlah komputer yang lazim digunakan di perkantoran dapat digabung untuk secara bersama-sama melakukan eksperimen seperti yang dahulu biasa dilakukan oleh *supercomputer*.

1.3. Grid Computing sebagai Solusi

Bagi para peneliti di negara-negara yang kemampuan ekonominya terbatas maka solusi yang diberikan oleh teknologi *grid computing* ini merupakan suatu alternatif yang harus dipertimbangkan dengan amat serius. Pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, termasuk yang dilakukan dengan menggunakan bantuan komputer (*e-Science*), tidak harus terhenti hanya karena keterbatasan dana.

Teknologi *grid computing* memungkinkan para peneliti memanfaatkan sumber daya komputasi yang telah ada semaksimal mungkin. Dengan menggunakan teknologi ini, para peneliti dapat menggabungkan komputer-komputer yang berada di tempat-tempat yang secara geografis terpisah menjadi suatu kesatuan sistem komputer. Gabungan banyak komputer ini secara keseluruhan mampu menyediakan sumber daya komputasi yang setara atau bahkan lebih dengan komputer berkategori *supercomputer*. Lebih lanjut, sistem komputer ini dapat digunakan secara bersama-sama oleh para

peneliti yang juga berasal dari instansi-instansi yang lokasinya berlainan.

Secara keseluruhan, tidak saja teknologi *grid computing* memungkinkan para peneliti di negara seperti Indonesia menerapkan *e-Science* untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan biaya yang relatif “terjangkau”, tetapi juga dapat memanfaatkan sumber daya komputasi yang ada seefisien mungkin secara *bersama-sama* oleh banyak peneliti.

2. GRID COMPUTING

2.1. Evolusi Grid Computing

Teknologi *grid computing* merupakan teknologi yang telah dikembangkan dalam waktu yang panjang. Secara evolusi kita melihat pengembangan teknologi sejenis mulai dari Condor [10], kemudian diikuti oleh PVM (Parallel Virtual Machine) [8] dan MPI (Message Passing Interface) [9], sampai dengan Globus Toolkit [4]. Sejak awal, para peneliti di bidang komputasi berkinerja tinggi telah menggunakan dua pendekatan [13], (1) *supercomputer*, membangun sebuah komputer dengan teknologi perangkat keras berkinerja tinggi, dan (2) *multicomputer*, membangun sebuah sistem komputer dengan teknologi jaringan interkoneksi dan perangkat lunak. Pendekatan pertama umumnya menghasilkan sebuah komputer yang berkinerja tinggi, tetapi berharga amat mahal sehingga hanya dapat dimiliki oleh segelintir pihak saja. Pendekatan kedua menghasilkan suatu sistem komputer yang kinerjanya bervariasi sesuai jumlah komputer yang tergabung dan konfigurasi perangkat lunak yang digunakan.

Walaupun harga suatu sistem komputer berkinerja tinggi yang dibangun dengan pendekatan *multicomputer* lebih terjangkau dibandingkan dengan *supercomputer*, pemakaiannya masih terbatas. Sistem komputer berbasis jaringan tersebut umumnya diterapkan pada komputer-komputer yang terhubung dalam suatu jaringan lokal (LAN). Salah satu penyebabnya adalah masalah keamanan jaringan yang belum tertangani dengan baik. Selain itu, sistem perangkat lunak pendukung yang memungkinkan komputer-komputer tersebut bekerja sebagai satu kesatuan umumnya memiliki konfigurasi yang kompleks sehingga penggunaannya harus memiliki keahlian tersendiri sebelum dapat memanfaatkan sistem komputer tersebut.

Sejalan dengan perkembangan teknologi Internet dan teknologi-teknologi komputer yang berkaitan lainnya seperti protokol komunikasi data, teknologi

keamanan jaringan, teknologi pemrograman terdistribusi, dan teknologi bahasa pemrograman yang independen terhadap arsitektur komputer maka sistem komputer berkinerja tinggi berbasis jaringan menjadi lebih mudah untuk diimplementasikan dan digunakan.

2.2. Grid Computing & Solusi yang Ditawarkan

Pada beberapa tahun belakangan ini, sekelompok peneliti di bidang komputasi berkinerja tinggi secara serius memusatkan perhatian pada pengembangan sistem komputer berbasis jaringan seperti yang telah diuraikan di atas dengan menggunakan teknologi yang dikenal dengan sebutan teknologi *grid computing* [5].

Teknologi *grid computing* adalah suatu cara penggabungan sumber daya yang dimiliki banyak komputer yang terhubung dalam suatu jaringan sehingga terbentuk suatu kesatuan sistem komputer dengan sumber daya komputasi yang besarnya mendekati jumlah sumber daya komputasi dari komputer-komputer yang membentuknya. Lebih lanjut, sebagian atau seluruh sumber daya komputasi ini dapat dipakai oleh penggunaannya sesuai kebutuhan masing-masing. Penamaan “grid” disini meminjam istilah yang digunakan dalam ketenagalistrikan [7], dimana pembangkit-pembangkit tenaga listrik dihubungkan satu sama lain untuk secara bersama-sama memasok kebutuhan tenaga listrik penggunaannya. Masing-masing pengguna hanya menggunakan sebagian dari daya listrik yang dihasilkan oleh seluruh pembangkit tenaga listrik tersebut.

Berbeda dengan teknologi-teknologi pendahulunya seperti Condor, PVM, atau MPI, teknologi *grid computing* dilengkapi oleh komponen-komponen yang memungkinkan pemanfaatan sumber daya komputasi yang terhimpun secara lebih optimal dan aman. Untuk melihat komponen-komponen dari teknologi *grid computing* ini, disini akan diuraikan dengan singkat sistem Globus Toolkit yang dikembangkan oleh para peneliti di Argonne National Laboratory, Amerika Serikat [4]. Sistem Globus Toolkit merupakan salah satu teknologi *grid computing* yang populer dan banyak digunakan oleh pihak-pihak yang ingin mengintegrasikan sumber daya komputasi mereka yang tersebar menjadi satu kesatuan.

Secara spesifik, sistem Globus Toolkit yang akan dibahas disini adalah sistem Globus Toolkit versi 4 (GT4) [6], yang merupakan versi mutakhir dari sistem Globus Toolkit. Sistem GT4 dibangun dengan menggunakan teknologi *Web Services* [2] yang telah berkembang menjadi suatu standar dalam

pengembangan perangkat lunak terdistribusi. Teknologi *Web Services* memungkinkan GT4 mengadopsi konsep berorientasi layanan (*service-oriented*) yang menggunakan layanan, bukan perangkat keras, sebagai komponen dasar bangunannya. Di atas *Web Services* ini GT4 membangun komponen-komponen utama dari sistem komputasi grid berikut ini.

GRAM: Grid Resource Allocation & Management

Komponen ini bertanggung jawab dalam mengelola seluruh sumber daya komputasi yang tersedia dalam sistem komputasi grid. Pengelolaan ini mencakup eksekusi program pada seluruh komputer yang tergabung dalam sistem komputasi grid, mulai dari inisiasi, *monitoring*, sampai penjadwalan (*scheduling*) dan koordinasi antar-proses.

Suatu hal yang menarik dengan sistem GT4 adalah kemampuannya untuk bekerja sama dengan sistem-sistem pengelolaan sumber daya komputasi yang telah ada sebelumnya seperti Condor, PVM, atau MPI. Dengan mekanisme ini maka program-program yang telah dibangun sebelumnya tidak perlu dibangun ulang atau kalaupun harus dimodifikasi, modifikasinya minimum, jika akan dijalankan dalam lingkungan komputasi grid berbasis GT4.

RFT/GridFTP: Reliable File Transfer/Grid File Transfer Protocol

Komponen ini memungkinkan pengguna mengakses data yang berukuran besar dari simpul-simpul komputasi yang tergabung dalam sistem komputasi grid secara efisien dan dapat diandalkan. Hal ini penting karena kinerja komputasi tidak saja bergantung pada seberapa cepat komputer-komputer yang tergabung dalam sistem komputasi grid ini mengeksekusi program, tetapi juga seberapa cepat data yang dibutuhkan dalam komputasi tersebut dapat diakses. Perlu diingat bahwa, data yang dibutuhkan oleh suatu proses tidak selalu berada pada komputer yang mengeksekusi proses tersebut.

MDS: Monitoring & Discovery Service

Komponen ini memungkinkan pengguna sistem GT4 melakukan *monitoring* proses komputasi yang tengah berjalan sehingga masalah yang timbul dapat segera diketahui. Sementara itu, aspek *discovery* dari komponen ini memungkinkan pengguna mengidentifikasi keberadaan suatu sumber daya komputasi berikut karakteristiknya.

GSI: Grid Security Infrastructure

Komponen ini bertanggung jawab atas keamanan sistem komputasi grid secara keseluruhan. Komponen ini pula yang merupakan salah satu ciri

pembeda teknologi GT4 dengan teknologi-teknologi pendahulunya seperti PVM atau MPI. Dengan diterapkannya mekanisme keamanan yang terintegrasi dengan komponen-komponen komputasi grid lainnya, sistem berbasis teknologi *grid computing* seperti GT4 dapat diakses oleh publik (WAN) tanpa menurunkan tingkat keamanannya.

Sistem keamanan GT4 dibangun atas komponen-komponen standar keamanan yang telah teruji, yang mencakup proteksi data, autentikasi, delegasi, dan otorisasi. Konfigurasi dasar GT4 mengasumsikan baik pengguna maupun layanan menggunakan standar keamanan yang menggunakan standar kunci publik X.509.

3. RI-GRID

3.1. Infrastruktur Komputasi Grid Nasional

Dengan meningkatnya kebutuhan para peneliti akan sumber daya komputasi untuk melakukan *e-Science* seperti telah disebutkan dimuka dan berkembangnya teknologi *grid computing* maka beberapa negara telah mengambil inisiatif untuk mengimplementasikan infrastruktur komputasi grid di tingkat nasional. Beberapa contoh di antaranya: India [12], Singapura [1], dan Jepang [11].

Suatu infrastruktur komputasi grid di tingkat nasional akan dapat menekan biaya investasi dibandingkan bila masing-masing institusi penelitian di negara tersebut harus mengadakan perangkat komputasinya sendiri-sendiri. Lebih lanjut, sistem komputasi grid yang menuntut penggunaan sumber daya komputasi secara bersama-sama akan menumbuhkan semangat berkolaborasi di antara para peneliti tersebut. Suatu hal yang amat positif.

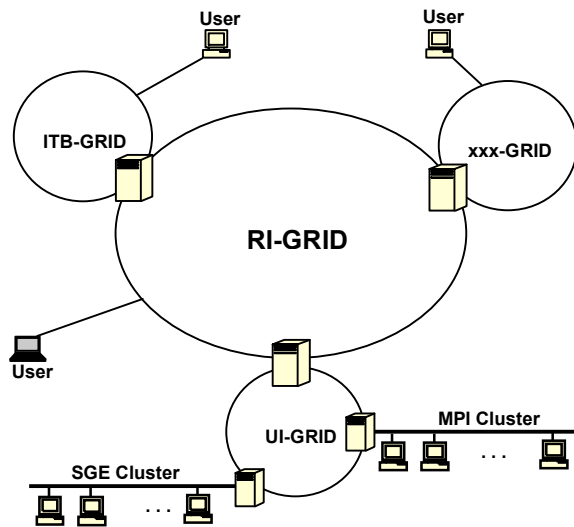
Melihat manfaat yang dapat diberikan oleh keberadaan suatu infrastruktur komputasi grid di tingkat nasional maka pada makalah ini diajukan rancangan RI-GRID, yaitu infrastruktur komputasi grid di tingkat negara Republik Indonesia yang bertujuan memanfaatkan sumber daya komputasi yang berada di institusi-institusi penelitian baik saat ini maupun di masa akan datang sehingga dapat digunakan oleh para peneliti di negara ini untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi.

3.2. Arsitektur RI-GRID

Gambar 3.1 berikut menunjukkan rancangan arsitektur infrastruktur komputasi grid RI. Seperti terlihat pada gambar tersebut, RI-GRID dibangun dengan jalan menggabungkan sistem-sistem komputasi grid yang berada di institusi-institusi penelitian (perguruan tinggi baik negeri maupun

swasta dan lembaga penelitian pemerintah) menjadi satu kesatuan. Konfigurasi perangkat keras dan perangkat lunak masing-masing sistem di tingkat institusi dapat berbeda, namun dengan mengoperasikan teknologi *grid computing* seperti GT4 pada simpul-simpul penghubung dari masing-masing sistem, keseluruhan sistem membentuk satu kesatuan infrastruktur komputasi grid nasional. Dengan konfigurasi seperti ini, jika dibutuhkan, pengguna di suatu institusi dapat memanfaatkan sumber daya komputasi yang berada di luar institusinya.

GAMBAR 3.1. ARSITEKTUR RI-GRID



Konfigurasi yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 di atas tidak menuntut masing-masing sistem di tingkat institusi untuk merubah konfigurasi sistem masing-masing secara signifikan. Jika suatu institusi telah mengimplementasikan suatu teknologi *grid computing* tertentu seperti SUN Grid Engine (SGE) atau teknologi komputasi berbasis jaringan seperti PVM, MPI, Condor maka sistem GT4 dapat dikonfigurasi untuk berkoordinasi dengan masing-masing teknologi tersebut.

Salah satu prasyarat dari pembentukan RI-GRID adalah tersedianya suatu *backbone* jaringan berkapasitas besar untuk menghubungkan simpul-simpul penghubung di masing-masing institusi. Kebutuhan ini dapat dipenuhi oleh IHEN (Indonesian Higher Education Network) [3] yang akan dibangun pada tahun 2006 ini. Bagian utama dari IHEN, yang menghubungkan 6 kota di pulau Jawa, akan memiliki lebar pita mulai 2 Mbps dan akan ditingkatkan sampai 155 Mbps. Disamping itu, interkoneksi IHEN yang juga menghubungkan kota-kota di luar pulau

Jawa akan memungkinkan akses atas RI-GRID bagi para peneliti di kota-kota tersebut.

4. PENUTUP

Sistem komputasi berkinerja tinggi berbasis teknologi *grid computing* tidak identik dengan sistem komputer berharga mahal. Lebih lanjut, infrastruktur komputasi grid nasional dapat dibangun dengan menggabungkan sumber-sumber daya komputasi yang telah ada menjadi satu kesatuan yang kemudian dapat berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Bahkan, prinsip kolaborasi yang melandasi teknologi *grid computing* dapat menjadi pelajaran berharga bagi kita untuk menerapkannya dalam konteks kehidupan yang lain.

5. REFERENSI

- [1] CHEOK Beng Teck, "Development in Grid Activities in Singapore," 3rd PRAGMA Workshop, January 2003.
- [2] D. Booth, et. Al., "Web Services Architecture," W3C, Working Draft <http://www.w3.org/TR/2003/WD-ws-arch-20030808/>, 2003.
- [3] Ditjen DIKTI, "Kerangka Acuan Kerja Jaringan Pendidikan dan Penelitian Perguruan Tinggi di Indonesia," Januari 2006.
- [4] Ian Foster & Carl Kesselman, "Globus: A Metacomputing Infrastructure Toolkit," Int'l J. of Supercomputer Applications, 11 (2), 1998.
- [5] Ian Foster, Carl Kesselman, Steven Tuecke, "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations," Int'l Journal of Supercomputer Applications, 2001.
- [6] Ian Foster, "A Globus Primer," Early Draft, May 2005.
- [7] Ian Foster, "Service-Oriented Science," *Science*, 308 (5723), May 2005.
- [8] A. Geist, et. Al., "PVM: Parallel Virtual Machine|A User's Guide and Tutorial for Network Parallel Computing," MIT Press, 1994.
- [9] W. Gropp, E. Lusk, and A. Skjellum, "Using MPI: Portable Parallel Programming with the Message Passing Interface," MIT Press, 1995.
- [10] M. Litzkow, M. Livney, and M. Mutka, "Condor - a hunter of idle workstations," in Proc. 8th Int'l Conf. on DCS, 1988.
- [11] Kenichi Miura, "Overview of Japanese National Research Grid Initiative (NAREGI) Project," FUJITSU Sci. Tech. J., 40 (2), December 2004.
- [12] N. Ram & S. Ramakrishnan, "GARUDA: India's National Grid Computing Initiative," *CTWatch Quarterly*, 2 (1), February 2006.
- [13] D. Reed & R. M. Fujimoto, "Multicomputer Networks: Message-Based Parallel Processing," MIT Press, 1987.