

Rekayasa Komputasional Sistem Pendingin Kluster Komputer

E.M Budi, W. Hendradjit, A.C. Budiman

Program Studi Teknik Fisika – Institut Teknologi Bandung

Jalan Ganesa no. 10 Bandung

Received Date : 16 November 2010

Acceptance Date : 22 November 2010

Abstrak

Makalah ini membeberkan proses rekayasa komputasional dalam rangka membangun sistem kluster komputer yang terdinginkan dengan baik. Pendinginan diperlukan karena seluruh komputer dimasukkan dalam satu lemari server secara kompak, padahal selama bekerja masing-masing komputer akan mendisipasikan kalor yang tidak sedikit. Upaya pendinginan dilakukan dengan mengatur peletakan komputer agar konveksi udara alami berjalan lancar, kemudian menambahkan kipas pada posisi yang tepat untuk memberi konveksi paksa yang efektif. Dengan rekayasa komputasional, maka peletakan komputer maupun kipas secara coba-coba bisa dihindari. Hasil simulasi maupun implementasi menunjukkan bahwa suhu udara dalam lemari bisa dijaga dibawah 79°C pada beban komputasi 100%.

Kata kunci: rekayasa komputasional, pendinginan, konveksi udara, kluster komputer

Abstract

This paper shows the process of computational engineering in order to build a well cooled computer cluster system. Cooling system is needed because many computers are put into single server cabinet, whereas each computer will dissipate some heat during the work. This cooling system works by arranging the computer position to maximize the natural air convection and adding the fan in the right position to give an effective forced convection. With computational engineering, the trial and error method for computer and fan placement can be avoided. Results from simulation and implementation show the air temperature in server cabinet can be maintained below 79°C at 100% computational load.

Keywords: computational engineering, cooling, air convection, computer cluster.

1 Pendahuluan

Kluster komputer adalah beberapa komputer yang terhubung dengan jaringan guna melakukan komputasi yang intensif secara paralel. Seluruh komputer ini biasanya diletakkan dalam satu lemari server demi menghemat ruang. Padahal, selama komputasi yang berat tersebut setiap komputer akan mendisipasikan kalor yang sebanding dengan daya listrik yang dipakainya. Apabila tidak didinginkan dengan baik, suhu dalam lemari bisa naik secara drastis sehingga kinerja komputer harus diturunkan. Jika dipaksakan, maka akibat yang lebih parah adalah komputer akan rusak.

Dalam lemari server, pendinginan hanya bisa dilakukan secara konveksi udara. Oleh karena itu, rekayasa sistem pendingin kluster ini dilakukan dengan dua kiat. Pertama, peletakan komputer dalam server dipertimbangkan sedemikian rupa agar sumber panas utama (dalam hal ini CPU) tidak terlalu berdekatan dan konveksi udara alami bisa terjadi dengan lancar. Selanjutnya, ditambahkan kipas pada posisi yang tepat agar terjadi konveksi paksa yang efisien. Jelas bahwa peletakan komputer dan kipas tersebut memiliki banyak kemungkinan, sehingga cara coba-coba sangat tidak efektif. Untuk itulah sebelum sistem

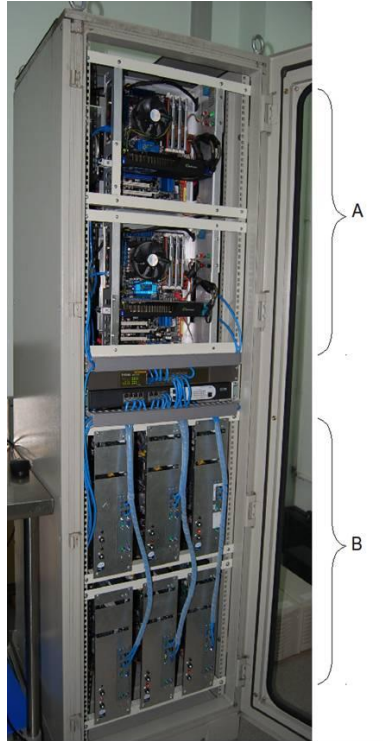
kluster ini dibangun, diperlukan rekayasa komputasional yang dapat menjamin keberhasilannya.

2 Deskripsi Sistem

Sistem kluster komputer yang ingin didinginkan terdiri dari 10 buah komputer yang diletakkan dalam suatu lemari server (Gambar 1). Dari sudut pandang pendinginan, sumber panas utama pada sistem ini adalah CPU (*Central Processing Unit*) dan GPU (*Graphics Processing Unit*). Dalam pada itu, ada dua tipe komputer yaitu 4 komputer berbasis CPU Intel Core i7 dan GPU NVIDIA GeForce 295GTX (Gambar 1 A) serta 6 komputer berbasis CPU Intel Xeon (Gambar 1 B). Dengan demikian, beban kalor sistem ini diperkirakan dapat diperkirakan seperti Tabel 1.

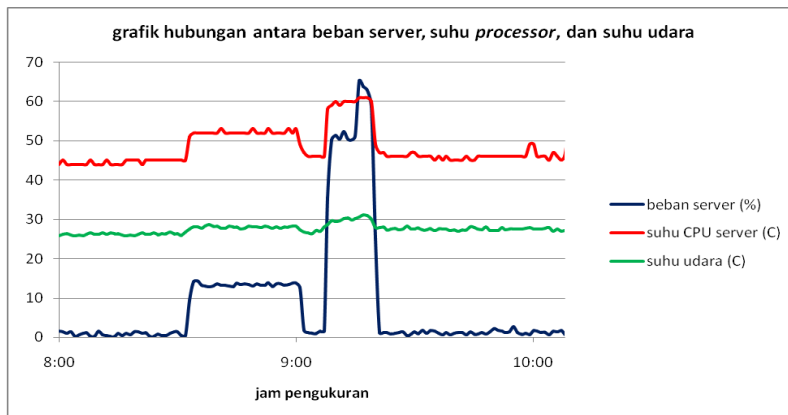
Tabel 1. Perkiraan beban kalor system computer kluster, berdasar daya listrik CPU dan GPU

No	Sumber kalor	Daya (watt)	Banyak	Jumlah (watt)
1	CPU Intel Xeon	50	6	300
2	CPU Intel Core i7		4	
3	GPU NVIDIA 295 GTX	260	4	1040
			TOTAL	1340



Gambar 1 Sistem kluster komputer yang ingin didinginkan

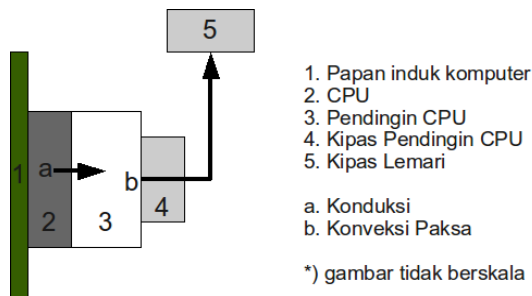
Dari eksperimen, diketahui bahwa disipasi kalor ini tergantung juga pada beban kerja CPU maupun GPU yang bersangkutan. Gambar 2 memperlihatkan pengukuran di salah satu komputer. Nampak bahwa dalam keadaan diam (beban kerja 0%), suhu CPU tenang disekitar 46°C, dan suhu udara ambien sekitar 28°C. Namun ketika beban dinaikkan menjadi 50%, suhu CPU meloncat mendekati 60°C dan suhu udara terpengaruh naik di atas 30°C. Menurus spesifikasi pabrik, suhu kritis CPU adalah 69°C. Dengan demikian, perlu upaya serius agar suhu CPU tidak melewati ambang tersebut ketika beban kerja mencapai 100%.



Gambar 2 Hasil pengukuran suhu CPU dan suhu udara terhadap beban kerja komputer

3 Model Matematis

Model matematis sistem pendingin dapat diturunkan dari prinsip-prinsip transfer kalor dan perpindahan massa. Mekanisme transfer kalor terdiri dari tiga macam, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi [1][2][5]. Pada sistem komputer, konduksi terjadi antara CPU dengan bilah pendingin, kemudian konveksi terjadi dari bilah pendingin ke udara sekitar (Gambar 3). Konveksi ini dipaksa oleh kipas pada pendingin CPU, dan juga oleh kipas yang dipasang pada lemari.



Gambar 3 Aliran kalor pada satu komputer

Aliran kalor secara konduksi antara dua titik dimodelkan dengan persamaan matematis

$$Q = k \times A \times \Delta T \tag{1}$$

dimana :

- Q = Laju aliran kalor secara konduksi satu arah (W)
- K = Konstanta konduktivitas termal (W/m².K)
- A = Luas penampang medium (m²)
- ΔT = Selisih suhu di antara kedua titik (K)

Sementara itu, persamaan umum transfer kalor secara konveksi adalah:

$$Q_{conv} = h \times A \times (T_s - T_f) \quad (2)$$

dimana:

Q_{conv} .	=	Laju aliran kalor secara konveksi (W)
H	=	Koefisien konveksi kalori (W/m ² .K)
A	=	Luas penampang medium (m ²)
T_s	=	Suhu pada permukaan (K)
T_f	=	Suhu fluida (K)

Dalam hal ini, koefisien konveksi kalor semakin besar jika ada aliran udara (konveksi paksa). Untuk itu bisa dipasang kipas (fan) guna mengalirkan udara dengan debit tertentu, yang memenuhi persamaan:

$$\dot{q} = A \times \bar{v} \quad (3)$$

dimana:

\dot{q}	=	Debit aliran udara (m ³ /s)
A	=	Luas penampang kipas (m ²)
\bar{v}	=	Kecepatan aliran udara melalui kipas(m/s)

4 Perangkat Lunak

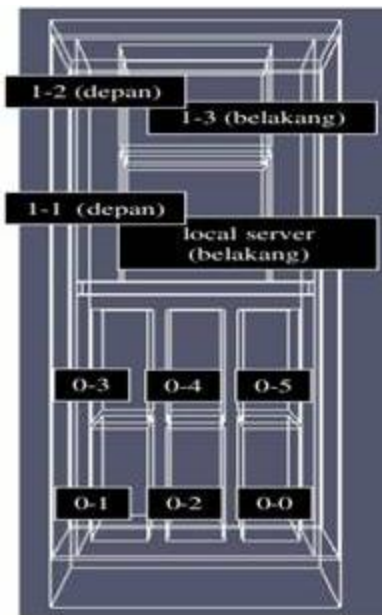
Untuk perancangan komputasional sistem pendingin ini, digunakan perangkat lunak OpenFOAM dan ParaView [6]. OpenFOAM adalah singkatan dari Opensource Field Operation and Manipulation, suatu program lunak open source yang bisa beroperasi pada sistem operasi Linux atau Mac. Perangkat lunak ini khusus dibuat untuk melakukan simulasi dalam bidang mekanika fluida, menggunakan berbagai teknik Computational Fluid Dynamics (CFD). Dalam kasus pendinginan sistem kluster ini, solver yang digunakan adalah BuoyantSimpleFoam, yaitu simulator kondisi tunak dari aliran fluida termampatkan, seperti udara [3][4]. Solver ini mampu memprediksi sebaran suhu udara di sekitar beberapa sumber panas dalam suatu ruang terbatas. Hasil simulasi OpenFoam kemudian bisa divisualisasikan dengan ParaView.

5 Perancangan Komputasional

Untuk melakukan perancangan komputasional dengan OpenFOAM, mula-mula perlu dimasukkan data mesh tentang lemari dan peletakan papan induk, serta posisi sumber panas yaitu CPU dan GPU (Gambar 4). Nampak di sini bahwa enam buah komputer berbasis CPU (0-0 s/d 0-5) diletakkan di bawah secara vertikal pada arah membujur (depan ke belakang). Sementara itu empat buah komputer berbasis CPU+GPU (1-1 s/d 1-3 dan local server) diletakkan vertikal di atas pada arah melintang (kiri ke kanan). Hal ini dilakukan dengan pertimbangan:

1. Komputer berbasis CPU+GPU akan mendisipasikan panas lebih banyak, sehingga sebaiknya diletakkan di sebelah atas agar kalornya cepat terbang ke atas tanpa melewati komputer berbasis CPU yang relatif lebih dingin

2. Komputer diletakan vertikal dengan arah saling menyilang agar aliran udara lebih lancar dan merata.



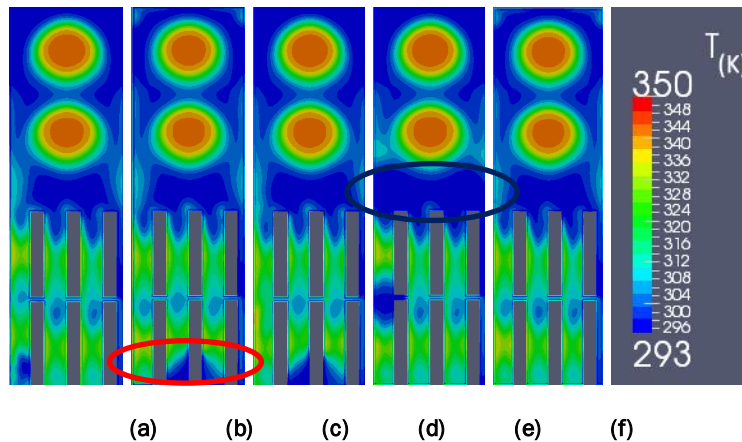
Gambar 4 Mesh OpenFOAM untuk sistem kluster

Tabel 2 Konfigurasi kipas untuk lima perlakuan berbeda

Keterangan	Perlakuan				
	a	b	c	d	e
Konfigurasi Kipas keluar Bagian Atas					
Konfigurasi Kipas masuk Bagian Bawah				-	-
Keterangan Lain	-	-	Ada lubang 10 cm x 10 cm pada bagian tengah dinding kiri dan kanan	4 kipas lainnya dipasang di bagian lubang samping kiri-kanan	4 kipas lainnya dipasang di bagian belakang

Sementara itu, parameter yang akan diubah adalah posisi peletakan kipas dan penambahan lubang (patch) pada lemari. Dalam hal ini, dicoba lima kemungkinan konfigurasi kipas seperti diberikan pada Tabel 2. Setelah kelima perlakuan berbeda tersebut disimulasikan dengan OpenFOAM, hasilnya divisualisasikan dengan ParaView seperti Gambar 5. Secara kualitatif, sistem pendingin terbaik adalah sistem yang sebaran

suhunya memiliki area suhu dingin paling luas. Pada Gambar 5, terlihat bahwa hasil terbaik diberikan oleh perlakuan (d), diikuti oleh perlakuan (b).



Gambar 5 Hasil simulasi 5 konfigurasi kipas dan lubang pendinginan

Justifikasi atas hasil ini adalah sebagai berikut:

1. Pada perlakuan (b), konveksi paksa didorong oleh aliran udara silang yang masuk dari empat kipas di tengah bawah, dan keluar dari empat kipas di sudut pinggir atas. Hal ini memberikan cukup udara dingin yang terkonsentrasi di sebelah bawah (lingkaran Gambar 5 (b)), dan akhirnya udara panas terbuang dari sebelah pinggir atas. Menurut simulasi, perlakuan (b) ini lebih baik dibanding perlakuan (a), dimana udara masuk oleh 4 kipas di sudut pinggir bawah dan keluar oleh empat kipas di tengah atas.
2. Pada perlakuan (d), udara masuk secara alami dari bawah lemari dan dimasukkan secara paksa oleh kipas yang diletakkan di empat sisi tengah lemari, kemudian dikeluarkan dari atas oleh 4 kipas di tengah. Aliran udara alami dari bawah ternyata cukup untuk mendinginkan ke-enam komputer berbasis CPU. Sementara itu, aliran udara paksa dari tengah memberi banyak udara dingin (lingkaran Gambar 5 (d)) guna pendinginan komputer berbasis CPU+GPU di sebelah atas. Hal ini lebih baik di banding perlakuan (c) dimana aliran udara paksa diberikan dari bawah kemudian dibantu aliran udara alami dari tengah.

6 Implementasi

Setelah mendapat kepastian dari proses perancangan komputasional tersebut, implementasi bisa dilakukan dengan tingkat keyakinan yang lebih tinggi. Dalam hal ini dipilih konfigurasi (b) karena pertimbangan kelayakan konstruksi. Gambar 1 memperlihatkan pemasangan kipas pada bagian bawah (a) dan bagian atas (b) lemari.

Setelah kipas dipasang, pengukuran menunjukkan bahwa saat beban kerja kluster sangat kecil, suhu pada CPU turun mulai dari rata-rata 1,2°C (bagian bawah) hingga 3,7°C (bagian atas), sementara suhu udara dalam lemari mengalami penurunan mulai dari 1°C (di bawah) hingga 4,4°C (di atas). Sementara itu pada beban 75%, suhu CPU berkisar diantara 50-59°C, tetap dibawah suhu kritisnya. Pada kondisi ini, suhu udara di luar processor mencapai nilai tertinggi 40,1°C di bagian atas lemari.

7 Kesimpulan

Proses perancangan komputasional terbukti dapat memberikan prediksi atas beberapa pilihan yang sebelumnya sulit untuk dihitung dengan analisis matematis biasa. Khusus untuk kasus kluster komputer dengan pendinginan konveksi ini, nampak bahwa :

1. Aliran udara sebaiknya diusahakan mengalir lancar dari bawah ke atas, sesuai dengan arah konveksi alami.
2. Peletakan komputer dengan arah vertikal dan bersilang dapat membantu distribusi panas lebih baik.
3. Peletakan kipas yang terpusat di bawah dan tersebar di atas lebih efektif membantu terjadinya konveksi paksa.

8 Penghargaan

Sistem kluster komputer Teknik Fisika ITB dibangun dalam rangka penelitian yang disokong program Riset Insentif Ristek 2008 - 2009, dan Riset Ikatan Alumni ITB 2009. Rekayasa komputasional untuk pendinginan sistem kluster ini dilakukan sebagai Tugas Akhir S1 Teknik Fisika ITB.

9 Daftar Pustaka

- [1] Bayazitoglu, Yildiz and M. Necati Özisik, Elements of Heat Transfer, International Edition. New York: Mc. Graw-Hill Book Co., 1988 , pp. 1-5
- [2] Cengel, Yunus A. and Michael A. Boles, Thermodynamics, an Engineering Approach, 4th International ed. New York: Mc Graw-Hill Book Co., 2004, pp. 124, 150-155.
- [3] Chung, T.J. , Computational Fluid Dynamics, Cambridge University Press, 2002
- [4] Ferziger, J.H., Milovan Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, 3rd ed., Springer Verlag, 2002
- [5] Kuehn, Thomas H., James W. Ramsey, James R. Threlkeld, Thermal Environmental Engineering, 3rd ed. USA: Prentice-Hall, Inc., 1998, pp. 15-16
- [6] OpenCFD Ltd, OpenFOAM, The Open Source CFD Toolbox User Guide, version 1.6 – 24th July 2009, pp. 17-24, 87, 101-102, 123-138.