

# PENGGUNAAN PEMROSESAN PARALEL PADA RADIOSITY UNTUK MEMPERCEPAT PROSES RENDERING

Budi Hartanto, Melissa Angga, Enita  
Informatic Engineering, University of Surabaya  
budi@ubaya.ac.id, melissa@ubaya.ac.id

## ABSTRACT

*Visualizing objects that are illuminated by light and reflected from its surrounding objects can be performed using radiosity method. In the method, a multitude of rays from a light source must be traced until it can be determined that the ray does not collide with any objects in the environment, or the ray intensity is too weak to be engaged in the final intensity calculation. The process of tracing the rays must be repeated for each ray that collides to any object. Based on this concept, it is no wonder that radiosity will take a lot of time in its rendering process. Fortunately, rays that need to be traced in radiosity are independent one another. A server-client parallel processing is used in this research to parallel the process in radiosity. Server will assign some rays to be traced to clients. After clients finished their jobs in tracing rays, they can send the result back to server to be used to render the objects. From the experiment, it can be concluded that the performance in paralleling the process in radiosity can be considered good. Increasing the number of clients can significantly reduce the time required to finish the job. Therefore a certain company can use several idle computers as clients to decrease the time required to get the final result. It can also be concluded as well that the system has some limits in employing the number of clients. At a certain point, adding more clients will not anymore decrease significantly the time required to get the result. This problem occurs from the phenomenon of the efficiency decremental as the number of clients increases.*

**Keywords:** *Parallel Processing, Radiosity, Rendering*

## 1. Pendahuluan

Visualisasi objek yang melibatkan pencahayaan dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu objek yang terkena cahaya secara langsung dari sumber cahaya dan objek yang terkena cahaya yang berasal dari pantulan cahaya objek lain. Visualisasi objek yang terkena pencahayaan secara langsung biasanya diselesaikan melalui metode ray tracing sedang visualisasi objek yang terkena pencahayaan yang berasal dari pantulan cahaya objek lain (pencahayaan tidak langsung) dapat dilakukan dengan metode radiosity<sup>[3]</sup>.

Penggunaan pencahayaan yang tidak langsung ini dapat memberi efek berpendarnya warna suatu benda ke benda sekelilingnya. Seorang gadis dengan gaun berwarna merah menyala yang sedang terkena sinar yang masuk melalui jendela suatu ruangan akan menyebabkan dinding-dinding dan seluruh objek yang berada di sekitarnya menjadi tampak berwarna merah. Efek lain yang bisa diperoleh dari pencahayaan tidak langsung ini adalah keberadaan bayangan benda yang tidak langsung berwarna hitam pekat di bagian tepian bayangan, tapi berangsur-angsur menggelap.

Secara sederhana, metode radiosity mengimplementasikan pencahayaan tidak langsung ini dengan cara menelusuri sinar yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Jika ada sinar yang mengenai suatu objek tertentu maka – jika sinar tersebut masih cukup kuat untuk dipantulkan – harus dilakukan penelusuran kembali terhadap pantulan sinar yang berasal dari objek ini. Misalkan saja sebuah sumber cahaya memancarkan 10.000 sinar ke semua penjuru. Setiap sinar yang mengenai permukaan objek akan dipantulkan kembali. Karena pantulan sinar yang berasal dari objek ini juga akan memancar ke semua penjuru – yang misalnya direpresentasikan oleh 10.000 sinar lagi – maka jumlah sinar yang harus ditelusuri adalah sebanyak  $10.000 \times 10.000 = 100.000.000$  sinar. Jika sinar yang dihasilkan pada pemantulan pertama masih mempunyai kekuatan dan saat dipantulkan oleh objek mengenai permukaan objek lainnya maka jumlah sinar yang harus ditelusuri akan menjadi teramat sangat banyak. Sebagai akibat dari kondisi ini, visualisasi objek dengan metode radiosity akan membutuhkan waktu yang cukup lama dalam pemrosesannya.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi kelemahan ini adalah dengan menggunakan pemrosesan paralel (parallel processing) dalam pengerjaan proses-proses yang ada dalam metode radiosity. Sebuah komputer utama akan difungsikan sebagai server yang berfungsi untuk membagi proses-proses yang ada ke beberapa komputer lain yang difungsikan sebagai client<sup>[1]</sup>. Setelah client selesai memproses data, hasilnya akan dikirimkan kembali ke server untuk digabungkan dengan data-data lainnya. Selama masih ada proses lain yang masih harus dikerjakan, server akan kembali mengirimkan data lain yang harus diproses ke client yang sudah menganggur. Proses ini dilakukan secara terus menerus hingga seluruh proses telah dilakukan. Dengan menggunakan konsep ini maka waktu yang diperlukan untuk memvisualisasikan objek yang terkena pencahayaan tidak langsung akan menjadi lebih singkat karena seluruh proses yang ada akan dikerjakan secara bersama-sama oleh beberapa komputer.

Pada penelitian yang akan dilakukan ini akan dicari sejauh mana kinerja pemrosesan secara paralel dapat digunakan dalam metode radiosity. Kondisi ideal dari waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proses tertentu yang

dikerjakan secara bersama-sama dengan n komputer adalah 1/n dari waktu yang dibutuhkan bila pekerjaan tersebut dikerjakan oleh satu komputer.

## 2. Landasan Teori

### 2.1 RADIOSITY

Pada mulanya cahaya yang bermula dari sumber cahaya disebarkan ke segala arah di dalam ruangan. Jika mengenai permukaan bidang maka sebagian energi cahaya akan diserap oleh objek dan sisanya dipantulkan kembali ke segala arah. Cahaya akan dipantulkan secara terus menerus hingga tidak ada energi yang dapat dipantulkan kembali. Konsep inilah yang digunakan dalam teknik pencahayaan global. Jadi sumber cahaya tidak hanya berasal dari sumber cahaya melainkan juga dari pantulan cahaya pada benda-benda di sekitarnya.

Radiosity merupakan salah satu metode dari teknik pencahayaan global. Sillion, dkk (1994) menyatakan bahwa radiosity dapat diartikan sebagai total energi yang meninggalkan sebuah titik pada permukaan bidang, per unit area permukaan bidang. Gambar yang dihasilkan dari metode radiosity ini mempunyai sifat view-independent. Artinya, gambar yang dihasilkan dapat dilihat dari berbagai sudut pandang yang berbeda hanya dengan sekali proses penghitungan. Pada metode ini, perubahan warna sinar dalam proses perjalanannya juga ikut diperhitungkan. Inilah yang menyebabkan sebuah bola putih akan terlihat berwarna kemerah-merahan jika diletakkan berdekatan dengan tembok yang berwarna merah.

Dalam kondisi normal, keseimbangan energi untuk sekumpulan permukaan yang memancarkan cahaya dapat dinyatakan dengan:

$$L(x, \theta_0, \Phi_0) = L_e(x, \theta_0, \Phi_0) + \int_{\Omega} \rho_{bd}(x, \theta_0, \Phi_0, \theta, \Phi) L_i(x, \theta, \Phi) \cos \theta \, d\omega \quad (1)$$

di mana:

- $L(x, \theta_0, \Phi_0)$  = cahaya meninggalkan titik x dengan arah  $(\theta_0, \Phi_0)$ .
- $L_e(x, \theta_0, \Phi_0)$  = cahaya yang dipancarkan pada titik x dengan arah  $(\theta_0, \Phi_0)$ .
- $L_i(x, \theta, \Phi)$  = cahaya yang mengenai titik x dari arah  $\theta, \Phi$ .
- $\Omega$  = kumpulan arah  $(\theta, \Phi)$  pada hemisphere yang menutupi permukaan titik x.
- $\rho_{bd}(\theta_0, \Phi_0, \theta, \Phi)$  = nilai kekuatan pantulan cahaya permukaan di titik x.

Karena radiosity merupakan total energi yang meninggalkan titik di sebuah bidang per unit area pada bidang maka persamaan radiosity dapat dituliskan sebagai:

$$B(x) = E(x) + \rho_d(x) H(x) \quad (2)$$

di mana:

- $B(x)$  = nilai radiosity di titik x
- $E(x)$  = cahaya yang dipancarkan oleh titik x
- $\rho_d(x)$  = kemampuan titik x untuk memantulkan kembali cahaya yang diterimanya
- $H(x)$  = total energi yang diterima dari lingkungannya

sedangkan nilai  $H(x)$  dari titik x ke titik y dapat dicari dengan:

$$H(x) = \frac{1}{\pi} \int_{y \in \Omega} \frac{B(y) \cos \theta \cos \theta'}{r^2} V(x, y) \, dy \quad (3)$$

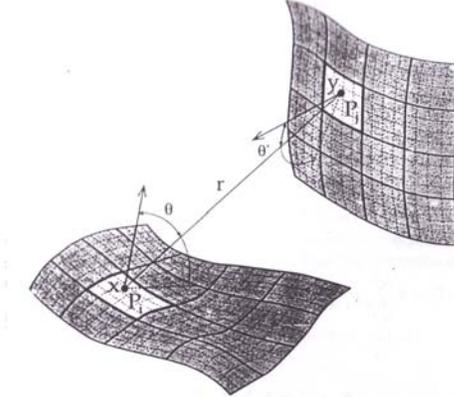
di mana:

- $\theta$  = sudut yang dibentuk antara normal titik x dengan garis xy
- $\theta'$  = sudut yang dibentuk antara normal titik y dengan garis xy
- $r$  = jarak antara titik x dan y
- $V(x, y)$  = bernilai 1 jika titik y terkena cahaya langsung dari titik x dan 0 bila sebaliknya

Karena persamaan radiosity di atas masih berupa persamaan kontinu maka persamaan tersebut harus diubah menjadi persamaan diskrit. Untuk itu maka permukaan-permukaan benda dipecah dalam beberapa permukaan yang lebih kecil (permukaan bidang) yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Tiap permukaan bidang diselesaikan dengan persamaan diskrit. Nilai awal untuk radiosity ditentukan  $B_i(0) = E_i$

Kekuatan pancaran cahaya (emission) untuk sumber cahaya bukan bernilai 0. Nilai ini digunakan untuk menentukan karakteristik emission dari tiap sumber cahaya. Salah satu kekurangan dari formulasi radiosity adalah tidak ada

perbedaan antara sumber cahaya dan pemancaran cahaya dari permukaan bidang lainnya. Artinya, permukaan bidang di ruangan dapat dibuat sebagai sebuah sumber cahaya dengan memberikan pengaturan nilai kekuatan pancaran yang tepat.



Gambar 1. Hubungan Radiosity Permukaan Bidang Pi Dengan Pj

Jika  $x$  merupakan titik pada permukaan  $P_i$  dan  $y$  merupakan titik pada permukaan  $P_j$  maka persamaan radiosity untuk permukaan bidang  $i$  dan permukaan bidang  $j$  dapat dituliskan sebagai berikut.

$$B_i = E_i + \rho_i \sum_{j=1}^N B_j \frac{1}{A_i} \int_{x \in P_i} \int_{y \in P_j} \frac{\cos \theta \cos \theta'}{\pi r^2} V(x, y) dy dx \quad (4)$$

Atau:

$$B_i = E_i + \rho_i \sum_{j=1}^N F_{ij} B_j \quad (5)$$

di mana:

$$F_{ij} = \frac{1}{A_i} \int_{x \in P_i} \int_{y \in P_j} \frac{\cos \theta \cos \theta'}{\pi r^2} V(x, y) dy dx \quad (6)$$

$F_{ij}$  merupakan form factor antara permukaan  $P_i$  dengan permukaan  $P_j$ . Form factor adalah ukuran dari total energi yang meninggalkan permukaan bidang  $P_i$  yang diterima oleh permukaan bidang  $P_j$ . Nilai form factor bergantung hanya pada bentuk dan lokasi permukaan bidang di ruangan. Di dalam ruangan tertutup, tidak ada energi yang hilang sehingga total form factor yang diterima semua permukaan bidang dari sebuah permukaan bidang sumber cahaya bernilai 1.

Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk menyederhanakan penghitungan radiosity, yaitu Southwell relaxation. Dua buah variabel yang selalu dihitung di setiap permukaan bidang, nilai radiosity yang menampilkan hasil penghitungan terakhir dari nilai radiosity permukaan bidang ( $B_i$ ) dan unshot radiosity yang berisi jumlah energi yang menunggu untuk dipancarkan dari permukaan bidang ( $\Delta B_i$ ). Tahap iterasi Southwell mempunyai langkah-langkah sebagai berikut:

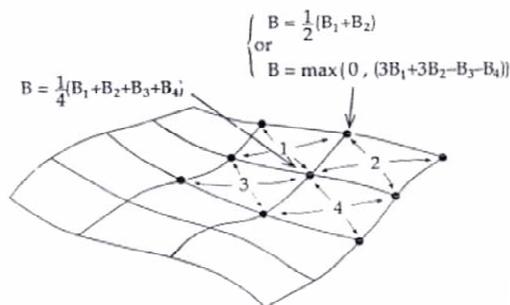
- Pilih sebuah permukaan bidang  $P_i$  yang memiliki nilai residu tertinggi, yaitu permukaan bidang yang mempunyai energi terbanyak untuk memancarkan sinar, di mana  $r_i = A_i \Delta B_i$ .
- Hitung form factor.
- Ubah nilai radiosity dan unshot radiosity.

$$\Delta B_j = \Delta B_j + \rho_j F_{ij} \frac{A_i}{A_j} \Delta B_i \quad j = 1 \dots N, j \neq i$$

$$B_j = B_j + \rho_j F_{ij} \Delta B_i \quad j = 1 \dots N, j \neq i$$

$$\Delta B_i = 0$$

Tahap terakhir dari proses radiosity adalah menampilkan gambar hasil pemrosesan. Sebuah gambar dapat dihasilkan dengan memberikan parameter kamera dan menggunakan nilai radiosity sebagai input dari variasi perbedaan warna (shader). Cara yang paling mudah adalah menggunakan flat shader, di mana efek penggambaran tiap permukaan bidang dengan warna tertentu didapat dari nilai radiosity. Berdasarkan contoh pada Gambar 2, nilai radiosity dapat dihitung untuk semua vertex dari mesh dengan menggunakan nilai rata-rata antara permukaan bidang di sekitarnya.



Gambar 2. Nilai Radiosity Pada Vertex Mesh

## 2.2 PEMROSESAN PARALEL

Pemrosesan metode radiosity secara paralel dapat dilakukan dengan membentuk sebuah server yang bertugas membagi tugas yang harus dikerjakan oleh para client. Setelah client menyelesaikan tugasnya maka hasil perhitungan yang diperoleh harus dikirimkan balik ke server untuk proses yang lebih lanjut. Proses radiosity diawali dengan mencari permukaan bidang yang memiliki residu tertinggi. Di atas permukaan bidang tersebut dibangun sebuah hemisphere untuk memancarkan sinar. Pada sebuah iterasi, untuk setiap sinar yang dipancarkan dicari titik tabrak ke semua permukaan bidang lalu dipilih permukaan bidang terdekat yang ditabrak oleh sinar. Hitung form factor yang dihasilkan antara permukaan bidang sumber cahaya dengan permukaan bidang yang ditabrak. Setelah semua sinar dipancarkan, nilai radiosity dapat dihitung dan ditampilkan hasilnya.

Pemrosesan paralel yang akan dilakukan pada penelitian ini akan dilakukan dengan membagi sinar yang dipancarkan oleh suatu titik tertentu ke beberapa client. Masing-masing client yang mendapat sinar ini akan melakukan penelusuran sinar untuk mencari adanya tabrakan antara sinar dengan permukaan objek lainnya. Bila sinar menabrak permukaan objek lain maka client harus melakukan perhitungan nilai form factor sinar terhadap permukaan objek tersebut. Nilai form factor ini kemudian dikirimkan kembali ke server.

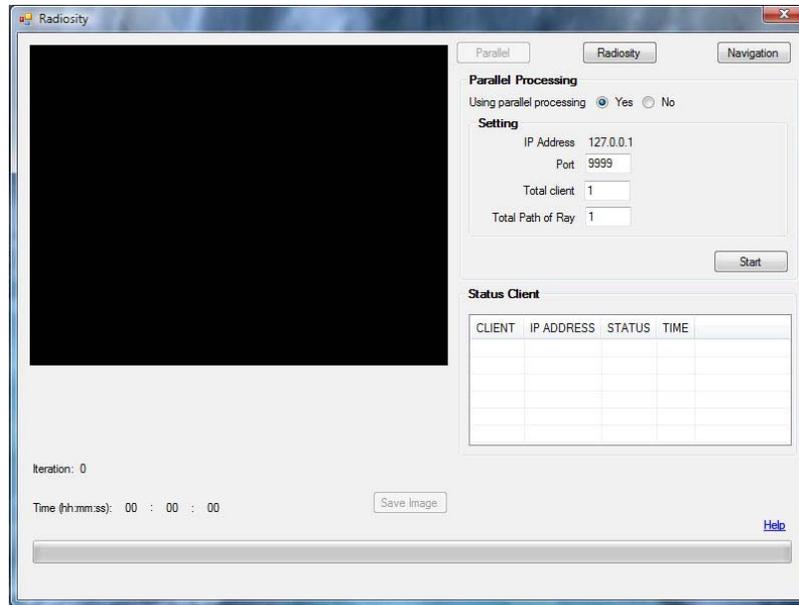
## 3. Hasil dan Diskusi

Meskipun program aplikasi yang dihasilkan dari penelitian ini terdiri dari bagian server dan client tapi hanya bagian server sajalah yang mempunyai tampilan user interface (lihat Gambar 3). Program di bagian client tidak mempunyai user interface karena tidak ada pengaturan-pengaturan tertentu yang harus dilakukan user di bagian client. Sebelum memulai proses rendering gambar, user dapat menentukan terlebih dahulu apakah program aplikasi akan menggunakan pemrosesan paralel atau tidak. Jika pengguna memilih untuk menggunakan pemrosesan paralel maka pengguna harus mengisikan port server yang akan digunakan, jumlah client, dan jumlah pembagian sinar. Setelah tombol Start ditekan maka program akan mencari client yang telah tergabung (join) ke server dan menampilkan informasi tentang hal ini pada tabel yang terlihat di bagian kanan bawah.

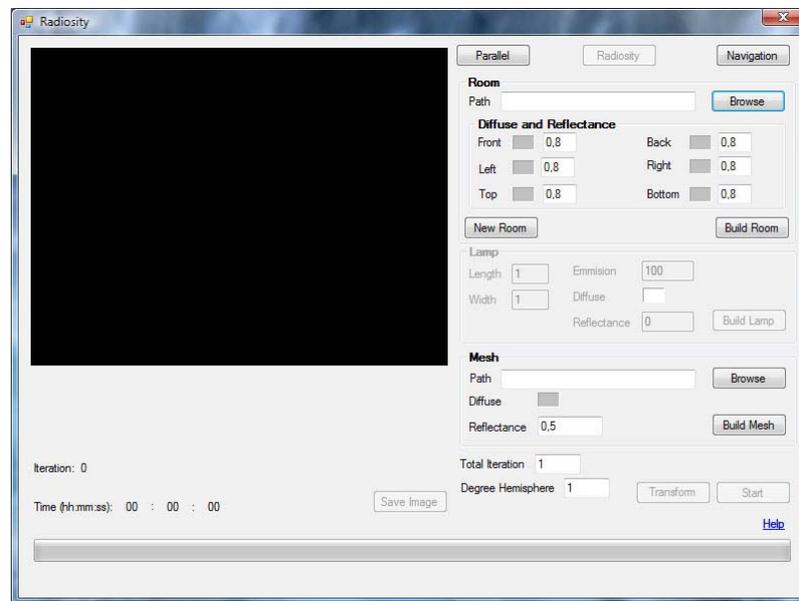
Langkah kedua yang harus dilakukan adalah melakukan pengaturan yang berhubungan dengan proses radiosity. Untuk itu tekan tombol Radiosity yang ada di bagian atas form (lihat Gambar 4). Beberapa proses yang harus dilakukan di bagian ini antara lain adalah membentuk ruang yang akan digunakan untuk menunjukkan hasil radiosity, membentuk sumber cahaya untuk ruang tersebut, menambahkan sebuah mesh objek ke dalam ruang (opsional), dan menentukan berbagai pengaturan yang terkait dengan proses radiosity seperti penentuan jumlah iterasi radiosity dan nilai derajat untuk membangun hemisphere. Proses rendering dengan metode radiosity dapat dimulai dengan menekan tombol Start.

Gambar 5 menunjukkan contoh salah satu ruang yang dihasilkan dari hasil rendering metode radiosity. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa dinding di bagian atas mempunyai warna yang sama dengan dinding di samping kiri dan kanannya. Warna yang ada di dinding bagian atas ini disebabkan karena adanya pantulan cahaya dari dinding-dinding yang berada di samping kiri dan kanannya.

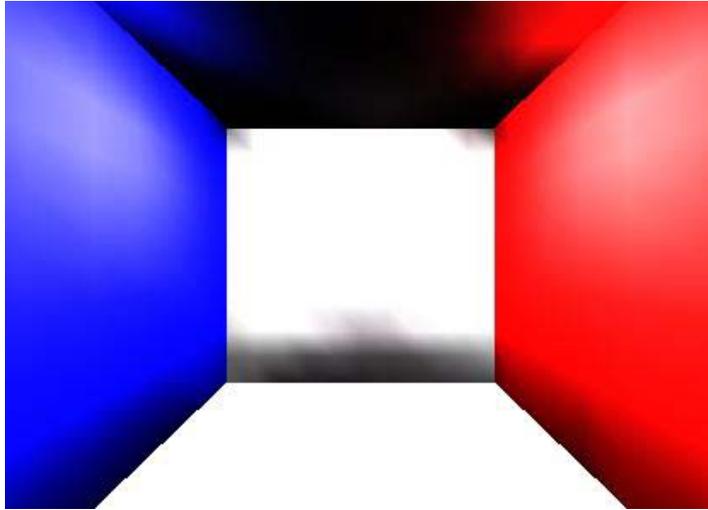
Sementara itu pengujian pemrosesan paralel dilakukan dengan menggunakan sejumlah komputer. Dalam penelitian ini komputer yang digunakan mempunyai spesifikasi prosesor Intel Pentium(R) 4 2.GHz dengan RAM 1GB. Ruang yang digunakan untuk semua pengujian pada pemrosesan paralel berukuran 5x5x5 dan mempunyai 50 permukaan bidang di setiap sisinya. Sumber cahaya berupa sebuah bidang datar berukuran 1x1 yang mempunyai 2 permukaan bidang. Derajat hemisphere yang digunakan adalah 1 dengan jumlah iterasi 20. Jumlah pembagian sinar mempunyai nilai yang sama dengan jumlah client. Waktu yang diperlukan untuk melakukan pemrosesan pada single processor adalah 187 detik. Sedangkan untuk multi processor (banyak client), hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 3. Setting Pada Bagian Yang Berhubungan Dengan Pemrosesan Paralel



Gambar 4. Setting Pada Bagian Yang Berhubungan Dengan Radiosity



Gambar 5. Contoh Ruang Yang Dihasilkan Dari Program

Tabel 1 Hasil Pengujian Radiosity Dengan Menggunakan Beberapa Prosesor

Jumlah Client	Waktu ideal (waktu single/ jumlah client)	Waktu riil hasil proses paralel	Peningkatan kecepatan proses paralel (waktu single/waktu paralel)	Efisiensi (peningkatan kecepatan/jumlah client)
2	93,5	100	1,9	94%
4	46,75	53	3,5	88%
6	31,167	39	4,8	80%
8	23,375	28	6,7	83%
10	18,7	24	7,8	78%

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pengujian didapatkan kesimpulan bahwa pemrosesan paralel dapat membantu mengurangi waktu yang diperlukan untuk melakukan pemrosesan radiosity. Semakin banyak client yang digunakan, semakin sedikit waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proses radiosity. Dari kolom “peningkatan kecepatan proses paralel” dapat dilihat bahwa peningkatan kecepatan yang terjadi tampak semakin menurun jika dibandingkan dengan jumlah client yang digunakan. Secara teori tentu saja penggunaan 10 client (prosesor) diharapkan dapat meningkatkan kecepatan proses menjadi 10 kali lipat. Dalam percobaan ini, peningkatan kecepatan penyelesaian proses dengan digunakannya 10 client ternyata hanya berkisar di sekitar 7.8 kali lipat saja. Penurunan efisiensi penggunaan beberapa client ini dapat dilihat pada kolom “efisiensi”. Meskipun efisiensi penggunaan banyak client ini menurun secara linear tetapi derajat kemiringan penurunan efisiensi ini masih lebih rendah dibanding derajat kemiringan peningkatan jumlah client. Kondisi ini menunjukkan bahwa jumlah client masih dapat ditambah lagi dalam jumlah yang cukup banyak hingga pada akhirnya penambahan jumlah client tersebut tidak akan dapat lagi mempercepat proses secara signifikan. Untuk itu diperlukan penelitian yang lebih lanjut untuk mengatasi hal ini agar jumlah client dapat ditambah sebanyak-banyaknya tanpa mengurangi efisiensi proses yang terjadi.

#### Daftar Pustaka

- [1] Dewire, D. T. (1994). *Client/Server Computing*. McGraw-Hill, Inc..
- [2] Hendy, W. (2003). *Pembuatan Perangkat Lunak untuk Mengimplementasikan Konsep Radiosity*. Universitas Surabaya, Surabaya, Indonesia. Laporan Tugas Akhir.
- [3] Hill, F. S. (2006). *Computer Graphics*. Ed. 3. Macmillan Publishing Company.
- [4] Sillion, F. X., Puech, C. (1994). *Radiosity and Global Illumination*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc.
- [5] Wikipedia. (2008). Parallel Processing. [http://en.wikipedia.org/wiki/Parallel\\_processing](http://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_processing), diakses terakhir tanggal 10 November 2008.