

Penerapan Algoritma Greedy pada Perbaikan Sudut Pergerakan Awal dalam Snellius Ray Path Tracing Tomografi

Dedy Prasetyady/13510102
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13510102@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Algoritma greedy merupakan salah satu algoritma yang bisa dimanfaatkan untuk optimasi penyelesaian masalah. Prinsip dalam algoritma greedy adalah mengambil langkah terbaik yang bisa dilakukan sekarang tanpa mempertimbangkan kemungkinan kemungkinan lain di waktu kemudian. Salah satu permasalahan yang dapat diselesaikan dengan algoritma greedy adalah untuk menyelesaikan persoalan snellius ray path tracing dalam tomografi. Dalam snellius ray path tracing dibutuhkan perhitungan sudut yang tepat agar ray path yang memenuhi hukum snellius dapat bergerak dari titik source hingga mencapai titik receiver dan algoritma greedy dapat memberikan solusi untuk penentuan besar sudut pergerakan tersebut.

Kata kunci : algoritma greedy, snellius ray path tracing, tomografi

I. TOMOGRAFI

Tomografi berasal dari bahasa Yunani yaitu “tomos” yang berarti memotong atau irisan (slice). Tomografi adalah teknik untuk menghasilkan citra tampak lintang atau struktur internal suatu obyek dengan memanfaatkan foton atau partikel yang dapat menembus obyek dan dianalisa oleh suatu sistem deteksi. Dalam terminologi fisika, citra dapat didefinisikan sebagai representasi distribusi suatu besaran fisis atau kombinasi dari besaran fisis suatu obyek. Konsep yang mendasari teknik tomografi adalah kemampuan untuk merekonstruksi struktur tampak internal obyek dari proyeksi berkas terkolimasi yang melaluinya[4].

Tomografi dapat dimanfaatkan untuk banyak hal diberbagai bidang. Salah satu contoh pemanfaatan tomografi ada dibidang kedokteran yaitu Computer Tomografi Scanner atau yang lebih dikenal dengan singkatannya CT Scan. CT Scan digunakan untuk melihat bagian dalam tubuh manusia tanpa perlu melakukan pembedahan cukup dengan memancarkan sinar ke sekeliling tubuh yang ingin dilihat. Selain di bidang kedokteran salah satu bidang yang sangat

memperhatikan tomografi adalah bidang geofisika. Pemanfaatan tomografi dalam geofisika sangat beragam mulai dari perhitungan untuk ukuran yang sangat besar misal memantau titik pusat gempa didalam permukaan tanah dengan area sampai satuan Km hingga meneliti isi dari batuan batuan atau kristal yang berukuran sangat kecil.

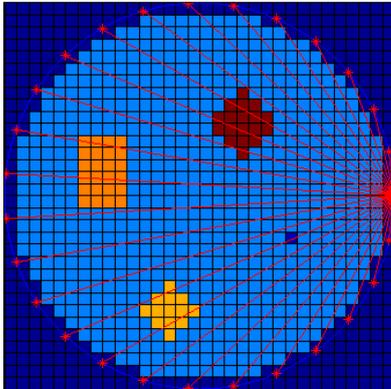
II. RAY PATH TRACING

Ray path tracing merupakan salah satu metode dalam tomografi. Pada ray path tracing akan digambarkan suatu garis dari suatu titik yang merupakan source menuju menuju titik lain yang merupakan receiver. Garis yang digambarkan tersebut merepresentasikan gelombang atau sinar pada dunia nyata. Karena menggambarkan gelombang atau sinar pada dunia nyata maka garis yang digambarkan akan diupayakan menyamai gelombang atau sinar pada dunianya tersebut yakni memenuhi hukum hukum yang berlaku pada gelombang atau sinar. Untuk menggambar garis yang mutlak sama dengan gelombang atau sinar pada dunia nyata tentu tidak mudah oleh karena itu ada beberapa metode pendekatan yang digunakan.

Beberapa metode ray path tracing antara lain

1. Straight Ray Path

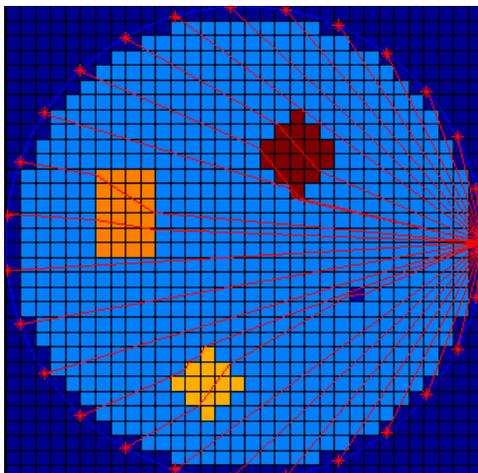
Straight Ray Path merupakan metode pendekatan yang paling sederhana dalam ray path tracing yaitu dengan hanya menggunakan garis lurus sebagai representasi gelombang atau sinar. Metode ini sangat mudah dalam segi perhitungan dan penggunaan namun sangat jauh dari sifat gelombang ataupun sinar pada dunia nyata



Gambar 1 Hasil Staright Ray Path Tracing

2. Snellius Ray Path Tracing

Snellius ray path tracing merupakan metode penggambaran garis yang memenuhi hukum snellius untuk semakin mendekati sifat dari gelombang atau sinar pada dunia nyata. Metode ini memiliki keunggulan karena dapat mendekati sifat gelombang atau sinar pada dunia nyata namun metode ini memiliki kekurangan dibidang komputasi dan perhitungan. Untuk memenuhi hukum snellius maka garis akan berbelok jika menemui medium dengan kerapatan berbedan namun garis yang berbelok tersebut harus tetap dapat mencapai source tujuan oleh sebab itu perhitungan metode ini lebih sulit dibandingkan metode straight ray path.



Gambar 2 Hasil Snellius Ray Path Tracing

III. HUKUM SNELLIUS

Hukum Snellius adalah rumus matematika yang memberikan hubungan antara sudut datang dan sudut bias pada cahaya atau gelombang lainnya yang melalui batas antara dua medium isotropik berbeda, seperti udara dan gelas. Nama hukum ini diambil dari matematikawan Belanda Willebrord Snellius, yang merupakan salah satu

penemunya. Hukum ini juga dikenal sebagai Hukum Descartes atau Hukum Pembiasan.

Hukum ini menyebutkan bahwa nisbah sinus sudut datang dan sudut bias adalah konstan, yang tergantung pada medium. Perumusan lain yang ekuivalen adalah nisbah sudut datang dan sudut bias sama dengan nisbah kecepatan cahaya pada kedua medium, yang sama dengan kebalikan nisbah indeks bias.

Perumusan matematis hukum Snellius adalah

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Lambang θ_1 , θ_2 merujuk pada sudut datang dan sudut bias, v_1 dan v_2 pada kecepatan cahaya sinar datang dan sinar bias. Lambang n_1 merujuk pada indeks bias medium yang dilalui sinar datang, sedangkan n_2 adalah indeks bias medium yang dilalui sinar bias.

Hukum Snellius dapat digunakan untuk menghitung sudut datang atau sudut bias, dan dalam eksperimen untuk menghitung indeks bias suatu bahan [2][3].

IV. ALGORITMA GREEDY

Greedy berasal dari bahasa Inggris yang artinya rakus, tamak, atau loba. Sesuai dengan artinya, algoritma greedy memiliki prinsip “take what you can get now!”, yang berarti algoritma greedy selalu memastikan keputusan yang dibuatnya pada suatu langkah adalah keputusan yang paling baik. Algoritma greedy hanya membuat solusi untuk satu langkah, sehingga cenderung tidak mempertimbangkan konsekuensi suatu langkah bagi langkah selanjutnya.

Untuk menghindari masalah pada langkah selanjutnya, penggunaan algoritma greedy sering kali dioptimalkan dengan mengadakan optimasi lokal dan optimasi global. Optimasi lokal dan global ini diadakan ketika sudah diketahui algoritma greedy tersebut digunakan untuk beberapa langkah. Setiap langkah dilakukan berdasarkan optimasi lokal dengan harapan akan sesuai dengan optimasi global yang ingin dicapai. Perlu diketahui bahwa algoritma greedy hanya memiliki dua jenis optimasi, yaitu maksimasi dan minimasi.

1. Himpunan Kandidat (C)

Himpunan elemen pembentuk solusi yang akan dipilih oleh algoritma greedy.

2. Himpunan Solusi (S)

Kandidat-kandidat solusi yang terpilih dari himpunan kandidat.

3. Fungsi Seleksi

Memilih kandidat yang paling mungkin mencapai

optimal untuk masuk ke himpunan solusi. Langkah yang sudah dipilih tidak dapat diubah di langkah selanjutnya. Di dalam fungsi ini terdapat beberapa fungsi kelayakan.

4. Fungsi Kelayakan

Fungsi ini memastikan solusi yang dipilih sesuai dengan ketentuan yang ada sehingga layak untuk digunakan. Jika kandidat solusi terbukti tidak layak, tidak akan dipertimbangkan sama sekali.

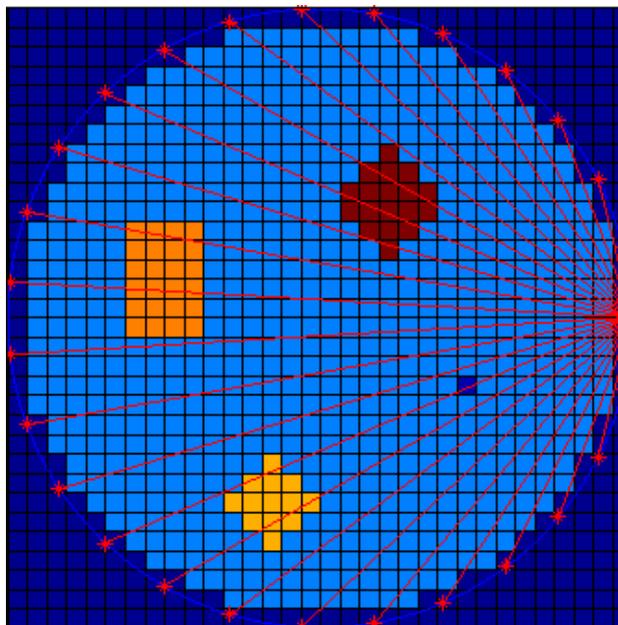
5. Fungsi Obyektif

Fungsi ini berguna untuk menentukan solusi maksimum atau minimum dari himpunan solusi sesuai obyektif optimasi yang dipilih.

Namun solusi optimum global yang diperoleh pada algoritma *Greedy* ini belum tentu merupakan solusi optimal, tetapi merupakan *sub-optimum* atau *pseudo-optimum*. Hal ini dikarenakan algoritma *greedy* tidak melakukan operasi secara menyeluruh pada semua alternatif solusi. Selain itu juga ada beberapa kasus yang mengakibatkan fungsi seleksi tidak bekerja dengan optimal [1].

V. MASALAHDALAMPENERAPAN SNELLIUS RAY PATH TRACING

Sesuai sifat gelombang, setiap gelombang yang dipancarkan oleh suatu source akan diterima oleh setiap receiver. Dengan menggunakan metode *straight ray path* hal ini tidak akan menjadi masalah karena cukup menggambarkan garis dari source menuju receiver.



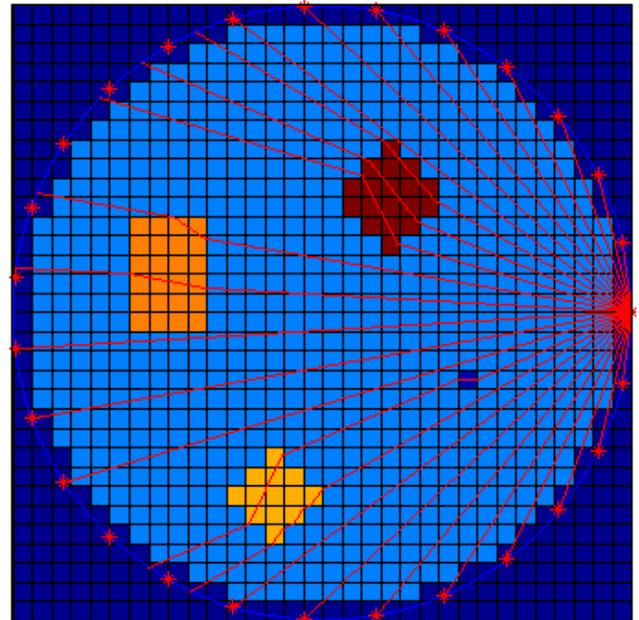
Gambar 3 Hasil Staright Ray Path Keseluruhan mencapai receiver

Pada gambar diatas tiap titik titik merah disekililing lingkaran menggambarkan receiver dan garis merah merupakan ray yang menggambarkan gelombang dari source menuju receiver. Gambar diatas merupakan sebuah representasi batuan dimana batuan tersebut terdiri dari beberapa jenis batuan atau kristal dengan tingkat

kerapatan yang berbeda. Tingkat kerapatan yang berbeda ditunjukkan dengan perbedaan warna.

Jika menggunakan metode *snellius ray path tracing* maka garis (yang menggambarkan gelombang) akan berbelok jika melewati kotak yang memiliki warna berbeda (menggambarkan kerapatan medium berbeda) sesuai dengan hukum *snellius*.

Berikut hasil *ray path tracing* yang memenuhi hukum *snellius*.



Gambar 4 Hasil Snellius Ray Path tidak semua garis mencapai receiver

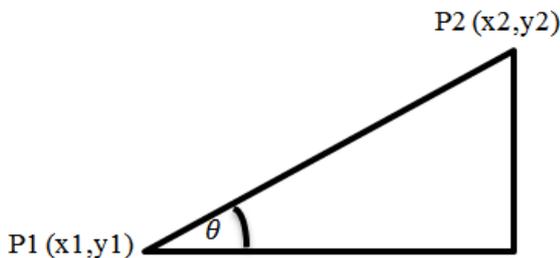
Seperti yang terlihat pada gambar diatas garis akan berbelok jika melewati kotak dengan warna yang berbeda dengan dan hal ini sesuai dengan hukum *snellius*. Namun masalah baru muncul. Karena garis berbelok beberapa garis tidak lagi mencapai source yang semestinya padahal sesuai sifat gelombang seharusnya setiap garis mencapai setiap source.

Untuk memenuhi sifat dasar gelombang sekaligus memenuhi hukum *snellius* yang dapat dilakukan adalah mencari sudut pergerakan awal yang tepat sehingga gelombang tersebut dapat mencapai source yang dituju namun tetap memenuhi hukum *snellius*. Masalah baru dari hal tersebut adalah bagaimana cara menentukan sudut pergerakan awal yang tepat, karena terdapat begitu banyak kemungkinan sudut. Dengan hanya memperhatikan bilangan bulatnya saja terdapat sekitar 170 kemungkinan sudut namun untuk memperoleh sudut yang tepat perlu digunakan bilangan decimal setidaknya hingga digit kedua dengan demikian akan terdapat 17000 kemungkinan sudut padahal untuk menggambarkan satu garis dengan sudut yang sudah ditentukan cukup memakan waktu sehingga mencoba seluruh kemungkinan tersebut akan sangat memperlambat perhitungan.

IV. IMPLEMENTASI

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya terkait masalah dalam penerapan snellius ray path tracing terdapat sekitar 17000 kemungkinan sudut untuk memperoleh sudut pergerakan awal yang tepat agar setiap ray path dapat mencapai receiver yang dituju. Dengan memanfaatkan algoritma greedy maka tidak perlu mencoba keseluruhan kemungkinan sudut tersebut dengan demikian proses perhitungan dapat lebih cepat.

Pada perhitungan ini sudut pergerakan awal akan ditentukan oleh dua buah titik yaitu P1 dengan kordinat x_1 dan y_1 serta P2 dengan kordinat x_2 dan y_2 . Hubungan kedua buah titik tersebut dengan sudut pergerakan awal (θ) dapat dilihat pada gambar



Gambar 5 Hubungan P1, P2 dan θ

P1 merupakan titik kordinat dari source sehingga akan bernilai tetap sedang P2 merupakan titik acuan untuk menentukan sudut pergerakan garis.

Dalam pengimplementasian algoritma greedy pada kasus ini element-element dari algoritma greedy yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Himpunan Kandidat (C)
Kombinasi x_2 dan y_2 dimana P1 tidak sama dengan P2.
2. Himpunan Solusi (S)
Sebuah Kombinasi x_2 dan y_2 yang diupayakan menghasilkan sudut pergerakan awal yang dapat membawa garis mencapai receiver atau mendekatinya.
3. Fungsi Seleksi
Fungsi yang menghasilkan kombinasi x_2 dan y_2 baru sehingga P1 tidak sama dengan P2. x_2 dan y_2 baru dipilih berdasarkan x_2 dan y_2 terakhir dan juga jarak titik akhir garis terhadap receiver sehingga diupayakan x_2 dan y_2 baru tersebut dapat menghasilkan sudut pergerakan awal yang akan membawa garis semakin mendekati receiver.
Jika P3 merupakan titik dari garis terakhir yang diciptakan dengan kordinat x_3 dan y_3 serta P4 merupakan titik kordinat receiver yang ingin dicapai dengan kordinat x_4 dan y_4 maka penentuan x_2 dan y_2 baru adalah sebagai berikut :

```
if (  $x_3 > x_4$  )
     $x_2 = x_2 - \text{pergeseran}$ 
else
     $x_2 = x_2 + \text{pergeseran}$ 
end if
```

```
if (  $y_3 > y_4$  )
     $y_2 = y_2 - \text{pergeseran}$ 
else
     $y_2 = y_2 + \text{pergeseran}$ 
end if
```

pergeseran bernilai 0,0001 x satuan grid yang digunakan dan akan dikurangi sebesar 0.00001 x satuan grid pada setiap tahap .

Pada fungsi seleksi ini jika kombinasi x_2 dan y_2 sudah pernah dipilih sebelumnya maka ia tidak akan dipilih lagi dan dilakukan proses seleksi kebalikan dengan nilai x_2 dan y_2 awal merupakan x_2 dan y_2 tersebut.

4. Fungsi Kelayakan

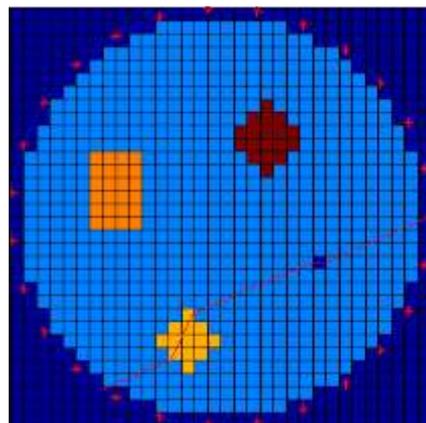
Fungsi ini menentukan apakah titik P2 yang diwakili oleh x_2 dan y_2 masih berada didalam lingkaran atau tidak jika berada diluar lingkaran maka titik tersebut tidak layak.

5. Fungsi Obyektif

Fungsi Obyektif ini akan menentukan apakah titik P2 sudah tepat ditandai dengan titik akhir dari garis yang dihasilkan tepat mencapai receiver atau berada pada radius 0,2 satuan grid yang digunakan.

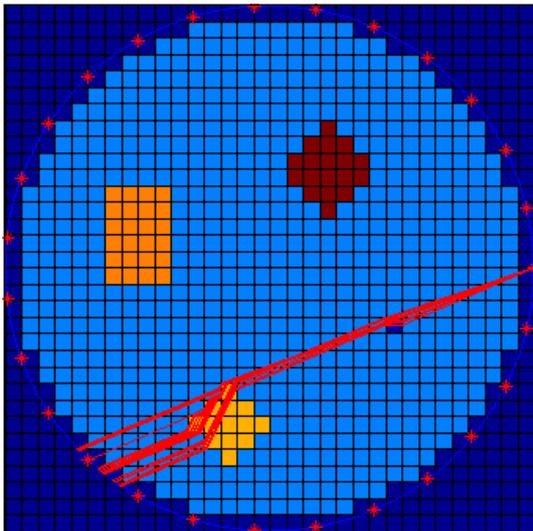
Dengan mengimplementasikan algoritma greedy tersebut maka tidak diperlukan lagi mencoba seluruh kemungkinan sudut pergerakan awal dan akan diperoleh sudut pergerakan awal yang menghasilkan garis yang dapat mencapai receiver atau setidaknya berapa pada radius maksimal 0,2 x satuan grid yang digunakan dari receiver.

Berikut gambar garis sebelum sudut pergerakan awal diperbaiki.



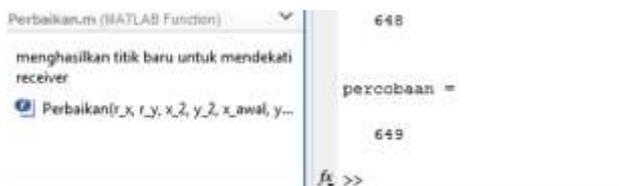
Gambar 6 Garis sebelum sudut awal diperbaiki

Berikut gambar percobaan perbaikan sudut pergerakan awal dengan menggunakan algoritma greedy



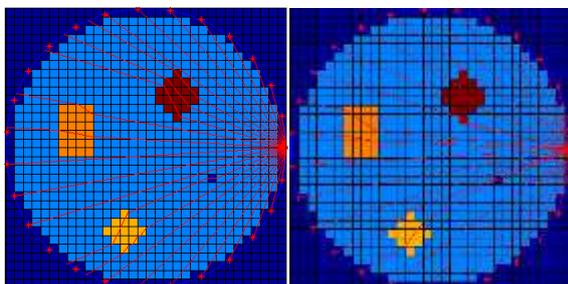
Gambar 7 Percobaan perbaikan sudut awal

Algoritma tersebut diterapkan pada sebuah program menggunakan matlab dan dari hasil eksekusi program dengan penerapan algoritma greedy tersebut jumlah percobaan kombinasi x_2 dan y_2 untuk garis tersebut sebanyak 649 kali. Dan untuk garis lain jumlah percobaan tidak pernah lebih dari 1000 kali.



Tanpa menggunakan algoritma greedy akan terdapat 10000 kemungkinan nilai x_2 dan 10000 kemungkinan nilai y_2 dan total kemungkinan kombinasi x_2 dan y_2 sebanyak 100 juta kemungkinan. Dengan demikian algoritma greedy tersebut menghasilkan efisiensi perhitungan yang sangat besar.

Berikut perbandingan hasil snellius ray path tracing sebelum dan setelah melalui perbaikan sudut awal pergerakan dengan menerapkan algoritma greedy.



Gambar 8 Perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan sudut pergerakan awal

V. KESIMPULAN

Pada penerapan algoritma greedy dikasus ini algoritma greedy tidak dapat selalu memberikan hasil yang optimal layaknya pada penggunaan algoritma brute force. Meski tidak memberikan hasil yang selalu optimal namun algoritma ini dapat memberi hasil yang mendekati optimal dan memberi optimisasi dari segi perhitungan yang jauh lebih baik dibandingkan apabila menggunakan algoritma brute force. Pada percobaan ini jika menggunakan algoritma brute force maka jumlah percobaan dapat mencapai 10^8 namun dengan algoritma greedy jumlah percobaan maksimal hanya 10^3 .

Meski menghasilkan optimisasi perhitungan yang jauh lebih baik dibandingkan dengan algoritma brute force masih dibutuhkan modifikasi dari algoritma greedy tersebut terutama dalam fungsi seleksi dan juga fungsi kelayakannya agar perhitungan semakin optimal. Selain modifikasi masih banyak algoritma lain yang mungkin dapat memberikan hasil serta perhitungan yang lebih optimal.

REFERENCES

- [1] Munir, Rinaldi. Diktat Kuliah IF3051 Strategi Algoritma. Bandung: Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung, 2009.
- [2] Wolf, K. B. (1995), "Geometry and dynamics in refracting systems", European Journal of Physics 16: 14-20.
- [3] Kwan, A., Dudley, J., and Lantz, E. (2002). "Who really discovered Snell's law?". Physics World 15 (4): 64.
- [4] M. Cheney, D. Isaacson & J.C. Newell, Electrical Impedance Tomography, SIAM Review Vol. 41-1.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 20 Desember 2012

ttd

Dedy Prasetyady /13510102