

ISSN 0853-9812

**KOMPUTASI DALAM  
SAINS DAN TEKNOLOGI NUKLIR 2010**

Risalah  
Lokakarya Komputasi dalam  
Sains dan Teknologi Nuklir 2010  
Diselenggarakan oleh  
Badan Tenaga Nuklir Nasional  
Tangerang Selatan, 14 Oktober 2010



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL, JAKARTA 2010**

## PENYUNTING

Ketua	: Ir. Adiwardoyo	BATAN
Anggota	: 1. Prof. Dr. M. Syamsa Ardisasmita	Kementrian Ristek
	2. Dr. Ir. Anhar Riza Antariksawan	BATAN
	3. Prof. Dr. Ir. Aniati Murni Arymurthy	UI
	4. Dr. Zaki Su'ud	ITB
	5. Dr. L.T. Handoko	LIPI
	6. Dr. Setiyanto	BATAN
	7. Drs. Karsono, M.Sc.	BATAN

Alamat :

PUSAT PENGEMBANGAN INFORMATIKA NUKLIR  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
Kawasan PUSPIPTEK Serpong Tangerang  
Kotak Pos 4274, Jakarta 12042, Indonesia  
Telp. : (021) 7560905, 7562860 (7205), Faks.: (021) 7560923  
e-mail: ppin@batan.go.id

## PENGANTAR

Pertama-tama, kami memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terselenggaranya Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir 2010 (LKSTN 2010) pada tanggal 14 Oktober 2010. LKSTN merupakan acara rutin yang diselenggarakan oleh Badan Tenaga Nuklir Nasional setiap tahun, dan lokakarya kali ini adalah lokakarya ke-21. Seperti pada lokakarya-lokakarya sebelumnya, tujuan LKSTN 2010 adalah sebagai ajang bagi para peneliti, praktisi, dosen, mahasiswa, dan guru untuk tukar-menukar informasi, berdiskusi, dan memutakhirkan pengetahuan para peserta dibidang komputasi, pemodelan, simulasi komputer dan bidang lain yang terkait yaitu teknologi informasi. Lokakarya kali ini mengambil tema "Peran Komputasi, Pemodelan dan Simulasi Komputer untuk menunjang Penelitian dan Pengembangan dalam Sains, Teknologi dan Industri"

Pada lokakarya kali ini kami mengundang 2 orang pembicara tamu dari kalangan akademisi yang akan berbagi pengalaman, gagasan, dan pikiran mengenai penelitian di bidang komputasi, pemodelan dan simulasi di dalam dunia kerja. Pada sesi paralel dipresentasikan makalah dari para peneliti BATAN, dosen, mahasiswa dari berbagai instansi di tanah air dan universitas yang bergerak dalam bidang sains dan teknologi, seperti ITB, Universitas Indonesia, Universitas Diponegoro, Universitas Sriwijaya. Dari peserta yang menyajikan makalah terdapat peserta yang sudah cukup lama berkecimpung dalam bidang komputasi pemodelan dan simulasi serta peserta pemula yang memberikan harapan bahwa peminatan pada bidang komputasi, pemodelan dan simulasi masih berkembang. Diharapkan bahwa pada masa mendatang perkembangan tersebut semakin nyata, dan semakin banyak hasil litbang yang dapat menjadi acuan serta sumber inspirasi bagi peneliti lain. Penerbitan risalah ini merupakan upaya untuk menyediakan sarana penyebaran dan meningkatkan penguasaan komputasi, pemodelan dan simulasi serta penerapannya dalam kegiatan litbang, khususnya litbang nuklir.

Sebagai akhir kata, kami atas nama panitia mengucapkan terima kasih atas partisipasi semua pihak dalam LKSTN 2010 dan semoga lokakarya ini bermanfaat bagi kita semua.

Tangerang Selatan, November 2010

Penyunting

## DAFTAR ISI

Laporan Ketua Panitia dalam Pembukaan Lokakarya .....	i
Sambutan Kepala Batan pada Pembukaan Lokakarya .....	iii
Laporan Ketua Panitia dalam Penutupan Lokakarya .....	v

### MAKALAH UNDANGAN

Analisis Numerik Konveksi Alamiyah pada Pendinginan Udara Sungkup model Reaktor AP-1000 ARI DARMAWAN PASEK, ITB	1
<i>Soft Computing and Its Application</i> ANIATI MURNI ARYMURHTY, UI	23

### MAKALAH PESERTA KELOMPOK A

Pemecahan Persamaan 2-D <i>Diffusi</i> secara Paralel menggunakan Metoda <i>Modified Gauss Seidel</i> dalam Komputer Kluster MIKE SUSMIKANTI, PPIN - BATAN	45
<i>Summabilitas Cesaro</i> pada Operasi Deret Divergen SANGADJI, PPIN - BATAN	59
<i>Phase Unwrapping</i> Citra Permukaan fBm ( <i>Fractional Brownian Motion</i> ) dengan Minimisasi Energi Secara Stokastik KUSWORO ADI, UNDIP	67
Transformasi Mobius SANGADJI, PPIN - BATAN	77
Pemampatan Citra Medik berbasis Pencuplikan Kompresif dan Pustaka Latih <i>Overcomplete K-SVD</i> ANTONIUS DARMA SETIAWAN, ITB	85

## PHASE UNWRAPPING CITRA PERMUKAAN $fB_m$ (FRACTIONAL BROWNIAN MOTION) DENGAN MINIMISASI ENERGI SECARA STOKASTIK

Kusworo Adi<sup>\*</sup>, Andriyan B. Suksmono<sup>\*\*</sup>, Tati L.R. Mengko<sup>\*\*</sup>, H. Gunawan<sup>\*\*\*</sup>

### ABSTRAK

**PHASE UNWRAPPING CITRA PERMUKAAN  $fB_m$  (FRACTIONAL BROWNIAN MOTION) DENGAN MINIMISASI ENERGI SECARA STOKASTIK.** Citra merupakan suatu bentuk pemetaan sinyal dalam bidang dua dimensi yang telah mengalami proses diskritisasi spasial dan digitasi intensitas. Jika sebuah citra mempunyai intensitas berupa bilangan kompleks disebut sebagai citra kompleks. Representasi dari citra kompleks dapat berupa riil dan imajiner atau magnitude dan fasa. Untuk itu pada penelitian ini dikembangkan suatu metode *Phase Unwrapping* (PU) dengan menggunakan pendekatan minimisasi energi piksel-piksel bertetangga. Definisi energi pada penelitian ini adalah *square error energy* (SEE) merupakan variansi dari piksel yang bertetangga, kemudian dihitung nilai probabilitas untuk mendapatkan nilai *phase cycle*. Dari hasil pengujian menggunakan citra permukaan  $fB_m$  dengan koherensi 0,8 didapatkan nilai PSNR 36,23 dB pada 11 iterasi.

**Kata Kunci :** *Phase Unwrapping*, minimisasi energi, permukaan  $fB_m$

### ABSTRACT

**PHASE UNWRAPPING OF  $fB_m$  (FRACTIONAL BROWNIAN MOTION) SURFACE USING STOCHASTICS ENERGY MINIMIZATION.** The image is mapping of two-dimensional signal with a process of spatial discretization and intensity digitization. If an image has the intensity of complex-value called the complex-value image. Representation of complex-value image can be a real and imaginary or magnitude and phase. Therefore this research is developed a method of *Phase Unwrapping* (PU) using energy minimization approach of neighborhood pixels. The definition of energy in this research were square error energy (SEE) which is a variance from the neighborhood pixels, and then calculated the probability to obtain the value of phase cycle. The simulation results using the image of  $fB_m$  surface with coherence 0.8 PSNR 36.23 dB obtained in 11 iterations.

**Keyword :** *Phase Unwrapping*, energy minimization,  $fB_m$  surface

### PENDAHULUAN

Citra merupakan suatu bentuk pemetaan sinyal dua dimensi yang telah mengalami proses diskritisasi spasial dan digitasi intensitas. Jika sebuah citra mempunyai intensitas berupa bilangan kompleks, maka disebut sebagai citra

<sup>\*</sup> Jurusan Fisika F MIPA, Universitas Diponegoro, Semarang, e-mail : kusworoadi@yahoo.com  
<sup>\*\*</sup> Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, e-mail : tmengko@itb.ac.id  
<sup>\*\*</sup> Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, e-mail : suksmono@yahoo.com  
<sup>\*\*\*</sup> Departemen Matematika, F MIPA, Institut Teknologi Bandung

kompleks, contohnya adalah citra MRI dan InSAR. Representasi dari citra kompleks dapat berupa riil dan imajiner atau magnitude dan fasa. Oleh karena itu diperlukan suatu metode yang dapat memperlakukan citra tersebut secara konsisten agar informasi yang terkandung didalamnya tidak hilang karena pengaruh derau. Untuk itu diusulkan metode minimisasi energi secara stokastik yang diterapkan pada *Phase Unwrapping* (PU). Definisi energi pada penelitian ini adalah *square error energy* (SEE) dari sekumpulan piksel yang bertetangga.

Metode PU yang berkembang saat ini dapat dibagi dalam dua kategori, yaitu metode Lokal dan Global. Metode Lokal melakukan PU sebuah piksel berdasarkan piksel-piksel ketetanggaannya, sedangkan metode Global memandang keseluruhan piksel yang akan di-*unwrapp* [1][2]. Pengembangan metode PU telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya metode *Progressive Multigrid* yang telah dilakukan oleh Dewi dkk pada tahun 2005 [3]. Disamping itu Suksmono dan Hirose mengembangkan PU dengan metode rekursif untuk meningkatkan kinerja dari *Global Transform Phase Unwrapping* (GTPU) [4]. Untuk mengetahui kinerja metode PU yang diusulkan dilakukan pengujian dengan citra uji permukaan fBm (*fractional Brownian motion*).

Secara ideal, tanpa adanya derau fasa, singularitas, dan masalah *aliasing*, informasi fasa dapat di-*unwrapp* secara mudah. Namun kenyataannya, data fasa sebenarnya selalu mengalami gangguan derau dan diskontinuitas. Selain itu, gangguan tersebut dapat mempengaruhi daerah yang tidak berderau dan menyebabkan kesalahan pada proses PU. Proses PU menjadi lebih kompleks dan membutuhkan algoritma PU yang sesuai untuk mengatasi masalah yang muncul [1].

## TEORI

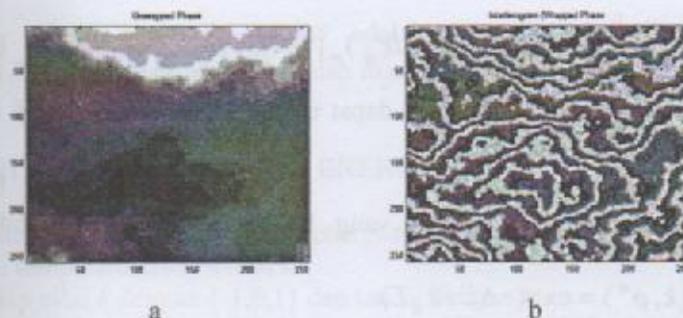
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi dan pemodelan. Data simulasi yang digunakan adalah data sintesis yaitu citra permukaan fBm. Beberapa teori yang mendasari penelitian ini dipaparkan pada subbab berikut ini.

### 1. CITRA PERMUKAAN fBm

Citra permukaan fBm (*fractional Brownian motion/fractal Brownian motion*) adalah proses Gaussian pada waktu yang kontinyu dimulai dari nol pada mean nol berdasarkan fungsi kovarian dengan persamaan [5] :

$$E[B^H(t)B^H(s)] = \frac{1}{2}(|t|^{2H} + |s|^{2H} - |t-s|^{2H}) \quad (1)$$

dimana : H adalah parameter Hurst yang berhubungan dengan fBm dengan bilangan real [0,1]. Gambar 1 memperlihatkan contoh citra permukaan fBm yang digunakan dalam penelitian ini dengan formasi fasa absolut dan fasa terlipat.



Gambar 1. Citra Permukaan fBm  
a. Fasa absolut, b. Fasa terlipat

## 2. PHASE UNWRAPPING (PU) MINIMISASI ENERGI

Tujuan utama PU adalah mengekstraksi fasa terlipat (*wrapped phase*) untuk menghasilkan suatu informasi yang berguna untuk pemrosesan lebih lanjut. Secara singkat, teknik ini dapat didefinisikan sebagai suatu metode komputasi dimana data fasa absolut yang terestimasi direkonstruksi dari bentuk lipatnya dengan interval  $(-\pi, \pi]$ . Keterbatasan panjang gelombang secara temporal dan/atau spasial mempengaruhi sinyal, sehingga hanya terletak pada modulo  $2\pi$ . Hal ini berarti fasa terukur tidak berisi informasi fasa absolut dari tiap piksel, melainkan fasa lipatnya [1][2].

Masalah yang muncul pada PU dua dimensi lebih kompleks daripada PU satu dimensi. Secara matematis, konsep estimasi citra fasa absolut dari bentuk lipatnya dapat dituliskan dengan persamaan :

$$\phi^w(x, y) = \phi^a(x, y) + k(x, y).2\pi \quad (2)$$

dimana  $\phi^a$  merupakan fasa absolut yang diestimasi,  $\phi^w$  adalah fasa terlipat dari bentuk lipatnya, dan  $k(x, y)$  adalah fungsi bentuk integer.

Konfigurasi piksel yang bertetangga seperti pada Gambar 2, tampak pada level 1 perhitungan energinya hanya mengacu pada sekumpulan piksel yang bertetangga. Sedangkan pada level 3 perhitungan energi sekumpulan piksel bertetangga melewati level 1, level 2, dan level 3. Berdasarkan Gambar 2, maka perhitungan SEE dapat dituliskan dengan persamaan [1] [6][7][8]:

$$E = \sum_{i,j} \{(d\phi_y^w) + (dk_y)\}^2 \quad (3)$$

Maka energi awal dari sekumpulan piksel yang bertetangga adalah :

$$E_{AWAL} = \sum_{n=1}^3 \sum_{i,j} \{(d\phi_y^w)_n + (dk_y)_n\}^2 \quad (4)$$

dan energi akhir dari sekumpulan piksel yang bertetangga dapat dituliskan dengan persamaan :

$$E_{AKHIR} = \sum_{m=1}^3 \sum_{i,j} \{ (d\phi_{ij}^m)' + (dk'_{ij})_m \}^2 \quad (5)$$

Sehingga dari persamaan (4) dan (5) dapat dihitung perubahan energi ( $\Delta E$ ) dengan persamaan :

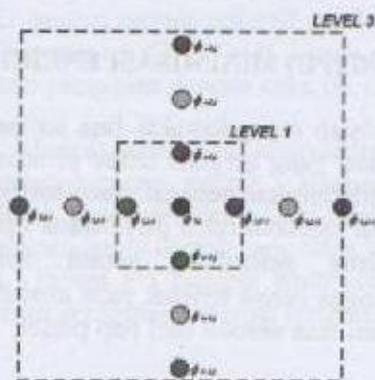
$$\Delta E = E_{AKHIR} - E_{AWAL} \quad (6)$$

Kemudian probabilitas dari piksel yang bertetangga dapat dihitung dengan persamaan :

$$p_{\phi_{i,j}}(k, \phi^m) = \exp(-\Delta E / k_B T) \quad (7)$$

dengan :  $\Delta E$  = perubahan *Square Error Energy* (SEE).

$k_B$  = konstanta Boltzmann  $T$  = Temperatur



Gambar 2. Konfigurasi Sekumpulan Piksel Bertetangga

Persamaan (7) adalah hasil pemodelan dari persamaan fisika, sehingga untuk diimplementasikan kedalam pengolahan citra perlu penyesuaian terhadap konstanta dan satuan-satuan. Pada persamaan tersebut  $\Delta E$  merupakan perubahan dari *Square Error Energy* (SEE) dari sekumpulan piksel yang bertetangga, temperatur menyatakan tingkat variansi dari piksel-piksel dengan nilai 1 - 10, sedangkan konstanta Boltzmann diredifinisikan dengan angka 1.

Untuk mengetahui kinerja dari metode ini, maka dihitung nilai *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) dengan persamaan [4] :

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(\text{MAX}\{\phi_{REF}\})^2}{MSE} \text{ (dB)} \quad (8)$$

$$MSE = \frac{1}{MN} \left( \phi_{REF} - \hat{\phi}^m \right)^2$$

Dimana  $\phi_{REF}$  adalah citra referensi,  $\hat{\phi}^U$  adalah citra yang telah di-unwrap, MSE adalah Mean Square Error, dan MN adalah ukuran citra.

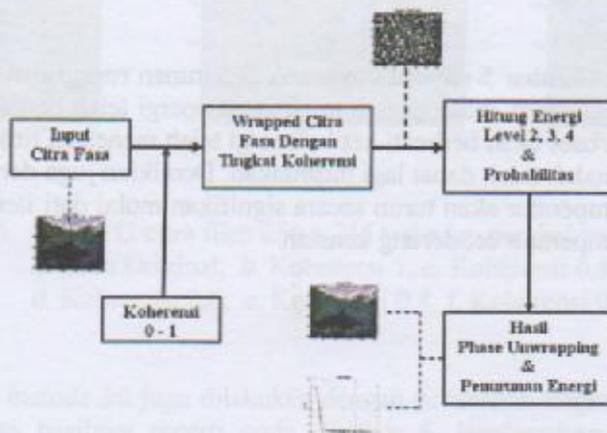
### 3. ALGORITMA PU MINIMISASI ENERGI

Algoritma PU dengan minimisasi energi secara stokastik adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi temperatur awal T dan k
2. Randomkan nilai k dengan  $\{-1,0,1\}$  dan tandai dengan  $k'$
3. Hitung perubahan energi  $\Delta E$ , jika  $\Delta E=0$  ke langkah (9)
4. Hitung probabilitas untuk penerimaan dan penolakan nilai k dengan persamaan :  
$$P_{\phi^k}(k, \phi^W) = \exp(-\Delta E / k_B T)$$
5. Jika random probabilitas < probabilitas, maka sampel k diterima dengan  $k_I = k'$ ; jika tidak  $k_I = k_0$
6. Ambil  $k_I$  sebagai sampel dari  $k_k$
7. Turunkan temperatur T
8. Kembali ke langkah (2)
9. Berhenti

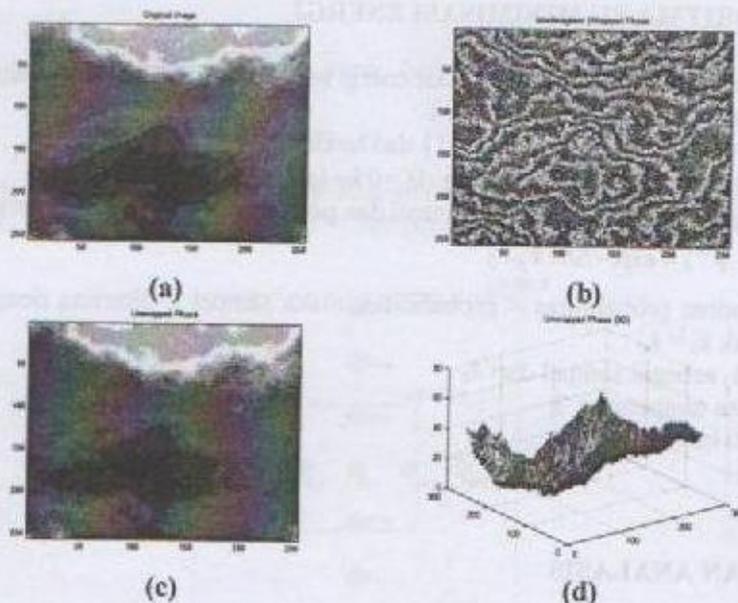
### HASIL DAN ANALISIS

Pengujian metode PU dengan minimisasi energi secara stokastik dilakukan dengan menggunakan citra permukaan fBm dengan ukuran 256 x 256. Adapun bagan simulasi seperti terlihat pada Gambar 3 berikut ini.



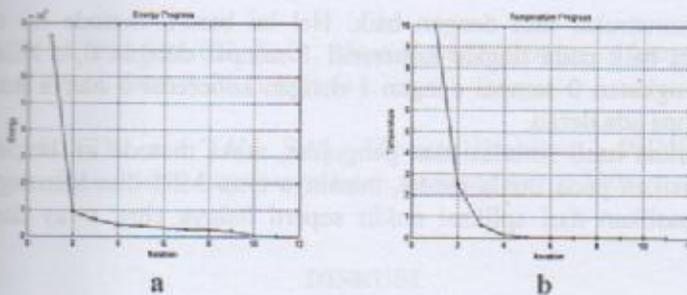
Gambar 3. Bagan Simulasi PU dengan Pendekatan Minimisasi Energi

Gambar 4 merupakan hasil dari PU dengan pendekatan minimisasi energi secara stokastik dengan level koherensi 0,8. Dari hasil perhitungan PSNR didapatkan nilai 36,23 dB dengan 11 iterasi. Jika dilihat dari hasil tersebut maka metode ini telah berjalan dengan baik.

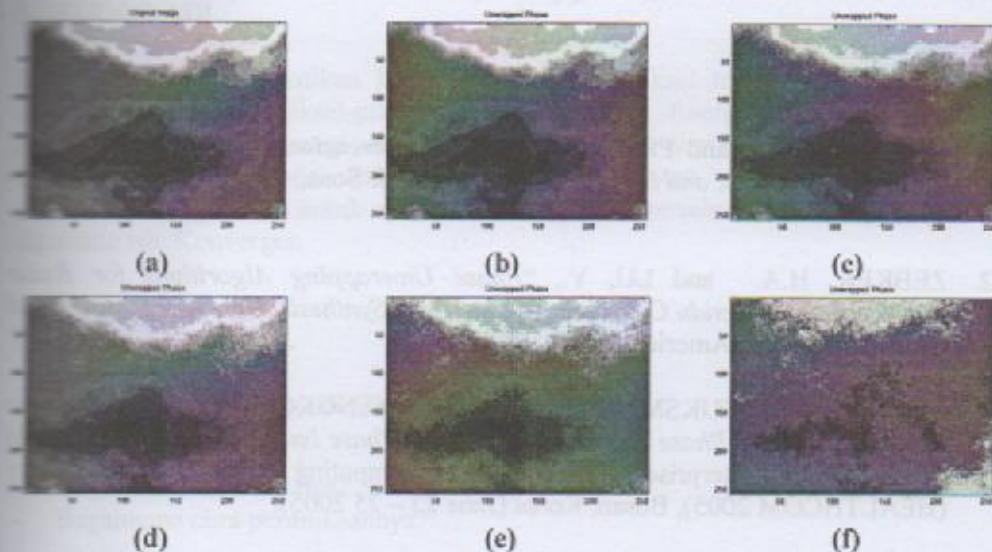


Gambar 4. Hasil PU citra permukaan fBm  
a. Citra Original, b. Citra fBm koherensi 0.8  
c. Hasil PU citra fBm, d. Grafik 3D PU

Selanjutnya Gambar 5 merupakan grafik penurunan energi dan temperatur, jika dilihat dari grafik tersebut, maka proses minimisasi energi telah berjalan dengan baik. Pada metode ini proses akan berhenti ketika energi telah mencapai titik konvergen, hal ini berarti energi sudah tidak dapat lagi diturunkan. Demikian juga dengan temperatur, pada proses ini temperatur akan turun secara signifikan mulai dari iterasi ke-1 sampai iterasi ke-4 dan temperatur cenderung konstan.



Gambar 5. Grafik Perubahan Energi dan Temperatur terhadap Iterasi Citra Permukaan fBm  
a. Perubahan Energi, b. Perubahan Temperatur



Gambar 6. Hasil PU citra fBm 256 x 256 terhadap perubahan koherensi  
a. Citra Original, b. Koherensi 1, c. Koherensi 0,8  
d. Koherensi 0,6, e. Koherensi 0,4, f. Koherensi 0,2

Pengujian metode ini juga dilakukan dengan perubahan tingkat koherensi yang berbeda-beda dan hasilnya seperti pada Gambar 6. Berdasarkan gambar tersebut tampak bahwa dengan pada koherensi 0,4 metode ini masih dapat melakukan PU dengan baik. Sedangkan untuk koherensi 0,2 metode ini sudah tidak dapat lagi

melakukan rekonstruksi fasa dengan baik. Hal ini berarti metode ini masih dapat bekerja dengan baik pada tingkat koherensi 1 sampai dengan 0,4. Nilai koherensi berada pada tingkatan 0 sampai dengan 1 dengan koherensi 0 hanya ada derau dan koherensi 1 tanpa ada derau.

Berdasarkan hasil simulasi dan pengujian, maka metode ini berpeluang besar untuk diaplikasikan pada dunia medis, misalnya citra MRI dan kemungkinan besar citra yang dihasilkan dari aplikasi nuklir seperti halnya citra x-ray dan tomografi nuklir.

## KESIMPULAN

Pengembangan PU dengan pendekatan minimisasi energi secara stokastik telah memberikan hasil yang menjanjikan. Pada pengujian metode PU menggunakan citra uji permukaan fBm dengan koherensi 0,8 didapatkan nilai PSNR 36,23 dB dengan 11 iterasi. Metode ini akan bekerja dengan baik pada koherensi 1 sampai dengan 0,4.

## DAFTAR PUSTAKA

1. GHIGLIA, D.C. and PRITT, M.D. , "Two Dimensional Phase Unwrapping : Theory, Algorithms, and Software", John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-417-24935-1, 1998.
2. ZEBKER, H.A. and LU, Y., "Phase Unwrapping Algorithms for Radar Interferometry : Residu Cut, Least Squares, and Synthesis Algorithms", Journal of Optical Society of America, 15 (3) (1998).
3. DEWI, D.E.O, SUKSMONO, A.B., and MENGKO, T.L.R., "Progressive Multigrid V-Cycle Phase Unwrapping for MRI Phase Image", The 7 International Workshop on Enterprise Networking and computing in Healthcare Industry (HEALTHCOM 2005), Busan, Korea (June 23 - 25 2005).
4. SUKSMONO, A.B. and HIROSE, A., "Progressive Transform-Based Phase Unwrapping Utilizing a Recursive Structure", IEICE Trans. Communication, Vol.E89-B No.3 929-936 (March 2006).
5. CHERIDITO, P., "Arbitrage in fractional Brownian motion models", Departement für Mathematik, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 8092 Zürich, Switzerland (2002).
6. NISHIMORI, H., "Statistical physics of spin glasses and information processing: an introduction", Oxford university Press, Oxford, 200.

7. PRYCE, J. M. and BRUCE, A. D., "Statistical Mechanics of Image Restoration", J. Phys. A: Math. Gen. A 28 (1995) 511.
8. NICHOLLS, G.K. and TAN, S.M., "Inverse Problems", PHYSICS 707, The University of Auckland, <http://www.math.auckland.ac.nz>, 2006.

## DISKUSI

KEN DITHA TANIA

Kenapa menggunakan energi dan temperature?

KUSWORO ADI

Karena kami memperhatikan hitungan dari piksel-piksel tersebut, sehingga perlu dihitung variansi dari piksel-piksel yang berhubungan. Energi yang dimaksud pada penelitian ini adalah energi erornya, sehingga yang diminimalkan adalah energi erornya hingga mencapai titik konvergen. Temperatur yang digunakan dalam penelitian ini digunakan untuk optimasi dari algoritma tersebut, yaitu untuk memaksa algoritma tsb. Konvergen.

DARMAWAN

Apakah algoritma PU juga dapat digunakan untuk:

- Fase yang tergulung ?
- Bagaimana hasil PU nya?
- Bagaimana citra permukaannya?

KUSWORO ADI

Sampai saat ini kami belum melakukan untuk fase tergulung. Antara fase terlipat dan fase tergulung mempunyai karakteristik yang berbeda, sehingga perlu dilakukan penyesuaian untuk persamaan PU.

**NURDIN EFFENDI**

Apakah diantara grid-grid piksel, tidak terjadi (terdapat) overlap energi?

**KUSWORD ADI**

Tidak akan terjadi, karena setiap nilai piksel pusat akan dirandomkan, sehingga akan mendapatkan nilai energi baru, dan kemudian dihitung probabilitas sampai energi menjadi minimal/konvergen.

#### **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

- Nama : Kusword Adi
- Tempat & Tanggal Lahir : Temanggung, 17 Maret 1972
- Pendidikan : S2 – Teknik Elektro
- Riwayat Pekerjaan : Dosen Jurusan Fisika Undip - Semarang
- Keanggotaan : IEEE-Student Member
- Makalah : Phase Unwrapping Citra Permukaan fBm  
(fractional Brownian Motion) dengan  
Minimisasi Energi secara Stokastik

# Badan Tenaga Nuklir Nasional

## SERTIFIKAT

diberikan kepada:

**Kusworo Adi**

Atas partisipasinya dalam  
LOKAKARYA

KOMPUTASI DALAM SAINS DAN TEKNOLOGI NUKLIR TAHUN 2010  
di Hotel Santika BSD Serpong Tangerang Selatan

Tanggal, 14 Oktober 2010

SK. Kepala BATAN No. 157/KA/VIII/2010

*Sebagai Penyaji*

Panitia Pengarah  
Ketua,

  
**Ir. Adiwardojo**  
NIP. 19520315 197602 1 002



Serpong, 14 Oktober 2010  
Panitia Penyelenggara  
Ketua,

  
**Dra. M.B. Mike Susmikanti**  
NIP. 19561112 198012 2 001