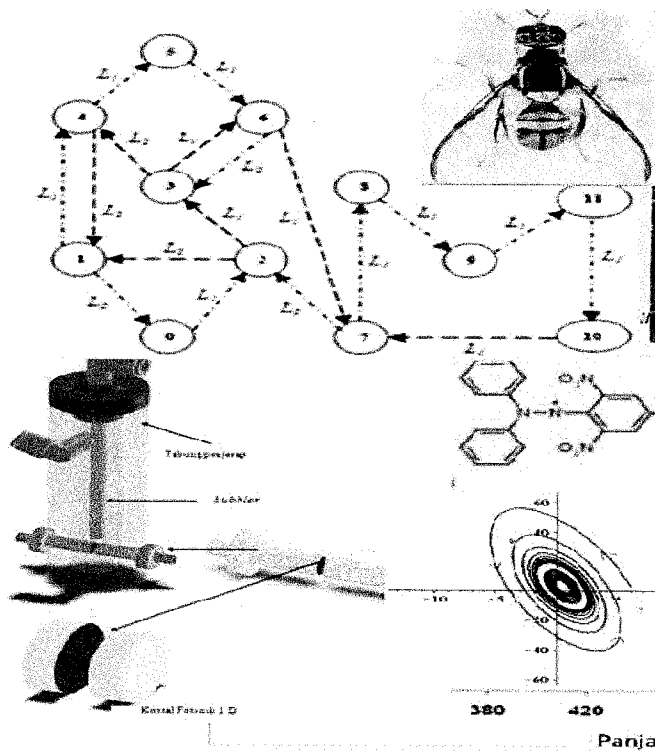


ISBN: 978-979-95093-7-6

PROSIDING Seminar Nasional Sains IV

PERAN SAINS DALAM PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN



Diterbitkan Oleh :

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor

ISBN: 978-979-95093-7-6

Seminar Nasional Sains IV

12 November 2011

PERAN SAINS DALAM PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN

Prosiding

Dewan Editor

Kiagus Dahlan
Akhiruddin Maddu
Ence Darmo Jaya Supena
Miftahudin
Endar Hasafah Nugrahani
Ali Kusnanto
Sri Mulijani
Sulistiyani



Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Pertanian Bogor
2012



Copyright© 2012

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor

Prosiding Seminar Nasional Sains IV "*Peran Sains dalam Peningkatan*

Produktivitas Pertanian" di Bogor pada tanggal 12 November 2011

Penerbit : FMIPA-IPB, Jalan Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

Telp/Fax: 0251-8625481/8625708

<http://fmipa.ipb.ac.id>

Terbit 1 Mei 2012

ix + 536 halaman

ISBN: 978-979-95093-7-6

KATA PENGANTAR

Seminar Nasional Sains adalah kegiatan rutin yang diselenggarakan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor sejak Tahun 2008. Tahun ini adalah penyelenggaraan yang ke-4, dengan tema “**PERAN SAINS DALAM PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN**”.

Kegiatan ini bertujuan mengumpulkan peneliti-peneliti dari berbagai institusi pendidikan dan penelitian baik perguruan tinggi maupun lembaga-lembaga penelitian dari seluruh Indonesia untuk saling bertukar pikiran dan memaparkan hasil-hasil penelitian terkait penerapan sains (statistik, biosains, klimatologi, kimia, matematika, ilmu komputer, fisika, dan biokimia) untuk peningkatan produktivitas pertanian dalam arti luas. Seminar Nasional Sains IV ini diikuti oleh lebih dari 200 orang peserta dengan sebanyak 63 peserta sebagai pemakalah pada sesi presentasi paralel yang berasal dari berbagai perguruan tinggi meliputi Universitas Riau, Universitas Sriwijaya, Universitas Lampung, Universitas Pancasila, Universitas Jenderal Sudirman, Institut Teknologi Bandung, Universitas Kristen Satya Wacana, Universitas Mulawarman, Universitas Negeri Makassar, Universitas Tadulako, dan Institut Pertanian Bogor sendiri. Selain itu, peserta pemakalah juga berasal dari beberapa lembaga penelitian seperti Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI, dan pusat-pusat penelitian di bawah Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Diharapkan dari kegiatan ini dapat memberikan informasi perkembangan sains, memicu inovasi-inovasi teknologi yang berlandaskan sains, meningkatkan interaksi dan komunikasi antar peneliti, pemerhati, dan pengguna sains dan teknologi. Diharapkan pula kegiatan ini dapat menjalin kerjasama riset dan penerapan sains dan teknologi antar peneliti, pemerhati, dan pengguna sains dan teknologi, khususnya yang terkait dengan peningkatan produktivitas pertanian.

Prosiding ini merupakan kumpulan makalah yang dipersembahkan pada seminar tersebut. Semoga bermanfaat!

Bogor, 1 Mei 2012

PANITIA

DAFTAR ISI

	Hal
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v

<i>Biosains</i>			
No.	Penulis	Judul	Hal
1	Ellyzarti, dan Sri Gusniati	Keanekaragaman Jenis Paku-pakuan (<i>Pteridophyta</i>) di Gunung Betung Taman Hutan Raya Wan Abdurahaman Bandar Lampung	2
2	Herman	Pemilihan Varietas Cabe (<i>Capsicum annum L</i>) Kering yang Bermutu Tinggi Hasil Kawin Silang	11
3	Yulianty , Eti Ernawati , Sri Wahyuningsih	Pemanfaatan Daun Kembang Sungsang (<i>Gloriosa superba</i>) dalam Upaya Mengendalikan Penyakit Antraknosa (<i>Colletotrichum capsici</i> (Syd.) Butler & Bisby) pada Tanaman Cabai Merah (<i>Capsicum annum L.</i>)	16
4	I GP Suryadarma	Efisiensi Pembuatan Biogas dan Pupuk dalam Satu Bak Penampung: Studi Kasus Kotoran Sapi di Desa Geluntung, Tabanan, Bali	27
5	Oslan Jumadi, Yusminah Hala, Abd.Muis, Andi Asmawati	Penurunan Emisi Gas <i>Nitrous Oxida</i> (N ₂ O) dan Laju Nitrifikasi pada Lahan Jagung (<i>Zea mays</i>) dengan Menggunakan Mimba (<i>Azadirachta indica</i>) Sebagai Bahan Penghambat Nitrifikasi	35
6	Setyadjit, D.A. Setyabudi, E. Sukasih and E.M. Lokollo	A Concept of Sustainable Tofu Industry by Linking it with Soybean Production in Indonesia	44
7	Setyadjit, E. D. Astuty and E. Sukasih	Effect of Crushing Method, and Storage Temperature on the quality of frozen Soursop Puree	59
8	Nurul Sumiasri	Variasi Tanaman di Lahan Pertanian dalam Upaya Intensifikasi Pertanian: Studi Kasus di Dua Desa Kecamatan Jenggawah, Jember	73
9	Dody Priadi	Pengaruh Penambahan <i>Glomus aggregatum</i> pada Enkapsulasi Benih Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	82
10	Muhammad Wiharto	Analisis Vegetasi Pohon pada Berbagai Tipe Vegetasi Tingkat Aliansi di Hutan Sub Pegunungan Gunung Salak Bogor Jawa Barat	90
11	Martha L. Lande,	Keanekaragaman Tanaman Pisang (<i>Musa spp.</i>) di Kab.	100

	Yulianty , Rita Puspitasari	Pesawaran Propensi Lampung	
12	Ali Husni dan Ifa Manzila	Peningkatan Ragam Genetik Tanaman Padi Gogo Untuk Meningkatkan Produktivitas dalam Upaya Mendukung Swasembada Berkelanjutan	107
13	Andi Mu'nisa, Halifah Pagarra, dan Andi Muflihunna	Uji Kapasitas Antioksidan Ekstrak Daun dan Flavonoid	119

Kimia

No.	Penulis	Judul	Hal
1	Budi Untari, Ahsol Hasyim, Setiawaty Yusuf	Potensi Sediaan Isolat Beta-Karyofilen dan Eugenol yang Diformulasi sebagai Atraktan Lalat Buah <i>Bactrocera</i> spp. (Diptera : Tephritidae)	129
2	Herlina, MT. Kamaluddin dan Lentary Hutasoit	Pengaruh Senyawa Murni dari Pegagan (<i>Centella asiatica</i> (L.) Urban) Terhadap Fungsi Kognitif Belajar dan Mengingat dan Efek Toksisitas pada Mencit (<i>Mus musculus</i>) Betina	138
3	Syamsudin, Ros Sumarny, Partomuan Simanjuntak	Perbandingan Efek Hipoglikemik dari Beberapa Ekstrak Biji Petai Cina (<i>Leucaena leucocephala</i> (Imk)De Wit) pada Mencit yang Diinduksi Aloksan	150
4	Fahma Riyanti, Poedji Loekitowati H. dan Rizki Muharrani	Pengaruh Pemanasan dan Penambahan Antioksidan BHT pada Minyak Biji Ketapang (<i>Terminalia catappa</i> Linn.) dan Kinetika Reaksi Oksidasi	158
5	Waras Nurcholis, Tyas Ayu Lestari, Theresia Pratiwi, Kartika	Aktivitas Antioksidan Sediaan Jamu dan Ekstrak Etanol Temulawak (<i>Curcuma xanthorrhiza</i> Roxb.), Kunyit (<i>Curcuma longa</i> Linn.), dan Meniran (<i>Phyllanthus niruri</i> Linn.)	168
6	Dudi Tohir, Gustini Syahbirin, Akbar	Isolasi dan Identifikasi Golongan Flavonoid Daun Dandang Gendis (<i>Clinacanthus nutans</i>) Berpotensi sebagai Antioksidan	177
7	Dudi Tohir, Eka Wuyung, Rida Farida	Sitotoksisitas Fraksi Aktif Biji Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i>) pada Sel Kanker Payudara T47D	190
8	Tetty Kemala, Ahmad Sjahrizza, Randi Abdur Rohman	Optimasi dan Evaluasi Mikrokapsul Ibuprofen Tersalut Paduan Poliasamlaktat-Lilin Lebah	202
9	Charlena, Mohammad Yani, Eka NW	Pemanfaatan Konsorsium Mikroba dari Kotoran Sapi dan Kuda untuk Proses Biodegradasi Kotoran Limbah Minyak Berat	218

- 10 Gustini Syahbirin, Potensi Minyak Atsiri Daun *Cinnamomum multiflorum* 235
 Catur Hertika, Djoko Sebagai Insektisida Nabati Terhadap Ulat Kubis
 Prijono, Dadang *Crocidolomia Pavonana*

Matematika

No.	Penulis	Judul	Hal
1	Mohammad Masjkur	Perbandingan Model Nonlinear Jerapan Fosfor	248
2	Sariyanto, Hadi Sumarno dan Siswandi	Model Multistate Life Table (<i>MSLT</i>) dan Aplikasinya dalam Bidang Pendidikan: Kausu Khusus di Kabupaten Sintang	263
3	M. Endro Prasetyo Toni Bakhtiar Farida Hanum	Perencanaan Strategik Rumah Sakit Melalui Efisiensi dan Optimasi Penggunaan Kamar Operasi	275
4	Ayu Meryanti G, Farida Hanum, Endar H. Nugrahan	Optimasi Portofolio Obligasi yang Terimunisasi dengan <i>Goal Programming</i>	286
5	Hari Agung, Karomatul Aulia	Data Warehouse dan Aplikasi OLAP Akademik Kurikulum Mayor-Minor Departemen Ilmu Komputer IPB Berbasis LINUX	297
6	Mutia Indah Sari, Endar H. Nugrahani, Retno Budiarti	Pemodelan Harga Saham Menggunakan Generalisasi Model Wiener dan Model ARIMA	308
7	Ali Kusnanto, Nurrachmawati, Toni Bakhtiar	Pengaruh Waktu Penyimpanan Stok Modal pada Model Siklus Bisnis Kaldor-Kalecki	317
8	Hari Agungdan Windy Deliana Khairani	Pengembangan WebGIS Kampus IPB Darmaga	327
9	Farida Hanum, Rangga Nakasumi, Toni Bakhtiar	Penyelesaian <i>Rural Postman Problem</i> pada Graf Berarah dengan Metode Heuristik	339
10	Hari Agung, Baba Barus, Diar Shiddiq, Bambang H Trisasongko, La Ode Syamsul Iman, Auriza Akbar	Pengembangan Sistem Informasi Perkebunan (SCIBUN) menggunakan Free Open Source Software (FOSS)	350
11	Endar H. Nugrahani, Muhammad Syazali, Suritno	Penilaian Opsi <i>Put</i> Amerika dengan Metode Monte Carlo dan Metode Beda Hingga	362
11	Berlian Setiawaty	Pemodelan Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika Menggunakan Hidden Markov	373

12	Diana Purwandari, Endar H. Nugrahani, NK Kutha Ardhana	Analisis Regresi Laten pada Efek Plasebo Menggunakan Algoritma EM	381
13	Rina Ratianingsih dan Agus Indra Jaya	Identifikasi Model Konsumsi Gas CO ₂ di Atmosfir Untuk Mendapatkan Interaksi Unsur-Unsur Utama Iklim yang Stabil	389
14	Wahfuanah, Jaharuddin, Ali Kusnanto	Penyelesaian Model Infeksi HIV pada Sel Darah Putih (T CD4+) dengan Menggunakan Metode Perturbasi Homotopi	398

Fisika

No.	Penulis	Judul	Hal
1	R Dita Rahayu Budiarti, Mamat Rahmat, Irmansyah	Karakterisasi Sensor Kristal Fotonik Satu Dimensi untuk Pengukuran Gas Nitrogen Dioksida	410
2	Irzaman, A. Arif, A. Kurniawan, M. N. Hilaluddin, J. Iskandar, D. Yosman	Penerapan Fotodiode Film Tipis Ba _{0,5} Sr _{0,5} TiO ₃ (BST) Sebagai Detektor Garis pada Robot <i>LINE FOLLOWER</i> Berdasarkan Mikrokontroler ATMEGA8535	421
3	Sitti Yani, Akhiruddin Maddu, Irmansyah	Efek Fotovoltaik Pada Persambungan Hibrid CdS dengan Campuran P3HT/Kitosan	433
4	Akhiruddin Maddu, Ujang Sudrajat, Mersi Kurniati	Sifat Optik Film ZnO Nanokristal yang Ditumbuhkan dengan Chemical Bath Deposition (CBD)	443
5	Rani Chahyani, Gustan Pari, Kiagus Dahlan	Pembuatan dan Analisis Kualitas Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivasi Uap dan Kalium Hidroksida	454
6	I. Aisyah, S. U. Dewi, K. Dahlan	Sintesis β - <i>Tricalcium Phosphate</i> dari Cangkang Telur Ayam di Udara Terbuka dengan Variasi Waktu Sintering	467
7	Tb Gamma N.R., Mersi Kurniati, Hendradi Hadriena	Analisis Frekuensi Gelombang Ultrasonik Terhadap Radius Gelembung Kavitas pada Sistem Cairan Kompresibel	476
8	Tony Ibnu Sumaryada	Identifikasi Transisi Fasa Pada Sistem Mesoskopik Menggunakan <i>Invariant Correlational Entropy</i>	483
9	Arianti Tumanngor, Mamat Rahmat dan Akhiruddin Maddu	Karakterisasi Sensor Kristal Fotonik Satu Dimensi untuk Pengukuran <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP)	490

Poster

- | | | | |
|---|------------------------------|---|-----|
| 1 | Sitti Fatimah Syahid | Effect Of Benzyl Adenin and Thidiazuron On Shoot Multiplication Of St. John's Wort (<i>Hypericum perforatum</i>) <i>In Vitro</i> | 502 |
| 2 | Trisnowati Budi Ambarningrum | Bioinsektisida <i>Bacillus thuringiensis</i> : Pengaruhnya Terhadap Indeks Nutrisi Larva Instar V <i>Spodoptera litura</i> Fabr. (Lepidoptera: Noctuidae) | 508 |

Lampiran

- | | |
|-----------------|-----|
| Susunan Panitia | 517 |
| Jadwal Acara | 518 |
| Daftar Peserta | 531 |

IDENTIFIKASI TRANSISI FASA PADA SISTEM MESOSKOPIK MENGUNAKAN INVARIANT CORRELATIONAL ENTROPY

Tony Ibnu Sumaryada

Bagian Fisika Teori, Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
Kampus Darmaga IPB Bogor 16880

ABSTRAK

Sistem mesoskopik merupakan sistem yang unik, jumlah partikel yang berkisar dari orde beberapa buah partikel hingga ribuan partikel menyebabkan sistem ini terlalu rumit untuk diperlakukan sebagai sistem kuantum, namun juga terlalu kecil untuk diperlakukan sebagai sistem makroskopik. Detil transisi fasa pada sistem ini tidak dapat diperoleh jika hanya mengandalkan metoda pendekatan fisika statistik. Dalam presentasi ini akan diperkenalkan metoda pendeteksian transisi fasa baru yang sangat sensitif, yaitu *Invariant Correlational Entropy* (ICE). Metode ini sangat sensitif karena hanya bergantung pada perubahan fungsi korelasi antar keadaan dan tidak bergantung pada basis keadaan yang dipilih.

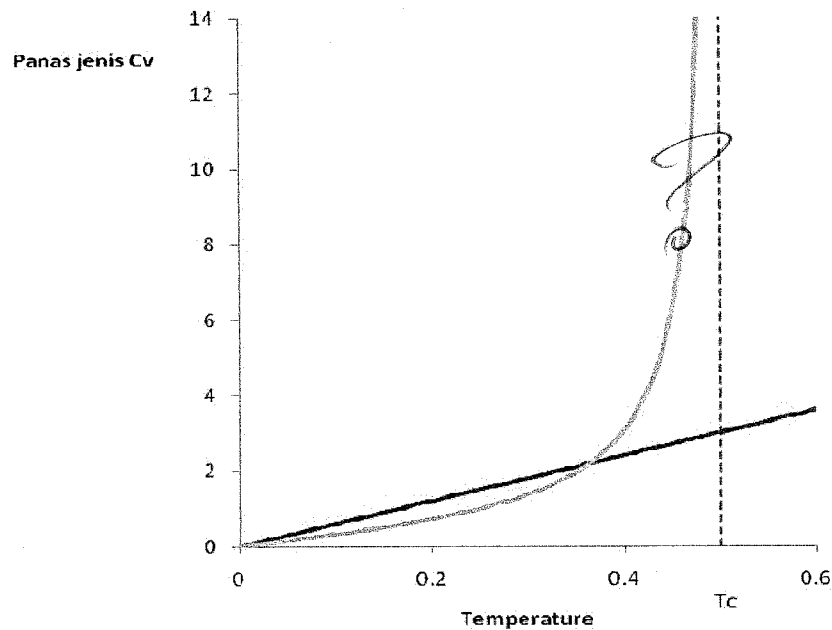
Kata Kunci: Transisi fasa, mesoskopik, Invariant Correlation Entropy

1 PENDAHULUAN

Identifikasi perubahan fasa pada suatu sistem merupakan salah satu topik yang sangat penting dalam fisika. Berbagai metoda baik eksperimen maupun teori telah banyak diperkenalkan dan digunakan untuk mengetahui kapan transisi dari satu keadaan ke keadaan lainnya dimulai. Sebagai contoh, dapat dikemukakan disini perubahan keadaan atau *phase transition* dari keadaan Superkonduksi ke keadaan Normal. Bila dilakukan pengukuran panas jenis (*specific heat* atau C_v) dari suatu bahan superkonduktor maka akan teramati perubahan drastis C_v pada temperatur tertentu yang kita sebut sebagai temperatur kritis atau T_c yaitu temperatur saat terjadinya perubahan fasa, sebagaimana yang ditunjukkan dalam ilustrasi di bawah ini.

Terjadinya perubahan mendadak atau diskontinuitas pada panas jenis suatu bahan hanya berlaku untuk sistem yang memenuhi limit termodinamik (Jumlah partikel mendekati

tak hingga), sedangkan pada sistem kecil (*small system*) perubahan tersebut akan tampak lebih kontinu .



Gambar 1. Ilustrasi mengenai transisi dari keadaan superkonduksi ke keadaan normal dari suatu bahan superkonduktor. Panas jenis dan Temperatur dalam unit sembarang.

Secara umum dapat dikatakan bahwa sistem mesoskopik sesungguhnya merupakan miniatur dari sistem makroskopik, namun dengan sifat dan perilakunya yang hanya dapat dijelaskan secara fisika kuantum. Contoh dari sistem mesoskopik antara lain *atomic cluster*, *quantum dots*, *nanomaterials*, dan lain lain. Karena teknologi di masa depan akan sangat bergantung pada ilmu dan teknologi nano, maka studi mengenai sistem mesoskopik baik teori maupun eksperimen menjadi sangat penting untuk dilakukan.

Perubahan fasa pada sistem kecil lebih sulit diamati karena sangat dipengaruhi oleh fluktuasi termal, perubahan struktural dalam sistem, serta sensitifitas sistem terhadap perubahan parameter transisi [1]. Beberapa metoda pengidentifikasian dan pengklasifikasian transisi fasa pada sistem mesoskopik dan kuantum dapat ditemukan pada referensi berikut [2-5].

Pada tulisan ini kami akan menggunakan metoda *Invariant Correlational Entropy* atau ICE yang dikembangkan oleh Sokolov dan Zelevinsky [5] untuk mengidentifikasi transisi fasa pada sistem mesoskopik. Metoda ini sangat akurat dan sensitif karena mampu mendeteksi transisi fasa dari suatu keadaan (*state*) dengan cara memberikan gangguan kecil (*small variation*) terhadap parameter eksternal. Transisi fasa yang kami kerjakan disini dibatasi hanya untuk transisi fasa dari keadaan normal ke keadaan superkonduksi / superfluida pada model sistem mesoskopik. Model yang kami gunakan disini adalah sistem dengan dua keadaan (*two-level system*).

2METODE

Metode Invariant Correlational Entropy dirancang untuk mampu mendeteksi transisi fasa hingga ke level mekanika kuantum. Untuk menghitung ICE, pertama tama kita perlu mengasumsikan Hamiltonian $H(\beta)$ yang bergantung pada parameter eksternal β (yang dalam hal ini kita pilih kekuatan pemasangan atau *pairing strength*) [6]. Untuk sembarang basis $|n\rangle$ keadaan eigen dari $H(\beta)$ dapat di dekomposisikan menjadi :

$$|\alpha(\beta)\rangle = \sum_n C_n^\alpha(\beta) |n\rangle \quad (1)$$

ICE untuk keadaan eigen individual β dapat diperoleh dengan cara mereratakan matrik kerapatan dalam rentang interval *pairing strength* antara β hingga $\beta+\delta$. δ di sini adalah perubahan atau gangguan kecil yang diberikan kepada sistem.

Dari sini kita dapat mendefinisikan ICE sebagai :

$$I^\alpha(\beta) = -Tr(\overline{\rho^\alpha} \ln \overline{\rho^\alpha}) \quad (2)$$

Sedangkan matrik kerapatan sendiri didefinisikan sebagai :

$$\overline{\rho_{nn'}^\alpha}(\beta) = \overline{\langle n|\alpha\rangle\langle\alpha|n'\rangle} \quad (3)$$

dan merupakan kerapatan keadaan dari state α di dalam basis $|n\rangle$ yang direratakan dalam rentang *pairing strength* yang sangat sempit yaitu antara β hingga $\beta+\delta$. Hamiltonian yang

digunakan dalam kasus ini diambil dari model pemasangan eksak atau (*exact pairing model*) dan memiliki dua suku yaitu suku partikel tunggal dan suku interaksi pasangan :

$$H = 2 \sum_{i>0} \varepsilon_i n_i - \sum_{i,j>0} G_{ij} p_i^\dagger p_j \quad (4)$$

ε adalah energi partikel tunggal, n merupakan jumlah total partikel, dan G berhubungan dengan kekuatan pemasangan atau *pairing strength*. Operator p^\dagger dan p merupakan *creation and annihilation operator of pairing*, yang bertanggung jawab atas penciptaan dan pemusnahan pasangan. Dengan menggunakan aljabar spin (*spin algebra*) kita dapat menyelesaikan persamaan ini secara eksak dan memperoleh spektrum energi lengkap dari sistem ini. Data spektrum energi tersebut selanjutnya diolah menggunakan fisika statistik untuk menghasilkan besaran termodinamika yang diinginkan. Penjelasan lengkap mengenai metoda ini dapat dibaca pada Ref [7].

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 2 ditampilkan perbandingan antara ICE yang diperoleh dari perhitungan langsung dengan hasil penghalusan Bezier. Tampak bahwa hasil perhitungan langsung telah mampu mengidentifikasi transisi fasa pada beberapa tingkat energi eksitasi. Hanya saja kurva yang dihasilkan mengandung terlalu banyak *noise* dan sulit bagi kita untuk menentukan posisi-posisi energi yang tepat saat terjadinya perubahan fasa.

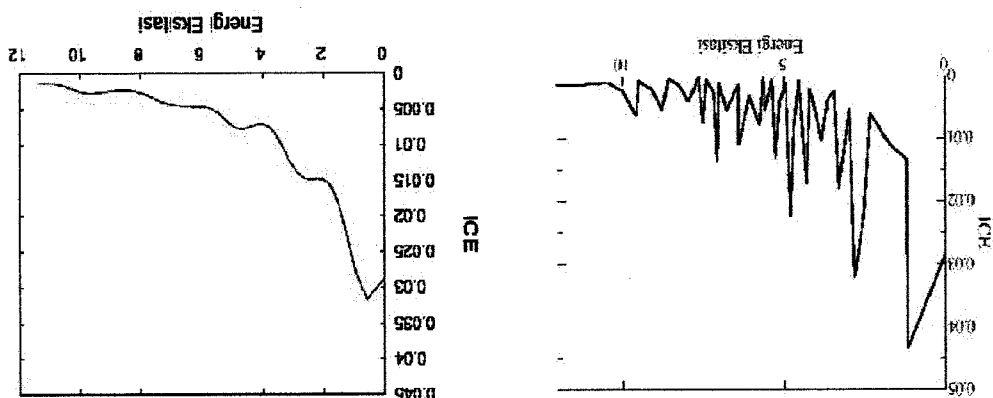
Untuk memperoleh kurva ICE yang baik perlu dilakukan proses penghalusan atau *smoothing* terhadap hasil perhitungan. Proses penghalusan kurva yang digunakan adalah metoda Bezier yang tersedia dan siap digunakan dalam program *gnuplot*.

Metoda Bezier pertama kali diperkenalkan oleh Pierre Bezier di tahun 1962 [8]. Metoda ini mulanya digunakan untuk mempermudah desain dan perancangan bentuk mobil. Metoda ini kemudian diperluas penerapannya untuk membantu menyederhanakan berbagai macam masalah mulai dari program animasi kartun hingga perhitungan ilmiah.

Untuk sembarang derajat n , fungsi Bezier $B(t)$, dan titik awal P_0, P_1 , hingga P_n proses penghalusan Bezier menggunakan persamaan berikut :

Pada Gambar.3 kami lampirkan perbandingan langsung antara Transisi fasa ditinjau dari kurva kapasitas jenis dan *Invariant Correlational Entropy*. Ditinjau dari kurva panas jenis terlihat bahwa transisi fasa hanya mampu menampilkan transisi fasa tunggal dari keadaan

Gambar 2 Perbandingan antara ICE hasil perhitungan langsung (panel sebelah kiri) dengan ICE hasil penghalusan metoda Bezier dari program gnuplot (panel sebelah kanan). Simulasi perhitungan dibuat untuk sistem dengan jumlah partikel $N=12$ dan kekuatan pemasangan atau *pairing strength* $\beta=0.50$



unit energi pemisahan level (*level spacing energy*).

(*arbitrary unit*) untuk ICE dan panas jenis, sedangkan untuk energi eksitasi dinyatakan dalam

Untuk semua gambar dan plot dalam tulisan ini kami menggunakan unit sembarang

superkonduksi / superfluida (*fully paired system*) ke keadaan normal (*no paired system*). pemecahan pasangan *pair breaking* yang mendorong terjadinya transisi fasa dari keadaan *bumps* yang teramati pada plot tersebut menunjukkan posisi-posisi energi saat terjadinya kita untuk memprediksi posisi-posisi energi saat terjadi perubahan fasa. Lima puncak atau Kurva ICE hasil penghalusan Bezier (Gambar 2, panel sebelah kanan) memudahkan

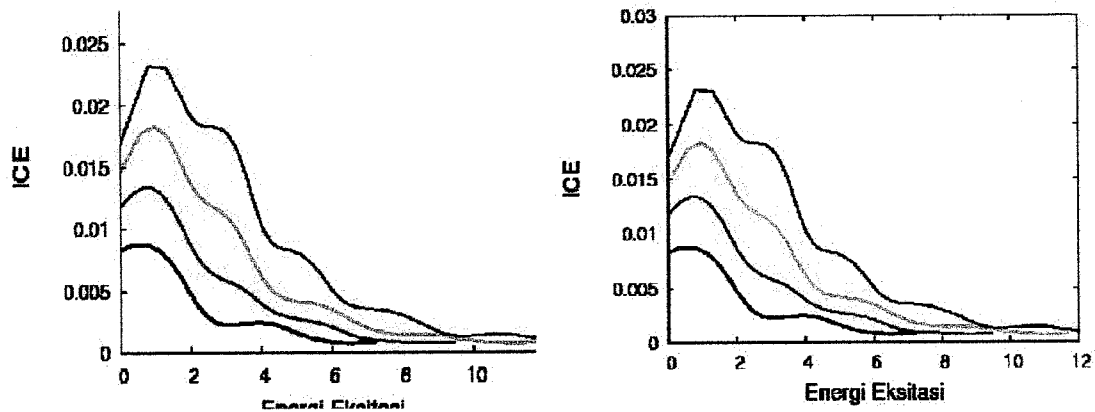
di mana $\binom{n}{i}$ adalah koefisien binomial

$$\binom{n}{i} = \frac{n!}{i!(n-i)!}$$

(5)

$$B(t) = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} (1-t)^{n-i} t^i P_i$$

superkonduksi ke keadaan normal. Sedangkan dilihat dari kurva ICE, kita mampu memprediksi kapan terjadinya transisi fasa dari setiap pasangan. Posisi-posisi energi saat terjadinya pemecahan pasangan *pair breaking* terlihat jelas pada kurva ICE. Untuk Gambar.3, perhitungan dilakukan untuk variasi jumlah partikel 6,8,10,dan 12, serta *pairing strength* $\beta=1.00$



Gambar 3 Panel kiri menggambarkan transisi fasa dilihat dari kurva panas jenis. Sedangkan panel kanan menunjukkan transisi fasa ditinjau dari *Invariant Correlational Entropy*. *Pairing strength* yang digunakan adalah $\beta=1.00$.

Pengaruh jumlah partikel juga ditampilkan pada ke dua kurva tersebut. Secara teoritis, apabila jumlah partikel semakin banyak, maka transisi fasa yang terjadi akan semakin mendekati karakter sistem makroskopik yaitu kurva yang tajam dan diskontinu. Terlihat jelas pada Gambar.3, bahwa semakin banyak jumlah partikel maka akan semakin tinggi dan tajam pula bentuk kurva panas jenis maupun ICE-nya

4 KESIMPULAN DAN PROSPEK

Metoda *Invariant Correlational Entropy* mampu mengidentifikasi perubahan struktural yang terjadi ketika terjadi variasi perubahan parameter kontrol, yang dalam hal ini adalah kekuatan pemasangan atau *pairing strength*. Perubahan struktural tersebut berhubungan langsung dengan transisi fasa dalam level mekanika kuantum. Kemampuan *mengendus* perubahan keadaan dalam level mekanika kuantum ini menjadikan ICE sebagai

suatu perkakas atau *tool* yang sangat baik untuk mendeteksi transisi fasa pada sistem mesoskopik, dimana jumlah partikel yang tersedia jauh di bawah limit termodinamika.

Di masa depan penguasaan ilmu dan teknologi *nano* akan menjadi sangat penting dan bernilai strategis, untuk itu studi dan pengaplikasian metoda ICE untuk sistem mesoskopik lainnya seperti *quantum dots*, *atomic clusters*, *ultra small metallic superconductor* dan *nano materials* lainnya perlu untuk dilakukan.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada A. Volya dan V. Zelevinsky atas diskusi dan arahannya yang sangat berguna dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Departemen Fisika IPB terutama Bagian Fisika Teori, yang telah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Volya, V. Zelevinsky, *Physics Letters B* 574 (2003) 27-34.
- [2] O. Mulken, H. Stamerjohanns, P. Borrmann, *Phys. Rev E* 64 (2001) 047105.
- [3] P. Cejnar, V. Zelevinsky, V. V. Sokolov, *Phys. Rev E* 63 (2001) 036127.
- [4] P. Borrmann, J. Harting, *Phys. Rev. Lett.* 86 (2001) 3120.
- [5] V. V. Sokolov, B. A. Brown, V. Zelevinsky, *Phys. Rev E* 58 (1998) 56.
- [6] T. Sumaryada, *Pairing Correlations and Phase Transitions in Mesoscopic Systems*,
- [7] Ph.D thesis, Florida State University, 2007.
- [8] A. Volya, B. Brown, V. Zelevinsky, *Phys. Lett B* 509 (2001) 37
- [9] Wikipedia, *Bezier Curve*, http://en.wikipedia.org/wiki/Bézier_curve