

MPRA

Munich Personal RePEc Archive

Kerangka Kerja EkonoFisika dalam Basel II

Hokky Situngkir and Yohanes Surya

Bandung Fe Institute

7. June 2006

Online at <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/896/>
MPRA Paper No. 896, posted 29. November 2006

Kerangka Kerja Ekonofisika dalam Basel II

HOKKY SITUNGKIR

Dept. of Comp. Soc., Bandung Fe Institute & Research Fellow Surya Research International

ABSTRAK : The paper elaborates some analytical opportunities for econophysics in the implementation of Basel II documents for banking. We see this chances by reviewing some methodologies proposed by the econophysicists in the three important aspects of risk management: the market risk, credit risk, and operational risk.

KATA KUNCI : risk management, econophysics, Basel II.

E-MAIL : hs@compsoc.bandungfe.net

November 22, 2006

1 PENDAHULUAN

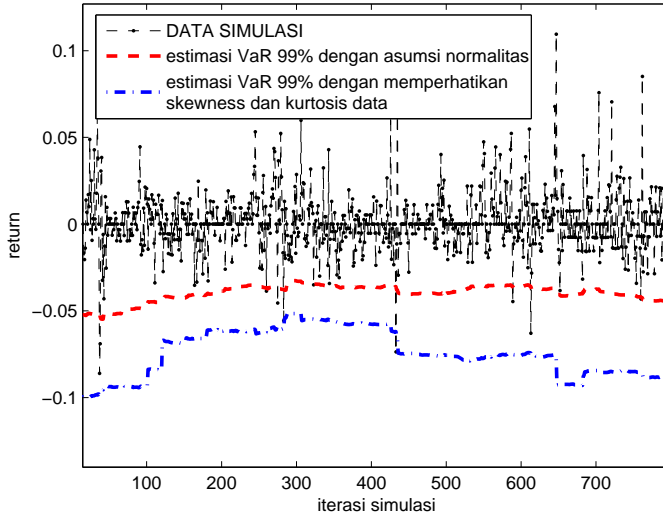
Kita telah mengetahui bahwa pada tanggal 26 Juni 2004 yang lalu, gubernur-gubernur bank sentral negara-negara G10 telah mengesahkan penggunaan publikasi *International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: a Revised Framework* dari Bank for International Settlements (BIS) sebagai kerangka acuan kelayakan pemodal perbankan [13]. Hal ini diharapkan untuk pula turut diterapkan oleh bank-bank lain di berbagai negara dalam kerangka kerja perbankan internasional hingga tahun 2008 nanti; tentunya termasuk Indonesia.

Terdapat tiga pilar utama dalam Basel II [1], yakni syarat modal minimum (*minimum capital requirements*), tinjauan supervisi (*supervisory review*), dan disiplin pasar (*market discipline*). Pilar pertama berbicara tentang syarat kapital atas risiko yang dihadapi oleh bank, yakni risiko kredit, risiko pasar, dan risiko operasional. Dalam hal ini, Basel II menyediakan tingkat pengukuran risiko tersebut dalam beberapa level kerumitan perhitungan yang disesuaikan dengan kapasitas dan kebutuhan bank, seperti VaR (*value at risk*), EL (*loss function*), dan EAD (*exposure at default*). Jika pada Basel I (1988) telah diatur beberapa mekanisme yang berkenaan dengan risiko kredit dan risiko pasar, maka pada Basel II diatur pula framework yang berkenaan dengan risiko operasional secara spesifik. Risiko operasional di sini didefinisikan sebagai bentuk risiko kerugian yang terjadi oleh karena kegagalan proses internal, baik yang berkenaan dengan sumber daya manusia (SDM) maupun sistem termasuk faktor-faktor eksternal, misalnya faktor bencana alam.

Pilar pertama ini kemudian dilengkapi dengan pilar kedua dan ketiga yang mensyaratkan perlunya peninjau yang mensupervisi analisis dan manajemen risiko bank serta mendorong disiplin pasar dalam rangka memotivasi sistem manajemen yang penuh kehati-hatian dengan peningkatan derajat transparansi pada pelaporan bank terhadap publik.

2 EKONOFISIKA DAN RISIKO PASAR

Perkembangan ilmu kalkulus keuangan di awal abad ini kita telah seringkali mendengar tentang ekonofisika yang banyak melibatkan berbagai analisis termasuk di dalamnya pemodelan dan eksplorasi teoretis dalam ilmu fisika (baca: mekanika statistika). Pendekatan ekonofisika yang sudah sangat terkenal adalah yang berkenaan dengan *market risk* dengan menggunakan berbagai pendekatan yang sudah cukup terkenal seperti halnya model-model prediksi volatilitas GARCH (*generalized autoregressive conditional heteroskedasticity*) [5], model jaring saraf [10], DFA (*detrended fluctuation analysis*) [4], di tambah beberapa perangkat yang berguna untuk mempertajam portofolio investasi seperti halnya pohon ultrametrik keuangan [11], teori matriks acak (*random matrix*



GAMBAR 1: Simulasi perbandingan pendekatan konvensional (memperhatikan data yang terdistribusi Gaussian) dan yang memperhatikan *skewness* dan kurtosis data [12].

theory) [6], termasuk berbagai metode optimisasi yang sering digunakan dalam berbagai model-model fisik.

Pengembangan lainnya adalah ikhwal pengukuran *Value at Risk* (VaR). VaR konvensional cenderung sekadar memperhatikan sifat normalitas dari distribusi data-data P&L (*profit & loss*) padahal sifat statistika dari data-data P&L seperti halnya data *return* saham bersifat tidak normal. Dalam hal ini, pendekatan-pendekatan mekanika statistika berperan memberikan penajaman yang meningkatkan kemampuan pengukuran risiko dengan memperhatikan karakteristik statistika data yang ditunjukkan oleh data secara empiris [12]. Pengukuran VaR yang konvensional hanyalah memperhatikan nilai *kuantil* $-\alpha$ dari fit dengan distribusi normal, sebagai $a(\alpha) = Q^{-1}(1 - \alpha)$. Selanjutnya, jika kita juga memperhitungkan kelebihan kurtosis ($\gamma'_2 = \gamma_2 - 1$) dan *skewness* (γ_1) dari distribusi yang ditemui secara empiris, maka melalui ekspansi Cornish-Fisher [3] kita mendapatkan bentuk *kuantil* $-\alpha$ yang diperluas [14] sebagai

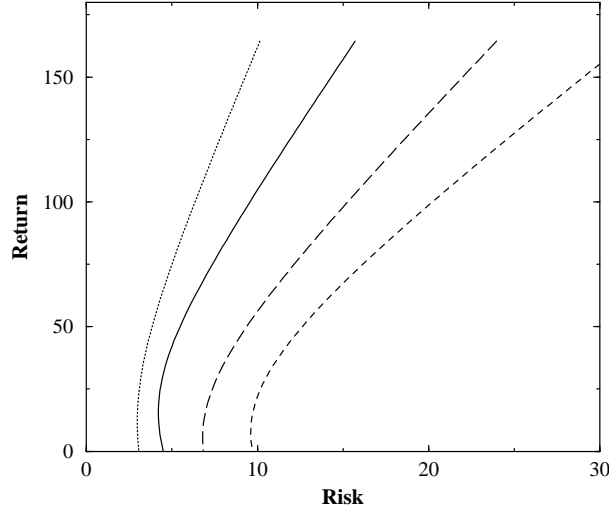
$$a'(\alpha) = a(\alpha) + \frac{\gamma_1}{6}(a^2(\alpha) - 1) + \frac{\gamma'_2}{24}(a^3(\alpha) - 3a(\alpha)) - \frac{\gamma_1^2}{36}(2a^3(\alpha) - 5a(\alpha)) \quad (1)$$

sehingga kita dapat memperhitungkan nilai VaR yang baru yang sensitif terhadap distribusi P&L. Sebuah hasil simulasi dengan membandingkan pendekatan konvensional (memperhatikan data yang terdistribusi Gaussian) dan yang memperhatikan *skewness* dan kurtosis data ditunjukkan pada gambar 1.

Hal ini secara umum dilanjutkan pula dengan pengukuran risiko atas portofolio investasi termasuk berbagai sisi penajaman pada analisis CAPM (*capital asset portfolio management*). Sebagaimana ditunjukkan oleh Bouchaud & Potters [2], pembobotan portofolio optimal atas aset i tertentu (p_i) dapat diperoleh dengan memperhitungkan VaR pada level risiko Λ untuk orde pertama kurtosis (γ_2) melalui persamaan:

$$p_i \approx \frac{\zeta}{2D_i} - \frac{\gamma_2 \zeta'^3}{D_i^3} \left(\frac{\Lambda}{\sqrt{D_p T}} \right) \quad (2)$$

dimana D_i adalah risiko (variansi) aset i , D_p sebagai risiko portofolio, dan ζ sebagai faktor pengali Lagrange untuk *constraint* $\sum_{i=1}^M p_i = 1$. Pada model ini jelas kita mempertimbangkan bobot portofolio pada level risiko Λ melalui kurtosis dari distribusi. Melalui persamaan ini kita tentu memahami bahwa semakin gemuk distribusi (leptokurtis) sebuah aset tertentu maka bobot yang diberikan pada aset tersebut menjadi lebih kecil.



GAMBAR 2: Batas efisien melalui optimisasi Markowitz dalam bidang *return* dan volatilitas. Kurva paling kiri adalah perhitungan dengan Markowitz klasik dan yang paling kanan sebagai hasil perhitungan pada periode waktu yang diprediksi (risiko lebih besar hingga 3 kali lipat). Penggunaan Teori Matriks Acak digunakan untuk "membersihkan" matriks korelasi yang menghasilkan perhitungan risiko yang lebih baik; risiko yang diperkirakan dengan yang diprediksi berbeda 1.5 kali (dari Bouchaud & Potters [2]).

Melalui penurunan bentuk umum di atas kita dapat memperoleh pendekatan klasik Markowitz [8] dapat ditulis sebagai:

$$p_i = \frac{\zeta}{2} \sum_{j=1}^M C^{-1}(m_j - m_0) \quad (3)$$

Melalui perhitungan di atas, seluruh portofolio menjadi proporsional satu sama lain, di mana yang membedakan antara satu portofolio dengan yang lain hanyalah faktor proporsional (ζ) saja. Sebuah asumsi yang sering digunakan dalam CAPM adalah bahwa semua agen menggunakan skema portofolio ini (dengan nilai rata-rata m_i dan variansi D_i yang sama. Dalam hal ini, tentu dapat diasumsikan pula bahwa seluruh pasar dapat dinyatakan sebagai skema portofolio ini, yang disebut sebagai "portofolio pasar".

Dari sini, secara sederhana dapat kita lihat bahwa asumsi ini dapat dikatakan *misleading*. Jika misalnya kita menambahkan bentuk kurtosis γ_2^{ijkl} yang mengukur koreksi pertama atas statistik Gaussian, maka diperoleh distribusi umum fluktuasi aset sebagai

$$P(\delta x_1, \delta x_2, \dots, \delta x_M) = \left(\frac{1}{2\pi}\right)^M \int \int \dots \int e^{[-i \sum_j z_j (\delta x_j - m_j) - \frac{1}{2} \sum_i j z_i C_{ij} z_j + \frac{1}{4!} \sum_{ijkl} K_{ijkl} z_i z_j z_k z_l + \dots]} \prod_{j=1}^M dz_j \quad (4)$$

Jika kita mencoba meminimasi probabilitas kerugian yang lebih besar dari sebuah nilai Λ , maka bentuk generalisasi perumuman yang ditunjukkan di atas (melalui persamaan 2) menjadi

$$p_i \approx \frac{\zeta}{2} \sum_{j=1}^M C_{ij}^{-1}(m_j - m_0) - \zeta^3 \left(\frac{\Lambda}{\sqrt{D_p T}}\right) \quad (5)$$

yang menunjukkan bahwa pemilihan portofolio tak lagi hanya sekadar memperhatikan nilai proporsional saja secara (superposisi linier) melainkan juga level risiko yang dipilih oleh manajer risiko.

Pada dasarnya telah terdapat beberapa upaya untuk memperbaiki teknik optimisasi Markowitz ini dalam berbagai penelitian ekonofisika kontemporer. Salah satunya adalah dengan tidak menggunakan data korelasi semata untuk melakukan optimisasi, melainkan dengan teknik "membersihkan" derau pada data deret waktu yang ada dan memisahkannya dengan informasi yang memang benar-benar menggambarkan situasi pasar. Metode yang digunakan adalah metode Teori Matriks Acak. Sebagaimana ditunjukkan pada [6], Teori Matriks Acak memiliki kesanggupan untuk memisahkan derau dan informasi dari data deret waktu. Perbandingan antara perhitungan Markowitz klasik dengan data yang telah dibersihkan ini ditunjukkan pada gambar 2.

3 EKONOFISIKA DAN RISIKO KREDIT

Dalam hal risiko kredit, meski tidak sepopuler analisis risiko pasar, berbagai metode telah pula ditawarkan oleh berbagai riset ekonofisika dengan berbagai hasil yang menarik. Salah satu model yang cukup menarik adalah perangkat analitik yang menggunakan model Ising - sebuah model yang berasal dari ilmu fisika tentang sifat-sifat korelasi kemagnetan zat [9].

Kita tahu bahwa terdapat banyak model risiko kredit yang diterapkan di dalam dunia perbankan saat ini, misalnya model yang digunakan oleh perusahaan finansial ternama, JP Morgan dan model CreditRisk+ (Credit Suisse Financial Products). Pendekatan model-model ini secara statistika pada dasarnya dibangun dengan melihat korelasi antar peminjam secara sederhana dan cenderung melupakan korelasi langsung dan dinamika yang terjadi antara korelasi peminjam tersebut. Hal ini dipandang wajar karena korelasi antara peminjam memang sangat sulit diukur secara kuantitatif meski diakui memiliki peran yang penting dalam hal pengukuran kemampuan peminjam mengembalikan kreditnya pada bank. Jadi, pada model konvensional ini, digunakan asumsi sebuah formulasi struktur baku keterhubungan antara peminjam/kreditur yang cenderung terlalu menyederhanakan situasi empiriknya.

Model Ising yang digunakan dalam perangkat ekonofisika dalam hal ini adalah model maksimisasi fungsi entropi. Model maksimisasi fungsi entropi ini merupakan model yang memungkinkan kita untuk mengendalikan informasi yang kita gunakan dalam memformulasikan model yang digunakan. Dalam model ini, jika kita menyatakan portofolio kredit sebagai vektor $Y = (X_1, X_2, \dots, X_N)$, maka himpunan seluruh vektor Y yang mungkin berjumlah 2^N dan merupakan ruang fasa $\Omega = \{X\}$. Dalam hal ini, tentu untuk mencari solusi dari model portofolio adalah menggunakan hukum probabilitas dan statistika $P(Y)$ pada ruang fasa Ω . Hal ini biasanya dilakukan dengan mengasumsikan pola ketergantungan antara para kreditor dengan kreditor lain atau faktor eksternal. Melalui pendekatan ini, yang kita lakukan tidaklah demikian, melainkan menggunakan prinsip Entropi Statistik Maksimum (*Maximum Statistical Entropy*) untuk menurunkan persamaan $P(Y)$. Prinsip ini biasa digunakan dalam Teori Informasi yang luas digunakan untuk mencari distribusi probabilitas ketika teori tentang struktur sistem tidak diketahui. Di sini, kita menggunakan model $P(Y)$ yang memaksimumkan fungsi entropi:

$$S[P] = \sum_{Y \in \Omega} P(Y) \ln P(Y), \quad (6)$$

terhadap kondisi yang ditunjukkan oleh informasi sebelumnya yang kita ketahui. Jadi melalui model ini, kita mempertimbangkan faktor-faktor apa saja yang akan diperhitungkan dalam memformulasikan model kita. Agak berlawanan dengan pendekatan konvensional pemodelan risiko kredit, model ini memiliki berbagai penyesuaian (*adjustment*) dan tidak mengasumsikan secara linier pola keterhubungan antar peminjam/kreditur.

Pada penggunaan model ini, hasil yang diperoleh adalah deksripsi portofolio kredit dan pemodelan risiko ketika pengetahuan kita tentang adanya korelasi antar peminjam/kreditur merupakan hal yang penting. Satu hasil utama yang menarik adalah bahwa risiko dapat meningkat dengan tajam dengan mengobservasi korelasi antar peminjam ini secara saksama. Hal ini jelas tidak terdapat pada model-model konvensional yang luas digunakan.

4 EKONOFISIKA DAN RISIKO OPERASIONAL

Dalam hal risiko operasional (OR=*operational risk*), penelitian ekonofisika juga memiliki peluang untuk berkontribusi aktif. Sebagaimana kita ketahui, dalam organisasi perbankan (dan tentu saja

organisasi/perusahaan jenis lainnya) terdapat beberapa bagian-bagian atau hirarki yang masing-masing bekerja secara semi-independen, seperti bagian yang bertanggungjawab atas proses penjualan, manajemen risiko dan pengendalian risiko, proses manajemen perencanaan, accounting, dan budgeting), IT dan sistem data, sistem pembayaran, ritel dan perbankan komersial, manajemen aset, dan sebagainya. Masing-masing proses inti tersebut bekerja sendiri namun memiliki pola saling ketergantungan (*dependency*) yang relatif tinggi.

Salah satu metode pengukuran risiko operasional yang disyaratkan dalam Basel II adalah AMA (*Advanced Measurement Approach*). Secara umum, dalam pendekatan ini bank mengestimasi nilai rata-rata dan variasi dari frekuensi tahunan dan kerugian dari risiko operasional untuk tiap line bisnis. Dalam hal ini kita berbicara tentang pendekatan korelasi fungsional untuk risiko operasional. Untuk mengkuantifikasi korelasi fungsional ini, kita dapat membayangkan proses bank dalam bentuk jaring-jaring di mana tiap node-nya merepresentasikan satu proses inti yang menyusun sistem perbankan. Jaringan semacam ini menggambarkan saling ketergantungan antara kategori-kategori risiko operasional, *line* bisnis, percabangan dan tentu saja juga alokasi kapital untuk menjalankan masing-masing proses.

Untuk memodelkan hal ini, pendekatan ekonofisika yang cukup menarik untuk diperhatikan adalah model yang ditawarkan oleh Reimer Kühn (King's College London) dan Peter Neu (Dresdner Bank AG) yang menggunakan pemodelan dengan analogi sistem dengan banyak partikel yang saling berinteraksi [7].

Jika kita nyatakan berhasil tidaknya sebuah proses i sebagai dua pilihan yaitu $n_i(t) = 1$ jika proses berhasil dan $n_i(t) = 0$ jika proses gagal, maka kita bisa menunjukkan dukungan yang diperoleh oleh proses i tersebut pada waktu t sebagai:

$$h_i(t) = \varphi_i - \sum_j w_{ij} n_j(t) + \eta_i(t) \quad (7)$$

dimana w_{ij} sebagai keterhubungan (*coupling*) dalam jaringan operasional yang ada, dan φ_i merupakan dukungan total oleh proses jaringan operasional yang bekerja secara penuh yaitu ketika $n_i(t) = 0$ untuk semua bagian jaringan i . Pada persamaan tersebut nilai $\eta_i(t)$ menunjukkan peluang kegagalan tertentu yang dapat dinyatakan sebagai bentuk derau Gaussian yang dapat ditulis sebagai:

$$\eta_i(t) = \sum_{k=1}^K \beta_{ik} \gamma_k(t) + \xi_i \epsilon_i(t) \quad (8)$$

$$\xi_i = (1 - \sum_{k=1}^K \beta_{ik}^2)^{1/2} \quad (9)$$

dengan $\gamma_k(t) \sim \mathfrak{N}(0, 1)$ menunjukkan faktor risiko umum (*common risk factor*) dan $\epsilon_i(t) \sim \mathfrak{N}(0, 1)$ sebagai faktor risiko idiosinkratik untuk tiap proses secara spesifik. Yang terakhir ini tentunya menggambarkan fluktuasi di level mikro dari tiap proses operasional kita. Faktor risiko umum yang ditunjukkan dalam model ini adalah faktor risiko yang menimpa sistem secara keseluruhan; dan tentu saja dampak dari faktor risiko umum ini dirasakan berbeda-beda besarnya oleh tiap proses operasional (dalam model kita ditunjukkan dalam variabel β_i).

Dari sini efek tak linier atas kedua faktor risiko ini dapat dimasukkan pada persamaan 7 menjadi,

$$h_i(t) = \varphi_i - \sum_j w_{ij} n_j(t) - \sum_{j,k} w_{ijk} n_j(t) n_k(t) - \dots + \eta_i(t) \quad (10)$$

Proses i akan mengalami kegagalan pada waktu $t + \Delta t$ jika dukungan total padanya ternyata berada di bawah nilai ambang tertentu. Dalam hal ini, dengan renormalisasi φ_i kita dapat menyatakan nilai ambang ini sebagai nol, sehingga didapat

$$n_i(t + \Delta t) = \Theta(-\varphi_i + \sum_j w_{ij} n_j(t) - \eta_i(t)) \quad (11)$$

dengan Θ sebagai fungsi *step* di mana $\Theta(x) = 1$ untuk $x \geq 0$ dan bernilai 0 untuk lainnya.

Secara umum, kita dapat pula menghitung kerugian yang ditimbulkan oleh proses i ,

$$L_i(t + \Delta t) = L_i(t) + n_i(t + \Delta t)X_{t+\Delta t}^i \quad (12)$$

di mana $X_{t+\Delta t}^i$ merupakan sampel yang diambil acak dari distribusi kerugian untuk proses i .

Dari sini, kita dapat mengkalkulasi peluang kondisional terjadinya kegagalan dalam proses i dan terjadinya faktor risiko umum $\gamma(t)$ sebagai

$$\langle n_i(t + \Delta t) \rangle_{n(t), \gamma(t)} \equiv \text{Prob}(n_i(t + \Delta t) = 1 \mid n(t), \gamma(t)) \quad (13)$$

dan kita peroleh

$$\langle n_i(t + \Delta t) \rangle_{n(t), \gamma(t)} = \Phi\left(\frac{\Phi^{-1}(PD_{i, \Delta t}) + \sum_j w_{ij} n_j(t) - \sum_k \beta_{ik} \gamma_k(t)}{\sqrt{1 - \sum_k \beta_{ik}^2}}\right) \quad (14)$$

dengan $\varphi_i = -\Phi^{-1}(PD_i)$ di mana $PD_{i, \Delta t}$ adalah peluang harapan non-kondisional dalam waktu Δt .

Dalam model fisika yang menjadi inspirasi dari model dinamik ini, transisi fasa (perubahan fisis bahan/zat) sekonyong-konyong dapat berubah secara drastis dengan dipicu oleh interaksi antar hanya beberapa partikel. Kita tentu mengetahui bahwa tidak semua kegagalan operasional salah satu aspek dalam aktivitas bank dapat berakibat fatal yakni runtuh dan gagalnya keseluruhan operasi bank tersebut. Namun di sisi lain, sebuah kegagalan kecil pada satu aspek operasional memang dapat saja merubuhkan kinerja bank secara keseluruhan - tergantung berbagai *constraint* letak posisi operasional bidang yang gagal tersebut. Demikian pula dalam transisi fasa zat. Tidak semua interaksi molekuler dapat mengubah secara keseluruhan sistem dan sifat zat secara makro (misalnya sifat kemagnetannya, sifat padat atau cair/gas-nya); namun jelas terdapat beberapa interaksi molekuler tertentu yang memang mampu mengubah sistem secara keseluruhan. Metodologi simulatif yang biasa digunakan dalam model transisi fasa zat ini kemudian di-adopsi untuk mengukur risiko operasional dari sebuah organisasi bank.

5 CATATAN PENUTUP

Secara sederhana kita telah melihat bahwa terdapat beberapa penajaman analitis yang diketengahkan ekonofisika dalam kerangka manajemen risiko sebagaimana diarahkan oleh berbagai koridor yang termaktub dalam dokumen Basel II [1] demi terciptanya bank yang sehat. Kehadiran berbagai perangkat analitik yang terdapat dalam bidang interdisipliner seperti ekonofisika ini, secara nyata memiliki kontribusi dalam kerangka tak hanya memberikan pola implementatif atas Basel II namun lebih jauh memberikan beberapa penajaman di sana-sini dengan memperhatikan ketaklinieran obyek risiko yang ingin diukur.

Hal ini tentu menunjukkan setidaknya dua hal penting. Yang pertama, penggunaan berbagai perangkat ekonofisika memberikan berbagai penajaman pengukuran risiko sebagaimana ditunjukkan oleh semangat penggunaan Basel II. Kedua, kehadiran ekonofisika yang selalu bersandar pada fakta empirik pada analisis risiko menunjukkan senantiasa berkembangnya ilmu manajemen risiko dan hal-hal baru yang meningkatkan kemampuan kita dalam bidang keilmuan ini senantiasa akan terus muncul mengingat sifat khas situasi perbankan yang berbeda-beda di tiap-tiap negara dan masyarakat. Hal ini secara tak langsung tentu memberikan angin segar bagi implementasi Basel II pada sistem perbankan di tanah air yang tentu memiliki pula sifat khas sistem perbankan dan karakter sosial masyarakatnya.

PENGAKUAN

Penulis berterimakasih kepada Prof. Roy Sembel atas diskusi dan motivasinya dalam penulisan makalah ini. Penulis juga berterimakasih kepada Prof. Yohanes Surya atas diskusi dan beberapa referensi serta tak lupa rekan-rekan BFI yang memberikan masukan atas draft awal makalah ini.

PUSTAKA

- [1] Basel Committee on Banking Supervision. (2004). *International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: a Revised Framework*. Bank for International Settlements.
- [2] Bouchaud, J-P., Potters, M. (2005). *Theory of Financial Risks: From Statistical Physics to Risk Management*. Cambridge UP.
- [3] Cornish, E. A. & Fisher, R.A. (1937). Moments and Cumulants in the Specification of Distributions. *Review of the International Statistical Institute*. pp 307-20.
- [4] Hariadi, Y. & Surya, Y. (2004). *DFA Pada Saham*. Working Paper WPB2004. Bandung Fe Institute.
- [5] Hariadi, Y. & Surya, Y. (2005). *Asimetri GARCH dan Simulasi Monte Carlo pada Peramalan GBP/USD*. Working Paper WPB2005. Bandung Fe Institute.
- [6] Hariadi, Y. & Surya, Y. (2006). *Analisis Teori Matriks Acak untuk Data Saham dan IHSG*. Working Paper WPB2006. Bandung Fe Institute.
- [7] Kühn, R. & Neu, P. (2002). "Functional Correlation Approach to Operational Risk in Banking Organization". *Physica A* 322:650-66.
- [8] Markowitz, H. (1970). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. Basil Blackwell (1991).
- [9] Molins, J. & Vives, E. (2004). *Long range Ising Model for Credit Risk Modeling in Homogenous Portfolios*. arxiv:cond-mat/04014
- [10] Situngkir, H. & Surya, Y. (2004). Neural network revisited: perception on modified Poincare map of financial time-series data. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications* 344 (1-2):100-3. Elsevier Science.
- [11] Situngkir, H. & Surya, Y. (2005). *On Stock Market Dynamics through Ultrametricity of Minimum Spanning Tree*. Working Paper WPH2005. Bandung Fe Institute.
- [12] Situngkir, H. & Surya, Y. (2006). *Value at Risk yang Memperhatikan Sifat Statistika Distribusi Return*. Working Paper WPD2006 Bandung Fe Institute.
- [13] Scalas, E. (2005). *Basel II for Physicists: A Discussion Paper*. arxiv:cond-mat/0501320.
- [14] Zangari, P. (1996), An Improved Methodology for Measuring VaR". *RiskMetrics Monitor* January 1996: 7-25.