Jurnal Pengurusan 18 (1999) 131-147

Mencari Kewujudan Gelagat Kekalutan Siri Masa: Satu Analisis Awal terhadap Gelagat Kadar Faedah antara Bank

Mohamad Yusof
Tengku Mohamad Tengku Sembok
Nor Laila Md. Noor

ABSTRAK

Kekalutan telah diguna untuk menerangkan tabii dinamik sistem fizikal. Sejak akhir-akhir ini penyelidikan mengenai kekalutan telah menular kepada sistem kewangan. Kertas ini cuba mencari kewujudan gelagat kekalutan dalam pergerakan kadar faedah dalam pasaran wang, dalam usaha memahami gelagat dinamik kadar faedah. Gelagat kekalutan diuji dengan melakukan analisis R/S terhadap dua kadar faedah pasaran wang iaitu kadar wang semalaman dan kadar wang 3-bulan. Keputusan analisis R/S yang dijalankan menunjukkan bahawa pergerakan kedua-dua kadar faedah bersifat tak rawak. Kadar wang semalaman telah menunjukkan kecenderungan kepada gelagat anti-berterusan manakala kadar wang 3-bulan pula menunjukkan kecenderungan kepada gelagat berterusan. Hasil dari kajian ini memberi maklumat yang berguna untuk pembinaan model bagi meramal pergerakan kadar faedah.

ABSTRACT

Chaos has been used to explain dynamic behaviours of physical systems. Lately, research on chaos has spread to financial systems. This paper attempts to find the existence of chaotic behaviour in interest rate movement in the money market. The chaotic behaviour is tested by applying the R/S analysis on two money market rates, i.e. the overnight money and the 3-month money. The results of the R/S analysis indicated that both rates showed a non-random behaviour. The overnight money show the inclination towards anti-persistent behaviour and the 3-month money show the inclination towards persistent behaviour. These findings are useful for the development of a model to predict the movement of interest rate.

PENGENALAN

Mengikut teori ekonomi dan kewangan, kadar faedah dipengaruhi oleh faktor tuntutan dan tawaran wang (Gardener & Mills 1994). Walaupun teori-teori ini dapat menyatakan faktor yang mempengaruhi kadar faedah, namun sumbangan daripada setiap faktor sukar diukur. Hipotesis pasaran cekap yang begitu banyak menguasai teori pergerakan kadar faedah menyatakan bahawa pergerakan kadar faedah mengikut model perjalanan rawak. Dengan itu ramalan kadar faedah dianggapkan sebagai sesuatu yang sukar ataupun mustahil untuk dibuat. Walau bagaimanapun, dinamik siri masa kewangan yang dahulunya dikatakan banyak condong kepada model perjalanan rawak telah mula diragui. Hasil daripada penyelidikan yang telah dijalankan untuk mengkaji sifat dinamik tak linear siri masa kewangan dalam pasaran modal, pasaran komoditi dan pasaran tukaran mata wang asing telah menunjukkan bahawa pergerakan harga tidak semestinya mengikut perjalanan rawak (Peters 1991).

Kertas ini cuba mengkaji tabii dinamik siri masa kadar faedah di Malaysia dengan menggunakan kaedah daripada teori kekalutan. Teori kekalutan memfokus kepada pencarian kestabilan struktur apabila keadaan sistem menjadi mustahil untuk diramalkan. Penemuan struktur boleh memudahkan peramalan dibuat ke atas tabii tertentu sistem. Ini penting sebagai maklumat awal kepada pembinaan sistem maklumat untuk meramal sesuatu fenomena. Analisis dan penemuan yang dibincangkan dalam kertas ini merupakan hasil dari kajian awal yang dijalankan untuk membina sistem cerdas (intelligent systems) untuk pasaran wang.

Untuk memudahkan perbincangan tentang penggunaan teori kekalutan, kertas ini akan memberi pengenalan kepada kaedah dan teknik yang digunakan dalam mengesan dan mengukur kekalutan dan diikuti dengan perbincangan tentang kegunaan kaedah dan teknik ini dalam memahami gelagat kadar faedah. Seterusnya perbincangan akan ditumpukan kepada penggunaan kaedah dalam konteks siri masa kadar faedah antara bank di Malaysia dan interpretasi tentang penemuan awal. Kertas ini akan diakhiri dengan rumusan dan penyelidikan lanjutan yang perlu dijalankan.

PENGESANAN DAN PENGUKURAN KEKALUTAN

PENGENALAN KEPADA KEKALUTAN

Dalam sistem dinamik, kekalutan muncul apabila sebarang dua titik yang pada permulaannya berkedudukan hampir, mencapah secara eksponen sehingga akhirnya gelagatnya di masa hadapan menjadi tidak boleh diramalkan. Kekalutan boleh dijanakan daripada persamaan mudah seperti,

$$y = ax_1 + bx_2 \tag{2.1}$$

Ini merupakan persamaan linear dengan x_1 dan x_2 sebagai pembolehubah dan a serta b sebagai koefisien. Persamaan ini tidak lagi linear sekiranya a dan b turut menjadi pembolehubah. Pergerakan perubahan pada nilai y bagi nilai a dan b yang berbeza boleh dibahagikan kepada tiga jenis, iaitu pelemahan, penguatan dan dwipengwujudan. Pelemahan menunjukkan pergerakan yang lama kelamaannya menumpu kepada suatu nilai tetap manakala penguatan menunjukkan pergerakan yang semakin mencapah. Dwipengwujudan pula menunjukkan pergerakan yang berayun antara dua nilai. Proses kekalutan dapat dilihat dengan lebih jelas jika mempertimbangkan peta logistik berikut:

$$x_{t+1} = kx_t(1 - x_t) \tag{2.2}$$

Persamaan ini adalah satu persamaan kuadratik dengan pembolehubah x_t. Nilai x_{t+1} boleh dikira jika nilai x_t dan nilai k diberikan. Jadual 1 menunjukkan nilai x_{t+1} bagi beberapa nilai k dan nilai x_t yang berbeza.

Ada beberapa perkara yang menarik perhatian. Yang pertama ialah bagi nilai awal $x_t = 0.5$ dan nilai k = 0.5, 1.2 dan 3, dapat dilihat bahawa nilai x_{t+1} menumpu kepada satu nilai tetap dan ini menunjukkan gelagat kelemahan. Tetapi bagi nilai k = 3.1 dan 3.4 nilai x_{t+1} kelihatan berulang-alik antara dua nilai, iaitu gelagat dwikewujudan. Bagi nilai k = 4, ada keputusan yang

JADUAL 1. Nilai bagi x_{t+1} bagi beberapa nilai k dan x_t

	k=0.5	k=1.2	k=2	K=3	k=3.1	k=3.4	K=4	k=4
x_0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
x_1	0.125	0.300	0.5	0.675	0.775	0.850	1	0.960
x_2	0.055	0.252	0.5	0.592	0.540	0.434	0	0.154
x_3	0.026	0.226	0.5	0.652	0.770	0.835	0	0.520
x_4	0.013	0.210	0.5	0.613	0.549	0.469	0	0.998
x_5	0.006	0.199	0.5	0.641	0.768	0.847	0	0.006
x_6	0.003	0.191	0.5	0.622	0.553	0.441	0	0.025
x_7	0.002	0.186	0.5	0.635	0.766	0.838	0	0.099
x_8	0.001	0.181	0.5	0.626	0.566	0.461	0	0.358
x_9	0.000	0.178	0.5	0.632	0.765	0.845	0	0.919
x_{10}	0.000	0.176	0.5	0.628	0.557	0.446	0	0.298
x_{11}	0.000	0.174	0.5	0.631	0.765	0.840	0	0.837
x_{12}	0.000	0.172	0.5	0.629	0.557	0.457	0	0.547
x_{13}	0.000	0.171	0.5	0.630	0.765	0.844	0	0.991
x_{14}	0.000	0.170	0.5	0.629	0.557	0.448	0	0.035
x_{15}	0.000	0.170	0.5	0.630	0.765	0.841	0	0.135
x_{16}	0.000	0.169	0.5	0.629	0.557	0.445	0	0.466
x_{17}	0.000	0.168	0.5	0.630	0.765	0.843	0	0.996
x_{18}	0.000	0.168	0.5	0.629	0.557	0.450	0	0.018
x_{19}	0.000	0.168	0.5	0.630	0.765	0.851	0	0.070
x_{20}	0.000	0.168	0.5	0.630	0.557	0.455	0	0.261
x_{21}	0.000	0.168	0.5	0.630	0.765	0.843	0	0.773

menarik, iaitu bila nilai awal x_t = 0.4, nilai x_{t+1} adalah rawak tetapi bila x_t = 0.5, nilai x_{t+1} menumpu kepada nilai 0. Peta logistik ini dapat menunjukkan bagi nilai koefisien dan nilai awal yang berbeza berbagai gelagat dapat diperolehi.

Penentuan atau pengukuran kekalutan bukan merupakan satu tugas yang mudah. Ini disebabkan tidak ada satu ukuran yang boleh mengesahkan kewujudan kekalutan dalam sistem. Penentuan kekalutan bermula dengan pembinaan ruang fasa sistem dinamik. Kemudian sistem dinamik boleh diuji dengan melihat cara peta kekalutan menduduki ruang tersebut. Grassberger dan Procaccia (1983) telah membuat penentuan kekalutan dengan mengukur dimensi korelasi. Satu cara lain ialah dengan membuat pengiraan eksponen Lyapunov (ukuran capahan) yang terbesar. Kewujudan eksponen Lyapunov positif boleh menandakan kewujudan kekalutan dalam sistem. Walaupun begitu ada beberapa syarat tertentu yang boleh diuji. Syarat-syarat ini adalah syarat perlu untuk kewujudan kekalutan dan diberikan sebagai:

1. Sistem mestilah tak linear dan siri masanya tidak teratur.
2. Komponen rawak perlu wujud.
3. Gelagat sistem mestilah peka terhadap keadaan awal.
4. Sistem mesti mempunyai penarikan pelik dan secara umumnya ini bermakna sistem mempunyai dimensi fraktal.
5. Sistem mempunyai eksponen Lyapunov positif.

Syarat-syarat di atas hanya merupakan tanda bagi kewujudan kekalutan tetapi tidak cukup untuk mengesahkan tentang kewujudan keadaan kalut. Secara ideal, setiap syarat perlu dipenuhi untuk memastikan kewujudan keadaan kalut. Justeru itu penentuan kewujudan kekalutan menjadi sangat rumit terutama jika data yang ada tidak mencukupi. Vassilicos, Demos dan Tata (1993) telah mengulas mengenai beberapa penyelidikan yang telah dibuat oleh beberapa penyelidik mengenai keperluan data dalam kajian penentuan kekalutan. Umpamanya, Wolf, Swift dan Vastano (1985) mengatakan bahawa untuk menentukan penarik kekalutan berdimensi 3 sekurang-kurangnya 1,000 hingga 30,000 titik data diperlukan. Ramsey dan Yuan (1989) pula mengatakan bahawa pengesanan kekalutan dalam sistem dinamik mudah memerlukan 5,000 titik data atau lebih.

UKURAN KEKALUTAN: DIMENSI FRAKTAL DAN ANALISIS R/S

Dimensi fraktal memerihalkan cara objek mengisi tempat dalam ruang. Pengiraan dimensi fraktal melibatkan pengiraan luas ataupun isipadu objek fraktal. Ada beberapa kaedah yang boleh digunakan untuk mengukur dimensi fraktal, antaranya dengan mengukur dimensi korelasi (Grassberger & Procaccia 1983). Tetapi kaedah ini memerlukan jumlah titik data yang banyak. Satu kaedah lain adalah kaedah Hurst. Kaedah ini digunakan untuk menentukan ciri fraktal siri masa dan dikenali sebagai analisis penskalaan julat (analisis R/S). Mengikut analisis ini, isyarat dinamik s(t), boleh dicirikan oleh eksponen Hurst H, (Bodruzzaman 1991). Dimensi fraktal, D_H diberikan sebagai,

$$D_H = 2 - H; \qquad 0 \leq H \leq 1 \tag{2.3}$$

Eksponen Hurst H, ditakrif oleh hukum empirikal berikut:

$$\frac{R(\tau)}{S(\tau)} \infty (\tau/2)^{aH} \tag{2.4}$$

τ adalah panjang bagi segmen isyarat s(t)
a adalah koefisien

R(τ) adalah julat yang mewakili jarak yang dilalui oleh sistem bagi indeks τ dan ditakrifkan seperti berikut:

$$R(\tau) = \max_{1<t<\tau} X(t, \tau) - \min_{1<t<\tau} X(t, \tau) \tag{2.5}$$

dengan

$$X(t, \tau) = \Sigma_{n=1}^{t} \{s(u) - <s>_\tau\} \tag{2.6}$$

dan $<s>_\tau$ adalah purata nilai isyarat bagi jangka masa τ dan ditakrif sebagai

$$<s>_\tau = \frac{1}{r} \Sigma_{t=1}^{r} s(t) \tag{2.7}$$

S(τ) adalah sisihan piawai bagi isyarat dan ditakrifkan sebagai,

$$S = [\frac{1}{\tau} \Sigma_{t=1}^{\tau} \{s(t) - <s>_\tau\}^2]^{\frac{1}{2}} \tag{2.8}$$

Untuk menentukan nilai H, log bagi persamaan (2.3) diambil untuk memberikan,

$$\log \frac{R(\tau)}{S(\tau)} = aH \log \tau - aH \log 2 \tag{2.9}$$

Eksperimen menggunakan tetingkap isyarat dengan panjang bolehubah perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai R/S. Nilai H boleh diperoleh melalui persamaan (2.9) melakukan regresi linear terhadap set nilai log(R/S) dan log(τ) yang didapati daripada data eksperimen. Kecerunan dan pintasan pada paksi-y garis regresi digunakan untuk mendapatkan nilai a dan H.

Seterusnya tafsiran untuk nilai H dapat dibuat dengan melihat model pergerakan rawak yang dibuat oleh Einstein (Peters 1991). Mengikut Einstein, pergerakan rawak dimodelkan sebagai,

$$R = T^{0.5} \tag{2.10}$$

R – jarak dilalui oleh sistem
T – indeks masa

Daripada persamaan (2.4) dan (2.10), Hurst telah merumuskan bahawa bagi proses rawak nilai eksponen Hurst adalah 0.5. Ini menunjukkan bahawa bagi proses begini, tren masa lalu tidak mempengaruhi tren masa hadapan. Bagi nilai $H > 0.5$, gelagat sistem dikatakan berterusan. Ini bermakna jika terdapat tren menaik (menurun) kemungkinan besar, tren menaik (menurun) akan berterusan pada masa hadapan. Manakala, bagi nilai $H < 0.5$ pula, sistem dikatakan mempunyai gelagat anti-berterusan. Sistem dikatakan mempunyai gelagat meruap. Jika tren sekarang yang menaik diikuti dengan tren menurun dan sebaliknya. Hurst mendapati bahawa bagi kebanyakan fenomena semula jadi nilai eksponen Hurst yang diperoleh melebihi nilai 0.5 dan boleh menunjukkan bahawa isyarat sistem bukan isyarat rawak. Tafsiran ini dipermudahkan dalam Jadual 2.

JADUAL 2. Ringkasan tafsiran nilai eksponen Hurst

Eksponen Hurst	Tafsiran Siri Masa
$0 \leq H < 0.5$	Anti-berterusan
0.5	Rawak
$0.5 < H \leq 1.0$	Berterusan

Mengikut Peters (1991) lagi, eksponen Hurst dikaitkan dengan ukuran korelasi melalui persamaan berikut:

$$C = 2^{(2H-1)} - 1 \tag{2.11}$$

dan C adalah ukuran korelasi. Daripada ukuran korelasi ini, tafsiran mengenai ukuran dimensi fraktal diberikan dalam Jadual 3.

Walau bagaimanapun dimensi fraktal yang diperoleh daripada eksponen Hurst hanyalah merupakan satu anggaran kasar. Bagi proses kalut dengan kerencaman yang lebih tinggi, kaedah mendapatkan dimensi fraktal daripada analisis R/S tidak mencukupi. Untuk itu, dimensi fraktal dianggarkan melalui ukuran lain seperti dimensi terbenam dan dimensi korelasi.

JADUAL 3. Ringkasan tafsiran bagi nilai dimensi fraktal siri masa

Dimensi Fraktal Siri Masa	Kadar Ramalan
$0 < D_H < 1.5$	Tinggi
1.5	Tidak boleh diramal
$1.5 < D_H < 2$	Rendah

UKURAN KEKALUTAN DALAM PASARAN WANG

Perubahan pada nilai pembolehubah sering dilihat sebagai fungsi masa. Fungsi ini dirujuk sebagai siri masa dan boleh diwakili oleh persamaan,

$$x_{t+1} = f(x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, \ldots, x_1) \tag{3.1}$$

Siri masa boleh dilihat sebagai satu sistem dinamik kerana mempunyai pergerakan tidak teratur (Peters 1991). Kajian ke atas siri masa dibuat untuk tujuan peramalan dengan mengkaji sifat kelinearan dan kerawakan pembolehubah siri masa berkenaan. Teori kekalutan telah digunakan untuk mengkaji corak-corak tertib perubahan pada siri masa yang mencirikan sistem kompleks seperti yang terdapat dalam sistem fizikal. Walaupun analisis dinamik tak linear bermula dalam sistem fizikal, kebelakangan ini telah terdapat minat untuk menggunakannya dalam sistem-sistem lain seperti sistem biologi dan kewangan (Hsieh 1991; Chorafas 1994). Teori kekalutan mula mendapat perhatian dalam pasaran kewangan sejak tahun 1980an. Dalam pasaran kewangan, siri masa kewangan juga boleh dianggapkan sebagai satu sistem dinamik sama seperti siri masa lain. Dengan itu, teori kekalutan boleh digunakan untuk mendapatkan maklumat mengenai siri masa kewangan. Beberapa kajian mengenai kekalutan dalam pasaran modal dan pasaran tukaran mata wang asing telah dibuat oleh Peters (1991, 1994). Beliau telah berjaya menunjukkan kewujudan fraktal dalam beberapa siri masa bagi saham-saham terpilih dan siri masa tukaran mata wang asing terpilih. Hasil kajian ini telah dapat membantu kefahaman tentang pergerakan pasaran di samping dapat membantu membuat ramalan dalam masa singkat.

Meramal data siri masa kewangan merupakan satu aktiviti penting dalam membuat strategi kewangan. Dua jenis analisis boleh dilakukan untuk memperoleh semantik daripada data kewangan yang telah dikumpulkan. Yang pertama adalah analisis kekalutan dan yang kedua adalah analisis R/S. Analisis kekalutan boleh dibuat berdasarkan penilaian terhadap dimensi korelasi sebagai satu fungsi dimensi terbenam. Hasil daripada analisis kekalutan terhadap siri masa boleh menunjukkan sama ada siri masa bergelagat rawak, bergelagat kalut ataupun mempunyai korelasi yang tinggi. Tujuan membuat analisis kekalutan adalah untuk menentukan sama ada siri masa boleh diramalkan untuk jangka masa panjang ataupun untuk jangka masa pendek. Hasil analisis ini tidak membantu peramalan tetapi boleh membantu dalam membuat formulasi strategi untuk ramalan.

Analisis R/S yang telah diterangkan dalam bahagian ukuran kekalutan digunakan untuk memperoleh dua ukuran iaitu dimensi fraktal dan eksponen Hurst. Dimensi fraktal bagi siri masa penting kerana ia dapat membezakan antara proses berketentuan (dimensi fraktal 1) daripada proses rawak (dimensi fraktal 1.5). Sebenarnya, dimensi fraktal bagi satu garis berada dalam julat 1 hingga 2 (persamaan 2.1). Analisis R/S digunakan oleh Peters (1991, 1994) untuk menentukan kewujudan fraktal dalam beberapa siri masa kewangan seperti siri masa Indeks S&P dan siri masa kadar pertukaran mata wang asing seperti DM/\$US, £/\$US dan ¥/£. Di samping itu juga, Peters turut menggunakan analisis penskalaan julat untuk mengesan kitar dalam pasaran.

KEKALUTAN DALAM PERGERAKAN KADAR FAEDAH

Beberapa teori dan kaedah telah diutarakan untuk memahami dan memodelkan kadar feadah. Seperti pasaran kewangan yang lain, pasaran wang juga turut dipengaruhi oleh faktor kuantitatif dan kualitatif. Faktor kuantitatif dikaitkan dengan faktor tawaran dan tuntutan wang yang mempengaruhi kadar faedah mengikut teori dana boleh pinjam (Gardener & Mills 1994). Pemodelan kadar faedah mengikut pendekatan asas ekonomi menggunakan faktor tawaran dan tuntutan wang ataupun proksinya telah dibincangkan oleh Awang, Ng dan Ahmad (1993). Model yang dihasilkan adalah model linear dan pada kebiasaannya diperolehi melalui teknik regresi atau variasinya. Satu cara lain untuk memodelkan kadar faedah ialah dengan mengambil kira faktor kualitatif pasaran iaitu sentimen pasaran yang dicirikan oleh kewujudan desas-desus pasaran dan gelagat peserta pasaran seperti sifat tamak dan kebimbangan. Sentimen pasaran turut mempengaruhi pasaran wang (Stigum 1990). Sentimen pasaran dicerminkan oleh perkembangan yang berlaku dalam pasaran. Perkembangan sejarah pasaran dapat diikuti dengan melihat kepada siri masa harga pasaran, dalam kes pasaran wang, ia merujuk kepada siri masa kadar faedah antara bank, kadar bil perbendaharaan dan kadar kertas perdagangan.

Dua pendekatan boleh digunakan untuk memodelkan kadar faedah. Pendekatan pertama ialah dengan memodelkan kadar faedah sebagai model linear berdasarkan faktor asas ekonomi. Faktor yang boleh diambil kira termasuklah tawaran wang dan inflasi. Sebagai contoh, satu model ringkas bagi kadar faedah linear (r) diberi di bawah.

$$r = \alpha M + \beta I \tag{3.2}$$

M – tawaran wang

I – faktor inflasi

Model ini mengandaikan bahawa koefisien α dan β adalah tetap. Tetapi di bawah sentimen pasaran yang berbeza sumbangan tawaran wang dan faktor inflasi mungkin memberikan kesan yang berbeza. Ini bermakna nilai α dan β tidak lagi tetap tetapi merupakan pembolehubah. Perubahan pada nilai α dan β akan memberikan kesan kepada nilai kadar faedah. Keadaan ini boleh menyebabkan model kadar faedah di atas menjadi kalut.

Satu pendekatan lain bagi memodelkan kadar faedah diasaskan kepada analisis teknikal, iaitu dengan melihat kadar faedah sebagai fungsi masa. Pendekatan ini seolah-olah mengatakan bahawa harga masa lalu dapat mempengaruhi harga masa hadapan. Pendekatan ini bertentangan dengan HPC yang menyatakan bahawa perjalanan kadar faedah mengikuti perjalanan rawak dan kadar faedah masa lalu tidak boleh digunakan untuk meramalkan kadar faedah masa akan datang. Bentuk HPC yang lemah diberikan di bawah,

$$r_{t+1} = r_t + \varepsilon_{t+1} \tag{3.3}$$

r_{t+1} – kadar faedah pada masa t+1

ε_{t+1} – kadar faedah pada masa t+1

Tetapi keteguhan HPC dalam senario kewangan telah mula dicabar. Beberapa penyelidikan menunjukkan bahawa ramalan berdasarkan harga masa lalu boleh menghasilkan ramalan dengan ketepatan yang tinggi (Tsibouris & Zeidenberg 1995).

Satu kajian mengenai pergerakan kadar bil perbendaharaan telah dibuat oleh Larrain (1991) dan Larrain dan Pegano (1993). Kedua-dua kajian ini membincangkan mengenai model tak linear kadar faedah yang diberi nama model K-Z. Model ini menunjukkan bahawa kadar faedah dipengaruhi secara tak linear oleh kedua-dua faktor dinamik siri masa (peta-K) dan faktor asas ekonomi (peta-Z). Model K-Z diberikan sebagai,

$$\underbrace{r_{t+1} = a + b(r^{n})t}_{\text{peta-k}}$$

$$\underbrace{c(r^{n+1})_t + d(y)_t + e(P)_{t\,1} + f(M)_{t\,2} \quad g(\Sigma Y)_{t\,3} + h(\Sigma C)_{t\,3}}_{\text{peta Z}} \tag{3.4}$$

y adalah KNK(GNP), P adalah indeks harga pengguna (CPI), M adalah tawaran wang, Y pendapatan individu dan C adalah perbelanjaan individu.

Model ini memerihalkan satu sistem maklum balas yang menentukan kadar faedah masa depan daripada nilai masa lalu. Bagi peta-Z, Larrain (1991) telah menlatkan pembolehubah satu hingga tiga tempoh ke belakang kerana beliau percaya bahawa pelabur tidak bertindak serta merta mengikut perubahan faktor ekonomi kerana memerlukan sedikit masa untuk menyerap maklumat baru. Beliau turut menguji kewujudan eksponen Lyapunov yang positif dan telah mendapati bahawa untuk bil perbendaharaan 90-hari, kekalutan wujud. Walau bagaimanapun Larrain (1991) menekankan bahawa walaupun kadar faedah boleh dimodelkan oleh persamaan tak linear, ini tidak semestinya menunjukkan bahawa kadar faedah mempunyai gelagat kalut. Seperti yang telah dinyatakan bukan semua sistem tak linear mempunyai gelagat kalut.

KEKALUTAN KADAR FAEDAH DI MALAYSIA

Kami telah cuba menentukan kewujudan kekalutan dalam pergerakan kadar feadah di Malaysia dengan melakukan analisis R/S untuk memperoleh nilai eksponen Hurst, H untuk membuat anggaran dimensi fraktal. Analisis R/S telah dilakukan ke atas dua siri masa kadar faedah iaitu siri masa wang semalaman dan siri masa wang 3-bulan. Analisis dilakukan dengan menggunakan pulangan logaritma yang ditakrifkan seperti berikut:

$$S_t = \log(I_t/I_{t-1}) \qquad (4.1)$$

dengan

S_t = pulangan logaritma pada masa t
I_t = kadar faedah pada masa t

Langkah-langkah dalam analisis R/S adalah seperti berikut:

1. Mulakan dengan siri masa wang dengan panjang M. Siri masa ditukarkan kepada satu siri masa nisbah logaritma, N_i dengan panjang N = M-1.

   $$N_i = \log(M_{i+1}/M_i), \qquad i = 1,2,3,\ldots,M-1$$

2. Siri masa N_i dibahagikan kepada A tetingkap dengan panjang n, supaya A*n = N. Setiap tetingkap dilabelkan sebagai I_a dan setiap unsur dalam I_a dilabelkan sebagai $N_{k,a}$ supaya k = 1,2,3,..,n. Bagi setiap I_a dengan panjang n, nilai purata e_a ditakrifkan sebagai,

3. $e_a = (1/n) * \sum_{k=1}^{n} N_{k,a}$

4. Bagi setiap tetingkap, siri masa $X_{k,a}$ bagi penyimpangan daripada nilai e_a diperoleh. Ia ditakrifkan sebagai,

5. $X_{k,a} = \sum_{i=1}^{k} (N_{i,a} - e_a)$, $k = 1,2,3,\ldots,n$

6. Julat $R_{i,a}$ ditakrifkan sebagai nilai maksimum $X_{k,a}$ ditolak dengan nilai minimum $X_{k,a}$

$$R_{i,a} = \text{maksimum}(X_{k,a}) - \text{minimum}(X_{k,a})$$

dengan $1 <= k <= n$

7. Sisihan piawai sampel bagi setiap tetingkap I_a adalah,

8. $S_{I_a} = ((1/n)*\sum_{k=1}^{n} N_{k,a} - e_a^{\;2}))^{0.5}$

9. Setiap subkala $R_{i,a}$ dinormalkan dengan membahagikannya dengan $S_{i,a}$ yang berpadanan dengannya. Julat yang diskalakan semula bagi setiap tetingkap I_a ialah $R_{i,a}/S_{i,a}$. Nilai purata R/S dengan panjang n ditakrifkan sebagai,

10. $(R/S)_n = (1/A)*\sum_{a=1}^{A}(R_{I_a}/S_{I_a})$

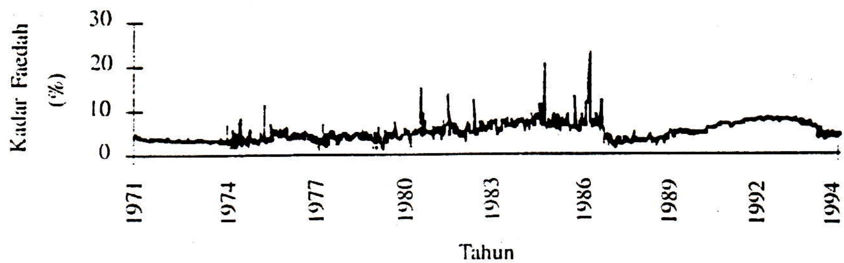
11. Nilai panjang n ditambahkan kepada nilai yang lebih tinggi dengan syarat (M-1)/n adalah nilai integer. Langkah (a) hingga (f) diulangkan sehingga n = (M-1)/2.
12. Nilai eksponen Hurst diperoleh dengan melakukan regresi linear ke atas log(n) sebagai pembolehubah bebas dan $\log(R/S)_n$ sebagai pembolehubah bersandar. Cerun persamaan regresi adalah anggaran bagi eksponen Hurst.

DATA KADAR PASARAN WANG

Untuk analisis R/S, data kadar pasaran wang yang digunakan diperoleh daripada Bank Negara. Kadar pasaran wang yang dianalisis ialah kadar wang semalaman dan kadar wang 3-bulan. Wang semalaman merupakan kadar pinjaman untuk tempoh satu malam. Pinjaman semalaman biasa dilakukan oleh bank untuk mengimbangi akaun mereka di akhir perdagangan pasaran wang. Manakala, wang 3-bulan merupakan kadar pinjaman untuk tempoh 3 bulan. Data wang semalamam dan wang 3-bulan yang diperoleh ialah data purata mingguan. Dalam siri masa fraktal, pola siri masa harian mempunyai struktur yang sama dengan siri masa mingguan (lihat Peters 1991). Purata ini diambil setiap bulan pada 1, 8, 15 dan 22 haribulan. Data yang dikumpul adalah dari Januari 1971 hingga Oktober 1994. Data wang 3-bulan yang dikumpul adalah dari Januari 1982 hingga Oktober 1994.

ANALISIS R/S TERHADAP KADAR WANG SEMALAMAN (JANUARI 1971 HINGGA OKTOBER 1994)

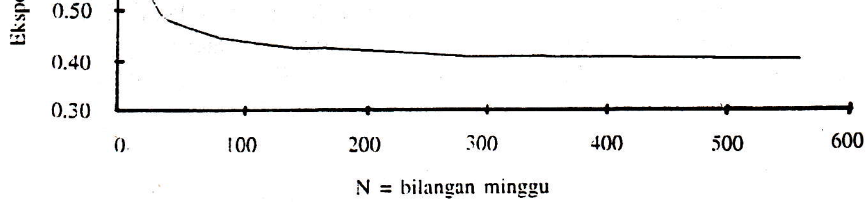
Struktur siri masa ditunjukkan dalam Rajah 1. Plot siri masa yang diperoleh menunjukkan bentuk tidak teratur.



RAJAH 1. Struktur siri masa (Januari 1971-Oktober 1994)

Analisis R/S dibuat untuk 1120 titik data kadar semalaman untuk tetingkap, dengan saiz N = 5,7,8,10,...560 minggu. Plot bagi nilai eksponen Hurst bertentangan dengan nilai N ditunjukkan dalam Rajah 2.

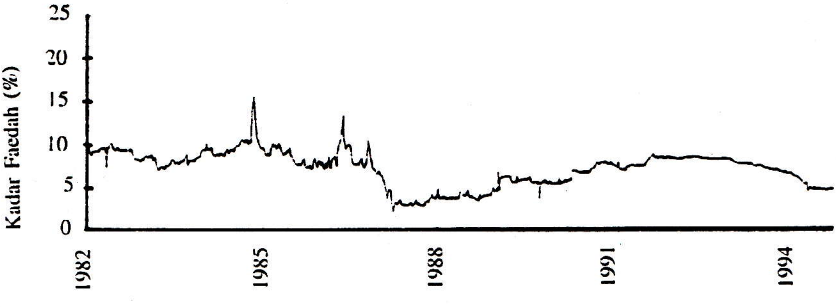
Dapat dilihat bahawa bagi nilai N < 20, nilai eksponen Hurst yang tinggi (melebihi 0.5) diperolehi. Tetapi bagi nilai N yang lebih besar daripada 20, nilai eksponen Hurst menjadi semakin kecil dan menumpu kepada nilai 0.4. Ini menunjukkan bahawa siri masa wang semalaman menunjukkan ciri anti-berterusan. Ini bermakna bahawa pergerakan kadar faedah mempunyai tren pembalikan 60% pada N > 20. Ini boleh ditafsirkan seperti berikut. Jika pergerakan kadar faedah semalaman mempunyai tren menaik, ada 60% kemungkinan berlakunya tren menurun di masa hadapan. Daripada persamaan (2.3), nilai dimensi fraktal, D_H yang diperoleh adalah 1.6. Ini menunjukkan bahawa kadar peramalan bagi pergerakan siri masa wang semalaman adalah rendah, bersesuaian dengan sifat anti-berterusan yang meruap.



RAJAH 2. Analisis R/S (Januari 1971-Oktober 1994)

ANALISIS R/S TERHADAP KADAR WANG 3-BULAN
(JANUARI 1982 HINGGA OKTOBER 1994)

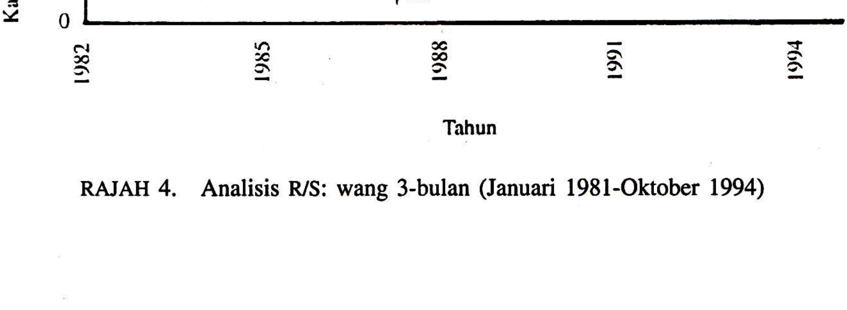
Plot siri masa yang diperolehi juga menunjukkan bentuk tak teratur (Rajah 3).



RAJAH 3. Siri masa wang 3-bulan (Januari 1982-Oktober 1994)

Analisis R/S terhadap wang 3-bulan dilakukan untuk 300 titik data wang 3-bulan untuk tetingkap N = 4, 5, 6, ... 150. Plot bagi nilai eksponen Hurst bertentangan dengan nilai N ditunjukkan dalam Rajah 4.

Plot ini menunjukkan bahawa nilai eksponen Hurst bagi sebarang nilai N sentiasa melebihi nilai 0.5. Ini jelas menunjukkan bahawa siri masa wang 3-bulan menunjukkan ciri berterusan. Nilai eksponen Hurst, H didapati pada akhirnya menumpu kepada nilai 0.6. Secara kasar ini boleh ditafsirkan sebegini. Jika siri menunjukkan tren menaik di masa lalu, ada 60% kemungkinan untuk



RAJAH 4. Analisis R/S: wang 3-bulan (Januari 1981-Oktober 1994)

berlakunya tren menaik pada masa akan datang. Nilai dimensi fraktal, D_H yang diperoleh adalah 1.4 dan menunjukkan kadar ramalan yang tinggi. Ini menunjukkan bahawa ramalan terhadap kadar wang 3-bulan boleh dilakukan.

INTERPRETASI AWAL

Seperti yang telah dinyatakan, HPC menganggapkan bahawa kadar faedah sebagai perjalanan rawak dan dengan itu ramalan kadar faedah berdasarkan kadar faedah masa lalu tidak boleh menghasilkan ramalan yang baik. Namun begitu, hasil analisis R/S yang telah kami lakukan terhadap dua siri masa kadar faedah telah menunjukkan bahawa siri masa tersebut mempunyai dimensi fraktal yang bernilai 1.6 (wang semalaman) dan 1.4 (wang 3-bulan). Walaupun keputusan kami bukan merupakan bukti yang kukuh untuk menunjukkan kewujudan kekalutan, tetapi ia telah dapat menunjukkan ciri berterusan yang ada pada siri masa wang 3-bulan dan ciri anti-berterusan bagi wang semalaman. Keputusan ini telah turut menimbulkan keraguan terhadap HPC yang mengatakan perjalanan kadar faedah adalah perjalanan rawak.

Walaupun dimensi fraktal (d) adalah ukuran untuk menunjukkan cara objek memenuhi ruangnya, ia telah digunakan untuk menentukan bilangan pembolehubah dinamik yang dapat digunakan untuk memodelkan proses dinamik (Matsuba, Masui & Hebishima 1992; Azoff 1994). Bilangan pembolehubah dinamik, n yang diperlukan untuk memodelkan proses dinamik diberikan sebagai,

$$n > d + 1 \tag{4.2}$$

Ini menandakan bahawa siri masa berkenaan boleh dimodelkan menggunakan sekurang-kurangnya tiga pembolehubah dinamik. Walaupun begitu, kaedah ini hanya menunjukkkan bilangan pembolehubah dinamik yang diperlukan dan tidak pula menunjukkan pembolehubah yang berkenaan. Pada kebiasaannya kadar faedah lat diambil sebagai pembolehubah dinamik. Dengan itu, model yang boleh dicadangkan untuk menunjukkan perjalanan kadar faedah ialah,

$$r_{t+1} = f(r_t, r_{t-1}, r_{t-2}) \tag{4.3}$$

Walaupun begitu, kami merasakan bahawa model bagi pergerakan kadar faedah tidak lengkap jika tidak mengaitkan faktor asas yang mempengaruhi kadar faedah. Berdasarkan kepada model K-Z (Larrain 1991), kami percaya bahawa faktor asas yang dijanakan oleh petunjuk ekonomi seperti GNP, CPI, tawaran wang, pendapatan individu dan perbelanjaan individu perlu diserapkan ke dalam model kadar faedah di bawah:

$$r_{t+1} = g(r_t, r_{t-1}, r_{t-2}, G, C, M, I, E) \quad (4.4)$$

G - GNP
C - CPI
M - tawaran wang
I - pendapatan individu
E - perbelanjaan individu

Perlu diingat bahawa Larrain (1991) telah menggunakan persamaan tak linear dalam peta-K bagi model kadar faedahnya. Dalam kes ujian yang dijalankannya, beliau mendapati nilai n = 2 (persamaan 3.4) menghasilkan peramalan yang mempunyai ketepatan yang lebih baik. Larrain mendapatkan model kadar faedah melalui analisis regresi untuk mendapatkan nilai koefisien bagi setiap pembolehubah dalam modelnya. Tetapi model ini tidak mengambil kira fakta yang menyatakan bahawa koefisien bagi setiap pembolehubah tidak semestinya tetap, kerana di bawah sentimen pasaran yang berbeza, sumbangan setiap pembolehubah dalam model mugkin berubah. Seperti yang telah dinyatakan, sekiranya koefisien menjadi pembolehubah, persamaan tak linear ini mungkin menjadi persamaan yang mewakili sistem kalut. Ide ini boleh dilanjutkan dengan menggunakan kaedah lain untuk memodelkan kadar faedah. Satu kaedah yang boleh digunakan ialah rangkaian neural. Dalam model rangkaian neural, penentuan koefisien bagi setiap pembolehubah tidak penting. Rangkaian neural hanya menerima input daripada pembolehubah dan menghasilkan output tanpa perlu menyatakan sumbangan setiap pembolehubah dalam model. Penggunaan rangkaian neural menjadi sangat popular dalam membuat ramalan siri masa kewangan kerana rangkaian neural sebenarnya juga merupakan sistem tak linear.

RUMUSAN

Kajian yang telah kami jalankan telah dapat menunjukkan bahawa pergerakan kadar faedah wang 3-bulan tidak bersifat rawak dan pergerakan kadar faedah wang semalaman bersifat lebih daripada rawak. Dengan itu kami merumuskan bahawa kadar faedah 3-bulan mempunyai potensi yang lebih baik untuk diramalkan berbanding dengan wang semalaman. Selain daripada itu, kami telah mengenal pasti bilangan pembolehubah yang diperlukan untuk membuat ramalan. Oleh kerana jumlah data kadar faedah yang ada pada masa ini tidak cukup memenuhi kehendak analisis kekalutan, pengiraan eksponen Lyapunov tidak akan diteruskan lagi. Keputusan yang ada pada masa ini cukup untuk menyokong pembinaan model rangkaian neural untuk meramalkan kadar faedah. Walau bagaimanapun pengiraan dimensi fraktal boleh diteruskan kerana maklumat mengenainya boleh digunakan untuk mengoptimumkan bilangan lapisan tersembunyi dalam rangkaian neural. Rangkaian neural ini akan menjadi mesin neural ramalan yang merupakan satu komponen sistem cerdas dalam perdagangan pasaran wang. Pembinaan sistem cerdas dalam perdagangan pasaran wang merupakan penyelidikan lanjutan yang sedang kami jalankan.

RUJUKAN

Awang Adik Hussin. Ng T.H & Ahmad Razi. 1993. Financial liberalisation and interest rate determination in Malaysia. *Bank Negara Technical Report 12*. Kuala Lumpur: Bank Negara Malaysia.

Azoff, M.E. 1994. *Neural network time series forecasting of financial markets*. Chichester: John-Wiley.

Bodruzzaman, M. 1991. Hurst's Rescaled-Range (R/S) analysis and fractal dimension of electromyographic (EMG) signal. *IEEE Proceedings of Southeastcon '91*. April 1991. Virginia.

Chrofas, D.N. 1992. *Treasury operations and foreign exchange challenge*. New York: John-Wiley.

________________. 1994. *Chaos theory in the financial markets: Applying fractals, fuzzy logic, genetic algorithms, Swarm simulation and the Monte Carlo method to manage market chaos and volatility*. Chicago: Probus Publishing.

Hsieh, D.A. 1991. Chaos and nonlinear dynamics: An application to financial markets. *Journal of Finance*, 46(5): 1839-1878.

Gardener, M.J. & Mills, D.L. 1994. *Managing financial instituitions: An Asset/ liability approach* (3rd edition). Fox Worth: Dryden Press.

Grassberger, P. & Procaccia, I. 1983. Characterization of strange attractions. *Physics Review Letter* 50: 346-349.

Larrain, M. 1991. Testing chaos and nonlinearities in T-bill rates. *Financial Analysts Journal*. September-October: 51-62.

________________ dan Pegano, M. 1993. Forecasts from a nonlinear T-bill rate model. *Financial Analyst Journal* (November-December): 83-138.

Matsuba, I., Masui, H. & Hebishima, S. 1992. Optimizing neural networks using fractal dimensions of time-series data. *International Conference on Neural Networks* June 7-11 1992. Baltimore.

Peters, E.E. 1991. *Chaos and order in the capital markets*. New York: John-Wiley.

________________. 1994. *Fractal market analysis*. New York: John Wiley.

Ramsey, J.B. & Yuan, H.J. 1989. Bias and error bars in dimension calculations and their evaluations of simple model. *Physics Letter* A 1134 (5): 287-297.

Stigum, M. 1990. *The money market*, 3rd edition. New York: Irwin.

Tsibouris, G. & Zeidenberg, M. 1995. Testing the efficient markets hypothesis with gradient descent algorithms. In *Neural networks in the capital markets*, ed. A.P. Refenees. Chichester: John Wiley.

Vassilicos, J.C. Demos, A. & Tata, F. 1993. No evidence of chaos but some evidence of multifractals in the foreign exchange and the stock markets. In *Application of fractals and chaos*, eds. A.J. Crilly, R.A. Earnshaw & H. Jones. Germany: Springer-Verlag.

Wolf, A., Swift, J.B. & Vastano, J.A. 1985. Determining Lyapunov exponents from a time series. *Physica* D 16: 285-317.

Mohamad Yusof
Tengku Mohamad Tengku Sembok
Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi
Selangor Darul Ehsan

Nor Laila Md. Noor
Fakulti Teknologi Maklumat dan Sains Kuantitatif
Universiti Teknologi MARA
40450 Shah Alam
Selangor Darul Ehsan