Prosiding Semirata2015 bidang MIPA BKS-PTN Barat
Universitas Tanjungpura Pontianak
Hal 449 - 458

VALUE-AT-RISK DI BAWAH *CAPM* TERDITRIBUSI *LAGGED*DENGAN VOLATILITAS TAK KONSTAN
(*VALUE-AT-RISK UNDER CAPM LAGGED DISTRIBUTED BY NON CONSTANT VOLATILITY*)

Sukono[1]*, Sudradjat Supian[2], Dwi Susanti[3]

Departemen Matematika FMIPA Universitas Padjadjaran, Bandung[1*]
Jl. Raya Jatinangor Km 21, Jatinangor (45363), Sumedang, Jawa Barat
Telp/Fax: 022-7794696, email: fsukono@yahoo.com
Departemen Matematika FMIPA Universitas Padjadjaran, Bandung[2]
Departemen Matematika FMIPA Universitas Padjadjaran, Bandung[3]

ABSTRACT

In this paper we discuss about the Value-at-Risk under the Capital Asset Pricing Model (CAPM) lagged distributed with non-constant volatility. It is assumed that the market index return following the time series model, in which the mean and the non-constant volatility are estimated using the ARMA-GARCH models. Also assumed that the return of assets following the CAPM regression equation. To estimate the CAPM regression equation performed by the least squares method. Fur ther more, the mean and variance of asset returns is estimated based on this estimator CAPM regression equation. Mean and variance estimators asset returns is then used to calculate the Value-at-Risk. To measure the performance of Value-at-Risk is done by back testing using Lopez II approach. The results showed that the Value-at-Risk under CAPM lagged distributed by non constant volatility has pretty good performance. It is expected to be one alternative to the measurement of investment risk by investors.

Keywords: CAPM, ARMA-GARCH, Value-at-Risk, back testing, Lopez II.

ABSTRAK

Dalam paper ini dibahas tentang Value-at-Risk di bawah Capital Asset Pricing Model (CAPM) terdistribusi laggeddengan volatilitas tak konstan. Diasumsikan bahwa return indeks pasar mengikuti model deret waktu, di manarataan danvolatilitastak konstan diestimasi dengan menggunakan model ARMA-GARCH. Diasumsikan pula bahwa aset mengikuti persamaan regresi CAPM. Untuk mengestimasi persamaan regresi CAPM dilakukan dengan metode least square. Selanjutnya,rataan dan variansi return aset diestimasi berdasarkan estimator persamaan regresi CAPM ini. Estimator rataan dan variansi return aset ini lalu digunakan untuk menghitung Value-at-Risk. Untuk mengukur kinerja Value-at-Risk dilakukan dengan back testing menggunakan pendekatan Lopez II. Hasilnya menunjukkan bahwa Value-at-Risk di bawah CAPM terdistribusi lagged dengan volatilitas tak konstan memiliki kinerja cukup baik. Hal ini diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu alternative untuk pengukuran risiko investasi oleh investor.

Katakunci: CAPM, ARMA-GARCH, Value-at-Risk, back testing, Lopez II.

1. PENDAHULUAN

Berinvestasi dalam pasar finansial, disamping memperhitungkan *return*, investor juga harus memperhitungkan tingkat risiko dalam pengambilan keputusan investasi.

Risiko merupakan kemungkinan terjadinya perbedaan antara *return* aktual yang diterima dengan *return* harapan. Semakin besar kemungkinan terjadinya perbedaan, berarti semakin besar risiko suatu investasi [11]. Risiko biasanya diukur dengan menggunakan deviasi standard (variansi), namun akhir-akhir ini berkembang bahwa risiko diukur dengan menggunakan quantil yang lebih dikenal dengan *Value-at-Risk* (*VaR*) [3], [4], [5], [7]. Permasalahannya adalah bagaimana kalau *return* indeks pasar mengikuti model deret waktu, di mana memiliki rataan dan volatilitas tak konstan. Sedangka *return* aset dipengaruhi oleh fluktuasi pasar yang biasanya ditunjukkan oleh berubahnya indeks pasar secara keseluruhan. Pengaruh *return*indeks pasar terhadap *return* asetini dapat dianalisis menggunakan suatu model yang disebut*Capital Aset Pricing Model (*CAPM*)*[1], [11].

Untuk melakukan estimasi rataan dan volatilitas tak konstan, Shi-Jie Deng [9] dan Johansson & Sowa [6], melakukan dengan menggunakan model *autoregressive moving average* (ARMA), dan model *autoregressive conditional heteroscedastic* (GARCH). Menurut Tsay [10], model ARMA digunakan untuk memprediksi nilai rataan, dan model GARCH digunakan untuk memprediksi nilai variansi (volatilitas). Sedangkan menurut Allen & Bujang [1] dan Kuehn, Simutin & Wang [8], untuk melakukan analisis pengaruh *return* indeks pasar terhadap *return* aset dilakukan dengan pesamaan regresi CAPM. Persamaan regresi CAPM adalah menghubungkan tingkat *return* harapan dari suatu aset berisiko dengan risiko dari aset tersebut pada kondisi yang seimbang [11]. Dalam kondisi keseimbangan pasar modal, selisih antara *return* pasar dengan *return* aset bebas risiko disebut sebagai premi risiko pasar, sedangkan selisih antara *return* aset dengan *return* aset bebas risiko disebut sebagai premi risiko aset. Dalam CAPM, premi risiko aset dipengaruhi oleh variable bebas premi risiko pasar pada periode yang sama [11]. Penulis menduga bahwa premi risiko aset tidak hanya dipengaruhi oleh premi risiko pasar pada periode yang sama saja, tetapi dapat dipengaruhi juga oleh premi risiko pasar pada periode -periode sebelumnya atau periode *lagged*.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, dalam paper ini dikembangkan model pengukuran risiko yang disebut "*Value-at-Risk* di bawah CAPM terdistribusi *lagged* dengan volatilitas tak konstan". Tujuannya adalah untuk mendapatkan salah satu alternatif model pengukuran risiko yang baik. Sebagai ilustrasi numerik dianalisis beberapa aset yang diperdagangkan pada pasar modal di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Dalam bagian ini dibahas tentang perhitungan *return* aset dan *return* indeks pasar, estimasi model rataan, estimasi model volatilitas, *Value-at-Risk* di bawah CAPM terdistribusi *lagged*, dan model pengukuran kinerja *Value-at-Risk*.

2.1 Perhitungan*Return*

Misalkan P_t harga aset pada periode t ($t = 1,...,T$ dan T banyaknya data observasi), dan r_t *return* aset pada periode t. Besarnya *return* aset dapat ditentukan dengan persamaan [10]:

$$r_t = \ln P_t - \ln P_{t-1} \tag{1}$$

Hal yang sama, persamaan (1) juga digunakan untuk menghitung *return* indeks pasar. Data *return* r_t selanjutnya digunakan untuk pembahasan selanjutnya.

2.2 Estimasi Model Rataan

Estimasi model rataan dilakukan dengan menggunakan model *autoregressive moving average* (ARMA).Misalkan r_t *return* aset pada periode t, secara umum model ARMA(*p,q*), dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut [10]:

$$r_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^{p} \phi_i r_{t-i} + \varepsilon_t - \sum_{j=1}^{q} \theta_j \varepsilon_{t-j} \tag{2}$$

Di mana ϕ_0 suku konstanta, ϕ_i ($i = 1,..., p$) dan θ_j ($j = 1,...,q$) konstanta koefisien dan $\{\varepsilon_t\}$ barisan *residual* model ARMA yang diasumsikan berdistribusi normal *white noise* dengan rataan nol dan variansi σ_ε^2. Bilangan bulat tak negatif p dan q adalah order dari model ARMA. Model AR dan model MA adalah kasus khusus model ARMA(*p,q*) [6], [9], [10].

Tahapan Pemodelan Rataan. Secara garis besarnya tahapan pemodelan rataan adalah sebagai berikut: (i) Identifikasi model, menentukan nilai orde p dan q dengan menggunakan plot ACF (*autocorrelation function*) dan PACF (*partial autocorrelation function*). (ii) Estimasi parameter, dapat dilakukan dengan metode kuadrat terkecil atau *maximum likelihood*. (iii) Uji diagnostik, dengan uji *white noise* dan ketidak korelasian secara serial terhadap *residual* ε_t. Selanjutnya, (iv) Prediksi, jika model cocok maka dapat digunakan untuk perediksi yang dilakukan secara rekursuf [10].

2.3 Estimasi Model Volatilitas

Estimasi model volatilitas dilakukan dengan menggunakan model *autoregressive conditional heteroscedastic* (GARCH). Model GARCH diperkenalkan oleh Bollerslev pada tahun 1986 yang merupakan bentuk umum atau generalisasi dari model ARCH. Secara umum model GARCH (*m,s*) dapat dituliskan sebagai berikut [6],[9], [10]:

$$\varepsilon_t = \sigma_t u_t \text{ , } \sigma_t^2 = \omega_0 + \sum_{i=1}^{m} \omega_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j}^{s} \psi_j \sigma_{t-j}^2 + u_t \tag{3}$$

Dimana ω_0 suku konstanta, $\omega_i \, (i=1,...,m)$ dan ψ_j $(j=1,...,s)$ konstanta koefisien, dan $\{u_t\}$ barisan *residual* model GARCH yang diasumsikan berdistribusi normal *white noise* dengan rataan nol dan variansi satu, serta $\{\varepsilon_t\}$ barisan *residual* model ARMA.

Tahapan Pemodelan Volatilitas. Secara umum tahapan pemodelan volatilitas adalah sebagai berikut: (i) Estimasi model rataan dengan model runtun waktu (misalnya: model ARMA). (ii) Gunakan *residual* dari model rata-rata untuk uji efek ARCH. (iii) Jika ada efek ARCH, lakukan identifikasi dan estimasi model volatilitas, serta bentuk estimasi gabungan dari model rataan dan model volatilitas. (iv) Lakukan uji diagnostik untuk menguji kecocokan model. (v) Jika model cocok, gunakan untuk prediksi yang dilakukan secara rekursif [10].

2.4 Perhitungan *VaR* di Bawah CAPM Terdistribusi*Lagged*

Asumsi-asumsi dalam penyusunan CAPM standar masih digunakan dalam penyusunan CAPM terdistribusi*lagged*. Perbedaan yang sangat penting bahwa pada CAPM terdistribusi*lagged* dapat mengakomodasi kemungkinan adanya pengaruh premi risiko pada beberapa periode masa lalu, sedangkan pada CAPM standar tidak dapat melakukan hal tersebut [2].

Misalkan r_t *return* aset pada periode t, dan r_{mt} *return* indeks pasar pada periode t. Telah diketahui bahwa *return* aset bebas risiko pada peride t, r_{ft} memiliki rataan $\mu_f = E(r_{ft})$ konstan dan $\sigma_f^2 = Var(r_{ft}) = 0$. Persamaan regresi CAPM terdistribusi*lagged* adalah berbentuk sebagai

$$r_t - \mu_f = \alpha_0 + \beta_0 (r_{mt} - \mu_f) + \beta_1 (r_{mt-1} - \mu_f) + ... + \beta_l (r_{mt-l} - \mu_f) + e_t \text{ .} \tag{4}$$

Dimana α_0 suku konstanta, $\beta_i \; (i=1,...,l)$ koefisien premi risiko pasar, dan $\{e_t\}$ barisan*residual*dari persamaan regresi *CAPM* terdistribusi *lagged,* yang diasumsikan berdistribusi normal *white noise* dengan rataan nol dan variansi σ_e^2.

Berdasarkan persamaan (4) dapat diestimasi nilai rataan $\mu_t = E[r_t]$ sebagai berikut:

$$\hat{\mu}_t = \hat{\mu}_f + \hat{\alpha}_0 + \sum_{l=0}^{N} \hat{\beta}_l (\hat{\mu}_{mt-l} - \hat{\mu}_f) \text{ .} \tag{5}$$

Menggunakan persamaan (4) juga dapat diestimasi nilai variansi $\sigma_t^2 = E[(r_t - \mu_t)^2]$ sebagai berikut:

$$\hat{\sigma}_t^2 = \sum_{l=0}^{L} \hat{\beta}_l^2 \hat{\sigma}_{mt-l}^2 + \hat{\sigma}_{\varepsilon t}^2 + \sum_{k=0}^{L} \sum_{l=0}^{L} \hat{\beta}_k \hat{\beta}_l Cov(r_{mt-k}, r_{mt-l})\, ;\ k \neq l\,, \qquad (6)$$

sehingga dapat ditentukan nilai deviasi standar $\hat{\sigma}_t$ sebagai

$$\hat{\sigma}_t = \sqrt{\hat{\sigma}_t^2} = \{\sum_{l=0}^{L} \hat{\beta}_l^2 \hat{\sigma}_{mt-l}^2 + \hat{\sigma}_{\varepsilon t}^2 + \sum_{k=0}^{L} \sum_{l=0}^{L} \hat{\beta}_k \hat{\beta}_l Cov(r_{mt-k}, r_{mt-l})\}^{1/2}\, ; k \neq l\,. \qquad (7)$$

Berkenaan dengan *Value-at-Risk* (*VaR*), **dalam paper ini dikembangkan suatu model*VaR* di bawah CAPM terdistribusi *lagged***, sebagai berikut:
Jika suatu return aset mengikuti CAPM terdistribusi lagged yang persamaannya seperti diberikan dalam persamaan (4), *maka VaR di bawah CAPM terdistribusi lagged dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:*

$$\begin{aligned} VaR_{Lag} &= -W_0(\mu_t + z_\alpha \sigma_t) \\ &= -W_0[\hat{\mu}_f + \hat{\alpha}_0 + \sum_{l=0}^{L} \hat{\beta}_l (\hat{\mu}_{mt-l} - \hat{\mu}_f) \\ &\quad + z_\alpha \{\sum_{l=0}^{L} \hat{\beta}_l^2 \hat{\sigma}_{t-l}^2 + \hat{\sigma}_{\varepsilon t}^2 + \sum_{k=0}^{L} \sum_{l=0}^{L} \hat{\beta}_k \hat{\beta}_l Cov(r_{mt-k}, r_{mt-l}\}^{1/2}]\,, k \neq l\,. \qquad (8) \end{aligned}$$

di mana W_0 *modal awal yang diinvestasikan,* L *panjang lagged, dan* z_α *persentil distribusi normal standar dengan tingkat signifikansi* α *.*

2.6 Model Pengukuran Kinerja *VaR*

Untuk melihat kinerja dari *VaR* yang telah diestimasi, dapat dilakukan dengan metode *Back Testing*. Jika r_t menyatakan keuntungan atau kerugian yang terjadi sepanjang periode t, dan VaR_t adalah prediksi dari *VaR* pada periode t, maka Lopez pada tahun 1998 memperkenalkan model pendekatan *size-adjusted frequency* sebagai [3]:

$$C_t = \begin{cases} 1 + (r_t - VaR_t)^2; & r_t > VaR_t \\ 0; & r_t \le VaR_t \end{cases} \qquad (9)$$

Suatu kinerja *VaR*dapat diukur dengan menggunakan fungsi *Quadratic Probability Score* (*QPS*) yang diberikan sebagai:

$$QPS = (2/n) \sum_{i=1}^{n} (C_t - p)^2 \qquad (10)$$

Suatu ukuran risiko dikatakan memiliki kinerja baik apabila memiliki nilai QPS yang berada dalam interval [0,2] dan kecil cenderung menuju nol. Di mana p probabilitas atau tingkat konfidensi [3].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bagian ini dibahas tentang data yang dianalisis, mengestimasi model rataan dan volatilitas *return* indeks pasar, mengestimasi regresi CAPM terdistribusi *lagged, dan* perhitungan *VaR*serta pengukuran kinerja *VaR*.

3.1Data yang Analisis

Data aset yang dianalisis diakses melalui *website* http://www.finance.go.id//. Data terdiri dari 5 (lima) aset yang dipilih, untuk selama periode tanggal 2 Januari 2011 sampai dengan tanggal 4 Juni 2014, yang meliputi aset-aset: INDF, DEWA, AALI, LSIP, danASII. Sedangkan indeks pasar yang digunakan adalah harga indeks saham gabungan (IHSG), dan aset bebas risiko yang diguakan adalah obligasi.

Data harga aset-aset dan IHSG tersebut selanjutnya ditentukan *return* masing-masing dengan menggunakan persamaan (1). Data *return* ini lalu digunakan untuk analisis selanjutnya.

3.2 Mengestimasi Model Rataan dan Volatilitas *Return* Indeks Pasar

Dalam bagian ini dilakukan estimasi model rataan dan model volatilitas *return* IHSG. Estimasi model rataan dilakukan dengan merujuk persamaan (2), sedangkan estimasi model volatilitas dilakukan dengan merujuk persamaan (3). Proses estimasi dilakukan dengan bantuan *software Eviews 8.* Setelah melalui proses pengujian verifikasi terhadap estimator-estimator parameter, dan pengujian diagnostik terhadap estimator model rataan dan estimator model volatilitas, diperoleh estimator model rataan *return* indeks pasar yang sesuai adalah ARMA (1,1) dengan persamaannya $\hat{r}_{mt} = 0{,}073579 - 0{,}997326 r_{mt-1} + 0{,}387972 \varepsilon_{mt-1}$, di mana ε_{mt} *residualwhite noise*. Sedangkan estimator model volatilitas yang sesuai adalah GARCH(1,1) dengan persamaannya $\hat{\sigma}^2_{mt} = 1{,}04 \times 10^{-8} + 0{,}077409 \varepsilon^2_{mt-1} + 0{,}886862 \sigma^2_{mt-1}$.

Prediksi 1-langkah ke depan untuk rataan dan volatilitas *return*IHSGadalah: etimator nilai rataan $\hat{\mu}_{mt} = \hat{r}_{mt}(1)$ = 0,054703 dan estimator nilai variansi $\hat{\sigma}^2_{mt} = \hat{\sigma}^2_{mt}(1)$ = 0,001886. Nilai-nilai estimator rataan dan variansi *return*IHSG tersebut akan digunakan untuk perhitungan *VaR* di bawah CAPM terdistribusi *lagged*.

3.3 Mengestimasi Persamaan Regresi CAPM Terdistribusi*Lagged*

Dalam estimasi persamaan regresi CAPM terdistribusi *lagged*dilakukan dengan merujuk persamaan (4). Panjang *lagged* dipilih menggunakan metode Ad-Hoc, yakni berdasarkan perubahan tanda koefisen parameter (positif (+) terus atau negatif (-) terus), yakni menunjukkan stabilitas jika *lagged* diubah panjangnya.

Selanjutnya, misalkan $M_{it} = r_{it} - \mu_{ft}$ premi risiko *return*aset i ($i = 1,...,N$ dan N banyaknya aset) pada perode t ($t = 1,...,T$ dan T banyaknya data), dan $I_{mt} = r_{mt} - \mu_{ft}$ premi risiko *return* pasar pada periode t. Merujuk persamaan (4), persamaan regresi CAPM dengan *lagged* adalah $M_{it} = \alpha_0 + \sum_{l=1}^{L} \beta_{il} I_{mt-l} + e_{it}$ di mana $l = 0,1,...,L$ dan L panjang *lagged*. Untuk estimasi parameter koefisien dilakukan dengan metode kuadrat terkecil. Analisis dilakukan dengan bantuan *software* Minitab 14.

Berdasarkan hasil eksplorasi diperoleh panjang *lagged*, dan proses pengujian verifikasi, serta proses pengujian validasi, persamaan regresi CAPM terdistribusi*lagged* untuk *return*asetINDF, DEWA, AALI, LSIP, danASII dirangkum seperti di bawah ini. Dalam rangkuman persamaan regresi CAPM dengan *lagged* di sini yang ditulis adalah persamaan regresi dan statistik-*t* untuk konstanta serta koefisien regresi, yang ditulis dalam kurung di bawah masing-masing koefisien parameter. Berikutnya ditulis juga koefisien determinasi R^2 dan statistik *F* serta probabilitas P.

Aset INDF:INDF, DEWA, AALI, LSIP, danASII

$$\underset{Stat-t}{M_{1t}} = \underset{(-8,25)}{-0,0211} + \underset{(40,59)}{0,703}(r_{mt} - \hat{\mu}_f) + \underset{(21,64)}{0,375}(r_{mt-1} - \hat{\mu}_f) + \underset{(3,13)}{0,0542}(r_{mt-2} - \hat{\mu}_f)$$

$$+\underset{(2,37)}{0,0064}(r_{mt-3} - \hat{\mu}_f) + e_{1t};\ R^2 = 73,30\%,\ F = 562,78 \text{ dan } P = 0,000$$

Aset DEWA:

$$\underset{Stat-t}{M_{2t}} = \underset{(-12,36)}{-0,0361} + \underset{(38,31)}{0,768}(r_{mt} - \hat{\mu}_f) + e_{2t};\ R^2 = 64,00\%,\ F = 1467,93 \text{ dan } P = 0,000$$

Aset AALI:

$$\underset{Stat-t}{M_{3t}} = \underset{(12,76)}{0,0396} + \underset{(36,16)}{0,770}(r_{mt} - \hat{\mu}_f) + e_{3t};\ R^2 = 61,30\%,\ F = 1307,51 \text{ dan } P = 0,000$$

Aset LSIP:

$$\underset{Stat-t}{M_{4t}} = \underset{(25,22)}{0,0718} + \underset{(40,02)}{0,775}(r_{mt} - \hat{\mu}_f) + \underset{(20,88)}{0,405}(r_{mt-1} - \hat{\mu}_f)$$

$$+\underset{(4,33)}{0,084}(r_{mt-2} - \hat{\mu}_f) + e_{4t};\ R^2 = 72,50\%,\ F = 723,23 \text{ dan } P = 0,000$$

Aset ASII:

$$\underset{Stat-t}{M_{5t}} = \underset{(-80,20)}{-0,0566} + \underset{(37,62)}{0,182}(r_{mt} - \hat{\mu}_f) + e_{5t};\ R^2 = 63,10\%,\ F = 1415,04 \text{ dan } P = 0,000$$

3.4 Menghitung*VaR* dan *Mengukur Kinerja VaR*

Dalam bagian ini dilakukan perhitungan *VaR* dan pengukuran kinerja *VaR.*Perhitungan dimulai dengan menentukan estimator nilai rataan $\hat{\mu}_{it}$ $(i=1,...,5)$ dengan menggunakan persamaan (5), dan menentukan nilai estimator variansi $\hat{\sigma}_{it}^{2}$ $(i=1,...,5)$ dengan menggunakan persamaan (6), serta estimator nilai deviasi standard $\hat{\sigma}_{it}$ $(i=1,...,5)$ menggunakan persamaan (7). Menggunakan estimator nilai rataan $\hat{\mu}_{mt}=\hat{r}_{mt}(1)=$ 0,054703 dan estimator nilai variansi $\hat{\sigma}_{mt}^{2}=\hat{\sigma}_{mt}^{2}(1)=$ 0,001886; serta estimator nilai $\hat{\mu}_{f}=$ 0,0026462; setelah disubstitusikan ke dalam persamaan (5) diperoleh nilai $\hat{\mu}_{it}$ $(i=1,...,5)$, substitusi ke dalam (6) diperoleh nilai $\hat{\sigma}_{it}^{2}$ $(i=1,...,5)$, dan substitusi ke dalam persamaan (8) diperoleh nilai $\hat{\sigma}_{it}$ $(i=1,...,5)$. Hasil perhitungan ini diberikan dalam Tabel 1.

Selanjutnya, dengan tingkat signifikansi $\alpha=$ 0,05 diperoleh persentil distribusi normal standar $z_{0,05}=-1,645$. Bila diasumsikan investasi awal sebesar $W_0=1$ satuan, menggunakan rumus (8) dihitung*VaR*di bawah CAPM terdistribusi*lagged* untuk *return*aset INDF, DEWA, AALI, LSIP, dan ASII. Setelah *VaR* dihitung, perlu dilakukan *back testing* untuk melihat kinerja ukuran risiko *VaR* tersebut. Menggunakan persamaan (9) untuk menentukan fungsi indikator kerugian, dan persamaan (10) untuk menghitung statistik *QPS*. Secara keseluruhan hasil perhitungan *VaR* dan *back testing* untuk asset INDF, DEWA, AALI, LSIP, dan ASII diberikan dalam Tabel 1.

Tabel 1: Hasil Perhitungan *VaR* di bawah CAPM Terdistribusi*Lagged* dan *Back Test*

Aset	Panjang *Lagged*	$\hat{\mu}_{it}$	$\hat{\sigma}_{it}$	VaR_{it}	QPS_i
INDF	3	0,002966	0,017861	0,026415	0,049523
DEWA	0	0,015286	0,049456	0,066070	0,053846
AALI	0	0,013307	0,050210	0,069288	0,057699
LSIP	2	0,002745	0,023214	0,035442	0,043384
ASII	0	0,004386	0,048775	0,075849	0,053098
				Jumlah *QPS*	0,25755
				Rata-rata *QPS*	0,05151

Melihat hasil perhitungan yang dirangkum dalam Tabel 1 tampak bahwa panjang *lagged* untuk regresi *return*asetINDF, DEWA, AALI, LSIP, danASII berkisar dari 0 sampai 3. Panjang *lagged* 0 berarti sama dengan regresi CAPM standar. Tampak pula bahwa nilai rata-rata *return*asetINDF, DEWA, AALI, LSIP, danASII semua positif. Artinya, aset-asetINDF, DEWA, AALI, LSIP, danASII yang bertanda positif mengindikasikan bahwa pada prediksi 1-langkah ke depan, menurut CAPM terdistribusi*lagged* akan mengalami kenaikan harga. Nilai *VaR* untuk *return*asetINDF, DEWA, AALI, LSIP, danASII besarnya juga bervariatif, dari yang terkecil sebesar 0,026415 untuk aset INDF dan terbesar 0,075849 untuk aset ASII.

Nilai QPS untuk asetINDF, DEWA, AALI, LSIP, danASII masing-masing berada dalam rentang [0, 2] dan seluruhnya mendekati nol. Berarti estimasi ukuran resiko *VaR* di bawah CAPM terdistribusi*lagged*dengan volatilitas tak konstan, untuk *return*asetINDF, DEWA, AALI, LSIP, danASIImemiliki kinerja cukup baik.

4. KISIMPULAN

Dalam paper ini telah dibahas tentang Value-at-Risk di bawah CAPM terdistribusi *lagged* dengan volatilitas tak konstan. Berdasarkan hasil pembahasan, bahwa *return* IHSG mengikuti model ARMA(1,1)-GARCH(1,1). Dalam pembahasan juga telah dikembangkan model Value-at-Risk di bawah CAPM terdistribusi *lagged*. Model ini selanjutnya telah digunakan untuk menghitung Value-at-Risk lima aset yang meliputi: INDF, DEWA, AALI, LSIP, dan ASII. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa *Value-at-Risk* untuk lima aset tersebut nilainya berkisar antara 0,026415sampai0,075849. Hasil *back testing* menunjukkan bahwa *QPS* untuk lima asset yang dianalisis nilainya berada dalam interval [0, 2] dan cenderung mendekati nol. Berarti model Value-at-Risk di bawah CAPM terdistribusi *lagged* dengan volatilitas tak konstan, cukup baik untuk digunakan sebagai pengukuran risiko investasi.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Pernyataan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Padjadjaran, yang telah memberi fasilitas untuk melakukan penelitian ini.

6. PUSTAKA

[1] Allen, D.E. & Bujang, I., Conditional Beta Capital Asset Pricing Model (CAPM) and Duration Dependece Test, *Working Paper,* 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cains, Australia 13-17 July 2009,[internet], 2009. [updated 2013 Jan 15; cited 2015 Apr 10]. Available from:http://www.mssanz.org.au/modsim09.

[2] Demetriou, I.C. & Vassiliou, E.E., A Distributed Lag Estimator with Piecewise Monotonic Coefficients, *Proceedings of the Wold Congress on Enggineering,* 2008 Vol. II, WCE 2008, July 2-4, [internet]2008, London, U.K. [updated 2013 Jan 15; cited 2015 Apr 10]. Available from:www.iaeng.org/publication/ WCE2008/WCE2008_pp1088-1094.pdf.

[3] Dowd, K.,*An Introduction to Market Risk Measurement*, John Wiley & Sons, Inc., New Delhi, India, 2002.

[4] Froot, K.A., Venter, G.G., & Major, J.A., Capital and Value of Risk Transfer, *Working Paper,* New York: Harvard Business School, Boston MA 02163 [internet] 2007. [updated 2014 Feb 20; cited 2015 Apr 10]. Available from: (http://www.people.hbs.edu/kfroot/.

[5] Holto, G.A., 2002, History of Value-at-Risk, *Working Paper,* Contingency Analysis, P.O. Box 961, Boston, USA [internet], 2002. [updated 2014 Jun 15; cited 2015 Apr 10]. Available from: http://www.contingencyanalysis. Com.

[6] Johansson, A. & Sowa, V., A Comparison of GARCH Models for VaR Estimation in Three Different Markets. Department of Statistics, Uppsala University, 2013-06-07, [internet], 2013. [updated 2014 Jan 25; cited 2015 Apr 10]. Available from:www.diva-portal.org/smash/.../FULLTEXT01.pdf.

[7] Khindanova, I.N. & Rachev, S.T., Value at Risk: Recent Advances, *Working Paper,* University of California, Santa Barbara and University of Karlsruhe, Germany, [internet], 2005. [updated 2014 Jan 25; cited 2015 Apr 10]. Available from: http://www.econ.ucsb.edu/ papers/wp3-00.pdf.

[8] Kuehn, L.A., Simutin, M. & Wang,J.J., 2014, A Labor Capital Asset Pricing Model, *Working Paper,* Tepper School of Business Carnegie Mellon University, [internet], 2014.[updated 2015 Feb 15; cited 2015 Apr 10]. Available from:www.andrew.cmu.edu/user/.../WangJessie_CV.pd...

[9] Shi-Jie Deng, Heavy-Tailed GARCH Models: Pricing and Risk Management Applications in Power Market, *IMA Control & Pricing in Communication & Power Networks,* 7-17 March 2004, [internet], 2004. [updated 2013 Jan 15; cited 2015 Apr 10]. Available from:
http://www.ima.umn.edu/talks/.../deng/power_workshop_ima032004-deng.pdf.

[10] Tsay, R.S.,*Analysis of Financial Time Series,* Second Edition, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2005.

[11] Tadelilin, E., *Portofolio Investasi*: Teori dan Aplikasi, Edisi Pertama. Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 2010.