ISBN : 978.602.361.002.0

ESTIMASI *CAPM* MENGGUNAKAN PENDEKATAN TRANSFORMASI FREEMAN - TUKEY DALAM PERHITUNGAN *VALUE-AT-RISK* DAN *EXPECTED SHORTFALL*

Sukono[1], Sudradjat Supian[2], Dwi Susanti[3]
[1,2,3]Departemen Matematika, FMIPA, Universitas Padjadjaran
[1]Email: fsukono@yahoo.com, [2]Email: adjat03@yahoo.com, [3]Email: dwi_susanti65@yahoo.com

ABSTRAK. Dalam paper ini dibahas tentang metode estimasi *Capital Asset Pricing Model* (*CAPM*) menggunakan pendekatan transformasi Freeman-Tukay dalam perhitungan *Value-at-Risk* (*VaR*) dan *Expected Shorthfall* (*ES*), pada beberapa saham yang diperdagangkan dalam pasar modal di Indonesia. Diasumsikan bahwa harga saham yang dianalisis mengikuti struktur *CAPM*. Persamaan regresi *CAPM* dalam kajian ini diestimasi menggunakan pendekatan transformasi Freeman-Tukey. Menggunakan estimator regresi *CAPM* tersebut, selanjutnya dapat diestimasi parameter rataan dan variansi *return* saham. Estimator parameter rataan dan variansi, dan dengan tingkat signifikansi tertentu, perhitungan *VaR* dan *ES* dapat dilakukan. Perhitungan *VaR* dan *ES* dilakukan sebagai salah satu ukuran risiko investasi pada saham. Selanjutnya untuk mengukur kinerja model pengukuran risiko investasi dilakukan menggunakan metode Lopez II. Berdasakan hasil analisis pada beberapa saham, bahwa ukuran risiko *VaR* dan *ES* mengunakan pendekatan tersebut di atas, memiliki kinerja yang lebih baik. Pendekatan demikian diharapkan dapat dijadikan salah satu alternatif metode pengukuran risiko investasi.

Kata Kunci: *CAPM, Transformasi Freeman-Tukey, VaR, ES, dan metode Lopez II.*

1. PENDAHULUAN

Capital Asset Pricing Model (*CAPM*) merupakan model untuk menentukn harga suatu aset investasi. Model in dirumuskan berdasarkan pada suatu kondisi pasar aset yang ekuilibrium. Dalam keadaan ekuilibrium tingkat keuntungan (*return*) yang disyaratkan oleh investor untuk suatu aset investasi akan dipengaruhi oleh risiko harga aset investasi di dalam pasar [2], [1]. Disini risiko investasi bukan lagi diartikan sebagai deviasi standar tingkat keuntungan (*return*) dari suatu aset investasi, melainkan diukur dengan berdasarkan nilai parameter beta β dalam model *CAPM* [7]. Penggunaan parameter beta β ini konsisten dengan teori portofolio investasi, yang mengatakan bahwa apabila investor melakukan diversifikasi dengan baik, maka pengukur risiko adalah sumbangan risiko dari tambahan aset ke dalam portofolio investasi [8], [12]. Apabila investor memegang portofolio pasar investas, maka sumbangan risiko ini tidak lain adalah parameter beta β tersebut [9].

Kalau diperhatikan, sebenarnya *CAPM* adalah merupakan persamaan regresi antara premi risiko tingkat keuntungan (*return*) aset terhadap premi risiko tingkat keuntungan (*return*) pasar investasi. Parameter beta β dalam regresi *CAPM* adalah merupakan koefisien dari premi risiko tingkat keuntungan (*return*) pasar [2], [8]. Dalam mengestimasi *CAPM* atau persamaan regresi antara premi risiko aset terhadap premi risiko pasar tersebut, seringkali menghadapi permasalahan. Permasalahan yang sering terjadi dalam estimasi tersebut adalah dihasilkannya nilai koefisien determinasi R^2 yang umumnya kurang dari 50%, atau mengindikasikan bahwa hubungan antara variabel tak bebas premi risiko aset dengan variabel bebas premi risiko pasar. Untuk mengatasi permasalahan estimasi persamaan regresi semacam itu, menurut Draper & Smith [5] bahwa Freman-Tukey pada tahun 1959 memperkenalkan suatu metode transformasi data untuk variabel tak bebas seperti ditujukkan dalam persamaan (2.5). Metode transformasi tersebut tentunya dapat juga digunakan dalam mengatasi permasalahan dalam estimasi persamaan regresi *CAPM*.

Selanjutnya, bahwa akhir-akhir ini risiko investasi juga bukan lagi diukur berdasarkan deviansi standar, melainkan diukur dengan menggunakan kuantil atau lebih dikenal dengan *Value-at-Risk* (*VaR*) [4], [10]. Hal ini dikarenakan bahwa deviasi standar adalah merupakan ukuran risiko rata-rata, sehingga tidak dapat mengakomodir semua kejadian risiko. Berdasarkan ukuran *Value-at-Risk* (*VaR*) ini bahkan juga dapat memprediksi berapa besar investor akan mengalami kerugian yang melebihi nilai *VaR*. Besaran ini disebut juga dengan *expected shortfall* (*ES*), *tail conditional expectation, conditional loss* atau *tail loss*. Lalu, bagaimana ukuran *VaR* bilamana karakteristik data tingkat keuntungan (*return*) aset mengikuti bentuk *CAPM*? Sukono, Subanar, & Rosadi [11], telah memformulasikan model *Value-at-Risk* (*VaR*) di bawah *CAPM* transformasi Koyck. Model tersebut digunakan dalam *CAPM* di mana premi risiko aset pada waktu t tidak hanya dipengaruhi oleh premi risiko pasar pada waktu t saja, melainkan juga dipengaruhi oleh premi risiko pasar pada waktu-waktu sebelumnya.

Lalu, bagaimana bentuk persamaan *Value-at-Risk* (*VaR*), bilamana data premi risiko aset dalam *CAPM* dilakukan transformasi Freeman-Tukey? Oleh karena itu, dalam paper ini bertujuan untuk memformulasikan persamaan *Value-at-Risk* (*VaR*) dan juga *Expected*

Shortfall (*ES*) di bawah *CAPM* tranformsi Freeman-Tukey. Penelitian dalam paper ini merupakan kelanjutan dari penelitian yang dilakukan oleh Sukono, Subanar, & Rosadi [11]. Sebagai ilustrasi numerik, dalam paper ini dianalisis beberapa aset investasi yang diperdagangkan pada Bursa Efek Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Dalam bagian ini diformulasikan bentuk persamaan *Value-at-Risk* (*VaR*) dan *Expected Shortfall* (*ES*) di bawah *CAPM* transformasi Freeman-Tukey. Namun, sebelumnya dikaji terlebih dahulu secara berturut-turut tentang *return* aset, persamaan regresi *CAPM*, dan transformasi Freeman-Tukey. Selanjutnya, untuk mengukur kinerja dari ukuran risiko *Value-at-Risk* (*VaR*) dilakukan menggunakan metode *back test* dengan pendekatan Lopez II.

2.1 *Return* Aset

Return merupakan hasil yang diperoleh investor dari suatu investasi yang dilakukannya. *Return* dapat diukur dengan menggunakan beberapa metode, antara lain: *return* total, *return* relatif, *return* kumulatif, *return* disesuaikan, dan *return* logaritmis. Dalam paper ini pengukuran *return* dilakukan dengan menggunakan *return* logaritmis, sebagai berikut. Jika dimisalkan P_t harga aset pada waktu t, dan dimisalkan pula r_t *return* aset pada waktu t, maka *return* aset r_t dalam metode logaritmis diukur dengan menggunakan persamaan

$$r_t = \ln P_t - \ln P_{t-1} . \tag{2.1}$$

Di mana $t = 1,2,...,T$ dengan T banyaknya observasi data harga saham [11], [6]. Selanjutnya data *return* ini digunakan untuk estimasi persamaan regresi *Capital asset Pricing Model* (*CAPM*).

2.2 Persamaan Regresi *CAPM*

Persamaan dasar *CAPM* standar diketahui bahwa keseimbangan pasar modal akan ditunjukkan oleh garis pasar aset, dimana garis tersebut menghubungkan kesempatan portofolio investasi bebas risiko dengan kesempatan portofolio investasi berisiko [2]. Hubungan ini berlaku untuk semua aset, baik yang efesien maupun yang tidak efisien. Untuk menentukan letak portofolio pasar ini, perlu dikombinasikan antara aset-aset berisiko [6], [7].

ISBN : 978.602.361.002.0

Jika dimisalkan r_{ft} *return* aset bebas risiko pada waktu t, maka ekspektasi aset bebas risiko adalah $\mu_f = E(r_{ft})$, dan variansi aset bebas resiko adalah $\sigma_f^2 = Var(r_{ft}) = 0$. Semua investor diasumsikan akan melakukan investasi pada portofolio yang sama, yaitu pada portofolio pasar. Asumsi ini berlaku karena asumsi-asumsi pada *CAPM*, yaitu semua investor menggunakan analisis yang sama, yakni menggunakan metode Markowitz's [9]. Dalam keadaan keseimbangan, semua aset berisiko harus berada pada portofolio pasar, karena semua investor akan memegang portofolio tersebut [8].

Jika portofolio terdiri dari semua aset dalam pasar, dan dimisalkan r_{mt} *return* pasar pada waktu t, maka ekspektasi *return* pasar adalah $\mu_m = E(r_{mt})$ dan variansi *return* pasar adalah $\sigma_m^2 = Var(r_{mt})$. Selisih antara ekspektasi *return* pasar dengan ekspektasi *return* aset bebas risiko sebesar $[E(r_{mt}) - \mu_f]$ disebut sebagai premi risiko pasar, dan rasio antara premi risko pasar terhadap risiko pasar σ_m, yakni $[E(r_{mt}) - \mu_f]/\sigma_m$ merupakan *slope* persamaan garis pasar modal [9]. Jika dimisalkan r_{pt} *return* portofolio pasar modal pada waktu t, maka ekspektasi *return* portofolio pasar modal adalah $\mu_p = E(r_{pt})$, dan variansi *return* portofolio pasar modal adalah $\sigma_p^2 = Var(r_{pt})$. Persamaan garis portofolio pasar modal dapat dinyatakan sebagai

$$E(r_{pt}) = E(r_f) + \frac{[E(r_m) - E(r_f)]}{\sigma_m}\sigma_p .$$

Slope $[E(r_m) - \mu_f]/\sigma_m$ merupakan harga pasar dari risiko portofolio efisien. Harga pasar menunjukkan tambahan *return* yang dikehendaki oleh pasar [11], [8].

Selanjutnya, dimisalkan r_t *return* aset pada waktu t, dengan ekspektasi *return* aset $\mu_t = E(r_t)$ dan variansi $\sigma_t^2 = Var(r_t)$. Berdasarkan konsep garis portofolio pasar modal tersebut di atas, hubungan antara $E(r_t)$, $E(r_{mt})$, dan $E(r_{ft})$, dapat dinyatakan sebagai

$$E(r_t) - E(r_{ft}) = \beta\{E(r_{mt}) - E(r_{ft})\}, \tag{2.2}$$

di mana β merupakan *slope*. Selisih antara ekspektasi *return* aset dengan ekspektasi *return* aset bebas risiko sebesar $[E(r_t) - E(r_{ft})]$ disebut sebagai premi risiko aset [2].

ISBN : 978.602.361.002.0

Persamaan (2.2) secara empiris tidak dapat dilakukan pengujian secara statistik, karena persamaan (2.2) merupakan persamaan ekspektasi, adalah suatu nilai yang belum diobservasi. Oleh karena itu, agar persamaan regresi *CAPM* dapat diuji secara empiris haruslah diubah menjadi sebagai berikut

$$r_t - r_{ft} = \beta_0 + \beta_1(r_{mt} - r_{ft}) + e_t\,. \tag{2.3}$$

Oleh karena *return* aset bebas risiko memiliki rataan yang konstan, maka dapat ditulis sebagai $\mu_f = E(r_{ft})$. Juga karena merupakan aset bebas risiko, maka variansi $\sigma_f^2 = Var(r_{ft}) = 0$ [11]. Sehingga persamaan (2.3) dapat dinyatakan sebagai

$$r_t - \mu_f = \beta_0 + \beta_1(r_{mt} - \mu_f) + e_t\,. \tag{2.4}$$

Di mana β_0 suku konstan, β_1 merupakan *slope*, dan e_t merupakan residual. Barisan residual $\{e_t\}$ diasumsikan *white noise*, yakni berdistribusi normal dengan rataan nol dan variansi σ_e^2 [5].

Untuk melakukan estimasi persamaan (2.4) dapat dilakukan dengan metode kuadrat terkecil (*least square*).

2.3 Transformasi Freeman-Tukey

Dalam melakukan estimasi persamaan regresi *CAPM*, seringkali menghadapi masalah. Masalah yang sering muncul adalah bahwa estimator regresi yang dianalisis menghasilkan koefisien determinasi R^2 yang nilainya sangat kecil di bawah 50%. Untuk mengatasi masalah tersebut salah satunya dapat dilakukan dengan cara mentransformasikan data *return* premi risiko aset ke dalam suatu variabel yang memungkinkan estimasi persamaan regresi menghasilkan nilai determinasi cukup layak.

Salah satu bentuk transformasi yang dapat digunakan dalam analisis regresi data *return* premi risiko aset, menurut Draper & Smith [5] adalah yang diperkenalkan oleh Freeman & Tukey pada tahun 1959. Dalam transformasi ini, dimisalkan Y_t menyatakan *return* premi risiko aset, yaitu $Y_t = r_t - \mu_f$. Salah satu karakteristik dari *return* premi risiko aset adalah bahwa $-1 \le Y_t \le 1$. Oleh karena itu, bentuk transformasi Freeman-Tukey yang dapat digunakan adalah

ISBN : 978.602.361.002.0

$$M_t = \ln\left(\frac{1+Y_t}{1-Y_t}\right). \tag{2.5}$$

Selanjutnya, estimasi persamaan regresi dilakukan pada hubungan variabel M_t terhadap variabel penjelas $(r_{mt} - \mu_t)$ [11]. Sehingga persamaan regresi (2.4) dapat digantikan menjadi

$$M_t = \alpha_0 + \alpha_1(r_{mt} - \mu_f) + \varepsilon_t. \tag{2.6}$$

Di mana α_0 suku konstan, α_1 merupakan *slope,* dan ε_t merupakan residual. Barisan residual $\{\varepsilon_t\}$ diasumsikan *white noise,* yaitu berdistribusi normal dengan rataan nol dan variansi σ_ε^2 [11], [9].

Nilai rataan dari M_t dapat dihitung sebagai

$$\mu_M = E(M_t) = E[\alpha_0 + \alpha_1(r_{mt} - \mu_f) + \varepsilon_t = \alpha_0 + \alpha_1(\mu_m - \mu_f), \tag{2.7}$$

dan nilai variansi dari M_t sebagai

$$\sigma_M^2 = Var(M_t) = E[(M_t - \mu_{M_t})^2] = \alpha_1^2\sigma_m^2 + \sigma_\varepsilon^2. \tag{2.8}$$

Selanjutnya, nilai rataan dan variansi Y_t, dapat ditentukan berdasarkan nilai rataan dan variansi dari M_t. Karena perhitungan rataan dan variansi Y_t, berdasarkan nilai rataan dan variansi M_t tidak sederhana, perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan perluasan deret Taylor [11].

Menggunakan pendekatan perluasan deret Taylor tersebut, terlebih dahulu persamaan (2.5) ditulis menjadi [5]

$$M_t = \ln(1+Y_t) - \ln(1-Y_t). \tag{2.9}$$

Suku pertama dan kedua dari persamaan (2.9) diuraikan menjadi deret Taylor sebagai

$$\ln(1+Y_t) = Y_t - \tfrac{1}{2}Y_t^2 + \tfrac{1}{3}Y_t^3 - \ldots \approx Y_t \text{ (diambil suku pertama)}$$

$$\ln(1-Y_t) = -Y_t - \tfrac{1}{2}Y_t^2 - \tfrac{1}{3}Y_t^3 - \ldots \approx -Y_t \text{ (diambil suku pertama)}$$

Berdasarkan kedua pendekatan perluasan deret Taylor tersebut di atas, diperoleh persamaan

$$M_t = \ln(1+Y_t) - \ln(1-Y_t) \approx Y_t - (-Y_t) \approx 2Y_t. \tag{2.10}$$

Sehingga, dengan menggunakan persamaan (2.10) dapat diperoleh rataan dari Y_t adalah

$$\mu_Y = \frac{1}{2}E(M_t) = \frac{1}{2}\mu_M \,, \tag{2.11}$$

dan variansi dari Y_t adalah

$$\sigma_Y^2 = \frac{1}{4}Var(M_t) = \frac{1}{4}\sigma_M^2 \,. \tag{2.12}$$

Selanjutnya, nilai rataan dan variansi dari Y_t akan digunakan untuk menghitung *Value-at-Risk* (*VaR*) dan *Expected Shortfall* (*ES*).

2.4 *Value-at-Risk* dan *Expected Shortfall*

Dalam bagian ini diformulasikan model *Value-at-Risk* (*VaR*) dan *Expected Shortfall* (*ES*) di bawah *Capital Asset Pricing Model* (*CAPM*) transformasi Freeman-Tukey. Dalam persamaan (2.5) telah dinyatakan bahwa $Y_t = r_t - \mu_f$, sehingga bentuk ini dapat ditulis sebagai [5]

$$r_t = Y_t + \mu_f \,. \tag{2.13}$$

Rataan dari persamaan (2.13) diperoleh dengan mengambil ekspektasi ruas kiri dan ruas kanan, sebagai berikut

$$\mu_t = E[r_t] = E[(Y_t + \mu_f)] = \mu_Y + \mu_f \,. \tag{2.14}$$

Sedangkan variansi dari persamaan (2.13) adalah [5]

$$\sigma_t^2 = Var[r_t] = E[(r_t - \mu_t)^2] = E[(Y_t - \mu_Y)^2] = \sigma_Y^2 \,. \tag{2.15}$$

Selanjutnya, setelah diperoleh nilai μ_t dan σ_t^2, akan digunakan untuk merumuskan *Value-at-Risk* di bawah *CAPM* transformasi Freeman-Tukey.

Value-at-Risk. Dalam pendekatan normal, persoalan estimasi *Value-at-Risk* (*VaR*) adalah bagaimana menentukan persentil ke α dari distribusi normal standar z_α, sedemikian sehingga [4], [10]

$$\alpha = \int_{-\infty}^{q} f(r)dr = \int_{-\infty}^{z_\alpha} \Phi(z)dz = N(z_\alpha), \text{ kuantil } q = z_\alpha \sigma_t + \mu_t \,.$$

di mana $\Phi(z)$ fungsi densitas distribusi normal standar, $N(z)$ fingsi distribusi normal kumulatif, r variable acak *return* suatu aset, $f(r)$ fungsi densitas distribusi normal *return* aset dengan rataan μ_t dan dan variansi σ_t^2, serta *return* ter terkecil jika diberikan tingkat signifikansi α. Merujuk Dowd (2002), bahwa estimasi *Value-at-Risk* (*VaR*) dilakukan dengan persamaan:

$$VaR = -S_0 \times q = -S_0(\mu_t + z_\alpha.\sigma_t). \quad (2.16)$$

Di mana S_0 besarnya investasi awal, dan z_α nilai persentil dari distribusi normal standar bilamana diberikan tingkat signifikansi sebesar α, serta $\sigma_t = \sqrt{\sigma_t^2}$. Selanjutnya, *Value-at-Risk* di bawah *CAPM* transformasi Freeman-Tukey diperoleh dengan mensubstitusikan (2.14) dan (2.15) ke dalam persamaan (2.16), sehingga diperoleh model

$$VaR = -S_0(\mu_Y + \mu_f + z_\alpha.\sigma_Y), \quad (2.17)$$

dengan $\sigma_Y = \sqrt{\sigma_Y^2}$ [4], [10].

Expected Shortfall. Perlu diketahui bahwa *Value-at-Risk* (*VaR*) singkatnya adalah kuantil ke $100(1-p)$ fungsi kerugian, di mana p adalah probabilitas tail tertinggi. Jika dimisalkan $q = 1 - p$, maka *expected shortfall* (*ES*) adalah [4]:

$$ES_q = E(L \mid L > VaR_q).$$

Untuk distribusi normal standar, *expected shortfall* adalah $ES_q = \Phi(VaR_q)/p$, akibatnya *expected shortfall* untuk distribusi normal $N(0,\sigma_t^2)$ adalah:

$$ES_q = \frac{\Phi(VaR_q)}{p} \times \sigma_t, \quad (2.18)$$

di mana σ_t diviasi standar. Selanjutnya, secara umum, *expected shortfall* untuk distribusi normal (μ_t, σ_t^2) adalah [4]:

$$ES_q = \mu_t + \frac{\Phi(VaR_q)}{p} \times \sigma_t. \quad (2.19)$$

Oleh karena itu, berdasarkan persamaan (2.14) dan persamaan (2.15), *expected shortfall* di bawah *CAPM* transformasi Freeman-Tukey dapat diformulasikan sebagai [4]:

$$. \qquad ES_q = \mu_Y + \mu_f + \frac{\Phi(VaR_q)}{p} \times \sigma_Y \quad (2.20)$$

ISBN : 978.602.361.002.0

2.5 *Backtesting*

Dalam bagian ini dilakukan pengujian kinerja dari suatu ukuran risiko *Value-at-Risk* (*VaR*). Untuk melihat kinerja dari *VaR* yang telah diestimasi, dapat dilakukan dengan metode *Back Test*. Jika r_t menyatakan keuntungan atau kerugian yang terjadi sepanjang periode waktu t, dan VaR_t adalah prediksi dari *VaR* pada waktu t. Lopez pada tahun 1998 memperkenalkan model pendekatan *size-adjusted frequency* sebagai [3], [4]:

$$C_t = \begin{cases} 1 + (r_t - VaR_t)^2; & r_t > VaR_t \\ 0; & r_t \le VaR_t \end{cases} \quad (2.15)$$

Statistik yang digunakan untuk menguji kinerja ukuran risiko *VaR* yang disarankan oleh Lopez II adalah *Quadratic Probability Score* (*QPS*), seperti diberikan dalam persamaan (2.16) berikut ini.

$$QPS + (2/n)\sum_{i=1}^{n}(C_t - p)^2 . \quad (2.16)$$

Statistik *Quadratic Probability Score* (*QPS*) mempunyai nilai berkisar antara [0, 2]. Suatu ukuran risiko dikatakan memiliki kinerja yang baik apabila memiliki QPS kecil menuju nol. Di mana p probabilitas atau tingkat konfidensi [3], [4].

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bagian ini dibahas tentang data yang dianalisis, estimasi persamaan regresi *CAPM*, perhitungan *Value-at-Risk*, *Expected Shortfall*, dan *backtesting*, serta pembahan umum sebagai berikut ini.

3.1 Data

Sebagai ilustrasi numerik, dalam paper ini dianalisis lima aset saham yang dipilih, untuk selama periode 2 Januari 2011 sampai dengan 4 Juni 2014. Data aset saham yang dianalisis meliputi: Indofood, Tbk. (INDF), Darma Henwa, Tbk. (DEWA), Astra Agra Lestari, Tbk. (AALI), PP. London Sumatera, Tbk. (LSIP), dan Astra International Industy, Tbk. (ASII). Data saham diakses melalui *website* www.finance.go.id. Harga saham yang dianalisis adalah harga penutupan (*close price*). Selain lima aset saham, dalam paper ini juga diperlukan data indeks harga saham gabungan (IHSG) untuk selama periode 2 Januari 2011 sampai dengan 4

Juni 2014, dan data aset bebas risiko. Data aset bebas risiko yang dugunakan dalam paper ini adalah tingkat suku bunga bank Indonesia (SBI) yang berlaku selama periode 2 Januari 2011 sampai dengan 4 Juni 2014.

Selanjutnya, dari lima aset saham tersebut masing-masing ditentukan data *return* aset r_t menggunakan persamaan (2.1). Demikian pula, untuk data indeks harga saham gabungan (IHSG) juga ditentukan sebagai data *return* pasar r_{mt} dengan menggunakan persamaan (2.1). Sedangkan data *return* aset bebas resiko r_f yang digunakan adalah tingkat suku bunga bank Indonesia (BI *rate*). Data *return* aset r_t, data *return* pasar r_{mt}, dan data aset bebas risiko r_f, secara bersama-sama digunakan untuk estimasi persamaan regresi *CAPM*.

3.2 Estimasi Persamaan Regresi *CAPM*

Dalam bagian ini dilakukan estimasi persamaan regresi *CAPM* untuk masing-masing lima saham yang dianalisis. Estimasi persamaan regresi *CAPM* dilakukan dengan merujuk persamaan (2.4). Untuk melakukan estimasi persamaan regresi *CAPM* salah satunya memerlukan data *return* aset bebas risiko r_{ft}. Data *return* aset bebas risiko yang digunakan adalah tingkat suku bunga bank Indonesia, di mana besarnya relatif konstan dengan rataan $\hat{\mu}_f = 0{,}0026462$. Karena *return* aset bebas risiko besarnya relati konstan, maka variansi $\hat{\sigma}_f^2 = 0$.

Rataan *return* aset bebas risiko $\hat{\mu}_f$ ini selanjutnya digunakan untuk menentukan data premi risiko aset $r_t - \hat{\mu}_f$ untuk lima aset yang dianalisis, dan juga data premi risiko pasar $r_{mt} - \hat{\mu}_f$. Data premi risiko aset $r_t - \hat{\mu}_f$ dan data premi risiko pasar $r_{mt} - \hat{\mu}_f$ ini selanjutnya digunakan untuk estimasi persamaan regresi *CAPM*. Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, bahwa estimasi persamaan regresi *CAPM* dilakukan dengan pendekatan transformasi Freeman-Tukey. Andaikan premi risiko aset $Y_t = r_t - \hat{\mu}_f$, transformasi Freman-Tukey dilakukan merujuk persamaan (2.5). Sehingga estimasi persamaan regresi *CAPM* dengan pendekatan transformasi Freeman-Tukey dilakukan dengan merujuk persamaan (2.6). Estimasi dilakukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (*least square*). Estimator

ISBN : 978.602.361.002.0

hasil estimasi persamaan regresi *CAPM* untuk lima aset yang dianalisis, masing-masing dirangkum seperti di bawah ini. Dalam rangkuman persamaan regresi yang disertakan adalah: persamaan regresi dan statistic-t untuk konstanata dan koefisien regresi, yang ditulis dalam kurung di bawah masing-masing persamaan, juga berikutnya koefisien determinasi R^2, statistik F dan probabilitas (*P-value*) P, serta distribusi dari residual e_t. Persamaan regrsi untuk:

INDF : $M_t = -0{,}0278 + 0{,}724\,(r_{mt} - \hat{\mu}_f) + e_t$, $R^2 = 57{,}40\%$, $F = 1111{,}47$, $P = 0{,}00$, $e_t \sim N(0; 0{,}00819)$
$Stat-t$ $(-8{,}77)$ $(33{,}34)$

DEWA : $M_t = -0{,}0361 + 0{,}768\,(r_{mt} - \hat{\mu}_f) + e_t$, $R^2 = 64{,}00\%$, $F = 1467{,}93$, $P = 0{,}00$, $e_t \sim N(0; 0{,}00752)$
$Stat-t$ $(-12{,}36)$ $(38{,}31)$

AALI : $M_t = 0{,}0396 + 0{,}770\,(r_{mt} - \hat{\mu}_f) + e_t$, $R^2 = 61{,}30\%$, $F = 1307{,}51$, $P = 0{,}00$, $e_t \sim N(0; 0{,}00525)$
$Stat-t$ $(12{,}76)$ $(36{,}16)$

LSIP : $M_t = 0{,}0645 + 0{,}797\,(r_{mt} - \hat{\mu}_f) + e_t$, $R^2 = 56{,}90\%$, $F = 1091{,}31$, $P = 0{,}00$, $e_t \sim N(0; 0{,}00652)$
$Stat-t$ $(18{,}37)$ $(33{,}03)$

ASII : $M_t = -0{,}0566 + 0{,}182\,(r_{mt} - \hat{\mu}_f) + e_t$, $R^2 = 63{,}10\%$, $F = 1415{,}04$, $P = 0{,}00$, $e_t \sim N(0; 0{,}00553)$
$Stat-t$ $(-80{,}20)$ $(37{,}62)$

Setelah dilakukan uji verifikasi dan uji validasi termasuk uji *white noise* terhadap residual e_t untuk masing-masing lima saham, menunjukkan bahwa semua model regresi *CAPM* transformasi Freeman-Tukey di atas telah segnifikan. Selanjutnya persamaan-persamaan regresi tersebut digunakan untuk menghitung *Value-at-Risk* (*VaR*) dan *expected shortfall* (*ES*) berikut ini.

3.3 Perhitungan *Value-at-Risk, Expected Shortfall,* dan *Backtesting*

Dalam bagian ini dilakukan perhitungan *Value-at-risk* (*VaR*) dan *expected shortfall* (*ES*), serta *backtesting* untuk mengukur kinerja ukuran risiko *VaR*. Dimulai dengan estimasi model distribusi dari *return* pasar (IHSG) r_{mt}, yang tujuannya untuk mendapatkan estimator rataan *return* pasar $\hat{\mu}_m$ dan estimator variansi *return* pasar $\hat{\sigma}_m^2$. Estimasi distribusi *return* pasar dilakukan dengan metode likelihood dengan bantuan software Minitab 14. Hasil estimasi didapatka bahwa *return* pasar r_{mt} berdistribusi normal dengan estimator rataan $\hat{\mu}_m$= 0,054703 dan estimator variansi $\hat{\sigma}_m^2$ = 0,001886. Uji kesesuaian atas hasil estimasi distribusi *return* pasar dilakukan dengan statistik uji *QQ-plot* dan Anderson darling (*AD*), dan hasil diperoleh nilai statistik $AD = 0{,}574$ dengan probabilitas $P = 0{,}135$. Untuk tingkat signifikansi $\alpha = 0{,}05$, jelas bahwa $P = 0{,}135 > \alpha = 0{,}05$; dan juga berdasarkan *QQ-plot* menunjukkan bahwa titik-titik terletak segaris diagonal. Hal ini menunjukkan bahwa estimator model distribusi *return* distribusi telah sesuai.

Langkah berikutnya adalah menentukan estimator rataan $\hat{\mu}_M$ dan variansi $\hat{\sigma}_M^2$ dari variabel M_t. Menggunakan nilai parameter konstanta α_0 dan koefisien α_1 masing-masing dari persamaan regresi lima aset saham di atas, serta nilai estimator $\hat{\mu}_m$= 0,054703 dan $\hat{\mu}_f = 0{,}0026462$, estimator rataan $\hat{\mu}_M$ ditentukan dengan merujuk persamaan (7). Selanjutnya, dengan menggunakan nilai parameter koefisien α_1 dan nilai estimator $\hat{\sigma}_e^2$ masing-masing dari persamaan regresi lima aset saham di atas, serta nilai estimator $\hat{\sigma}_m^2$ = 0,001886, estimator variansi $\hat{\sigma}_M^2$ ditentukan dengan merujuk persamaan (2.8). Setelah diperoleh estimator rataan $\hat{\mu}_M$, selanjutnya digunakan untuk menentukan estimator rataan $\hat{\mu}_Y$ dengan merujuk persamaan (2.11). Demikian pula, setelah diperoleh estimator variansi $\hat{\sigma}_M^2$, selanjutnya digunakan untuk menentukan estimator variansi $\hat{\sigma}_Y^2$ dengan merujuk persamaan (2.12).

Menggunakan estimator rataan $\hat{\mu}_Y$ dan estimator deviasi standar $\hat{\sigma}_Y = \sqrt{\hat{\sigma}_Y^2}$ ini, selanjutnya *Value-at-Risk* (*VaR*) dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.17),. Sedangkan untuk *expected shortfall* (*ES*) dihitung berdasarkan pada persamaan (2.20). Baik untuk perhitungan *VaR* maupun *ES* dilakukan dengan tingkat signifikansi α = 5%, dan dengan asumsi besarnya investasi awal $S_0 = 1$ satuan. Untuk mengukur kinerja dari ukuran risiko *VaR* masing-masing lima aset saham dilakukan dengan merujuk persamaan (2.15), dengan *Quadratic Probability Score* (*QPS*) merujuk persamaan (2.16). Demikian pula bahwa untuk perhitungan *QPS* dilakukan dengan probabilitas p = 5%. Hasil penentuan estimator rataan $\hat{\mu}_Y$ dan estimator deviasi standar $\hat{\sigma}_Y$, dan juga hasil perhitungan *VaR* beserta *QPS*, dan hasil perhitungan *ES* masing-masing untuk lima aset saham diberikan dalam Tabel-1 berikut ini.

ISBN : 978.602.361.002.0

Tabel-1. Hasil Perhitungan *VaR*, *QPS* dan *ES* di bawah *CAPM* Transformasi Freeman-Tukey

Aset Saham	$\hat{\mu}_{Y_t}$	$\hat{\sigma}_{Y_t}$	***VaR***	***QPS***	$\Phi(VaR)$	***ES***
INDF	0,007591	0,047906	0,068568	0,126806	0,527333402	0,036829
DEWA	0,015286	0,049456	0,063423	0,097001	0,525285211	0,045278
AALI	0,013307	0,050210	0,066642	0,100474	0,526566825	0,043783
LSIP	0,008700	0,048050	0,067696	0,100712	0,526986283	0,038000
ASII	0,004386	0,048775	0,073203	0,096113	0,529177661	0,034201

3.4 Pembahasan Umum

Berdasarkan hasil perhitungan *VaR*, *QPS* dan *ES* yang disajikan dalam Tebel-1 di atas dapat dijelaskan sebagai berikut. Nilai ukuran risiko *VaR* di bawah *CAPM* transformasi Freeman-Tukey yang diterapkan pada lima aset saham tersebut di atas, menunjukkan bahwa ukuran risiko *VaR* terbesar terjadi pada aset saham DEWA yakni sebesar 0,073203, sedangka nilai terkecil terjadi pada aset saham ASII yakni sebesar 0,063423. Lalu bagaimana kinerja dari ukuran risiko *VaR* di bawah *CAPM* transformasi Freeman-Tukey untuk analisis lima saham tersebut di atas? Menurut Dowd [4] bahwa ukuran risiko *VaR* dikatakan baik bilamana nilainya terletak dalam interval tertutup [0, 2]. Hasil perhitungan nilai *QPS* besarnya berkisar antara $0 < QPS < 1$, hal ini menunjukkan bahwa ukuran risiko *VaR* adalah cukup baik untuk diterapkan dalam analisis risiko lima aset saham tersebut di atas.

Selanjutnya, sebagai contoh, nilai *VaR* aset saham INDF sebesar 0,068568; artinya apabila investor menginvestasikan sebesar Rp. 1.000.000,00 dalam 24 hari kerja (5% dari 485 hari kerja dalam setahun) periode investasi dengan tingkat signifikansi 5%, maksimum kerugian yang terjadi dan harus ditanggung oleh investor adalah sebesar 0,068568 x Rp. 1.000.000,00 = Rp 68.568,00. Nilai *ES* aset saham INDF sebesar 0,036829; artinya bilamana investor menginvestasikan sebesar Rp. 1.000.000,00 dalam 24 hari kerja (5% dari 485 hari kerja dalam setahun) periode investasi dengan tingkat signifikansi 5%, ekspektasi kerugian yang terjadi dan harus ditanggung oleh investor adalah sebesar 0,036829 x Rp. 1.000.000,00 = Rp. 36.829,00. Hal yang juga untuk aset-aset saham yang lainnya.

3. SIMPULAN

Dalam paper ini telah dibahas tentang estimasi persamaan regresi *CAPM* menggunakan pendekatan transformasi Freeman-Tukey. Selanjutnya, persamaan regresi *CAPM* transformasi Freeman-Tukey tersebut digunakan dalam memformulasikan model perhitungan *Value-at-Risk* (*VaR*) dan *Expected Shortfall* (*ES*). Sebagai ilustrasi numerik, dilakukan estimasi persamaan regresi *CAPM*, dan dilakukan perhitungan *VaR* serta *ES* untuk lima aset saham yang meliputi: INDF, DEWA, AALI, LSIP, dan ASII. Hasil estimasi persamaan regresi *CAPM*, dan perhitungan *VaR* serta *ES* tersebut seperti diberika dalam Tabel-1. Untuk mengukur kinerja ukuran *VaR* dilakukan dengan menggunakan *Back Testing*, berdasarkan statistik *Quadratic Probability Score* (*QPS*). Hasil perhitungan statistik *QPS* juga seperti diberikan dalam Tabel-1. Berdasarkan nilai *QPS* masing-masing aset saham, menunjukkan bahwa model perhitungan *VaR* di bawah *CAPM* transformasi Freeman-Tukey adalah cukup baik, karena nilai *QPS* masing-masing aset saham berkisar antara $0 < QPS < 1$ mendekati ke angka nol. Sehingga model perhitungan *VaR* di bawah *CAPM* transformasi Freeman-Tukey cukup baik sebagai alternatif pengukuran risiko pada lima aset saham INDF, DEWA, AALI, LSIP, dan ASII.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ferson, W.E. & Locke, W.D. 1998. Estimating the Cost of Capital Through Time: An Analysis of the Sources of Error. *MANAGEMENT SCIENCE*/Vol. 44, No. 4, April 1998

[2] Choudhary, K. & Choudhary, S. 2010. Testing Capital Asset Pricing Model: Empirical Evidences from Indian Equity Market. *Eurasian Journal of Business and Economics 2010*, 3 (6), 127-138.

[3] Cotter, J. & Zhong, Y.P. 2007. Validating Backtests of Risk Measures. *Working Paper*. School of Business, University College Dublin, Carysfort Avenue, Blackrock, Co.

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

[5] Draper, N.R. & Smith H. 1998. *Applied Regression Analysis*. Third Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.

[6] Irawan, R. & Murhadi, W.R. 2013. Analisis Pengaruh Three Factor Model dan Persentase Kepemilikan Asing Terhadap Tingkat Return di Bursa Efek Indonesia. *Kertas Kerja*. PT. Surya Prima Sakti, email: yap_richard@yahoo.com.

[7] Krause, A. 2001. *An Overview of Asset Pricing Models*. Preliminary Version. University of Bath School of Management.

[8] Shamim, M.A., Abid, Y. and Shaikh, E.A. 2014. Validity of Capital Asset ricing Model in Pakistan's Capital Market (Karachi Stock Exchange). *Journal of Emerging Issues in Economics, Finance and Banking* (JEIEFB), *An Online International Research Journal* (ISSN: 2306-367X) 2014 Vol: 3 Issue 4.

[9] Suartini, N.K.A & Mertha, I.M. Perbandingan CAPM dengan APT dalam Memrediksi Return Saham. Kertas Kerja. Fakultas Ekonomi Universitas Udayana (Unud), Bali, Indonesia.

[10] Santosa1, P.W. & Laksana, H.Y. 2011. Value at Risk, Market Risk and Trading Activity: CAPM Alternative Model. *Journal of Applied Finance & Banking*, vol.1, no.4, 2011, 239-268, ISSN: 1792-6580 (print version), 1792-6599 (online), International Scientific Press, 2011.

[11] Sukono, Subanar, & Rosadi. 2010. Optimisasi Portofolio Mean-VaR di bawah CAPM Transformasi Koyck dengan Volatilitas Tak Konstan dan Efek Long Memory. *Jurnal Teknik Industri.* Vol. 12, No. 2, Desember 2010.

[12] Wakyiku, D. 2010. Testing the Capital Asset Pricing Model (CAPM) on the Uganda Stock Exchange. *Working Paper*. African Institute for Mathematical Sciences, South Africa. E-mail: davidw@aims.ac.za.