BAB 2

TINJAUAN LITERATUR

Pada Bab II akan dibahas mengenai *risk*, dan teori-teori yang akan digunakan untuk pemecahan masalah pada karya akhir ini seperti teori *risk*, teori *VaR*, teori *EWMA*, teori *ARCH*/*GARCH*.

2.1 Teori

2.1.1 *Risk* dan *Risk Regulatory*

Sebelum dibahas mengenai teori-teori yang digunakan dalam pemodelan *VaR*, sangatlah penting untuk terlebih dahulu dimulai dengan pengertian *risk* itu sendiri. Banyak penulis yang telah mendefinisikan *risk*, tetapi pada karya akhir ini dipilih definisi *risk* yang telah disampaikan oleh Jorion. Jorion (hal 3,2007) mengemukakan bahwa *risk* merupakan volatilitas *unexpected outcomes* yang mencerminkan nilai *asset*, *equity* atau *earning*.

Risk diklasifikasikan ke dalam beberapa golongan berdasarkan faktor pendorong terjadinya *risk*. Basel II (hal 6, 2006), yang dikeluarkan oleh *Basel Committee on Banking Supervision*, telah mengklasifikasikan *risk* menjadi 3 jenis, yaitu *credit risk*, *market risk* dan *operational risk*. Basel I (hal 8, 1988) menyatakan definisi *credit risk* merupakan risiko yang disebabkan ketidakmauan dan atau ketidakmampuan counterparty untuk melaksanakan kewajibannya. Basel II (hal 157, 2006) menyatakan *market risk* adalah potensi kerugian yang terjadi baik pada *on balance sheet* maupun *off balance sheet* yang disebabkan oleh pergerakan *market price*. *Operational risk* dalam Basel II (hal 144, 2006) dinyatakan sebagai potensi kerugian yang disebabkan ketidakmampuan atau kegagalan *internal process*, *people*, *system*, atau berasal dari *external event*. *Market risk* yang diperhitungkan dalam Basel II (hal 157, 2006) meliputi *interest rate risk*, *equity risk* dalam *trading book*, *foreign exchange risk* dan *commodity risk*.

Selain *Basel Committee*, BI juga mengklasifikasikan *risk* dalam 7 golongan seperti yang diatur dalam PBI No. 5/8/PBI/2003 (hal 5, 2003). Jenis *risk* yang diklasifikasikan BI meliputi risiko kredit, risiko pasar, risiko likuiditas, risiko operasional, risiko hukum, risiko *strategic* dan risiko kepatuhan. Dalam PBI No. 5/12/PBI/2003 (hal 3,2003) dinyatakan definisi *market risk* merupakan risiko kerugian pada posisi neraca dan rekening administratif serta transaksi derivatif akibat perubahan secara keseluruhan dari kondisi pasar, termasuk risiko perubahan harga *option*. Risiko pasar yang diperhitungkan dalam PBI No. 5/12/PBI/2003 (hal 4, 2003) mencakup risiko suku bunga (*interest rate risk*) dan risiko nilai tukar (*foreign exchange risk*).

Tabel 2.1 Kerugian *Derivatives* Beberapa Perusahaan Dunia (1993-2004)

Entity	Date	Instrument	Loss ($ million)
Orange County, California	Dec. 1994	Reverse repos	1,810
Showa Shell Sekiyu, Japan	Feb. 1993	Currency forwards	1,580
Kashima Oil, Japan	Apr. 1994	Currency forwards	1,450
Metallgesellschaft, Germany	Jan. 1994	Oil futures	1,340
Barings, U.K.	Feb. 1995	Stock index futures	1,330
Allied Irish Bank, U.S.	Feb. 2002	Currency derivatives	691
Ashanti, Ghana	Oct. 1999	Gold "exotics"	570
China Aviation Oil, Singapore	Dec. 2004	Oil derivatives	550
Yakult Honsha, Japan	Mar. 1998	Stock index derivatives	523
National Australia Bank, Australia	Jan. 2004	Currency options	262
Codelco, Chile	Jan. 1994	Copper futures	200
Procter & Gamble, U.S.	Apr. 1994	Differential swaps	157
NatWest, U.K.	Feb. 1997	Swaptions	127

Sumber: Philipe Jorion (hal 33, 2007)

Foreign exchange risk merupakan *risk* yang disebabkan oleh pergerakan nilai tukar mata uang asing pada *international market*. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai tukar mata uang dapat dijelaskan dengan memperhatikan *interest rate parity* yang dikemukakan oleh Blanchard (hal 389, 2006):

$$(1+i_t)=(1+i_t^*)\left(\frac{E_t}{E_{t+1}^e}\right) \tag{2.1}$$

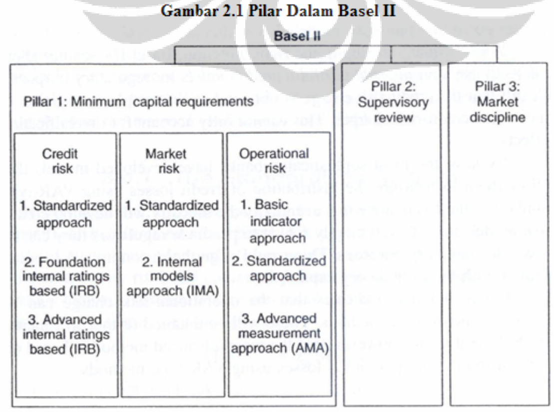
dimana: i_t merupakan *domestic interest rate* pada periode ke-t, i_t^* merupakan *foreign interest rate* pada periode ke-t, E_t merupakan *current exchange rate* pada periode ke-t, dan E^{e}_{t+1} merupakan *expected exchange rate* pada periode ke t+1 atau masa yang akan datang. Dengan memindahkan variabel E_t ke sebelah kiri tanda sama dengan, maka Persamaan (2.1) dapat diubah menjadi sebagai berikut (Blanchard, hal 424, 2006):

$$E_t = \left(\frac{1+i_t}{1+i_t^*}\right).E^{e}_{t+1} \tag{2.2}$$

Persamaan (2.2) menjelaskan bahwa *current exchange rate* sangat dipengaruhi oleh *domestic interest rate*, *foreign interest rate* dan *future expected exchange rate*. Bila *domestic interest rate* meningkat dan variabel lainnya konstan, maka akan mengakibatkan peningkatan nilai *current exchange rate*. Bila *foreign interest rate* meningkat dan variabel lainnya konstan, maka dapat mengakibatkan penurunan *current exchange rate*. Bila *future exchange rate* meningkat dan variabel lainnya konstan, maka hal ini dapat mengakibatkan peningkatan *current exchange rate*.

Basel II (hal 12, 2006) mewajibkan bank untuk melakukan perhitungan *capital requirement* untuk risiko yang tedapat dalam aktifitas bisnis. Perhitungan *capital requirement* merupakan pilar pertama dari 3 pilar yang terdapat dalam Basel II.

Gambar 2.1 Pilar Dalam Basel II



Sumber: Philipe Jorion (hal 59, 2007)

Basel II (hal 12, 2006) mewajibkan bank untuk memiliki *capital adequacy ratio* (*CAR*) lebih besar atau sama dengan 8%.

Terdapat 2 metode yang direkomendasikan oleh Basel II (hal 162, 2006) dalam melakukan perhitungan *market risk* yang meliputi *standardized measurement method* dan *internal model approach*. Penjabaran *standardized measurement method* terdapat dalam paragraph 709-718(LXIX) pada Basel II (2006). Dalam penggunaan *internal model*, Basel II (2006) merekomendasikan penggunaan model *Value at Risk* (*VaR*). Manfaat dari penggunaan *internal model* adalah diperoleh nilai *capital charge* yang lebih kecil bila dibandingkan *capital charge* dengan *standardized measurement* dan *internal model* dapat mencerminkan profil risiko yang terdapat pada suatu bisnis. Untuk dapat menggunakan *internal model* maka bank perlu memenuhi ketentuan-ketentuan yang berlaku dan mendapatkan approval dari *national supervisory authority*, dalam konteks negara Indonesia yang dimaksud adalah BI.

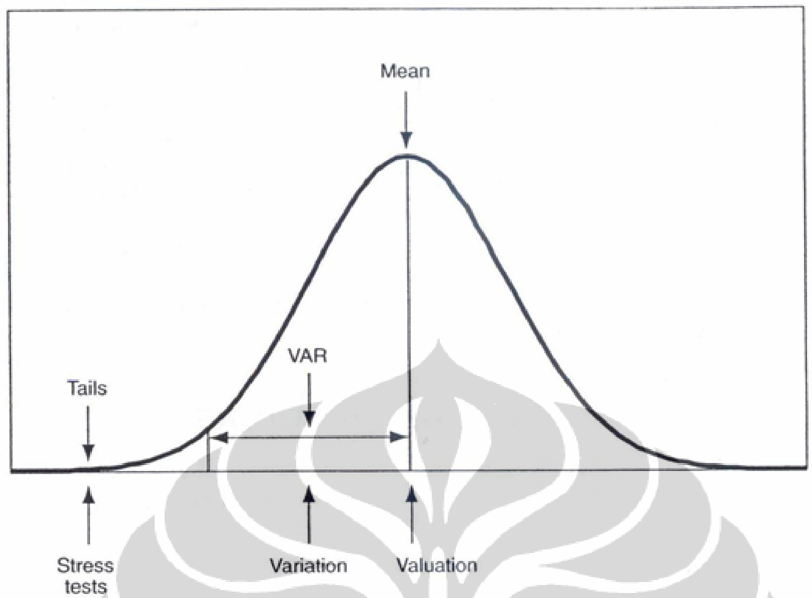
2.1.2 *Value at Risk* (*VaR*)

Best (hal 9,1998) mengemukakan *Value at Risk* (*VaR*) adalah nilai maksimum uang yang dapat hilang pada sebuah *portfolio* pada suatu periode waktu tertentu dengan suatu *confidence interval* tertentu. Butler (hal 5, 1999) menyatakan *VaR* merupakan suatu ukuran *expected loss* yang terburuk yang dapat dialami oleh suatu institusi pada suatu periode waktu tertentu pada kondisi *market* yang normal dengan *confidence level* tertentu. Penza dan Bansal (hal 69, 2001) memberikan formula untuk perhitungan nilai *VaR* sebagai berikut:

$$\mathrm{VaR} = \alpha.\sigma.\mathrm{P}\sqrt{\mathrm{t}} \tag{2.3}$$

dimana: α merupakan nilai Z distribusi normal standard berdasarkan *confidence level* yang dipilih. σ merupakan nilai volatilitas suatu *asset*. t merupakan *holding period* atau ada penulis sebagai *time horizon* atau *time aggregation*. P merupakan *market* value dari suatu *asset*, ada penulis yang memberikan simbol penulisan V_0.

Gambar 2.2 Pemodelan *VaR* Pada *Normal Distribution*



Sumber: Philipe Jorion (hal 21, 2007)

Confidence level merupakan suatu nilai probability yang mencerminkan tingkat keyakinan bahwa nilai *loss* tidak akan melampaui nilai *VaR*. Basel II (hal 195, 2006) merekomendasikan untuk digunakan *confidence level* sebesar 99%. Penggunaan *confident level* 99% akan menghasilkan nilai *VaR* dan *capital* charge yang lebih besar daripada *VaR* dan *capital charge* dengan confident *level* 95%. Peningkatan nilai *capital* yang harus dicadangkan untuk *risk* dapat menghambat perkembangan bisnis bank.

Z distribusi normal *standard* dapat ditunjukkan pada Persamaan (2.4) seperti yang terlihat berikut:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \tag{2.4}$$

dimana: x adalah *return*, μ merupakan *mean* dari *return*, σ merupakan *standard* deviasi dari *return*. Nilai α sangat ditentukan oleh jenis distribusi dari data.

Untuk data yang memiliki distribusi normal, maka digunakan nilai α dapat dihitung dengan alat bantu perangkat lunak Excell seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2.5) berikut ini:

$$\alpha = \text{normsinv(Z)} \tag{2.5}$$

Namun pada data yang memiliki distribusi tidak normal, maka tidak dapat digunakan Persamaan (2.6). Untuk data yang memiliki distribusi tidak normal, maka digunakan α' merupakan hasil koreksi terhadap nilai α dengan memperhitungkan nilai *skewness* distribusi (ξ). Nilai α' dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan *Cornish-Fisher Expansion* berikut ini Jorion (hal 273, 2007):

$$\alpha' = \alpha - \left[\frac{1}{6}\{(\alpha^2 - 1).\xi\}\right] \tag{2.6}$$

Holding period merupakan *interval* waktu yang dipilih untuk perhitungan *VaR*. Basel II (hal 195, 2006) merekomendasikan 10 hari untuk digunakan sebagai *holding period* untuk perhitungan *VaR* dan 1 hari untuk melakukan monitor. Best (hal 17, 1998) mengemukakan bahwa *holding period* sebaiknya sesuai dengan *liquidation period* dari berbagai instrument yang terdapat dalam *portfolio* bank. Sebagian besar bank menggunakan *holding period* 1 hari karena sebagian besar *liquid position* yang dimiliki bank dapat dilakukan likuidasi dalam 1 hari.

Formula perhitungan *VaR* yang ditampilkan pada Persamaan (2.3) merupakan formula untuk perhitungan *VaR single instrument* atau *undiversified VaR*. Untuk melakukan perhitungan *risk* pada suatu *portfolio* atau *diversified VaR*, maka Persamaan (2.3) diubah menjadi (Penza dan Bansal, hal 255, 2001):

$$\text{VaR}_{\text{p}} = \alpha.\sigma_p.\text{P}\sqrt{\text{t}} \tag{2.7}$$

Untuk suatu *portfolio* yang terdiri dari 2 *asset*, maka σ_p dapat dihitung dengan formula di bawah ini (Jorion, hal 164, 2007):

$$\sigma_p^2 = w_1^2.\sigma_1^2 + w_2^2.\sigma_2^2 + 2.w_1.w_2.\rho_{12}.\sigma_1.\sigma_2 \tag{2.8}$$

dimana: w_1 merupakan bobot *asset* pertama, w_2 merupakan bobot *asset* kedua, σ_1^2 merupakan *variance asset* pertama, σ_2^2 merupakan *variance asset* kedua, ρ_{12}

merupakan korelasi *asset* pertama dengan *asset* kedua. Untuk *portfolio* dengan *asset* lebih dari dua, maka Persamaan (2.8) diubah menjadi (Best, hal 23, 1998):

$$\sigma_p^2 = \sum_i^N w_i^2.\sigma_i^2 + 2.\sum_i \sum_j w_i.w_j.\rho_{ij}.\sigma_i.\sigma_j \tag{2.9}$$

Korelasi antar dua buah *asset* dapat dihitung dengan formula berikut (Jorion, hal 163, 2007):

$$\rho_{12} = \frac{\sigma_{12}}{\sigma_1.\sigma_2} \tag{2.10}$$

dimana: ρ_{12} merupakan nilai korelasi return antara *asset* pertama dengan *asset* kedua, σ_{12} merupakan kovarian *asset* pertama dengan *asset* kedua, σ_1 merupakan *standard* deviasi *asset* pertama dan σ_2 merupakan *standard* deviasi *asset* kedua. Nilai korelasi terletak pada *interval* antara -1 dan 1. Nilai korelasi sama dengan 1 berarti kedua *asset* memiliki hubungan *perfectly correlated*, sedangkan nilai korelasi sama dengan nol (0) berarti kedua *asset* tidak memiliki korelasi.

2.1.2.1 *Return*

Return portfolio merupakan penjumlahan hasil perkalian bobot *asset* dengan *return asset* seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2.11) berikut ini (Jorion, hal 168, 2007):

$$R_{p,t} = \sum_{i=1}^N w_i.R_{i,t} \tag{2.11}$$

dimana: $R_{p,t}$ merupakan *return portfolio* pada periode ke t, w_i merupakan bobot *asset* ke i, $R_{i,t}$ merupakan return asset ke i pada periode ke t.

Return single instrument dapat dihitung dengan 2 pendekatan yaitu *arithmetic return* dan *geometric return*. *Arithmetic return* merupakan pembagian antara hasil penjumlahan *capital gain* dan *dividend* terhadap *initial price* (Jorion, hal 93, 2007), yang diformulasikan sebagai berikut:

$$r_t = \frac{P_t + D_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \tag{2.12}$$

dimana: P_t merupakan *price* pada periode ke-t, P_{t-1} merupakan *price* pada periode ke t-1, D_t merupakan *dividend* atau *coupon* pada periode ke-t. *Arithmetic return* umumnya digunakan untuk menghitung *return* pada data yang bersifat *discrete*.

Geometric return merupakan fungsi logaritma dari *price ratio* dan pada umumnya digunakan untuk menghitung *return* pada data yang bersifat *continous*. *Geometric return* dapat dihitung dengan Persamaan berikut ini (Jorion, hal 94, 2007):

$$R_t = \ln \frac{P_t + D_t}{P_{t-1}} \tag{2.13}$$

Return dari mata uang dihitung dengan menggunakan pendekatan *geometric return* dan $D_t = 0$, sehingga Persamaan (2.13) menjadi:

$$R_t = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} \tag{2.14}$$

Distribusi *return* perlu untuk diketahui dengan tepat dan hal tersebut dapat diperoleh dengan melakukan pengujian normal. Parameter yang menentukan jenis distribusi *return* pada pengujian normal adalah *Jarque-Bera*. *Jarque-Bera* berfungsi untuk menentukan apakah suatu data memiliki *normal distribution* atau tidak. *Jarque-Bera* (*JB*) dapat dihitung dengan Persamaan (2.15) di bawah ini (Jorion, hal 97, 2007):

$$JB = T\left(\frac{\xi^2}{6} + \frac{(\delta - 3)^2}{24}\right) \tag{2.15}$$

2.1.2.2 Pengujian Model *VaR*

Pengujian model *VaR* memiliki maksud dan tujuan untuk mengetahui validitas model terhadap *actual loss* yang dialami bank. Pada karya akhir ini digunakan *Kupiec Test* untuk pengujian model *VaR*. *Kupiec Test* mempergunakan pendekatan *Loglikelihood ratio* untuk menguji validitas model (Jorion, hal 147, 2007) dan ditampilkan pada Persamaan (2.16) di bawah ini:

$$LR = -2.\ln\left[(1-p)^{(T-N)}.p^{N}\right] + 2.\ln\left\{\left[1-\left(\frac{N}{T}\right)\right]^{(T-N)}.\left(\frac{N}{T}\right)^{N}\right\} \quad (2.16)$$

dimana: $p = 1 - \text{confident level}$, T merupakan jumlah data waktu pengujian, N merupakan jumlah *failure rate.*

2.1.3 Teori *Econometry*

2.1.3.1 Regresi Linier

Pada karya akhir ini digunakan regresi linier dalam melakukan estaimasi volatilitas. Pemilihan model regresi linier terbaik dipengaruhi oleh R^2, *adjusted* R^2 $\left(\overline{R^2}\right)$, t-*Statistic*, F-*Statistic*, *Akaike Information Criterion* (*AIC*), *Schwarz Information Criterion* (*SIC*). R^2 merupakan kemampuan variabel bebas X untuk menjelaskan variasi dari variabel terikat Y. R^2 dapat dihitung dengan formula (2.17) berikut (Nachrowi dan Usman, hal 126, 2006):

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (2.17)$$

dimana: SSR merupakan *Sum of Squared Regression*, SST merupakan *Sum of Squared Total* (SST = SSR + SSE). $\overline{R^2}$ digunakan untuk memilih model terbaik dari 2 atau lebih persamaan yang memiliki variabel bebas lebih dari satu. $\overline{R^2}$ dapat dihitung dengan Persamaan (2.18) berikut (Nachrowi dan Usman, hal 127, 2006):

$$\overline{R^2} = 1 - \frac{\Sigma u_i^2 /(n-k)}{\Sigma\left(Y_i - \overline{Y}\right)/(n-1)} \quad (2.18)$$

dimana: k merupakan jumlah parameter model regresi termasuk *intercept*.

t-*Statistic* dan F-*Statistic* digunakan untuk menguji koefisien regresi. t-*statistic* digunakan untuk menguji koefisien regresi secara individu, termasuk *intercept*. F-*statistic* digunakan untuk menguji koefisien regresi secara bersamaan. t-*statistic* dapat dihitung dengan Persamaan (2.19) berikut (Nachrowi dan Usman, hal 19, 2006):

$$t = \frac{b_j}{s.e(b_j)} \tag{2.19}$$

dimana: b_j merupakan koefisien regresi dan $s.e(b_j)$ merupakan standard *error* koefisien regresi. F-*statistic* dihitung dengan Persamaan (2.20) berikut (Nachrowi dan Usman, hal 21, 2006):

$$F = \frac{R^2}{(1 - R^2)}\left(\frac{n - k - 1}{k}\right) \tag{2.20}$$

dimana: n merupakan jumlah data observasi dan k merupakan jumlah variabel bebas.

AIC juga digunakan untuk pemilihan model regresi terbaik. Bila membandingkan dua atau lebih model regresi linier, maka model yang terbaik adalah model yang memiliki nilai *AIC* terkecil. *AIC* dapat dihitung dengan Persamaan (2.21) berikut ini (Nachrowi dan Usman, hal 129, 2006):

$$\ln \mathrm{AIC} = \left(\frac{2\mathrm{k}}{\mathrm{n}}\right) + \ln\left(\frac{SSE}{n}\right) \tag{2.21}$$

dimana: k merupakan parameter dalam model termasuk *intercept*, n merupakan jumlah observasi dan SSE merupakan *Sum of Squared Error*.

SIC tidak berbeda dengan *AIC*, artinya model terbaik adalah model yang memiliki nilai *SIC* terkecil. *SIC* dapat dihitung dengan Persamaan (2.22) berikut ini (Nachrowi dan Usman, hal 130, 2006):

$$SIC = \left(\frac{k}{n}\right).\ln .n + \ln\left(\frac{SSE}{n}\right) \tag{2.22}$$

2.1.3.2 Estimasi Volatilitas

Volatilitas merupakan perubahan nilai *asset* pada periode waktu tertentu. Secara umum terdapat 2 jenis volatilitas, yaitu *variance* konstan (homoskedastik) dan *variance* yang berubah terhadap waktu (heteroskedastik). Pada data yang bersifat homoskedastik, maka dapat dipergunakan pendekatan standard deviasi normal untuk estimasi volatilitas.

Salah satu asumsi *OLS* yang harus terpenuhi agar *estimator* bersifat *BLUE* (*Best Linear Unbiased Estimation*) adalah *VaR*(u_i) = σ^2 atau konstan. Data heteroskedastik memiliki *variance* yang tidak konstan terhadap waktu, sehingga data heteroskedastik telah melanggar asumsi *OLS*. Terdapat beberapa pengujian yang dapat digunakan untuk mendeteksi heteroskedastik dan salah satunya yang akan digunakan pada karya akhir ini adalah *White's General Heteroskedasticity Test*. *White's General Heteroskedasticity test* akan dibahas lebih lanjut pada Bab 3.

Untuk melakukan estimasi pada data yang bersifat heteroskedastik, terdapat dua pendekatan estimasi volatilitas yang dapat digunakan yaitu *Exponentially Weighted Moving Average* (*EWMA*) dan *ARCH*/*GARCH*.

2.1.3.2.1 *Exponentially Weighted Moving Average* (*EWMA*)

Dalam melakukan estimasi volatilitas, pendekatan *EWMA* memasukkan bobot tertimbang menurut waktu ke dalam formula perhitungannya. Bobot tertimbang menurut waktu ini dapat disebut *decay factor*. *Variance EWMA* dapat dihitung dengan menggunakan formula berikut (Best, hal 70, 1998):

$$\sigma^2 = (1-\lambda)\sum_{t=1}^{n}\lambda^{(t-1)}\left(R_t - \overline{R}\right)^2 \qquad (2.23)$$

dimana: λ merupakan *decay factor*, t merupakan *time*, R_t merupakan *return* pada periode ke t dan $\overline{R}$ merupakan *mean* dari *return*. Data *return* yang termuda memiliki nilai t = 1.

Nilai λ yang digunakan dalam Persamaan (2.41) adalah λ yang optimum, maksudnya adalah λ yang memiliki nilai *Root Mean Square Error* (*RMSE*) yang terkecil. *Error* merupakan nilai selisih antara *actual variance* dengan *projected variance*. *Actual variance* dapat dihitung dengan Persamaan (2.24) berikut ini:

$$\text{Actual Variance} = \mathrm{R}_t^2 \tag{2.24}$$

Projected variance dapat dihitung dengan Persamaan (2.25) berikut:

$$\text{Projected Variance} = \lambda^{(t-1)}\left(R_t - \overline{R}\right)^2 \tag{2.25}$$

2.1.3.2.2 *ARCH/GARCH*

Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (*ARCH*) untuk pertama kali dikemukakan oleh Robert Engle. *ARCH* memiliki dua bentuk Persamaan yang meliputi *mean equation* dan *variance equation*. *Mean equation* merupakan model regresi linier yang memuat hubungan antara *dependent variable* denga *independent variable*. *Mean equation* model *ARCH* ditunjukkan pada Persamaan (2.26) di bawah ini (Nachrowi dan Usman, hal 420, 2006):

$$y_t = b_0 + b_1 x_{1t} + b_2 x_{2t} + e_t \tag{2.26}$$

dimana: b_0 merupakan *intercept*, b_1 merupakan koefisien *independent variable* x_{1t}, x_{1t} merupakan *independent variable*, b_2 merupakan koefisien *independent variable* x_{2t}, x_{2t} merupakan *independent variable* dan e_t merupakan *error* pada periode ke t. e_t mencerminkan *independent variable* lain yang tidak dimasukkan ke dalam *mean equation*, namun mempengaruhi *dependent variable* y_t. *variance equation* model *ARCH*(p) diperlihatkan pada Persamaan (2.27) berikut (Nachrowi dan Usman, hal 421, 2006):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i e_{t-1}^2 \tag{2.27}$$

dimana: α_0 merupakan *intercept*, α_i merupakan koefisien *independent variable* dan e_{t-1}^2 merupakan *independent variable*. Nilai σ_t^2 akan digunakan untuk perhitungan *VaR* yang terdapat pada Persamaan (2.3). Persamaan (2.27) menjelaskan bahwa σ_t^2 sangat dipengaruhi oleh kuadrat *error* pada satu periode sebelumnya.

Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (*GARCH*) memiliki bentuk *mean equation* yang sama dengan model *ARCH*. Perbedaan antara model *ARCH* dan model *GARCH* terletak pada *variance equation*. Pada model *GARCH variance* dipengaruhi oleh kuadrat *error* pada satu periode sebelumnya dan risiko atau *variance* pada satu periode sebelumnya. Model *variance equation GARCH* (p,q) dituliskan pada Persamaan (2.28) di bawah ini (Nachrowi dan Usman, hal 422, 2006):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i e_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^{q} \lambda_i \sigma_{t-1}^2 \tag{2.28}$$

dimana: λ_i merupakan koefisien *independent variable* dan σ_{t-1}^2 merupakan *independent variable*.

Pada model *GARCH* di atas, dimungkinkan terjadi bahwa σ_t^2 juga dipengaruhi oleh salah satu *regressor* yang terdapat pada *mean equation*. Hal ini mengakibatkan Persamaan (2.28) diubah menjadi (Nachrowi dan Usman, hal 423, 2006):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i e_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^{q} \lambda_i \sigma_{t-1}^2 + \gamma_1 x_{2t} \tag{2.29}$$

dimana: γ_1 merupakan koefisien *independent variable* dan x_{2t} merupakan *regressor*.

Apabila σ_t^2 tidak dipengaruhi oleh *regressor*, melainkan oleh *dummy variable* pada periode sebelumnya dengan lag 1 (d_{t-1}), maka Persamaan (2.29) diubah menjadi (Nachrowi dan Usman, hal 424, 2006):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i e_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^{q} \lambda_i \sigma_{t-1}^2 + \gamma_1 d_{t-1} \tag{2.30}$$

dimana: γ_1 merupakan koefisien *dummy variable* dan d_{t-1} merupakan *dummy variable*. d_{t-1}= 1, apabila $e_{t-1} < 0$. d_{t-1}= 0, apabila $e_{t-1} > 0$. *Dummy variable* berfungsi untuk memecah *error* dan umumnya digunakan untuk pemodelan data yang memiliki karakteristik musiman atau seasonal. Model yang dituliskan pada Persamaan (2.30) lebih dikenal sebagai *Threshold ARCH* (*TARCH*).

Model *ARCH*-M atau *ARCH* in *Mean* memunculkan σ_t^2 sebagai salah satu *independent variable* dalam *mean equation*. Perbedaan model *ARCH*-M dengan model *GARCH* terletak pada *mean equation*, dimana pada model *ARCH*-M memiliki tambahan *independent variable* berupa σ_t^2. Terdapat 2 jenis model *ARCH*-M, yang pertama adalah model *ARCH*-M yang memasukkan σ_t^2 dalam *mean equation* dan dituliskan pada Persamaan (2.31) berikut (Nachrowi dan Usman, hal 423, 2006):

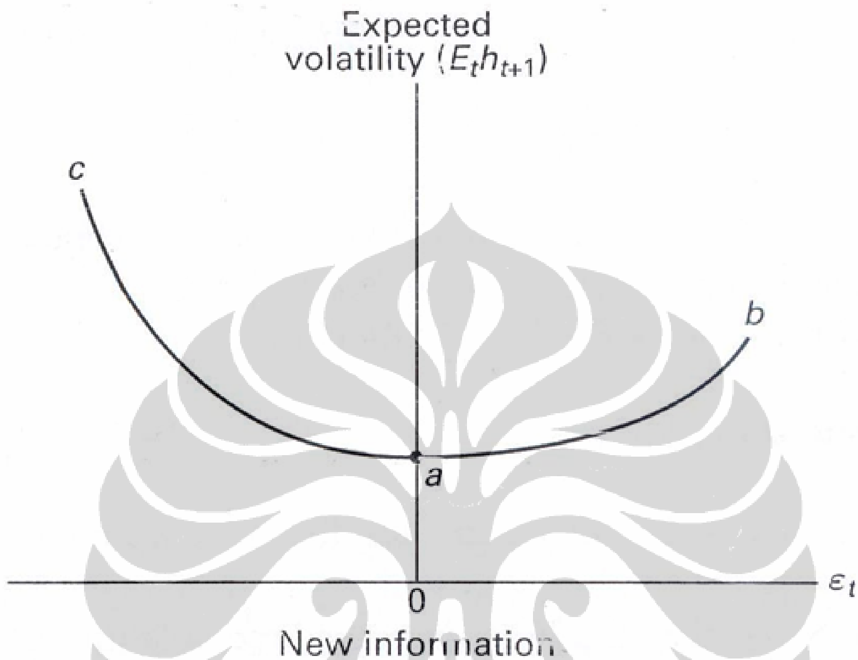
$$y_t = b_0 + b_1 x_{1t} + b_2 x_{2t} + b_3 \sigma_t^2 + e_t \tag{2.31}$$

Jenis yang kedua adalah model *ARCH*-M yang memasukkan σ_t dalam *mean equation* dan dituliskan dalam Persamaan (2.32) berikut (Nachrowi dan Usman, hal 423, 2006):

$$y_t = b_0 + b_1 x_{1t} + b_2 x_{2t} + b_3 \sigma_t + e_t \tag{2.32}$$

Walter Enders (2004) mengemukakan bahwa terdapat *negative correlation* antara *current return* dengan *future volatility*. Terdapat suatu kecenderungan bahwa *volatility* akan menurun ketika terjadi peningkatan *return* dan sebaliknya, *volatility* akan meningkat ketika terjadi penurunan *return*. Hal ini lebih popular disebut sebagai *leverage effect*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5. ε_t merupakan *new information*. Ketika $\varepsilon_t = 0$, maka *expected volatility* pada koordinat (0,a). Apabila muncul *good information*, maka *expected volatility* akan bergerak sepanjang kurva ab. Apabila muncul *bad information*, maka *expected volatility* akan bergerak sepanjang kurva ac. Dengan memperhatikan kurva ab dan ac, maka terlihat bahwa *negative information* memiliki dampak yang lebih besar pada *expected volatility* daripada *positive information*.

Gambar 2.3 ***Leverage Effect***



Sumber: Walter Enders (hal 142, 2004)

Exponential GARCH (*EGARCH*) merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk memodelkan data yang memiliki *asymmetric effect of news*. Nelson dalam Enders (hal 142, 2004) mengemukakan formula untuk menghitung *variance* dengan model *EGARCH* sebagai berikut:

$$\ln\left(\sigma_t^2\right) = \alpha_0 + \alpha_1\left(\frac{e_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right) + \lambda_1\left|\frac{e_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right| + \beta_1.\ln\left(\sigma_{t-1}^2\right) \qquad (2.33)$$

2.2 Penelitian Sebelumnya

Pada tahun 2006, penelitian dengan judul Pengukuran *Value at Risk* Risiko Nilai Tukar dengan Estimasi *EWMA* dan *GARCH* (Studi Kasus PT. Bank PQR) telah dilakukan oleh Trijatmiko, Fajar.

Penelitian tersebut dilakukan pada *portfolio* PT. Bank PQR untuk periode 1 Maret 2005 sampai dengan 1 Agustus 2006, dimana *portfolio* terdiri atas mata uang USD, EUR, JPY, SGD. Pada pemodelan *GARCH*, beliau menggunakan model *GARCH* (1,1) untuk keempat mata uang asing tersebut.

Pada penelitian tersebut diperlihatkan bahwa model *VaR single instrument* dengan estimasi volatilitas *EWMA* tidak valid sedangkan model *VaR single instrument* dengan estimasi volatilitas *GARCH* valid. Dengan demikian, estimasi volatilitas *GARCH* dipilih sebagai model terbaik untuk estimasi *variance portfolio*.

VaR yang dihasilkan untuk *portfolio* yang bernilai Rp 326.862.000.000,00 adalah sebesar Rp. 2.663.080.000,00. Pengetesan validasi model *VaR* menggunakan *Kupiec Test*. Pada penelitian tersebut juga diperlihatkan bahwa model *VaR portfolio* dapat dipakai sebagai model pengukuran risiko nilai tukar.

2.3 Sikap

Pada karya akhir ini akan diukur *foreign exchange risk* pada PT. Bank FDR yang didalam *portfolio* PT. Bank FDR terdapat 7 mata uang asing. Periode penelitian dimulai sejak 1 Januari 2005 sampai dengan 31 Januari 2007. *Portfolio* PT. Bank FDR terdiri atas mata uang USD, EURO, JPY, AUD, SGD, GBP dan HKD.

Pada karya akhir ini digunakan pendekatan *VaR* untuk mengukur *foreign exchange risk* PT. Bank FDR. Estimasi volatilitas digunakan pendekatan *EWMA* dan *ARCH/GARCH* karena kedua pendekatan tersebut merupakan pendekatan estimasi volatilitas untuk data *return* yang memiliki karakteristik heteroskedastik. Pada karya akhir ini akan dilakukan perbandingan *VaR single instrument* dengan estimasi volatilitas *EWMA* dan *ARCH*/*GARCH*.

Pada pemodelan *ARCH/GARCH* tidak hanya digunakan *GARCH* (1,1) untuk memodelkan data return masing-masing mata uang. Selain *GARCH* (1,1), pada karya akhir ini digunakan model *ARCH-M* dan *EGARCH*. Pengetesan validasi model *VaR* digunakan *Kupiec Test* baik untuk *VaR Single Instrument* maupun *VaR Portfolio*.