

**PENGUJIAN TARAF AKURASI MODEL-MODEL VOLATILITAS DALAM MENDUGA  
NILAI RISIKO OBLIGASI  
(Studi Kasus : Obligasi INDON 14)**

Oleh:  
Puguh Agung Nugroho

Pembimbing:  
Drs. Prasetyono, M.Si  
Drs. Wisnu Mawardi, MM

**ABSTRACT**

*A good forecasting model for a risk of bond is the model that was examined and has an accurate level of forecasting accuracy. There are four forecasting models examined in this research, namely the Standard Deviation, Simple Moving Average, Exponential Weighted Moving Average, and autoregressive conditional Heterocedasticity or Generalized autoregressive conditional Heterocedasticity. These models are widely used model in predicting a risk of bonds. This research is tell about a forecasting for a volatility of bond INDON 14 return in order to measuring of risk value in the future. As in previous research, this study found that only the GARCH model (2,1) that is able to predict the bond return Indon 14 accurately.*

*Keyword: forecasting models, bonds, risk, return, GARCH (2,1), accurate*

**ABSTRAKSI**

Model peramalan yang baik bagi suatu risiko obligasi adalah model yang memiliki taraf akurasi peramalan yang akurat. Terdapat empat model peramalan yang diujikan dalam penelitian ini, yaitu *Standard Deviation, Simple Moving Average, Exponential Weighted Moving Average, dan Autoregressive Conditional Heterocedasticity* atau *Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity*. Model-model tersebut merupakan model yang biasa digunakan untuk meramalkan risiko obligasi. Penelitian ini mengkaji mengenai peramalan bagi suatu volatilitas *return* obligasi INDON 14 dalam rangka mengukur nilai risiko dimasa yang akan datang. Seperti kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian terdahulu, dalam penelitian ini menemukan bahwa hanya model GARCH (2,1) yang mampu meramalkan *return* obligasi INDON 14 secara akurat.

*Keyword: model peramalan, obligasi, risiko, return, GARCH (2,1), akurat*

**BAB I  
PENDAHULUAN**

**1.1. Latar Belakang Penelitian**

Masa depan adalah kondisi yang menjadi tantangan oleh sebagian pihak untuk dapat meramalkannya. Hal itu menjadi perhatian karena keingintahuan manusia mengenai masa depan yang tidak pasti dan tidak mudah untuk diketahui. Dalam dunia ekonomi, keuangan dan investasi hal-hal yang menjadi perhatian mengenai suatu nilai di masa yang akan datang adalah volatilitas harga saham, suku bunga, nilai tukar, eksposur kredit, risiko operasional, serta peristiwa sistemik dengan dampak yang

mayoritas terhadap kondisi keuangan. Namun, saat ini risiko keuangan yang timbul dari ketidakpastian sudah mulai diperhatikan dengan berkembangnya berbagai model-model matematis. Model-model ini tumbuh untuk menduga suatu nilai yang ingin diketahui.

Menurut Reto Gallati (2003), risiko didefinisikan sebagai kondisi yang di dalamnya mengandung eksposur yang mungkin merugikan. John Mcmanus (2004) memiliki pendekatan lain dengan membandingkan kesimpulan yang telah dilakukan oleh Wieggers (1998) dan Gultch (1994) yaitu walaupun terdapat perbedaan dalam konteks, apa yang didefinisikan memiliki kesamaan yaitu ketidakpastian, kegagalan, dan

kemalangan yang dapat memicu malapetaka dan kerugian.

Reto Gallati (2003) dan John Mcmanus (2004) semakin memperjelas kaitan antara keingintahuan, harapan, masa depan, risiko dan dampak yang akan ditimbulkannya.

Banyak bentuk investasi yang dapat diambil oleh para investor. Terdapat dua macam jenis aset, yaitu aset riil dan aset finansial. Aset riil adalah aset yang memiliki wujud, seperti tanah, rumah, emas, dan logam mulia lainnya. Sedangkan, aset finansial merupakan aset yang wujudnya tidak terlihat, tetapi tetap memiliki nilai yang tinggi. Umumnya aset finansial terdapat di dunia perbankan dan juga di pasar modal, yang di Indonesia dikenal dengan Bursa Efek Indonesia. Beberapa contoh dari aset finansial adalah instrumen pasar uang, saham, reksa dana dan obligasi. (<http://danareksaonline.com/PerencanaanKeuangan/JenisInvestasi/tabid/146/language/id-ID/Default.aspx>)

Beberapa aset finansial memiliki kelebihan dan kelemahan yang melekat pada masing-masing instrumen. Namun obligasi adalah instrumen investasi yang memiliki sifat berbeda. Obligasi menawarkan beberapa keuntungan menarik, diantaranya adalah memberikan pendapatan tetap (*fixed income*) berupa kupon dan keuntungan atas penjualan obligasi (*capital gain*).

Risiko yang melekat pada obligasi adalah risiko pasar berupa pengaruh suku bunga dan nilai tukar terhadap volatilitas harga obligasi. Harga obligasi menjadi perhatian seorang investor karena mampu memberikan keuntungan berupa *capital gain* yang diterima dari transaksi penjualan obligasi kepada investor yang lain atau pasar. Namun seorang investor juga dapat menghadapi kerugian bilamana harga obligasi yang dijual berada dibawah harga pembelian (*bid price*). Harga obligasi adalah bersifat fluktuatif. Fluktuasi harga tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya perubahan suku bunga dan nilai tukar. Ketidakpastian harga obligasi yang berdampak kepada besaran *capital gain* merupakan masalah yang menarik untuk dibahas.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 16 tahun 2009 definisi adalah surat utang dan surat utang negara, yang berjangka waktu lebih dari 12

(dua belas) bulan. Sedangkan Geoff Chaplin (2005) dan Fabozzi (2000) menjelaskan bahwa obligasi adalah sertifikat hutang yang diterbitkan oleh pemerintah atau korporasi dengan janji untuk membayarkan kembali sejumlah nilai pokok beserta bunga pada suatu periode-periode yang telah ditentukan.

Pengukuran risiko adalah hal penting sebagai kerangka kerja mengelola risiko. Sebelum investor merencanakan pengendalian risiko maka ukuran risiko harus ditetapkan. Salah satu aspek penting dalam melakukan analisis risiko keuangan adalah perhitungan nilai risiko yang disebut dengan nama *Value at Risk (VaR)*.

*VaR* adalah metode untuk mengukur potensi kerugian pada saat kondisi pasar normal, pada kurun waktu  $t$  dan tingkat kepercayaan tertentu,  $\alpha$  (*alpha*). Dalam hal ini, tingkat kepercayaan harus dapat merefleksikan probabilitas baku suatu horizon waktu investasi. Kurun waktu perhitungan risiko seharusnya memperhatikan periode likuidisasi dari aset ber-risiko dan waktu *recovery* dari proses-proses berisiko yang terhitung gagal. Menurut Philip Best (1999), Kevin Dowd (2005) dan Carol Alexander (2008), *VaR* adalah maksimum kerugian yang mungkin terjadi dari suatu portofolio pada waktu atau periode tertentu, pada tingkat kepercayaan yang diberikan.

Model volatilitas merupakan komponen pembentuk dalam perhitungan *Value at Risk*. Terdapat berbagai cara dalam mengukur volatilitas, masing-masing memiliki karakter berbeda yang berdampak terhadap taraf akurasi pendugaan. Menurut Jogianto (2003), volatilitas didefinisikan sebagai fluktuasi dari *return-return* suatu sekuritas atau portofolio dalam suatu periode tertentu. Model-model volatilitas yang biasa digunakan, menurut Philip Best (1999) adalah :

1. *Standard Deviation (SD)* atau simpangan baku
2. *Simple Moving Average (SMA)* atau rata-rata bergerak
3. *Exponential Weighted Moving Average (EWMA)*
4. *Autoregressive Conditional Heterocedasticity (ARCH)* atau *Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity (GARCH)*

Pierre Giot dan Sebastien Laurent (2003) menemukan bahwa model *ARCH* memiliki taraf

akurasi peramalan yang akurat bagi *Value at Risk*. J.J. Dias Curto, Elizabeth Reiz dan Jose Paulo Esperanca (2005) mengemukakan bahwa model pengembangan dari *GARCH* berupa *EGARCH* adalah model terbaik yang menggambarkan volatilitas *return* di tiga pasar modal yang menjadi obyek penelitiannya. Dimitris Bertsimas, Geoffrey J Lauprete dan Alexander Samarov (2003) mengatakan bahwa model *standard deviation* kurang mampu menduga sebagai *estimator* ukuran risiko ketika sebaran *return* berupa kuadrat dan elips. Hal ini disebabkan oleh asumsi model adalah normal. Louis H. Ederington dan Wei Guan (2004) mengatakan bahwa secara umum model *GARCH (1,1)* menghasilkan pendugaan yang lebih baik dari pada *standard deviation* dan *EWMA*. Dan Gloria Gonzales-Rivera, Tae Hwy Lee dan Santosh Mishra (2003) menjelaskan bahwa *GARCH* adalah model volatilitas yang akurat dalam memprediksi secara konsisten, namun *EWMA* dan *Simple Moving Average* masih memiliki kecukupan untuk melakukan pendugaan walaupun tidak sebaik model *GARCH*.

Penelitian ini selanjutnya berupaya mengetahui apakah model-model volatilitas seperti *Standard Deviation*, *Simple Moving Average*, *Exponential Weighted Moving Average* dan *Autoregressive Conditional Heterocedasticity/Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity* adalah model terbaik yang dapat menduga ukuran suatu risiko secara akurat?

### 1.2. Perumusan Masalah

Pertanyaan penelitian yang timbul pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah antar model volatilitas memiliki taraf akurasi peramalan yang sama?
2. Apakah model *Standard Deviation (SD)* dapat menduga *return* obligasi secara akurat?
3. Apakah model *Simple Moving Average (SMA)* dapat menduga *return* obligasi secara akurat?
4. Apakah model *Exponential Weighted Moving Average (EWMA)* dapat menduga *return* obligasi secara akurat?
5. Apakah model *Autoregressive Conditional Heterocedasticity (ARCH)* atau *Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity*

(*GARCH*) dapat menduga *return* obligasi secara akurat?

### 1.3. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Menganalisis kesamaan taraf akurasi model *SD*, *SMA*, *EWMA*, dan *ARCH* atau *GARCH* dalam menduga *return* obligasi.
2. Menganalisis taraf akurasi model *Standard Deviation (SD)* dalam menduga *return* obligasi.
3. Menganalisis taraf akurasi model *Simple Moving Average (SMA)* dalam menduga *return* obligasi.
4. Menganalisis taraf akurasi model *Exponential Weighted Moving Average (EWMA)* dalam menduga *return* obligasi.
5. Menganalisis taraf akurasi model *Autoregressive Conditional Heterocedasticity (ARCH)* atau *Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity (GARCH)* dalam menduga *return* obligasi.

Kegunaan penelitian ini adalah :

1. Memberikan sumbangan pemikiran dan informasi bagi investor dan pihak terkait kegiatan investasi khususnya berkaitan dengan produk obligasi melalui pemanfaatan model yang tepat sebagai usaha untuk mengendalikan risiko dimasa yang akan datang. Sehingga investor dapat membuat keputusan secara cepat, tepat dan akurat sebelum potensi kerugian terjadi.
2. Bagi ilmu pengetahuan, dapat diketahui model volatilitas yang akurat yang digunakan untuk meramalkan suatu potensi risiko kerugian dimasa yang akan datang. Sehingga model tersebut dapat dikembangkan lagi menjadi turunan-turunan model atau varian baru yang mampu menduga suatu nilai dimasa yang akan datang berdasarkan data deret waktu dari berbagai macam kondisi, asumsi serta jenis produk investasi.

## BAB II

### TELAAH PUSTAKA DAN PENGEMBANGAN MODEL PENELITIAN

#### 2.1. Telaah Pustaka

##### 2.1.1. Investasi

Investasi adalah suatu kegiatan menyalurkan dana dengan mengharapkan keuntungan di masa

yang akan datang. Investasi dapat berkaitan dengan berbagai macam aktivitas yaitu menginvestasikan sejumlah dana pada aset riil seperti tanah, emas, mesin atau bangunan, maupun pada aset finansial yang berupa deposito, saham atau obligasi. Aset finansial adalah klaim berbentuk surat berharga atas sejumlah aset-aset pihak penerbit surat berharga tersebut. Pihak-pihak yang melakukan kegiatan investasi biasa disebut investor.

Macam-Macam bentuk investasi :

1. Investasi pada aset riil (Real Assets) misalnya : tanah, emas, mesin, bangunan dan lain-lain.
2. Investasi pada aset finansial (financial assets):
  - a. Investasi di pasar uang : deposito, sertifikat BI, dan lain-lain.
  - b. Investasi di pasar modal : saham, obligasi, opsi, warrant dan lain-lain.

Tujuan dari suatu investasi adalah meningkatkan kesejahteraan investor (kesejahteraan moneter).

Sedangkan sumber dana untuk investasi adalah :

1. Asset yang dimiliki saat ini
2. Pinjaman dari pihak lain
3. Tabungan

Dasar keputusan investasi adalah :

1. Tingkat keuntungan investasi yang berupa :
  - a. *Expected return*
  - b. *Realized return*
2. Risiko : kemungkinan return aktual berbeda dengan return yang diharapkan
  - a. Risiko sistematis (*systematic risk*) atau risiko pasar (*general risk*)
  - b. Risiko tidak sistematis (*unsystematic risk*) atau risiko perusahaan (risiko spesifik)

### 2.1.2. Obligasi

Mengutip dari situs jejaring bursa efek Indonesia ([www.idx.co.id/MainMenu/Education/WhatisBond/tabid/89/lang/id-ID/language/id-ID/Default.aspx](http://www.idx.co.id/MainMenu/Education/WhatisBond/tabid/89/lang/id-ID/language/id-ID/Default.aspx), yang diakses pada tanggal 17 Januari 2010) menjelaskan bahwa obligasi adalah suatu istilah yang dipergunakan dalam dunia keuangan yang merupakan suatu pernyataan utang dari penerbit obligasi kepada pemegang obligasi beserta janji untuk membayar kembali pokok utang beserta kupon bunganya kelak pada saat tanggal jatuh tempo pembayaran. Ketentuan

lain dapat juga dicantumkan dalam obligasi tersebut seperti misalnya identitas pemegang obligasi, pembatasan-pembatasan atas tindakan hukum yang dilakukan oleh penerbit. Obligasi pada umumnya diterbitkan untuk suatu jangka waktu tetap diatas 10 tahun.

Bursa Efek Indonesia ([www.idx.co.id/MainMenu/Education/WhatisBond/tabid/89/lang/id-ID/language/id-ID/Default.aspx](http://www.idx.co.id/MainMenu/Education/WhatisBond/tabid/89/lang/id-ID/language/id-ID/Default.aspx), yang diakses pada tanggal 17 Januari 2010) membagi obligasi menurut jenisnya, yaitu :

1. Dilihat dari sisi penerbit :
  - a. *Corporate Bonds*
  - b. *Government Bonds*
2. *Municipal Bond*
3. Dilihat dari sistem pembayaran :
  - a. *Zero Coupon Bonds*
  - b. *Coupon Bonds*
  - c. *Fixed Coupon Bonds*
  - d. *Floating Coupon Bonds*
4. Dilihat dari hak penukaran / opsi :
  - a. *Convertible Bonds*
  - b. *Exchangeable Bonds*
  - c. *Callable Bonds*
  - d. *Putable Bonds*
5. Dilihat dari segi jaminan atau kolateralnya :
  - a. *Secured Bonds*
  - b. *Guaranteed Bonds*
  - c. *Mortgage Bonds*
  - d. *Collateral Trust Bonds*
  - e. *Unsecured Bonds*
6. Dilihat dari segi nilai nominal
  - a. *Conventional Bonds*
  - b. *Retail Bonds*
7. Dilihat dari segi perhitungan imbal hasil :
  - a. *Conventional Bonds*
  - b. *Syariah Bonds*
8. Karakteristik Obligasi :
  - a. Nilai Nominal (*Face Value*) adalah nilai pokok dari suatu obligasi yang akan diterima oleh pemegang obligasi pada saat obligasi tersebut jatuh tempo.
  - b. Kupon (*the Interest Rate*) adalah nilai bunga yang diterima pemegang obligasi secara berkala (kelaziman pembayaran kupon obligasi adalah setiap 3 atau 6 bulanan) Kupon obligasi dinyatakan dalam annual prosentase.
  - c. Jatuh Tempo (*Maturity*) adalah tanggal dimana pemegang obligasi akan

mendapatkan pembayaran kembali pokok atau Nilai Nominal obligasi yang dimilikinya.

d. Penerbit / Emiten (*Issuer*)

9. Harga Valuasi Obligasi :

Berbeda dengan harga saham yang dinyatakan dalam bentuk mata uang, harga obligasi dinyatakan dalam persentase (%), yaitu persentase dari nilai nominal.

Ada 3 (tiga) kemungkinan harga pasar dari obligasi yang ditawarkan, yaitu:

- Par (nilai Pari) : Harga Obligasi sama dengan nilai nominal.
- At premium* (dengan Premi) : Harga Obligasi lebih besar dari nilai nominal.
- At discount* (dengan Discount) : Harga Obligasi lebih kecil dari nilai nominal.

10. Yield Obligasi :

Pendapatan atau imbal hasil atau return yang akan diperoleh dari investasi obligasi dinyatakan sebagai yield, yaitu hasil yang akan diperoleh investor apabila menempatkan dananya untuk dibelikan obligasi.

Ada 2 (dua) istilah dalam penentuan yield yaitu *current yield* dan *yield to maturity*.

- Current yield* adalah yield yang dihitung berdasarkan jumlah kupon yang diterima selama satu tahun terhadap harga obligasi tersebut.

$$\text{Current Yield} = \frac{\text{bunga tahunan}}{\text{harga obligasi}}$$

- Sementara itu *Yield to Maturity* (YTM) adalah tingkat pengembalian atau pendapatan yang akan diperoleh investor apabila memiliki obligasi sampai jatuh tempo. Formula YTM yang seringkali digunakan oleh para pelaku adalah YTM approximation atau pendekatan nilai YTM, sebagai berikut:

$$\text{c. } \text{YTM approximation} = \frac{C + \frac{R - P}{n}}{\frac{R + P}{2}} \times 100\%$$

Keterangan:

- C = kupon
- n = periode waktu yang tersisa (tahun)
- R = *redemption value*
- P = harga pembelian (*purchase value*)

**2.1.3. Manajemen Risiko**

Secara ringkas manajemen risiko dilakukan melalui proses-proses sebagai berikut :

1. Identifikasi risiko

Identifikasi risiko dilakukan untuk mengidentifikasi risiko-risiko apa saja yang dihadapi oleh suatu perusahaan.

2. Evaluasi dan pengukuran risiko

Langkah berikutnya adalah mengukur risiko tersebut dan mengevaluasi risiko tersebut. Tujuan evaluasi risiko adalah untuk memahami karakteristik risiko dengan lebih baik.

3. Pengelolaan Risiko

Setelah analisis dan evaluasi risiko dilakukan, langkah selanjutnya adalah mengelola risiko. Risiko harus dikelola karena jika seandainya suatu perusahaan gagal mengelola risiko, konsekuensinya adalah perusahaan bisa mengalami kerugian yang cukup besar. Risiko bisa dikelola dengan berbagai cara, seperti :

- Penghindaran
- Ditahan (*retention*)
- Diversifikasi
- Transfer Risiko

**2.1.4. Proses Perkembangan VaR**

*RiskMetric Group* (1999) yang dipimpin oleh Stephen G. Thieke saat itu dalam bukunya yang berjudul *Risk Management a Practical Guide* menjelaskan bahwa *Value at Risk* (VaR) dirintis oleh sebagian besar bank di Amerika Serikat pada tahun 1980an, sebagai pengembangan konsep bagi pasar derivatif. Penciptaan derivatif mempresentasikan suatu tantangan baru bagi manajemen risiko karena pengukuran eksposur secara tradisional jelas tidak cukup. Dengan *VaR*, bank-bank telah mengembangkan suatu pengukuran kerugian ekonomi yang mengukur risiko antar produk dan risiko secara agregat dalam basis portofolio.

**2.1.5. Value at Risk (VaR)**

Menurut Philip Best (1999), Kevin Dowd (2005) dan Carol Alexander (2008), *VaR* adalah maksimum besaran uang yang mungkin hilang dari suatu portofolio pada suatu waktu atau periode tertentu, pada tingkat kepercayaan yang diberikan.

Menurut Moorad Choudhry (2006) terdapat 4 langkah dalam menghitung *VaR*:

- Menentukan horizon waktu pendugaan.

2. Memilih tingkat kepercayaan yang diharapkan.
3. Menentukan model volatilitas dan menghitung dugaan eksposur kerugian.
4. Perhitungan Value at Risk:  
 $VaR = \text{volatilitas eksposur} \times \text{peluang} \times \sqrt{\text{hari}}$  Ko  
 mponen eksposur adalah besar simpangan *return* investasi dengan menggunakan model volatilitas peramalan tertentu.

### 2.1.6. Model Volatilitas

Seperti yang dijelaskan pada bab latar belakang, bahwa model-model volatilitas yang biasa digunakan untuk menghitung *Value at Risk*, menurut Philip Best (1999) adalah :

1. *Standard Deviation (SD) atau simpangan baku*
2. *Simple Moving Average (SMA)*
3. *Exponential Weighted Moving Average (EWMA)*
4. *Autoregressive Conditional Heterocedasticity (ARCH) atau Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity (GARCH)*

#### 2.1.6.1. Standar Deviation (SD) atau Simpangan Baku

Simpangan baku yang mengukur nilai volatilitas merupakan sebuah metode yang lebih berhubungan secara langsung dengan sebaran normal. Simpangan baku mengukur simpangan dari sebuah sebaran.

Persamaan simpangan baku dapat juga ditulis :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \mu)^2}{n}}$$

Untuk keseluruhan populasi, atau

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \mu)^2}{n - 1}}$$

Untuk sekumpulan contoh dari keseluruhan populasi.

dimana :  $\mu$  = nilai rata-rata suatu rangkaian data  
 $n$  = jumlah hari yang diukur

#### 2.1.6.2. Simple Moving Average (SMA)

*Moving average* atau rata-rata bergerak yang mengukur suatu volatilitas adalah sama dengan simpangan baku bila nilai rata-rata diasumsikan nol dan data amatan merupakan suatu populasi. Bila diberikan rata-rata serangkaian data harga akan

ditutup pada nilai nol, *moving average* akan memberikan jawaban yang sama dengan simpangan baku dan bertindak dengan cara yang serupa. Persamaan *moving average* perhitungan volatilitas adalah :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=n}^{t=1} (X_t)^2}{n}}$$

dimana :  $X_t$  = persentase perubahan harga secara harian,  $t$  ( $t = 1$  adalah perubahan harga dari 1 hari sebelumnya,  $t = 2$  adalah perubahan harga dari 2 hari sebelumnya, dan seterusnya)  
 $n$  = jumlah hari yang diukur

#### 2.1.6.3. Exponential Weighted Moving Average (EWMA)

Pendekatan *EWMA* berasumsi bahwa proyeksi pada hari ini akan dipengaruhi oleh hasil proyeksi dan aktual pada hari sebelumnya. Inti *EWMA* adalah diterapkannya *exponential-smoothing techniques*, dan pada mulanya digunakan untuk memprediksi *output* dalam bidang pemasaran dan produksi (*operations research*).

Dalam *EWMA*, observasi yang diestimasi berikutnya dalam suatu *time-series* ( $F_{t+1}$ ) adalah fungsi dari *forecast* sebelumnya ( $F_t$ ) dan observasi ( $X_t$ ) pada waktu " $t$ ". Model ini telah digunakan oleh JP Morgan dengan mengasumsikan *mean* dari *historical series* dianggap 0, sehingga hanya memproyeksikan *variance*. Secara matematis proses *EWMA* dapat dijabarkan dalam persamaan berikut :

$$F_{t+1} = \alpha F_{t-1} + (1-\alpha)X_t \rightarrow (1-\alpha) = \rho$$

$$F_{t+1} = \alpha(\alpha F_{t-2} + \rho X_{t-1}) + \rho X_t$$

$$F_{t+1} = \alpha^2 F_{t-2} + \alpha \rho X_{t-1} + \rho X_t$$

$$F_{t+1} = \alpha^2(\alpha F_{t-3} + \rho X_{t-2}) + \alpha \rho X_{t-1} + \rho X_t$$

$$F_{t+1} = \alpha^3 F_{t-3} + \alpha^2 \rho X_{t-2} + \alpha \rho X_{t-1} + \rho X_t$$

$$F_{t+1} = \alpha^q \rho X_{t-q} + \alpha^{q-1} \rho X_{t-(q-1)} + \dots + \alpha^3 \rho X_{t-3} + \alpha^2 \rho X_{t-2} + \alpha \rho X_{t-1} + \rho X_t$$

$$F_{t+1} = \rho \sum_{i=0}^q \alpha^i X_{t-i}$$

dimana :

$\alpha$  = faktor decay, dengan constraint  $0 < \alpha < 1$ .

$F_{t+1}$  = forecast dari varians pada waktu " $t+1$ ".

$X_t$  = observasi (mis. varians sampel) pada waktu " $t$ ".

Dalam model *EWMA*, dimana pembobotannya seimbang dari waktu ke waktu: hal ini berarti bahwa  $\alpha_{i+1} / \alpha_i = \lambda$ , dimana  $\lambda$  diasumsikan konstan antara 0 dan 1.

Sehingga persamaan model peramalan volatilitasnya menjadi:

$$\sigma_t^2 \approx (1 - \lambda) \sum_{i=1}^n \lambda^{i-1} x_{t-i}^2$$

Parameter  $\lambda$  pada model *EWMA* dapat diduga dengan metode RiskMetrics (Morgan,1994). Nilai optimum dari  $\lambda$  dapat diperoleh dengan meminimumkan fungsi  $E(\lambda)$ , di mana

$$E(\lambda) = \sum_{t=1}^j (\varepsilon_{t-1}^2 - \hat{\sigma}_t^2)$$

Salah satu perbedaan antara model *GARCH* dengan *EWMA* adalah pada proses pendugaan parameternya. Jika pada model *GARCH* parameter-parameter diestimasi dengan menyelesaikan turunan dari log-fungsi kemungkinan sedangkan pada model *EWMA* dengan cara meminimumkan  $E(\lambda)$ .

J.P Morgan (2001) telah melakukan perhitungan untuk mendapatkan bobot pemulusan yang optimal yaitu sebesar 0,94.

#### 2.1.6.4. Autoregressive Conditional Heterokedastic (ARCH)

*ARCH* digunakan untuk meramalkan risiko return harian. Dimana modelnya dapat digambarkan sebagai berikut :

$$X_t = \sigma_t Z_t,$$

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

Dimana  $\alpha_0 > 0$  dan  $\alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, p$

Pada dasarnya model *ARCH* adalah terjadinya autoregresi antara data pengamatan ke  $t$  dengan periode sebelumnya, dan juga terjadinya perubahan variansnya dari waktu ke waktu. Secara sederhana dapat kita katakan bahwa volatilitas berdasarkan model *ARCH* ( $p$ ) mengasumsikan bahwa variansi data fluktuasi dipengaruhi oleh sejumlah  $p$  data fluktuasi sebelumnya. Sebagai contoh, volatilitas dengan *ARCH* (7) berarti variansi data fluktuasi dipengaruhi oleh tujuh data fluktuasi sebelumnya.

Karena varians *error* ( $s^2$ ) tidak selalu konstan, Engle (1982) menyempurnakan dengan proses *variance*, yakni konsep *forecasting* yang mengakomodir perubahan varians *error*. Model ini disebut *Auto Regressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH)*. Dengan varians yang tak konstan, *forecasting* menjadi:

$$\varepsilon_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}^2 + v_t$$

di mana  $v_t = \text{white noise (zero mean)}$

#### 2.1.6.5. Generalised Autoregressive Conditional Heterokedastic (GARCH)

Metode *GARCH* diaplikasikan melalui 2 proses : proses *mean* dan proses *variance*. Proses *mean* pertama kali dikemukakan oleh Box-Jenkin (1976) dengan melakukan analisa *time series* dengan kombinasi *autoregressive* (AR) dan *moving average* (MA). Metode ini kemudian diintegrasikan menjadi *ARMA* untuk mendapatkan *time series* yang stasioner.

Bollerslev (1986) menyempurnakan hasil kerja Engle dengan memasukkan proses *AR* dalam *heteroscedasticity* dari varians ke dalam *Generalised Auto Regressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH)* yang dijabarkan dalam persamaan:

$$\sigma_t^2 = v_t^2 \left( \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum \beta_i \sigma_{t-i}^2 \right)$$

Dalam melakukan analisis *GARCH* terdiri dari beberapa langkah, sebagai berikut:

1. Langkah pertama dengan melakukan analisis data dengan menggunakan metode *ARMA* untuk mengetahui apakah ada korelasi serial didalam data atau tidak. Model *ARMA* seharusnya tidak boleh terjadi korelasi residual didalam data yang berarti nilainya harus mendekati 0.
2. Kemudian kita menguji apakah terjadi heteroskedasitas atau tidak, dan ada beberapa tes yang bisa digunakan seperti *Box-Pierce tests*, *Ljung-Box tests*, dan lain-lain
3. Suatu metode statistik yang sesuai yang bisa digunakan jika terjadi heteroskedasitas adalah dengan menggunakan *GARCH*.
4. langkah keempat adalah dengan melakukan uji koefisien autokorelasi parsialnya, hal ini ditujukan untuk mengetahui model *GARCH* yang lebih spesifik. Ini merupakan suatu

proses yang normal. kemudian kita menaksir parameter dengan menggunakan teori kemungkinan maksimum.

5. langkah yang terakhir adalah memeriksa apakah model *GARCH* yang digunakan telah sesuai.

### 2.1.7. Analisis Gerombol

Analisis gerombol merupakan salah satu analisis multivariat untuk mengklasifikasikan obyek kedalam kelompok yang menjadi kemiripan karakteristik tertentu (kelompok yang relatif homogen yang disebut gerombol) berdasarkan suatu kelompok variabel yang dipertimbangkan untuk diteliti, yang dapat dibedakan dengan kelompok obyek lainnya.

Ada berbagai macam ukuran jarak yang dipakai sebagai ukuran simiaritas yang mempunyai sifat tersendiri. Xinbo Gao (2004) menjelaskan beberapa ukuran yang menggambarkan jarak antara individu ke-*i* dan ke-*j* yang umum dipakai dan ukuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Euclidean Distance*. *Euclidean Distance* merupakan *Mincowski distance* dengan  $r = 2$ , digunakan untuk mendeteksi struktur *hyperspherical* dengan bentuk O dalam ruang dimensi. Ukuran jarak ini adalah akar dari jumlah kuadrat perbedaan atau deviasi di dalam nilai untuk setiap variabel.

$$d_{ij} = \left\{ \sum_{k=1}^p [x_{ik} - x_{jk}]^2 \right\}^{1/2}$$

dimana  $d_{ij} \geq 0$ ,  $d_{11} = 0$ ,  $d_{ij} = d_{ji}$ ,

$$d_{ij} \leq [d_{ik} + d_{kj}]$$

Ukuran jarak ini dapat digunakan untuk semua metode penggerombolan kecuali *centroid linkage* dan *wards linkage*. Adapun untuk metode gerombol *centroid linkage* dan *wards linkage* ukuran jarak yang digunakan *squared euclidean distance*, yang dirumuskan dengan :

$$d_{ij} = \left\{ \sum_{k=1}^p [x_{ik} - x_{jk}]^2 \right\}$$

Setelah langkah pengukuran kemiripan dilakukan, langkah berikutnya memilih metode gerombol yaitu metode hirarki dan metode nonhirarki. Pada penelitian ini menggunakan metode hirarki.

Metode gerombol hirarki adalah metode gerombol secara bertahap. Hasil dari analisis ini dapat ditunjukkan dengan tampilan diagram dua dimensi yang biasa disebut dengan dendogram.

### 2.2. Hipotesis

Hipotesis alternatif pada penelitian ini adalah :

- H<sub>1</sub> : terdapat model (*SD*, *SMA*, *EWMA*, dan atau *ARCH/GARCH*) yang memiliki nilai tengah simpangan peramalan yang tidak sama
- H<sub>2</sub> : terdapat bukti bahwa nilai tengah antara *return* dengan nilai dugaan model *SD* adalah tidak sama
- H<sub>3</sub> : terdapat bukti bahwa nilai tengah antara *return* dengan nilai dugaan model *SMA* adalah tidak sama
- H<sub>4</sub> : terdapat bukti bahwa nilai tengah antara *return* dengan nilai dugaan model *EWMA* adalah tidak sama
- H<sub>5</sub> : terdapat bukti bahwa nilai tengah antara *return* dengan nilai dugaan model *ARCH/GARCH* adalah tidak sama

### 2.3. Posisi Penelitian Dibandingkan Dengan Penelitian Terdahulu

Guna melengkapi tinjauan teoritis yang telah disampaikan maka hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan taraf akurasi pendugaan nilai risiko perlu disampaikan untuk memperkuat kerangka pemikiran teoritis.

Penelitian tersebut diantaranya adalah Pierre Giot dan Sebastien Laurent (2003) menemukan bahwa model *ARCH* memiliki taraf akurasi peramalan yang akurat bagi *Value at Risk*. J.J. Dias Curto, Elizabeth Reiz dan Jose Paulo Esperanca (2005) mengemukakan bahwa model pengembangan dari *GARCH* berupa *EGARCH* adalah model terbaik yang menggambarkan volatilitas *return* di tiga pasar modal yang menjadi obyek penelitiannya. Dimitris Bertsimas, Geoffrey J Lauprete dan Alexander Samarov (2003) mengatakan bahwa model *standard deviation* kurang mampu menduga sebagai *estimator* ukuran risiko ketika sebaran *return* berupa kuadrat dan elips. Hal ini disebabkan oleh asumsi model adalah normal. Louis H. Ederington dan Wei Guan (2004) mengatakan bahwa secara umum model *GARCH (1,1)* menghasilkan pendugaan yang lebih baik dari pada *standard deviation* dan *EWMA*. Dan Gloria



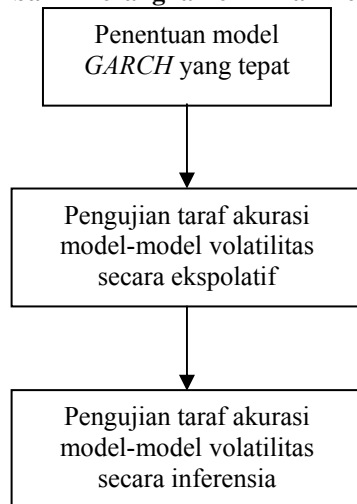
Gonzales-Rivera, Tae Hwy Lee dan Santosh Mishra (2003) menjelaskan bahwa *GARCH* adalah model volatilitas yang akurat dalam memprediksi secara konsisten, namun *EWMA* dan *Simple Moving Average* masih memiliki kecukupan untuk melakukan pendugaan walaupun tidak sebaik model *GARCH*.

Penelitian ini bermaksud merangkum penelitian-penelitian terdahulu dan menganalisis untuk menemukan model volatilitas yang akurat dari model-model seperti *standard deviation*, *simple moving average*, *exponential weighted moving average* dan *autoregressive conditional heterocedasticity/generalized autoregressive conditional heterocedasticity*. Sehingga diharapkan memperoleh rekomendasi untuk mengukur nilai suatu risiko. Berikut adalah ringkasan posisi penelitian dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu.

#### 2.4. Kerangka Pemikiran Teoritis

Konsep yang digunakan untuk memberikan gambaran secara garis besar pada penelitian ini berupa alur pikir atau kerangka pemikiran adalah sebagai berikut :

**Gambar 1 Kerangka Pemikiran Teoritis**



Pada kerangka pemikiran teoritis di atas memperlihatkan bahwa untuk menentukan model volatilitas yang dapat meramalkan *return* obligasi secara akurat perlu dilakukan sebanyak 3 tahap, yaitu menentukan model *GARCH* yang tepat, pengujian taraf akurasi model-model volatilitas secara eksploratif, dan pengujian taraf akurasi model-model volatilitas secara inferensia. Model *GARCH* perlu ditentukan terlebih dahulu di awal

penelitian. Hal ini dilakukan karena parameter model *GARCH* belum tersedia dan membutuhkan teknik perhitungan tertentu. Hal ini berbeda dengan model-model volatilitas yang lain, dimana besar parameter model telah diketahui. Sebelum dilakukan tahap penelitian berikutnya nilai peramalan dicari dengan menggunakan aplikasi *Value at Risk Calculation*<sup>1</sup>. Tahap selanjutnya penelitian ini menguji taraf akurasi model-model volatilitas secara eksploratif. Pengujian secara eksploratif dilakukan untuk mengetahui indikasi awal bahwa suatu model dapat meramalkan *return* secara akurat. Sedangkan tahap terakhir adalah pengujian taraf akurasi model-model volatilitas secara inferensia. Pengujian secara inferensia atau pengujian dengan menggunakan hipotesis dibutuhkan untuk mengetahui batas-batas yang jelas antara model-model yang akurat dan yang tidak akurat berdasarkan tingkat kepercayaan yang ditentukan. Sehingga penelitian ini dapat mengetahui model yang akurat dan yang tidak akurat secara shahih.

### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah data berskala kontinu atau numerik, yaitu berupa data deret waktu secara harian suatu *return/loss* obligasi pemerintah. Data tersebut diperoleh dari Bloomberg pada tanggal 11 Juli 2009.

#### 3.2. Populasi dan Sampel

Populasi adalah kumpulan individu atau obyek yang memiliki kualitas serta ciri-ciri yang telah ditetapkan. Populasi pada penelitian ini adalah nilai *return* harian produk investasi obligasi. Sedangkan sampel yang diambil adalah nilai *return* harian obligasi *INDON 14* dari tanggal 1 Januari 2007 hingga 10 Juli 2009, yaitu sebanyak 906 data.

Obligasi ini dipilih sebagai obyek bagi penelitian ini karena tergolong sebagai obligasi yang likuid atau sering diperdagangkan. Selain itu *yield* yang ditawarkan obligasi ini juga tergolong tinggi. Sehingga obligasi ini termasuk yang digemari oleh para investor. Hal ini dapat

dilihat dari respon pasar ketika pemerintah mengalami kelebihan permintaan dari pasar luar negeri atas obligasi ini. (els.bappenas.go.id/upload/other/Indonesia%20Serap%201.htm).

Nilai *return* merupakan selisih antara harga pembelian obligasi (*bid price*) terhadap harga pasar. Pada penelitian ini, *bid price* ditentukan sebesar 105.5%.

### 3.3. Definisi Operasi Variabel

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

#### 1. *Return* obligasi

Berbeda dengan harga saham yang dinyatakan dalam bentuk mata uang, harga obligasi dinyatakan dalam persentase (%), yaitu persentase dari nilai nominal. Keuntungan terjadi apabila nilai harga penjualan lebih besar dari harga pembelian (*bid price*) dan sebaliknya untuk istilah kerugian atau *loss*.

#### 2. Nilai dugaan model *Standard Deviation*

Yaitu suatu nilai dari hasil peramalan terhadap *return* dengan menggunakan model *standard deviation*.

#### 3. Nilai dugaan model *Simple Moving Average*

Yaitu suatu nilai dari hasil peramalan terhadap *return* dengan menggunakan model *Simple Moving Average*.

#### 4. Nilai dugaan model *Exponential Weighted Moving Average*

Yaitu suatu nilai dari hasil peramalan terhadap *return* dengan menggunakan model *Exponential Weighted Moving Average*.

#### 5. Nilai dugaan model *Autoregressive Conditional Heterocedastic* atau *Generalized Autoregressive Conditional Heterocedastic*.

Yaitu suatu nilai dari hasil peramalan terhadap *return* obligasi dengan menggunakan model *Autoregressive Conditional Heterocedastic*.

#### 6. *Root Mean Square Error (RMSE)*

Nilai *RMSE* lebih populer digunakan karena pada data dengan error berdistribusi normal, secara statistik distribusi kuadrat dari error diketahui yaitu chi square. Sehingga pengujian statistik dapat lebih mudah digunakan. Bentuk pengukuran *RMSE* adalah :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2}$$

### 3.4. Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder, yang diperoleh secara purposive dari Bloomberg pada tanggal 11 Juli 2009. Data tersebut merupakan data deret waktu yang diukur secara harian dari transaksi penutupan.

### 3.5. Teknik Analisis

#### 1. Menentukan model *Autoregressive Conditional Heterocedastic (ARCH)* atau *Generalized Autoregressive Heterocedastic (GARCH)*.

Mengacu kepada Modul Praktikum Pelatihan Time Series Analysis, kerjasama antara Bank Indonesia dan Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat (LPPM) dan Departemen Statistika Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 2006 maka langkah analisis *ARCH/GARCH* adalah sebagai berikut :

##### a. Penyiapan Data

Langkah pertama di dalam analisis ini adalah penyiapan data yang akan dianalisis. Piranti lunak yang akan digunakan untuk melakukan pemodelan *ARCH* menggunakan *software* EViews 4.0. Selanjutnya menentukan periode waktu data yang akan digunakan, yaitu apakah tahunan, semester, triwulanan, bulanan, mingguan, atau harian.

##### b. Pemeriksaan Pola Data

Pemeriksaan ini berguna untuk penentuan strategi mean model yang disusun dan evaluasi awal keragaman data. Dari plot tersebut akan terlihat kecenderungan pola data dan simpangan data apakah cenderung konstan atau tidak konstan.

##### c. Analisis Mean

Setelah strategi bagi model untuk mean model sudah diperoleh dari tahapan pemeriksaan plot, langkah berikutnya adalah analisis mean model tersebut.

##### d. Evaluasi Residual Dari Mean Model

Setelah analisis mean model dilakukan, langkah berikutnya adalah memeriksa apakah terdapat ketidakhomogenan *variance* dari residual mean model. Selanjutnya, pemeriksaan apakah terdapat *ARCH* pada residual dapat dilakukan melalui Uji LM (Langrang

Multiplier) dari lag 1 berurut kepada lag berikutnya. Bila terdapat ARCH hingga lag 12 maka dilakukan pemodelan dengan menggunakan model GARCH.

- e. Analisis ARCH/GARCH Terhadap Data Setelah menentukan model yang akan digunakan, langkah berikutnya adalah menentukan ordo model.
- f. Diagnostik Model

Hasil analisis di atas masih memerlukan pemeriksaan terhadap kenormalan data mengingat metode pendugaan yang digunakan adalah *maximum likelihood* serta evaluasi apakah masih terdapat heterokedastisitas pada residual. Untuk mengatasi ketidaknormalan residual, proses pendugaan variance dilakukan dengan menggunakan metode Bollerslev-Wooldridge. Penggunaan metode Bollerslev-Wooldridge ini lebih kepada memperbaiki pendugaan *variance* pada komponen "variance model" akibat tidak normalnya residual. Hal ini dapat dilihat dari *standard error* komponen varian model yang menggunakan metode ini.

- 2. Tentukan besar nilai penyimpangan antara nilai ramalan dari model *Standard Deviation* terhadap nilai aktual.
- 3. Tentukan besar nilai penyimpangan antara nilai ramalan dari model *Simple Moving Average* terhadap nilai aktual.
- 4. Tentukan besar nilai penyimpangan antara nilai ramalan dari model *Exponential Weighted Moving Average (EWMA)* terhadap nilai aktual.

Mengacu kepada jurnal RiskMetric JP Morgan (1994) faktor *decay* yang digunakan untuk menduga nilai peramalan model ini adalah 0.94.

- 5. Uji hipotesa.

### 3.6. Uji Hipotesis

Uji hipotesis yang digunakan pada penelitian ini adalah uji F dan uji t. Uji F digunakan untuk menguji hipotesis ke-1. Sedangkan uji t digunakan untuk menguji hipotesis ke-2 sampai dengan ke-5.

Perhitungan uji F dijelaskan sebagai berikut:

**Tabel 1 Tabel Perhitungan Uji F**

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah
Kelompok	$JK_K = \sum \frac{(\sum X_k)^2}{n_k} - \frac{(\sum X)^2}{N}$	$db_K = K - 1$	$MK_K = \frac{JK_K}{db_K}$
Dalam	$JK_D = JK_T - JK_K$	$db_D = N - K$	$MK_D = \frac{JK_D}{db_D}$
Total	$JK_T = \sum X_i^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}$	$db_T = N - 1$	

Dan akhirnya diperoleh F hitung :

$$F_{hit} = \frac{MK_K}{MK_D}$$

Dengan derajat bebas F hitung :  $db_K$  lawan  $db_D$

Sedangkan perhitungan uji t adalah sebagai berikut:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d_0}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

dimana :

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Dengan derajat bebas :

$$v = n_1 + n_2 - 2$$

## BAB IV ANALISIS DATA

Pembahasan pada bab ini akan diawali dengan penjelasan mengenai deskripsi data (*statistic descriptive*), dilanjutkan dengan langkah memodelkan dengan menggunakan ARCH atau GARCH, kemudian mencari simpangan hasil peramalan tiap-tiap model secara individu (*Standard Deviation, Simple Moving Average, Exponential Weighted Moving Average, dan Autoregressive Conditional Heterocedasticity* atau *Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity*). Untuk mengetahui perbedaan atau persamaan antar model volatilitas dapat dilihat dengan menggunakan analisis gerombol, plot pemeriksaan data, statistik uji F dan statistik uji t.

### 1.1. Data Deskriptif Terhadap Return

Jumlah observasi penelitian ini adalah 906 data deret waktu harian. Hal ini memperlihatkan kecukupan jumlah observasi dalam melakukan peramalan. Data yang menjadi amatan adalah *return* obligasi, yaitu selisih antara harga pembelian dan harga pasar. Investor akan memperoleh keuntungan (*gain*) yang belum direalisasi ketika harga pasar lebih tinggi dari harga pembelian dan akan mengalami kerugian (*loss*) yang belum direalisasikan ketika harga pasar lebih rendah dari harga pembelian. Nilai maksimum observasi adalah sebesar -0.04%, yang terjadi pada tanggal 16 April 2008. Sedangkan nilai minimum observasi adalah sebesar -37.34%, yang terjadi pada tanggal 27 Oktober 2008. Di sisi yang lain, jarak antara nilai minimum dan maksimum terlampaui cukup besar yaitu sebesar 37.30% dan terjadi pada selang waktu yang pendek yaitu sekitar 6 bulan. Begitu pula jarak antara nilai rata-rata dan median yang cukup jauh, yaitu antara -6.14% dan -3.03%, sedangkan tingkat kemencengan (*skewness*) bernilai negatif -1.90, sehingga indikator-indikator tersebut memperlihatkan ciri sebaran data yang menjulur ke sisi kiri dengan modulus berada pada sisi kanan kurva normal. Kemencengan tersebut disebabkan oleh hanya sebagian kecil nilai *return* saja. Indikasi ini juga diperlihatkan oleh nilai yang hampir sama antara rata-rata dan kuartil 1.

Hasil tersebut di atas dipicu oleh peristiwa *subprime mortgage* yang disertai kebangkrutan banyak perusahaan besar seperti *Merrill Lynch*, *Lehman Brothers* dan *Bear Stearns*, sehingga mengakibatkan resesi finansial secara global pada kuartal IV tahun 2008.

**Tabel 2 Statistik Deskriptif Return Obligasi INDON 14**

	Data Deskriptif
Jumlah Data Amatan	906
Rata-rata	-6.14%
Minimum	-37.34%
Kuartil 1	-6.86%
Median	-3.03%
Kuartil 3	-1.30%
Maksimum	-0.04%
Range	37.30%
Skewness	-1.90

### 1.2. Model Autoregressive Conditional Heterocedasticity (ARCH)/Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity (GARCH)

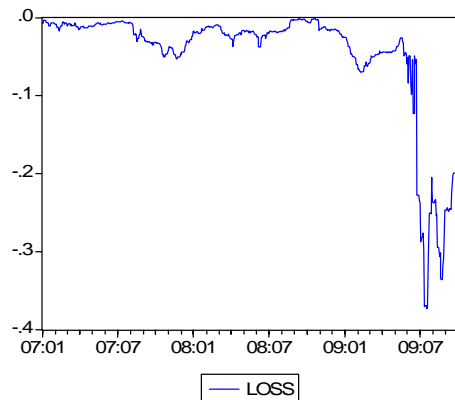
Model *ARCH/GARCH* dibutuhkan pada saat data mengalami masalah varian yang tidak homogen atau disebut dengan heterokedastisitas. Peramalan akan menjadi tidak efisien ketika error varian tidak konstan.

Model *ARCH/GARCH* dibentuk dari beberapa teknik pengujian. Hal itu diperlukan untuk mengetahui kelayakan suatu data agar dapat dimodelkan menggunakan persamaan tersebut. Beberapa pengujian atau pemeriksaan dilakukan seperti pemeriksaan pola data, dan evaluasi residual dari mean. Tahapan tersebut merupakan bagian dari penentuan model *ARCH/GARCH*.

#### 1.2.1. Pemeriksaan Pola Data

Pola data yang tersaji pada gambar 4 di bawah, memperlihatkan pola dan simpangan data yang tidak konstan. Hal itu merupakan indikasi adanya masalah heterokedastisitas.

**Gambar 2 Tren Return Obligasi INDON 14**



Pada gambar 4 terlihat depresiasi nilai yang lebar dan amplitudo yang besar dimulai dari bulan September 2008, selanjutnya, tren kenaikan dengan amplitudo yang semakin mengecil terjadi selama tahun 2009.

#### 1.2.2. Analisis Mean Model

Setiap model dengan varian yang tidak homogen disusun oleh dua komponen, yaitu mean model dan varian model. Mean model disusun berdasarkan identifikasi awal. Bentuk mean model dapat saja berupa model regresi,

model *autoregressive (AR)*, model *ARIMA*, konstanta, dan sebagainya.

Varian model menyatakan hubungan antara varian *error* pada waktu  $t$  dengan besarnya kuadrat *error* pada waktu sebelumnya dan varian *error* pada waktu sebelumnya. Jika model varian hanya memasukkan kuadrat *error* maka disebut sebagai model *ARCH*. Namun jika memasukkan juga besarnya varian *error* waktu sebelumnya, disebut sebagai *GARCH*.

Pada penelitian ini mean model dibangun oleh model *Autoregressive Moving Average (ARMA)* dengan menggunakan metode *Least Square* sehingga dihasilkan *mean model* sebagai berikut :

$$\text{return} = -0.027971 + e_t$$

Mean model di atas digunakan untuk memperoleh nilai residual untuk memeriksa kehomogenan dari keragaman residual.

### 1.2.3. Evaluasi Residual Dari Mean Model

Setelah *mean model* ditentukan, langkah berikutnya adalah memeriksa apakah terdapat ketidakhomogenan varian dari residual *mean model*. Langkah sederhana untuk pemeriksaan ini adalah melalui *time series plot* data residual.

**Gambar 3 Time Series Plot Data Residual**



Berdasarkan dari plot pada gambar 5 yang disajikan di atas terlihat bahwa varian residual tidak homogen.

Pemeriksaan apakah terdapat *ARCH* pada residual dapat dilakukan melalui uji *LM*. Berdasarkan uji *LM* terhadap residual memperlihatkan bahwa data mengalami heterokedastisitas. Hal ini disajikan oleh hasil pengujian *LM*, pada lag 1 yang menghasilkan F

hitung dengan peluang kurang dari 5%. Sedangkan pengujian pada lag berikutnya hingga pada lag ke-12 memperlihatkan masih terdapat masalah heterokedastisitas. Pemeriksaan heterokedastisitas tersebut biasanya dilakukan sampai dengan lag ke 12. Bila pemeriksaan menghasilkan informasi bahwa data mengalami masalah heterokedastisitas sampai dengan lag ke 12 maka hal tersebut memberikan informasi bahwa model *GARCH* lebih cocok dibandingkan dengan model *ARCH*.

### 1.2.4. Analisis GARCH Terhadap Data

Setelah uji *LM* dilakukan, langkah selanjutnya adalah analisis *GARCH* terhadap data, yaitu analisis untuk menduga parameter *mean model* dan *varian model* secara simultan. Analisis yang dilakukan menggunakan *mean model* yang hanya melibatkan komponen intersep saja. Sehingga nilai  $R^2$  menjadi tidak relevan pada kasus ini. Hasil analisis disajikan pada tabel di bawah.

Berdasarkan output dapat dilihat bahwa analisis dengan ordo  $p = 1$  dan  $q = 1$  menghasilkan kesimpulan bahwa kedua parameter tersebut adalah signifikan pada taraf nyata di bawah 5%. Jadi untuk hasil sementara, model yang sesuai adalah *GARCH (1, 1)*. Sehingga dari output dapat disusun mean model dan varian model sebagai berikut :

$$\text{return} = -0.016792 + e_t$$

$$\sigma_t^2 = 0.00000148 + 1.130966e_{t-1}^2 - 0.031837\sigma_{t-1}^2$$

Tahapan berikutnya adalah memeriksa apakah terdapat komponen baik  $p$  maupun  $q$  dengan ordo yang lebih tinggi yang juga signifikan melalui proses *overfitting*. Dengan kata lain, proses *overfitting* ini adalah melakukan analisis ulang terhadap data dengan menggunakan ordo  $p$  maupun  $q$  yang lebih tinggi dari  $p$  dan  $q$  yang sudah dicobakan. Ordo  $p$  dan  $q$  yang dicobakan biasanya tidak melebihi dari 4. Pada tabel dibawah disajikan output hasil *overfitting* untuk tiga pasangan ordo  $(p, q)$  lain, yaitu  $(p = 1, q = 2)$ ,  $(p = 2, q = 1)$ , dan  $(p = 3, q = 1)$ . Dari ketiga proses *overfitting* ini disimpulkan bahwa ordo  $p$  dan  $q$  yang digunakan adalah  $p = 2$  dan  $q = 1$  karena komponen satu  $p$  tambahan adalah signifikan pada taraf nyata dibawah 5%. Sehingga dari output dapat disusun mean model dan varian model sebagai berikut :

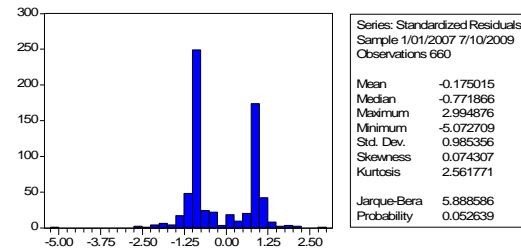
$$return = -0.015924 + e_t$$

$$\sigma_t^2 = 0.000000222 + 1.072211e_{t-1}^2 - 0.756424e_{t-2}^2 + 0.718688\sigma_{t-1}^2$$

### 1.2.5. Diagnostik Model

Langkah selanjutnya setelah ordo  $p$  dan  $q$  ditentukan adalah memeriksa kenormalan residual. Dari output di bawah disimpulkan bahwa residual telah menyebar normal berdasarkan uji *Jarque Bera* dengan nilai peluang di atas 5%.

**Gambar 4 Hasil Pemeriksaan Kenormalan Residual**



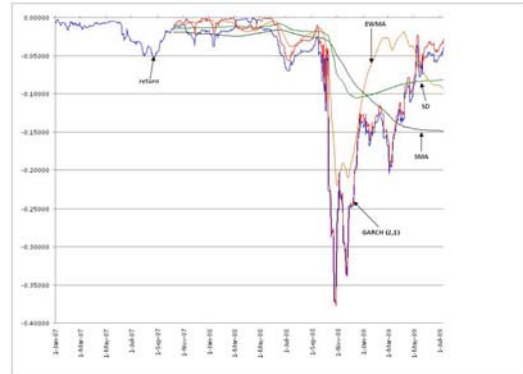
Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa besar nilai kenormalan Jarque Bera adalah sebesar 5.88 dengan nilai peluang sebesar 0.052639. Hal tersebut memperlihatkan bahwa residual dari model *GARCH (2,1)* di atas telah menyebar normal.

### 1.3. Identifikasi Model Volatilitas dan Return

#### 1.3.1. Pemeriksaan Plot Data

Model-model volatilitas yang dikaji pada penelitian ini ada 4 jenis model. Setiap model memiliki tingkat akurasi peramalan yang tidak tepat sama. Ada model yang mampu meramalkan *return* secara akurat, namun ada pula yang memiliki simpangan dugaan yang terlampaui lebar atau kurang akurat. Pada gambar 7 di bawah menyajikan hasil peramalan menggunakan masing-masing model.

**Gambar 5 Plot Return, SD, SMA, EWMA dan GARCH (2,1)**



Pada gambar 7 terlihat bahwa nilai peramalan model *GARCH* bersinggungan dengan *return* obligasi INDON 14 hingga mampu menduga *return* yang memiliki amplitudo yang cukup lebar, seperti yang terjadi pada periode September 2008 hingga tahun 2009. Dibandingkan dengan model volatilitas yang lain model *GARCH* mampu memprediksi *return* lebih akurat. Taraf keakuratan juga diperlihatkan oleh nilai RMSE model *GARCH* yang paling kecil yaitu sebesar 0.017.

**Tabel 3 Root Mean Square Error**

Model Volatilitas	RMSE
SD	0.072
SMA	0.080
EWMA	0.060
GARCH	0.017

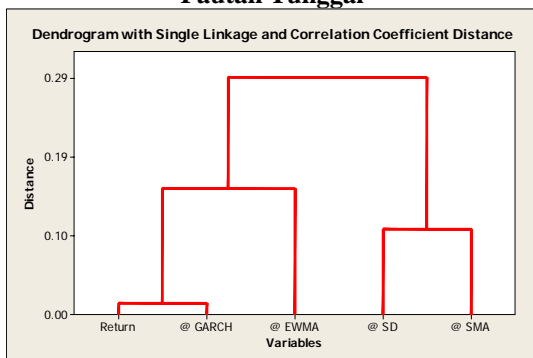
*EWMA* adalah model deret waktu yang diturunkan dari model *GARCH (1,1)* dengan  $\lambda$  sebesar 0.94. Model ini mampu menduga *return* dengan baik ketika volatilitas harga obligasi dalam kondisi normal. Namun ketika volatilitas harga dalam kondisi tidak normal, model tersebut mengalami keterlambatan dalam merespon pergerakan aktual *return*, seperti adanya dua amplitudo yang besar sebanyak dua kali. Selain itu, asumsi yang mendasari model *EWMA* adalah keragaman residual bersifat normal. Sehingga pada kondisi yang tidak normal nilai dugaan atau peramalan menjadi tidak akurat. Berdasarkan tabel 5 di atas, model ini memiliki nilai RMSE sebesar 0.060, lebih akurat dibandingkan model *standard deviation* dan *simple moving average*.

Model *standard deviation* dan *simple moving average* merupakan model dasar dalam peramalan. Model ini memberikan bobot yang sama terhadap semua data observasi, baik data terbaru maupun data yang lama. Hal tersebut berbeda dengan *EWMA* dan *ARCH/GARCH* yang memberikan bobot yang lebih besar terhadap data observasi yang terbaru. Sehingga model ini tidak mampu menduga secara akurat khususnya dalam merespon volatilitas harga dengan amplitudo yang sedang dan besar. Hal ini dapat terlihat dari nilai RMSE kedua model ini yang paling besar dibandingkan dengan *EWMA* dan *ARCH/GARCH*, yaitu 0.072 untuk model *standard deviation* dan 0.080 untuk model *simple moving average*.

### 1.3.2. Analisis Gerombol

Proses *clustering* pada penelitian ini dilakukan secara hirarki. Pada penelitian ini proses *clustering* secara hirarki menggunakan metode pautan tunggal atau *single linkage*. Sedangkan proses komputasi yang digunakan untuk mengolah data adalah program Minitab 14.1. Jarak tiap obyek (model-model volatilitas dan *return*) yang dihitung dengan jarak *euclidean* dan visualisasi analisis dapat dilihat pada gambar 8 dendrogram di bawah.

**Gambar 6 Dendrogram Dengan Metode Pautan Tunggal**



Pada output menyajikan informasi kemiripan karakteristik antar model volatilitas dan *return*. Kemiripan karakteristik yang disajikan pada analisis gerombol ini adalah tingkat keragaman antar obyek, dua obyek yang memiliki keragaman yang lebih homogen memiliki kemiripan yang lebih dekat dibandingkan dengan obyek-obyek yang memiliki keragaman yang lebih tinggi. Pada

output terlihat bahwa jarak antara *return* dan model *GARCH (2,1)* adalah sebesar 0.013083, sedangkan jarak antara *return* dan *EWMA* adalah sebesar 0.154046. Dan jarak antara *return* dan *standard deviation* sebesar 0.289393. Serta jarak antara *standard deviation* dan *simple moving average* adalah sebesar 0.103720. Hal ini menunjukkan bahwa *GARCH (2,1)* lebih mirip karakteristiknya dengan nilai aktual *return* obligasi INDON 14. Kemiripan karakteristik selanjutnya diperlihatkan oleh model *EWMA*. Sedangkan model *standard deviation* dan *simple moving average* memiliki jarak *euclidean* yang cukup jauh dengan *return* atau cenderung tidak mirip dan antara kedua model tersebut memiliki kemiripan yang lebih homogen.

### 1.4. Pengujian Nilai Tengah Antar Model Volatilitas

Pengujian nilai tengah pada bab ini memiliki tujuan untuk melakukan observasi secara statistik terhadap hasil peramalan yang dihasilkan dari empat model yang sedang diteliti. Observasi dilakukan untuk mengetahui apakah antar model memiliki taraf akurasi yang sama atau berbeda dalam melakukan peramalan terhadap *return*. Hasil pengujian dengan menggunakan uji F menghasilkan F hitung sebesar 28.01 dan nilai peluang kurang dari taraf nyata 5%. Hal ini membuktikan bahwa tidak semua model volatilitas memiliki taraf akurasi peramalan yang sama. Oleh karena itu, tahap selanjutnya akan mempertimbangkan pengujian nilai tengah model volatilitas secara individu terhadap *return*.

### 1.5. Pengujian Nilai Tengah Model Volatilitas dengan Return

Pengujian terhadap nilai tengah model dengan *return* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui taraf akurasi tiap model secara individu. Pengujian ini tidak dapat diwakilkan oleh salah satu model mengingat terdapat bukti bahwa tidak semua model volatilitas memiliki taraf akurasi yang sama. Model yang memiliki nilai tengah peramalan yang tidak berbeda nyata dengan *return* merupakan model yang memiliki taraf akurasi yang akurat secara statistik. Berdasarkan hasil analisis hanya model *GARCH (2,1)* yang terbukti memiliki taraf akurasi yang akurat secara statistik. Hal ini dapat dilihat dari nilai uji-t sebesar -1.90 dan nilai peluang sebesar 0.058, lebih besar dari taraf nyata alpha 5%.

Sedangkan model yang lain tidak terbukti memiliki taraf akurasi yang akurat secara statistik dalam menduga *return*. *Standard deviation* memiliki nilai uji-t sebesar -9.77 dan nilai peluang lebih kecil dari *alpha* 5% sebesar 0.000. Hal ini menunjukkan bahwa model *standard deviation* memiliki nilai tengah yang berbeda signifikan secara statistik dengan *return* harga obligasi INDON 14, artinya hasil peramalan yang dihasilkan oleh model *standard deviation* tidak terbukti akurat dalam menduga aktual *return* yang akan terjadi. Model *simple moving average* memiliki nilai uji-t sebesar -5.51 dan nilai peluang sebesar 0.000 lebih kecil dari taraf nyata *alpha* 5%. Hal ini menunjukkan bahwa model *simple moving average* memiliki nilai tengah yang berbeda signifikan secara statistik terhadap aktual *return* atau tidak terbukti akurat dalam menduga aktual *return* obligasi yang akan terjadi. Model *EWMA* memiliki nilai uji-t sebesar -8.76 dan nilai peluang sebesar 0.000 lebih kecil dari taraf nyata *alpha* 5%. Hal ini menunjukkan bahwa model *EWMA* memiliki nilai tengah yang berbeda signifikan secara statistik terhadap aktual *return* obligasi INDON 14 atau tidak terbukti akurat dalam menduga aktual *return* yang akan terjadi.

## BAB V

### SIMPULAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

#### 5.1. Simpulan

Berdasarkan analisis yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian nilai tengah terhadap semua model volatilitas yang diujikan secara simultan menggunakan statistik uji *F*, diperoleh kesimpulan bahwa terdapat bukti tidak semua model memiliki taraf akurasi peramalan terhadap *return* yang sama pada tingkat kepercayaan 95% dan *F* hitung sebesar 28.01.
2. Berdasarkan hasil pengujian nilai tengah bagi model *Standar Deviation* secara individu terhadap *return* menggunakan statistik uji *t*, diperoleh kesimpulan bahwa model *Standar Deviation* terbukti memiliki beda nilai tengah dengan *return* secara signifikan pada tingkat kepercayaan 95%, *t* hitung sebesar -9.77 dan nilai peluang penolakan terhadap hipotesis nol sebesar

0.000. Artinya model *Standard Deviation* tidak akurat dalam meramalkan *return* obligasi INDON 14.

3. Berdasarkan hasil pengujian nilai tengah bagi model *Simple Moving Average* secara individu terhadap *return* menggunakan statistik uji *t*, diperoleh kesimpulan bahwa model *Simple Moving Average* terbukti memiliki beda nilai tengah dengan *return* secara signifikan pada tingkat kepercayaan 95%, *t* hitung sebesar -5.51 dan nilai peluang penolakan terhadap hipotesis nol sebesar 0.000. Artinya model *Simple Moving Average* tidak akurat dalam meramalkan *return* obligasi INDON 14.
4. Berdasarkan hasil pengujian nilai tengah bagi model *Exponential Weighted Moving Average* secara individu terhadap *return* menggunakan statistik uji *t*, diperoleh kesimpulan bahwa model *Exponential Weighted Moving Average* terbukti memiliki beda nilai tengah dengan *return* secara signifikan pada tingkat kepercayaan 95%, *t* hitung sebesar -8.76 dan nilai peluang penolakan terhadap hipotesis nol sebesar 0.000. Artinya model *Exponential Weighted Moving Average* tidak akurat dalam meramalkan *return* obligasi INDON 14.
5. Berdasarkan hasil pengujian nilai tengah bagi model *Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity* secara individu terhadap *return* menggunakan statistik uji *t*, diperoleh kesimpulan bahwa model *Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity* terbukti tidak memiliki beda nilai tengah dengan *return* secara signifikan pada tingkat kepercayaan 95%, *t* hitung sebesar -1.90 dan nilai peluang penolakan terhadap hipotesis nol sebesar 0.580. Artinya model *Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity* akurat dalam meramalkan *return* obligasi INDON 14.

#### 5.2. Implikasi Teoritis

Implikasi teoritis berdasarkan hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terdapat kesamaan hasil antara penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Pierre Giot dan Sebastien Laurent (2003), J.J. Dias Curto, Elizabeth Reiz dan Jose Paulo Esperanca (2005), Louis



H. Ederington dan Wei Guan (2004), Gloria Gonzales-Rivera, Tae Hwy Lee dan Santosh Mishra (2003), yaitu terdapat bukti bahwa model *GARCH* adalah model yang paling akurat.

### 5.3. Implikasi Manajerial

Implikasi manajerial berdasarkan hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan beberapa pengujian yang dilakukan, para investor dan pihak terkait yang memiliki produk investasi obligasi INDON 14 dapat menggunakan model *GARCH (2,1)* di atas untuk meramalkan besar *return* yang terjadi di masa yang akan datang. Besar *return* tersebut digunakan pula untuk menduga besar risiko yang akan terjadi menggunakan metode *Value at Risk* dengan besar peluang kepercayaan dan horison waktu peramalan yang ditetapkan. Selain untuk mengetahui besar risiko dugaan, investor dapat menggunakan informasi tersebut untuk menentukan besar *capital charge* yang disediakan (dipersiapkan) dan atau melakukan strategi mitigasi seperti menentukan besar *cut loss* untuk mengantisipasi timbulnya risiko yang akan terjadi.

### 5.4. Keterbatasan Penelitian

Keterbatasan penelitian berdasarkan hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Obyek penelitian ini hanya dilakukan pada satu produk obligasi, yaitu INDON 14. Sehingga kesimpulan yang diperoleh pun hanya berimplikasi terhadap obligasi INDON 14 saja dan belum bisa dikatakan sebagai kesimpulan bagi produk obligasi secara umum.
2. Data amatan yang digunakan adalah 200 data harian untuk setiap nilai ramalan yang dihasilkan, namun belum diujikan dengan mengkombinasikan berbagai jumlah amatan sehingga dapat menampilkan konsistensi bagi kesimpulan yang dihasilkan pada berbagai jumlah amatan.
3. Penelitian ini hanya terbatas pada model-model dasar dalam peramalan namun belum menggunakan model-model turunan seperti *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (EGARCH)*

dan *Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (IGARCH)*.

### 5.5. Agenda Penelitian Mendatang

Agenda penelitian mendatang berdasarkan hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan penelitian dapat dilakukan dengan memperluas wilayah penelitian. Tidak hanya meneliti obyek penelitian berupa *return* obligasi INDON14 namun juga meneliti produk-produk obligasi yang lain, atau instrumen investasi yang lain seperti saham, danareksa, *non performing loan* kredit, suku bunga, inflasi, nilai tukar.
2. Penelitian dapat dikembangkan lagi dengan menguji taraf akurasi model pada berbagai jumlah data amatan untuk menguji konsistensi hasil kesimpulan pada berbagai kombinasi data amatan.
3. Bagi para akademisi yang berminat untuk melakukan penelitian manajemen risiko, diharapkan bisa mengembangkan model yang diujikan pada penelitian ini dan menghasilkan model-model turunan baru yang lebih akurat dalam meramalkan *return* dimasa yang akan datang, seperti *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (EGARCH)* dan *Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (IGARCH)*.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Masyhud, *Haji*. 2006. **Manajemen Risiko: Strategi Perbankan dan Dunia Usaha Menghadapi Tantangan Globalisasi Bisnis**. PT RajaGrafindo Persada., Jakarta
- Alexander, Carol. 2008. **Market Risk Analysis : Value at Risk Model**. John Wiley & Son. Inggris.
- Anonim. **Investasi**. <http://id.wikipedia.org/wiki/Investasi>. Diakses pada tanggal 17 Januari 2010 jam 17.00 WIB.
- Anonim. **Jenis Investasi**. (online : <http://danareksaonline.com/PerencanaanKeuangan/JenisInvestasi/tabid/146/language/id-ID/Default.aspx>, diakses pada tanggal 31 Maret 2010 jam 10.00 WIB).
- Anonim. **Operasional Bank Indover Dibekukan**. (Online :

- <http://www.kompas.com/read/xml/2008/10/08/03222336/operasional.anak.bank.indonesia.indover.bank.dibekukan>, diakses pada tanggal 5 September 2009).
- Anonim. **Sejarah Bank Indonesia : Perbankan Periode 1997-1999**. (online : <http://www.bi.go.id/NR/rdonlyres/D1FC7FE4-7400-4A35-B021-A4596387C20A/828/SejarahPerbankanPeriode19971999.pdf>, diakses pada tanggal 5 September 2009).
- Best, Philip. 1998. **Implementing Value at Risk**. John Wiley & Sons, Ltd. Baffins Lane, Chichester, West Sussex, England.
- Bertsimas, Dimitris, Geoffrey J. Lauprete dan Alexander Samarov. 2003. **Shortfall as a Risk Measure : Properties, Optimization, And Applications**. Journal of Economic Dynamics and Control. Amerika Serikat.
- Choudhry, Moorad. 2006. **An Intoduction to Value at Risk, Fourth Edition**. John Wiley & Sons, Ltd. The Atrium, Southern Gate, Chichester, England.
- Crouhy, Michel *et al.*. 2001. **Risk Management-Comprehensive Chapter on Market, Credit and Operational Risk**. Mcgraw Hill. NewYork.
- Curto, J.J. Dias, Elizabeth Reiz, dan Jose Paulo Esperanca. 2005. **Modelling The Volatility in The Portuguese Stock Market : A Comparative Study With German And US Markets**. Department of Quantitative Methods and Department of Finance and Accounting. Lisboa, Portugal.
- Ederington, Louis H. dan Wei Guan. 2004. **Forecasting Volatility**. Journal of Futures Markets. WileyInterScience. Amerika Serikat.
- Engle, Robert F dan Daniel B. Nelson. 1994. **ARCH Models**. Elsiwier Science B.V. California.
- Dowd, Kevin. (2005). **Measuring Market Risk, Second Edition**. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, England.
- Gallati, Reto. 2003. **Risk Management and Capital Adequacy**. McGraw Hill. NewYork.
- Gao, Xinbo. 2004. **Fuzzy Cluster Analysis and its Application**. Xidian University Press.
- Giot, Pierre dan Sebastien Laurent. 2003. **Modelling Daily Value at Risk Using Realized Volatility and ARCH Type Models**. Forthcoming in Journal of Empirical Finance.
- Jolilife, L.T. 1986. **Principle Component Analysis**. Springer-Verlag. New York.
- Jorion, Philippe. 2002. **Value at Risk, The New Benchmark for Managing Financial Risk Second Edition International Edition**. McGraw-Hill Companies, Inc., New York
- J.P. Morgan Global Research. 1996. **RiskMetrics™ Technical Document, 4th Edition**, URL: <http://www.riskmetrics.com>.
- Macmanus, John. 2004. **Risk Management In Software Development Projects**. Elseveir Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford. Burlington.
- Olsson, Carl. 2002. **Risk Management in Emerging Markets**. Pearson Education Limited. Great Britain.
- Peraturan Bank Indonesia Nomor 5/8/PBI/2003. **Penerapan Manajemen Risiko Bagi Bank Umum**.
- Peraturan Bank Indonesia Nomor 11/25/PBI/2009 sebagai perubahan atas PBI nomor 5/8/2003. **Penerapan Manajemen Risiko bagi Bank Umum**.
- RiskMetric Group. August 1999. **Risk Management : A Practical Guide**. RiskMetric Group.
- Rivera, Gloria Gonzales, Tae Hwy Lee dan Santosh Mishra.2003. **Forecasting Volatility: A Reality Check Based on Option Pricing, Utility Function, Value at Risk, and Predictive Likelihood**. Department of Economics University of California. California.
- Sheimo, Michael D. 2000. **Bond Market Rules**. McgrawHill. Amerika Serikat.