

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan *Exposure* dan *Holding Period*

Pada bab ini, risiko harga komoditas energi akan diukur dalam satuan *standard futures contract size* NYMEX. Untuk minyak mentah (*light sweet crude oil*), masing-masing kontrak *future* diperdagangkan dalam satuan 1.000 barrel. Sementara, untuk *heating oil* (*No.2 fuel oil*) dan propane, kontrak *future* diperdagangkan dalam satuan 42.000 gallon.

Untuk mendapatkan *exposure* dalam USD, nilai ukuran kontrak *future* akan dikalikan dengan harga pada akhir periode. Tabel 4.1 menghitung *exposure* untuk tiap-tiap jenis komoditas.

Tabel 4.1 Perhitungan *Exposure*

Jenis Komoditas	Periode	Contract Size	Harga (USD) per unit	Exposure (USD)
WTI Spot	31 Mei 2007	1.000 barrel	64,02/ barrel	64.020
Heating Oil Spot	31 Mei 2007	42.000 gallon	1,8915/ gallon	79.443
Propane Spot	31 Mei 2007	42.000 gallon	1,1332/ gallon	47.594
WTI Future	31 Mei 2007	1.000 barrel	64,01/ barrel	64.010
Heating Oil Future	31 Mei 2007	42.000 gallon	1,8827/ gallon	79.073
Propane Future	31 Mei 2007	42.000 gallon	1,135/ gallon	47.670

Sumber: Wikipedia dan EIA, diolah.

Holding period ditentukan selama satu hari, sesuai dengan aktifitas transaksi spot dan *future* komoditas energi yang dilakukan secara harian atau *daily*.

4.2 Pengujian Data *Return* Harga Komoditas

Untuk mengetahui karakteristik data *return* dari masing-masing jenis komoditas yang diperdagangkan di NYMEX, dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian data berupa uji stationeritas, uji normalitas dan uji heteroskedastisitas. Pengujian data tersebut dilakukan dengan menggunakan *software EViews* 4.1. Di dalam pengujian yang dilakukan, digunakan data *return* mulai 4 Januari 2000 sampai dengan 31 Mei 2007 karena dalam pengukuran volatilitas menggunakan EWMA dan GARCH, data *return* yang digunakan adalah data *return* pada periode tersebut.

4.2.1 Uji Stationeritas

Hasil pengolahan data untuk uji stationeritas dengan menggunakan *software EViews 4.1* diperoleh nilai *ADF test* untuk masing-masing *return* harga komoditas energi dalam Tabel 4.2.

**Tabel 4.2 Hasil Uji Stationeritas *Return* Harga Komoditas energi
Periode 4 Januari 2000- 31 Mei 2007**

Data Return	ADF test statistic	Critical Value (1% level)	Probabilitas	Keterangan
WTI Spot	-44,83585	-3,433680	0,0001	Data stasioner
Heating Oil Spot	-43,25010	-3,433680	0,0000	Data stasioner
Propane Spot	-22,30499	-3,433685	0,0000	Data stasioner
WTI Future	-43,36501	-3,433689	0,0000	Data stasioner
Heating Oil Future	-44,87736	-3,433689	0,0001	Data stasioner
Propane Future	-40,10700	-3,433691	0,0000	Data stasioner

Sumber: Data EIA, diolah.

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa hasil *ADF test* untuk setiap jenis komoditas energi mempunyai nilai absolut *t-statistic* yang lebih besar daripada nilai absolut *critical value* untuk 1% level. Selain itu, pada tabel tersebut nilai probabilitas masing-masing komoditas juga lebih kecil dari 1%. Dengan nilai probabilitas tersebut, maka H_0 di-reject sehingga semua data *return* tidak mempunyai *root test*. Hal ini berarti semua data *return* telah stationer sehingga tidak perlu dilakukan proses *differencing*. Hasil pengujian setiap *return* harga komoditas yang memuat nilai *ADF test statistic* dan tes *critical value* secara mendetail dapat dilihat pada Lampiran 4.

4.2.2 Uji Normalitas

Uji normalitas *return* dilakukan untuk mengetahui apakah suatu data *return* terdistribusi secara normal atau tidak. Pengujian ini menggunakan *Jarque Bera test* dan mempunyai hipotesis nol (H_0) distribusi *return* adalah normal. Nilai *Jarque Bera* beserta probabilitasnya dapat dilihat pada statistik deskriptif hasil pengolahan data dengan *EViews 4.1* yang ditampilkan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Uji Normalitas *Return* Harga Komoditas energi
Periode 4 Januari 2000- 31 Mei 2007

Data Return	Nilai Jarque-Bera	Probabilitas	Skewness	Keterangan
WTI Spot	1.311,46	0,000000	-0,561952	Tidak normal
Heating Oil Spot	132.621,10	0,000000	-1,974517	Tidak normal
Propane Spot	409.832,00	0,000000	-3,902304	Tidak normal
WTI Future	744,70	0,000000	-0,540803	Tidak normal
Heating Oil Future	2.400,98	0,000000	-0,686759	Tidak normal
Propane Future	19.937,65	0,000000	-1,595176	Tidak normal

Sumber: Data EIA, diolah.

Berdasarkan Tabel 4.3, dapat dilihat bahwa semua data *return* mempunyai nilai probabilitas *Jarque Bera* dibawah 1%. Dengan nilai probabilitas tersebut maka *reject* H_0 , sehingga semua data *return* tidak mengikuti distribusi normal.

Apabila dengan hasil pengujian normalitas diketahui *return* harga komoditas energi terdistribusi secara tidak normal, maka nilai α yang digunakan untuk menghitung VaR tidak mengikuti distribusi normal namun harus dilakukan penyesuaian dengan memperhitungkan *skewness* (kemiringan) distribusi data *return* tersebut. Penyesuaian tersebut dilakukan dengan *Cornish-Fisher Expansion* dengan Persamaan (2.2). Angka *alpha* untuk *confidence level* 99% hasil perhitungan *Cornish Fisher Expansion* ditampilkan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Perhitungan *Cornish Fisher Expansion Return* Harga Komoditas energi
Periode 4 Januari 2000- 31 Mei 2007

Data Return	Nilai Skewness	Nilai α	Nilai α'
WTI Spot	-0,561952	2,326	2,740
Heating Oil Spot	-1,974517	2,326	3,778
Propane Spot	-3,902304	2,326	5,196
WTI Future	-0,540803	2,326	2,724
Heating Oil Future	-0,686759	2,326	2,831
Propane Future	-1,595176	2,326	3,499

Sumber: Data EIA, diolah.

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa setelah dilakukan dengan *Cornish Fisher Expansion*, nilai *alpha* untuk semua data *return* menjadi lebih besar daripada nilai *alpha* berdasarkan distribusi normal. Perbedaan nilai *alpha* dapat menyebabkan

Universitas Indonesia

perbedaan nilai VaR untuk *exposure* dan volatilitas yang sama. Nilai *alpha* yang lebih tinggi menyebabkan nilai VaR yang lebih tinggi.

4.2.3 Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas bertujuan untuk mengetahui apakah varians dari *return* bersifat konstan atau *time varying*. Uji ini dilakukan dengan *White Heteroskedasticity Test*. Apabila varians dari *return* adalah konstan (*homoskedastic*) maka perhitungan volatilitas *return* cukup dengan menggunakan persamaan standar deviasi biasa, namun apabila varians dari *return* tidak konstan (*time varying*), maka perhitungan volatilitas *return* dilakukan dengan pendekatan EWMA atau ARCH/GARCH. Hipotesis nol (H_0) untuk uji ini adalah *no heteroskedastic volatility*. Berdasarkan pengolahan data dengan *EViews 4.1* diperoleh nilai probabilitas *F-statistic* dari masing-masing *return* harga komoditas energi sebagaimana disajikan pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5 Hasil Uji Heteroskedastisitas *Return* Harga Komoditas energi
Periode 4 Januari 2000- 31 Mei 2007**

Data Return	F-Statistic	Probabilitas	Test Critical Value	Keterangan
WTI Spot	27,637	0,000000	0,010000	Data Heteroskedastik
Heating Oil Spot	154,629	0,000000	0,010000	Data Heteroskedastik
Propane Spot	89,961	0,000000	0,010000	Data Heteroskedastik
WTI Future	7,544	0,000546	0,010000	Data Heteroskedastik
Heating Oil Future	10,486	0,000030	0,010000	Data Heteroskedastik
Propane Future	3,823	0,022039	0,010000	Data Homoskedastik

Sumber: Data EIA, diolah.

Berdasarkan Tabel 4.5, dapat dilihat bahwa Propane *Future* mempunyai probabilitas *F-statistic* lebih besar dari 1% sebagai syarat suatu data bersifat homoskedastis. Data *return* yang bersifat homoskedastis dapat menggunakan standar deviasi normal untuk perhitungan volatilitasnya. Data *return* lainnya bersifat heteroskedastis dan untuk perhitungan volatilitasnya akan menggunakan metode EWMA atau ARCH/GARCH.

4.3 Perhitungan Volatilitas

Untuk data *return* yang bersifat homoskedastis, volatilitas dapat dihitung berdasarkan persamaan standar deviasi normal. Angka standar deviasi untuk Propane *Future* yang bersifat homoskedastis dengan cepat dapat diperoleh dari statistik deskriptif yang diperoleh dari *Eviews* seperti tertera pada Lampiran 3 yaitu sebesar 0,021982.

Untuk data yang bersifat heteroskedastis, perhitungan volatilitas dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu EWMA dan ARCH/GARCH. Permodelan volatilitas dengan EWMA dilakukan dengan metode EWMA *recursive*, dimana *decay factor* yang digunakan adalah *decay factor* yang paling optimal. Sementara itu, permodelan volatilitas dengan ARCH/GARCH dilakukan dengan bantuan software *EViews* 4.1 dan modul GARCH yang merupakan bagian dari program OxMetrics 5.00. Hasil pengolahan data dengan EWMA dan ARCH/GARCH beserta perhitungan *forecast* volatilitasnya ditampilkan pada sub bab 4.3.1 dan 4.3.2.

4.3.1 Perhitungan Volatilitas EWMA

Dalam perhitungan *forecast return volatility* menggunakan model EWMA, data diasumsikan terdistribusi normal dengan *mean* = 0. Sedangkan besarnya λ (*decay factor*), ditentukan dari perolehan nilai *root mean square error* (RMSE) yang terkecil untuk masing-masing data *return*. Berdasarkan *rule of thumb* volatilitas EWMA, nilai λ yang optimal terletak diantara 0,75-0,98. Tabel 4.6 menunjukkan *decay factor* yang paling optimal untuk kelima komoditas energi adalah 0,98.

Tabel 4.6 Nilai *Root Mean Square Error* (RMSE)

Decay Factor	RMSE				
	WTI Spot	Heating Oil Spot	Propane Spot	WTI Future	Heating Oil Future
$\lambda = 0.98$	0,001590	0,006608	0,007153	0,001323	0,001973
$\lambda = 0.97$	0,001592	0,006609	0,007153	0,001326	0,001974
$\lambda = 0.96$	0,001593	0,006609	0,007153	0,001328	0,001975
$\lambda = 0.95$	0,001594	0,006609	0,007154	0,001329	0,001975
$\lambda = 0.94$	0,001594	0,006609	0,007154	0,001329	0,001975
$\lambda = 0.93$	0,001595	0,006609	0,007154	0,001330	0,001976
$\lambda = 0.92$	0,001595	0,006609	0,007154	0,001330	0,001976
$\lambda = 0.91$	0,001595	0,006609	0,007154	0,001330	0,001976
$\lambda = 0.90$	0,001595	0,006609	0,007154	0,001330	0,001976
...
$\lambda = 0.80$	0,001595	0,006609	0,007154	0,001330	0,001976
$\lambda = 0.79$	0,001595	0,006609	0,007154	0,001330	0,001976
$\lambda = 0.78$	0,001595	0,006609	0,007154	0,001330	0,001976
$\lambda = 0.77$	0,001595	0,006609	0,007154	0,001330	0,001976
$\lambda = 0.76$	0,001595	0,006609	0,007154	0,001330	0,001976
$\lambda = 0.75$	0,001595	0,006609	0,007154	0,001330	0,001976

Sumber: Data EIA, diolah.

Hasil selengkapnya perhitungan volatilitas dengan metode EWMA dapat dilihat pada Lampiran 5-9.

4.3.2 Perhitungan Volatilitas ARCH/GARCH

Dalam menentukan volatilitas menggunakan metode ARCH/GARCH, dibangun beberapa model pada tiap data *return* untuk kemudian dipilih model yang terbaik. Untuk menyederhanakan proses pengolahan data, model ARCH/GARCH dapat dikatakan baik jika semua koefisien variabel independen pada *variance equation* bersifat signifikan, walaupun hasil akan lebih baik jika koefisien variabel independen pada *mean equation* juga bersifat signifikan.

Model ARCH/GARCH terbaik adalah model dengan nilai AIC terkecil serta SIC terkecil. Sebagai tambahan, jika model GARCH merupakan salah satu model yang baik, maka perlu diperhatikan apakah volatilitas yang dihasilkan bersifat *persistence* ataupun tidak. *Persistency* ditunjukkan oleh jumlah koefisien ARCH dan GARCH yang mendekati 1.

Hasil pengolahan data menggunakan *EViews* dan *OxMetrics* beserta perhitungan volatilitasnya akan ditampilkan berikut. Rekapitulasi *output software* untuk permodelan volatilitas setiap data *return* yang heteroskedastik dapat dilihat pada Lampiran 10-14.

4.3.2.1 ARCH/GARCH Untuk WTI Spot

Pada proses estimasi volatilitas data *return* WTI Spot, didapatkan 7 model yang memiliki variabel *variance equation* yang signifikan. Model GARCH (1,3) dipilih sebagai model terbaik karena memiliki nilai AIC terkecil, yaitu -4,631502. Angka SIC menunjukkan nilai yang bertentangan dengan AIC. Angka SIC untuk model GARCH (1,1) -4,613308 lebih kecil daripada GARCH (1,3) yang sebesar -4,610623. Akan tetapi, karena model GARCH (1,3) memiliki nilai *Log Likelihood* yang lebih besar, yaitu 4295,771, maka GARCH (1,3) dianggap sebagai model terbaik. Dengan demikian persamaan *variance process* yang digunakan adalah :

$$\sigma_t^2 = 0,000022 + 0,067068\varepsilon_{t-1}^2 + 0,795526\sigma_{t-1}^2 - 0,716973\sigma_{t-2}^2 + 0,818290\sigma_{t-3}^2 \quad (4.1)$$

(3,14) (8,05) (22,60) (-15,70) (24,20)

Dari Lampiran 16 diperoleh angka *error* (ε_{t-1}) sebesar 0,007990 dan nilai *conditional variance* atau σ_{t-1}^2 sebesar 0,000395, σ_{t-2}^2 sebesar 0,000423 dan σ_{t-3}^2 sebesar 0,000385. Dengan memasukkan keempat angka tersebut ke dalam persamaan (4.1) dapat diketahui nilai σ_t^2 yaitu 0,000352 atau $\sigma_t = 0,018756$.

4.3.2.2 ARCH/GARCH Untuk Heating Oil Spot

Pada proses estimasi volatilitas data *return* Heating Oil Spot, didapatkan 9 model yang memiliki variabel *variance equation* yang signifikan. Model *Student GARCH* (1,2) dipilih sebagai model terbaik karena memiliki nilai AIC dan SIC terkecil, yaitu -4,485035 dan -4,464165. Dengan demikian persamaan *variance process* yang digunakan adalah :

$$\sigma_t^2 = 0,000041 + 0,072686\varepsilon_{t-1}^2 + 1,324755\sigma_{t-1}^2 - 0,453877\sigma_{t-2}^2 \quad (4.2)$$

(3,22) (4,45) (10,94) (-4,60)

Dari Lampiran 17 diperoleh angka *error* (ε_{t-1}) sebesar 0,008925 serta nilai *conditional variance* atau σ_{t-1}^2 sebesar 0,000477 dan σ_{t-2}^2 sebesar 0,000472. Dengan memasukkan ketiga angka tersebut ke dalam persamaan (4.2) dapat diketahui nilai σ_t^2 yaitu 0,000465 atau $\sigma_t = 0,021567$.

4.3.2.3 ARCH/GARCH Untuk Propane Spot

Pada proses estimasi volatilitas data *return* Propane Spot, didapatkan 12 model yang memiliki variabel *variance equation* yang signifikan. Model *Student* GARCH (2,3) dipilih sebagai model terbaik karena memiliki nilai AIC terkecil diantara model-model GARCH yang signifikan, yaitu sebesar -5,013486. Angka SIC menunjukkan nilai yang bertentangan dengan AIC. Angka SIC untuk model *Student* GARCH (1,1) -4,991165 lebih kecil daripada *Student* GARCH (2,3) yang sebesar -4,986654. Akan tetapi, karena model *Student* GARCH (2,3) memiliki nilai *Log Likelihood* yang lebih besar, yaitu 4653,995, maka *Student* GARCH (2,3) dianggap sebagai model terbaik. Dengan demikian persamaan *variance process* yang digunakan adalah :

$$\sigma_t^2 = 0,000086 + 0,232968\varepsilon_{t-1}^2 + 0,163063\varepsilon_{t-2}^2 + 0,229381\sigma_{t-1}^2 - 0,221293\sigma_{t-2}^2 + 0,483041\sigma_{t-3}^2$$

(4,07) (3,82) (3,15) (4,10) (-5,42) (6,87)

(4.3)

Dari Lampiran 18 diperoleh angka *error* (ε_{t-1}) sebesar -0,015622 dan ε_{t-2} sebesar 0,000214 serta nilai *conditional variance* atau σ_{t-1}^2 sebesar 0,000290, σ_{t-2}^2 sebesar 0,000355 dan σ_{t-3}^2 sebesar 0,000222. Dengan memasukkan kelima angka tersebut ke dalam persamaan (4.3) dapat diketahui nilai σ_t^2 yaitu 0,000238 atau $\sigma_t = 0,015434$.

4.3.2.4 ARCH/GARCH Untuk WTI *Future*

Pada proses estimasi volatilitas data *return* WTI *Future*, didapatkan 4 model yang memiliki variabel *variance equation* yang signifikan. Model GARCH (2,3) dipilih sebagai model terbaik karena memiliki nilai AIC terkecil, yaitu - 4,703863. Angka SIC menunjukkan nilai yang bertentangan dengan AIC. Angka SIC untuk model GARCH (1,1) - 4,688363 lebih kecil daripada GARCH (2,3) yang sebesar -4,679949. Akan tetapi, karena model GARCH (2,3) memiliki nilai *Log Likelihood* yang lebih besar, yaitu 4352,018, maka GARCH (2,3) dianggap sebagai model terbaik. Dengan demikian persamaan *variance process* yang digunakan adalah :

$$\sigma_t^2 = 0,000047 + 0,078036\varepsilon_{t-1}^2 + 0,049423\varepsilon_{t-2}^2 - 0,680955\sigma_{t-1}^2 + 0,752887\sigma_{t-2}^2 + 0,716193\sigma_{t-3}^2$$

(2,97) (6,19) (2,66) (-6,11) (16,41) (8,21)

(4.4)

Dari Lampiran 19 diperoleh angka *error* (ε_{t-1}) sebesar 0,007400 dan ε_{t-2} sebesar 0,004060 serta nilai *conditional variance* atau σ_{t-1}^2 sebesar 0,000347, σ_{t-2}^2 sebesar 0,000501 dan σ_{t-3}^2 sebesar 0,000369. Dengan memasukkan kelima angka tersebut ke dalam persamaan (4.4) dapat diketahui nilai σ_t^2 yaitu 0,000457 atau $\sigma_t = 0,021377$.

4.3.2.5 ARCH/GARCH Untuk Heating Oil *Future*

Pada proses estimasi volatilitas data *return* Heating Oil *Future*, didapatkan 8 model yang memiliki variabel *variance equation* yang signifikan. Model GARCH (2,3) dipilih sebagai model terbaik karena memiliki nilai AIC terkecil, yaitu - 4,528194. Angka SIC menunjukkan nilai yang bertentangan dengan AIC. Angka SIC untuk model GARCH (1,1) - 4,510532 lebih kecil daripada GARCH (2,3) yang sebesar - 4,504279. Akan tetapi, karena model GARCH (2,3) memiliki nilai *Log Likelihood* yang lebih besar, yaitu 4189,787, maka GARCH (2,3) dianggap sebagai model terbaik. Dengan demikian persamaan *variance process* yang digunakan adalah :

$$\sigma_t^2 = 0,000090 + 0,098405 \varepsilon_{t-1}^2 + 0,113422 \varepsilon_{t-2}^2 - 0,781153 \sigma_{t-1}^2 + 0,783280 \sigma_{t-2}^2 + 0,654552 \sigma_{t-3}^2$$

(4,13) (7,81) (10,06) (-13,12) (24,96) (11,64)

(4.5)

Dari Lampiran 20 diperoleh angka *error* (ε_{t-1}) sebesar 0,003150 dan ε_{t-2} sebesar 0,001460 serta nilai *conditional variance* atau σ_{t-1}^2 sebesar 0,000416, σ_{t-2}^2 sebesar 0,000552 dan σ_{t-3}^2 sebesar 0,000394. Dengan memasukkan kelima angka tersebut ke dalam persamaan (4.5) dapat diketahui nilai σ_t^2 yaitu 0,000456 atau $\sigma_t = 0,021359$.

4.4 Perhitungan Value at Risk

Pada sub bab ini akan dihitung nilai VaR untuk masing-masing komoditas energi berdasarkan nilai volatilitas yang telah diperoleh dari model EWMA, ARCH/GARCH dan standar deviasi normal di sub bab 4.3.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan VaR Harian Komoditas energi dengan Pendekatan EWMA, ARCH/GARCH dan Standar Deviasi Normal

Data Return	Tanggal	Pendekatan	Forecast Volatility	Posisi (USD)	Cornish Fisher Expansion (α')	Holding Period	VaR (USD)
WTI Spot	31-Mei-07	EWMA	0,018310	64.020	2,740	1	3.211
	31-Mei-07	GARCH	0,018756	64.020	2,740	1	3.289
Heating Oil Spot	31-Mei-07	EWMA	0,018569	79.443	3,778	1	5.573
	31-Mei-07	GARCH	0,021567	79.443	3,778	1	6.473
Propane Spot	31-Mei-07	EWMA	0,012473	47.594	5,196	1	3.084
	31-Mei-07	GARCH	0,015434	47.594	5,196	1	3.817
WTI Future	31-Mei-07	EWMA	0,019333	64.010	2,724	1	3.371
	31-Mei-07	GARCH	0,021377	64.010	2,724	1	3.727
Heating Oil Future	31-Mei-07	EWMA	0,018556	79.073	2,831	1	4.154
	31-Mei-07	GARCH	0,021359	79.073	2,831	1	4.782
Propane Future	31-Mei-07	STDEV Normal	0,021982	47.670	3,499	1	3.667

Sumber: Data EIA, diolah.

Interpretasi hasil perhitungan VaR dengan EWMA pada Tabel 4.7 di atas adalah bahwa dengan tingkat keyakinan 99%, potensi kerugian maksimum pada tanggal 31 Mei 2007 akibat posisi *long* 1.000 barrel minyak jenis WTI adalah sebesar USD 3.211 atau dengan kata lain hanya terdapat 1% kemungkinan terjadinya kerugian yang melebihi USD 3.211. Pengertian yang sama juga berlaku untuk jenis komoditas lainnya, dimana potensi kerugian maksimum pada periode yang sama adalah masing-masing sebesar USD 5.573, USD 3.084 USD 3.371 dan USD 4.154 per 1.000 barrel (atau 42.000 gallon) komoditas energi pada pasar spot atau *future*.

Sementara itu, setelah didapatkan data volatilitas menggunakan model ARCH/GARCH terbaik, dapat dihitung VaR untuk *return* harga komoditas energi. VaR dihitung dengan *confidence level* 99%. *Alpha* yang digunakan sesuai dengan tes normalitas untuk masing-masing *return* harga komoditas energi pada sub bab 4.2.2 dan *holding period* untuk setiap kontrak spot atau *future* adalah satu hari.

Interpretasi hasil perhitungan VaR dengan ARCH/GARCH pada Tabel 4.7 di atas adalah bahwa dengan tingkat keyakinan 99%, potensi kerugian maksimum pada tanggal 31 Mei 2007 akibat posisi *long* 1.000 barrel minyak jenis WTI adalah sebesar USD 3.289 atau dengan kata lain hanya terdapat 1% kemungkinan terjadinya kerugian yang melebihi USD 3.289. Pengertian yang sama juga berlaku untuk jenis komoditas lainnya, dimana potensi kerugian maksimum pada periode yang sama adalah masing-masing sebesar USD 6.473, USD 3.817, USD 3.727 dan USD 4.782 per 1.000 barrel (atau 42.000 gallon) komoditas energi pada pasar spot atau *future*.

Untuk kontrak Propane future, VaR sebesar USD 3.667 berarti bahwa dengan tingkat keyakinan 99%, potensi kerugian maksimum pada tanggal 31 Mei 2007 akibat posisi *long* 1 kontrak *future* Propane adalah sebesar USD 3.667 atau dengan kata lain hanya terdapat 1% kemungkinan terjadinya kerugian yang melebihi USD 3.667.

Berdasarkan Tabel 4.7, terlihat bahwa nilai VaR yang diperoleh dari pendekatan EWMA cenderung lebih kecil dibandingkan nilai VaR dari pendekatan ARCH/GARCH sehingga lebih menguntungkan untuk perhitungan modal. Sementara, dari ketiga jenis komoditas yang ada, Heating Oil (baik di pasar spot

maupun *future*) memiliki tingkat risiko atau volatilitas lebih tinggi, yang ditunjukkan oleh nilai VaR yang lebih besar dibanding VaR WTI dan VaR Propane.

4.5 Backtesting Model VaR

Nilai VaR yang telah dihitung merupakan estimasi potensi kerugian maksimum yang dapat terjadi pada hari berikutnya. Untuk melakukan validasi, maka penilaian kerugian berdasarkan perhitungan VaR dibandingkan dengan *actual loss* yang terjadi. Apabila perubahan negatif nilai suatu *asset* yang terjadi ternyata lebih besar dari estimasi VaR, maka kejadian tersebut dinamakan penyimpangan (*failure*).

Mengingat proses perhitungan VaR yang rumit, maka periode yang digunakan untuk *backtesting* adalah 50 data observasi ke depan (*out of the sample*) terhitung sejak tanggal 31 May 2007.

4.5.1 Backtesting EWMA

Untuk validasi dari nilai VaR yang dihasilkan, dilakukan *backtesting* menggunakan *Kupiec Test* dan peraturan Basel Committee. Hasil perhitungan validitas dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan *Kupiec Test* Pendekatan EWMA

Jenis Komoditas	T	N	p	LR	CV	Hypothesis using $\alpha = 1\%$
WTI Spot	50	1	0,01	0,391	6,635	do not reject H_0
Heating Oil Spot	50	0	0,01	0,000	6,635	do not reject H_0
Propane Spot	50	0	0,01	0,000	6,635	do not reject H_0
WTI Future	50	1	0,01	0,391	6,635	do not reject H_0
Heating Oil Future	50	0	0,01	0,000	6,635	do not reject H_0

Sumber: Data EIA, diolah.

Pengujian Kupiec dengan menggunakan Persamaan (2.8) menghasilkan nilai $LR < critical\ value$ untuk seluruh komoditas. Nilai $LR < critical\ value$ memberikan kesimpulan gagal untuk menolak H_0 sehingga model disimpulkan valid.

Sementara, bila merujuk pada Basel Penalty Zones, kelima komoditas berada pada “*green light*” zone dimana jumlah *exception* antara 0-4. Pada zona ini, tidak terdapat

permasalahan dengan kualitas dan akurasi model. Hasil lengkap *backtesting* model EWMA dapat dilihat pada Lampiran 21-25.

4.5.2 Backtesting ARCH/ GARCH

Tabel 4.9 memperlihatkan hasil *backtesting* model ARCH/GARCH sebagai berikut :

Tabel 4.9 Perhitungan Kupiec Test Pendekatan ARCH /GARCH

Jenis Komoditas	T	N	p	LR	CV	Hypothesis using $\alpha = 1\%$
WTI Spot	50	0	0,01	0,000	6,635	do not reject H_0
Heating Oil Spot	50	0	0,01	0,000	6,635	do not reject H_0
Propane Spot	50	0	0,01	0,000	6,635	do not reject H_0
WTI Future	50	0	0,01	0,000	6,635	do not reject H_0
Heating Oil Future	50	0	0,01	0,000	6,635	do not reject H_0

Sumber: Data EIA, diolah.

Pengujian Kupiec dengan menggunakan Persamaan (2.8) menghasilkan nilai $LR < critical\ value$ untuk seluruh komoditas. Nilai $LR < critical\ value$ memberikan kesimpulan gagal untuk menolak H_0 sehingga model disimpulkan valid.

Sementara bila merujuk pada Basel Penalty Zones, kelima komoditas berada pada “green light” zone dimana jumlah *exception* antara 0-4. Pada zona ini, tidak terdapat permasalahan dengan kualitas dan akurasi model. Hasil lengkap *backtesting* model GARCH dapat dilihat pada Lampiran 26-30.

4.5.3 Backtesting Standar Deviasi Normal

Tabel 4.10 memperlihatkan hasil *backtesting* pendekatan standar deviasi normal untuk perhitungan volatilitas sebagai berikut :

Tabel 4.10 Perhitungan Kupiec Test Pendekatan Standar Deviasi Normal

Jenis Komoditas	T	N	p	LR	CV	Hypothesis using $\alpha = 1\%$
Propane Future	50	0	0,01	0,000	6,635	do not reject H_0

Sumber: Data EIA, diolah.

Pengujian Kupiec dengan menggunakan Persamaan (2.8) menghasilkan nilai $LR < critical\ value$ untuk Propane Future. Nilai $LR < critical\ value$ memberikan kesimpulan gagal untuk menolak H_0 sehingga model disimpulkan valid.

Sementara, bila merujuk pada Basel Penalty Zones, komoditas tersebut berada pada “green light” zone dimana jumlah *exception* antara 0-4. Pada zona ini, tidak terdapat permasalahan dengan kualitas dan akurasi model. Hasil lengkap *backtesting* pengukuran volatilitas menggunakan standar deviasi normal dapat dilihat pada Lampiran 31-32.

4.6 Perhitungan VaR dengan Metode *Extreme Value Theory*

Pada sub bab ini, akan dilakukan pengukuran VaR EVT menggunakan data *return* harga komoditas energi selama periode sebagai berikut :

Tabel 4.11 Data Return Harga Komoditas energi untuk EVT

Jenis Komoditas	Data Return	
WTI Spot	02-Jan-87	31-Mei-07
Heating Oil Spot	02-Jan-87	31-Mei-07
Propane Spot	03-Jan-94	31-Mei-07
WTI Future	02-Jan-87	31-Mei-07
Heating Oil Future	02-Jan-87	31-Mei-07
Propane Future	03-Jan-94	31-Mei-07

Sumber: Data EIA, diolah.

EVT memerlukan sebanyak mungkin data sampel agar estimasi parameter dapat dilakukan lebih tepat. Untuk WTI dan *heating oil* data yang digunakan adalah *return* harga harian mulai 2 Januari 1987 – 31 Mei 2007. Akan tetapi karena adanya keterbatasan data, data series yang digunakan untuk menghitung VaR EVT komoditas Propane adalah data *return* harga komoditas Propane Spot dan Propane Future mulai 3 Januari 1994.

Metode EVT digunakan untuk mengetahui besar peluang (*expected likelihood*) dan besar perubahan harga komoditas energi secara ekstrim yang mungkin terjadi. Dengan menggunakan teknik tersebut, diharapkan dapat diketahui eksposur terhadap kejadian pasar yang ekstrim, dalam tingkat *confidence level*

(99%,99,5%,99,9%,99,95%,dst) yang tinggi, yang dapat sangat mengganggu posisi aset saat ini.

EVT merupakan salah satu metode pengukuran risiko berdasarkan teori statistik kejadian ekstrim yang dapat mengukur risiko secara lebih akurat pada tingkat keyakinan tinggi dibandingkan pendekatan parametrik standar. Berbeda dengan metode parametrik yang menggunakan seluruh sampel untuk mengestimasi risiko, metode *block maxima* dan *peak over threshold* (POT) pada EVT hanya menggunakan data-data yang ingin diamati, yaitu perubahan harga yang ekstrim. Selain itu, metode ini juga mengestimasi parameter di sebelah kiri (*left tail*) distribusi secara terpisah dari *right tail*.

Pada pembahasan ini, hanya dibahas pengukuran VaR dari distribusi kerugian saja, pada tingkat *confidence level* 99%. Tingkat *confidence level* 99% dipilih untuk perhitungan VaR EVT risiko harga komoditas energi agar dapat diperbandingkan dengan VaR hasil perhitungan pendekatan parametrik standar, yaitu EWMA, GARCH dan standar deviasi normal.

Untuk distribusi minima (*Generalized Extreme Value Distribution*), akan digunakan pendekatan moment (*Probability Weighted Moment*) dengan *tools* Microsoft ExcelTM untuk mengukur parameter-parameter distribusinya, yang akan diperbandingkan dengan hasil perhitungan dari software EasyFit 4.3 Professional.

Sementara itu, untuk distribusi nilai melampaui *threshold* (*Generalized Pareto Distribution*), akan diperbandingkan hasil perhitungan pendekatan moment (*Probability Weighted Moment*) melalui dua teknik penentuan *threshold* yang berbeda dengan menggunakan Microsoft ExcelTM

4.6.1 Estimasi Parameter Distribusi GEV

Menurut metode *block maxima*, suatu data series harus dikelompokkan ke dalam blok data yang tidak saling tumpang tindih (*non-overlapping*) dengan *size* n , yaitu: $\{X_1, \dots, X_n\}, \{X_{n+1}, \dots, X_{2n}\}, \dots, \{X_{T-n+1}, \dots, X_T\}$

dan melakukan identifikasi nilai maximum dari setiap blok, dimana :
 $M_1 = \text{Max}\{X_1, \dots, X_n\}, M_2 = \text{Max}\{X_{n+1}, \dots, X_{2n}\}, \dots, M_{T/n} = \text{Max}\{X_{T-n+1}, \dots, X_T\}.$

Pada pasar komoditas energi, maxima adalah kenaikan harga, sementara minima adalah penurunan harga. Untuk data *series* harian selama periode 2 Januari 1987 hingga 31 Mei 2007, dicari nilai minima (kerugian terbesar akibat penurunan harga komoditas) dari setiap blok yang terdiri dari kumpulan data *return* selama tiga bulanan. Ukuran blok sebaiknya adalah tahunan untuk menghindari sifat musiman (*seasonality*), akan tetapi karena terbatasnya data yang ada, ukuran blok ditentukan sebanyak tiga bulan seperti langkah yang dilakukan oleh Adkins and Krehbiel (2005, hal 324).

Dengan menggunakan beberapa estimator dan rumus-rumus yang ada, data minima diproses untuk memperoleh hasil estimasi parameter distribusi GEV. Dari data minima yang diperoleh, pertama nilai absolut data minima diurutkan mulai dari yang terbesar ke yang terkecil dengan notasi $X_1 > X_2 \dots > X_n$ lalu dicari nilai dari estimator ω_0, ω_1 , dan ω_2 .

Untuk proses menggunakan Microsoft ExcelTM *spreadsheet*, masing-masing data kerugian setiap komoditas dihitung posisi plotnya mengikuti rumus (2.39) yang dimasukkan dalam kolom c pada Lampiran 33-38. Kemudian masing-masing data dari kolom b dan c dikalikan untuk memperoleh nilai di kolom d. Kolom e merupakan posisi plot pada kolom c yang dikuadratkan. Kemudian kolom f berisi hasil perkalian antara data dalam kolom b dan data kolom e. Hasil akhir ω_0, ω_1 , dan ω_2 dari masing-masing kolom b,d dan f adalah nilai rata-rata dari masing-masing kolom tersebut.

Berdasarkan nilai ω_0, ω_1 , dan ω_2 yang diperoleh, akan dicari nilai m_1 dan m_2 menggunakan rumus (2.41) dan (2.42). Langkah selanjutnya merupakan pengestimasi parameter distribusi GEV, yaitu dengan mendapatkan nilai c dari rumus (2.44) untuk mengestimasi parameter-parameter ξ (shape), μ (location) dan σ (scale). Estimasi nilai ξ (shape) menggunakan

Microsoft Excel TM untuk WTI spot sebesar 0,3275, Heating Oil spot sebesar 0,4586, Propane spot sebesar 0,4784, WTI *future* sebesar 0,3861, Heating Oil *future* sebesar 0,4178 dan Propane *future* sebesar 0,2977 telah memenuhi syarat untuk mengestimasi parameter GEV, karena menurut Coleman (2002, hal 12) syarat nilai ξ (shape) harus kurang dari 1.

Untuk menyelesaikan estimasi parameter σ (scale) dan parameter μ (location) terdapat fungsi Gamma dalam rumus (2.45) dan (2.46). Nilai fungsi Gamma diperoleh dahulu dengan menggunakan fungsi “Add-Ins” dari Microsoft Excel TM ‘=xgamma(x)’.

Sementara itu, untuk memperoleh parameter-parameter GEV dengan menggunakan software EasyFit 4.3 Professional lebih memudahkan dan menghasilkan nilai parameter-parameter GEV yang tidak jauh berbeda dengan hasil perhitungan manual PWM dengan Microsoft Excel TM.

Berikut perbandingan nilai parameter-parameter GEV dan VaR GEV yang diperoleh dengan perhitungan Microsoft Excel TM dan software EasyFit 4.3 Professional :

**Tabel 4.12 Hasil Perhitungan VaR GEV
Microsoft Excel TM**

Data Return	ξ (shape)	μ (location)	σ (scale)	VaR	Exposure (USD)	VaR (USD)
WTI Spot	0,3275	0,0458	0,0208	0,2689	64.020	17.213
Heating Oil Spot	0,4586	0,0455	0,0167	0,3097	79.443	24.606
Propane Spot	0,4784	0,0390	0,0222	0,4118	47.594	19.601
WTI Future	0,3861	0,0435	0,0170	0,2593	64.010	16.599
Heating Oil Future	0,4178	0,0453	0,0198	0,3218	79.073	25.445
Propane Future	0,2977	0,0366	0,0202	0,2353	47.670	11.218

Sumber: Data EIA, diolah

**Tabel 4.13 Hasil Perhitungan VaR GEV
EasyFit 4.3 Professional**

Data Return	ξ (shape)	μ (location)	σ (scale)	VaR	Exposure (USD)	VaR (USD)
WTI Spot	0,3402	0,0454	0,0206	0,2747	64.020	17.585
Heating Oil Spot	0,4746	0,0451	0,0164	0,3165	79.443	25.143
Propane Spot	0,5038	0,0382	0,0214	0,4260	47.594	20.276
WTI Future	0,4003	0,0432	0,0167	0,2650	64.010	16.963
Heating Oil Future	0,4327	0,0449	0,0195	0,3290	79.073	26.017
Propane Future	0,3168	0,0361	0,0199	0,2433	47.670	11.600

Sumber: Data EIA, diolah.

Terbukti hasil estimasi parameter-parameter GEV dan VaR GEV menggunakan Microsoft ExcelTM dan EasyFit 4.3 Professional tidak menunjukkan selisih yang signifikan.

4.6.2 Estimasi Parameter Distribusi GPD

Pendekatan *peak over threshold* (POT), mengidentifikasi nilai ekstrim dari data yang berada di atas “*threshold*” u . Dengan pendekatan ini data kerugian atau data *return* negatif yang dimasukkan ke dalam sampel adalah semua data yang berada di atas *threshold* tanpa membedakan periode atau bulannya.

Sama halnya seperti distribusi GEV, untuk memperoleh nilai estimasi parameter GPD dengan pendekatan PWM juga harus mencari nilai parameter ξ (shape), μ (location) dan σ (scale), namun dengan rumus yang berbeda. Nilai-nilai untuk $\omega_0, \omega_1, \omega_2, m_1$ dan m_2 menggunakan hasil estimasi yang sama dengan yang digunakan dalam perhitungan GEV sebelumnya. Pada estimasi parameter GPD ini, nilai estimasi parameter ξ (shape) untuk semua komoditas telah memenuhi syarat, yaitu nilai ξ (shape) harus kurang dari 1.

Sementara itu, penentuan *threshold* pada distribusi GPD adalah sama pentingnya seperti penentuan ukuran *block maxima* atau minima pada distribusi GEV. Untuk menetapkan *threshold* dari data *return* negatif terdapat beberapa pendekatan yang dapat diambil.

Pada penelitian ini digunakan dua teknik penetapan *threshold*. Pertama, adalah dengan *ad hoc percentage* (10% rule). Kedua, digunakan seratus data minima terbesar untuk menentukan *threshold* dengan merujuk teknik yang dilakukan oleh Adkins and Krehbiel (2005, hal 330) yang menggunakan seratus *standardized* residual terbesar untuk mencari nilai *conditional* EVT.

Kedua teknik tersebut ternyata akan menghasilkan nilai VaR yang tidak jauh berbeda bila dihitung menggunakan Microsoft Excel™ seperti pada tabel berikut. Berbagai metode penetapan *threshold* dapat digunakan mengingat belum adanya aturan baku mengenai hal ini.

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan VaR GPD dengan *Threshold* “10 Percent Rule”

Data Return	ξ (shape)	μ (location)	σ (scale)	VaR	Exposure (USD)	VaR (USD)
WTI Spot	0,3139	0,0366	0,0148	0,0865	64.020	5.539
Heating Oil Spot	0,4135	0,0381	0,0130	0,0881	79.443	6.995
Propane Spot	0,4378	0,0368	0,0150	0,0964	47.594	4.587
WTI Future	0,3537	0,0359	0,0124	0,0799	64.010	5.112
Heating Oil Future	0,4039	0,0356	0,0130	0,0850	79.073	6.723
Propane Future	0,2757	0,0328	0,0151	0,0811	47.670	3.865

Sumber: Data EIA, diolah.

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan VaR GPD dengan *Threshold* 100 Minima Terbesar

Data Return	ξ (shape)	μ (location)	σ (scale)	VaR	Exposure (USD)	VaR (USD)
WTI Spot	0,2417	0,0511	0,0223	0,0887	64.020	5.676
Heating Oil Spot	0,4724	0,0530	0,0164	0,0857	79.443	6.811
Propane Spot	0,4266	0,0414	0,0177	0,0970	47.594	4.615
WTI Future	0,3000	0,0482	0,0190	0,0814	64.010	5.208
Heating Oil Future	0,3641	0,0486	0,0209	0,0863	79.073	6.823
Propane Future	0,2842	0,0378	0,0161	0,0809	47.670	3.854

Sumber: Data EIA, diolah.

Nilai-nilai estimasi parameter-parameter di atas, baik itu parameter GEV maupun GPD selanjutnya akan dipergunakan dalam memperhitungkan nilai sebagai acuan untuk menentukan alokasi modal yang dapat meng-cover kerugian yang sifatnya jarang terjadi dan jika terjadi mempunyai konsekuensi nilai kerugian yang sangat besar sehingga tidak dapat dimodelkan dengan pendekatan biasa.

Perhitungan Market VaR untuk EVT pada dasarnya sama seperti perhitungan OpVaR. Lewis (2003, hal 135-138) mengalikan nilai estimasi parameter μ (location), σ (scale) dan ξ (shape) serta derajat kepercayaan yang diinginkan, misalnya sebesar 99%, sehingga didapat nilai VaR masing-masing untuk GEV dan GPD.

Dengan nilai VaR seperti ini, jika menerapkan model EVT yang menggunakan metode PWM, nilai VaR GEV terlihat terlalu tinggi, sedangkan untuk GPD tidak terlalu tinggi sehingga dinilai cukup menguntungkan untuk perhitungan modal. Baik nilai VaR GEV ataupun GPD, secara umum lebih besar nilainya dibandingkan nilai VaR komoditas untuk kondisi normal dengan *confidence level* yang sama yang telah dihitung di sub bab 4.4.

Dalam aplikasinya, EVT VaR akan lebih sesuai untuk diterapkan dalam peramalan (*forecast*) jangka panjang potensi kerugian maksimum, dibanding jika digunakan sebagai *tools* harian (*day-to-day tool*) untuk mengukur risiko pasar. Parameter-parameter EVT dapat digunakan dalam *forecast* jangka panjang, salah satunya dalam perhitungan RL (*return level*) untuk menentukan nilai tertentu yang akan dilampaui oleh suatu nilai kerugian maksimum, secara rata-rata sekali dalam sekian tahun.

4.7 Mitigasi

Langkah-langkah mitigasi perlu dilakukan untuk mempertahankan volatilitas pada posisi rendah, dengan meng-*hedge* transaksi *spot* dengan perdagangan derivatifnya pada posisi yang berlawanan. Salah satu transaksi derivatif yang dapat digunakan adalah *future*. Dengan melakukan perdagangan derivatif, pelaku *trading* akan menghadapi risiko yang lebih kecil, walaupun masih terdapat *basis risk*-nya.

Transaksi derivatif untuk komoditas energi dapat dilakukan dengan mencari kontrak *future* komoditas energi yang sejenis atau *future* komoditas energi lain yang dianggap dapat memberikan fungsi lindung nilai terbaik. Perhitungan *hedge ratio* dan jumlah kontrak yang dibutuhkan untuk *hedging* dengan *future* komoditas sejenis

ditampilkan dalam Tabel 4.16. Nilai volatilitas spot (σ_s) dan *future* (σ_f) masing-masing komoditas diperoleh dari hasil perhitungan volatilitas ARCH/GARCH pada sub bab 4.3.

Tabel 4.16 Perhitungan *Hedge Ratio* dan Jumlah Kontrak *Futures* yang Dibutuhkan

Jenis Komoditas	ρ_{SF}	σ_s	σ_f	N*	Jumlah Kontrak <i>Future</i>
WTI	0,879745	0,0187557	0,0213768	-0,771876	0,772 kontrak per 1.000 barrel WTI
Heating Oil	0,683292	0,0215666	0,0213594	-0,689920	0,690 kontrak per 42.000 gallon Heating Oil
Propane	0,680097	0,0154338	0,0219821	-0,477503	0,478 kontrak per 42.000 gallon Propane

Sumber: Data EIA, diolah.

Berdasarkan Tabel 4.16 dapat dilihat bahwa untuk keperluan *hedging*, harus dibuka posisi *futures* dengan posisi yang berlawanan dengan transaksi *spot*-nya. Hal ini terkait dengan besarnya korelasi antara transaksi *spot* dengan transaksi *futures*. Perhitungan VaR hasil *hedging* ditampilkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Perhitungan *Value at Risk* Portofolio *Hedging* dengan *Futures*

Jenis Instrumen	<i>Exposure</i>	VaR 1 hari (USD)	Korelasi	VaR portofolio (USD)
WTI Spot	1.000 barrel	3.289	0,879745	1.548
WTI Future	-0,772 kontrak	3.727		
Heating Spot	42.000 gallon	6.473	0,683292	3.587
Heating Future	-0,690 kontrak	4.782		
Propane Spot	42.000 gallon	3.817	0,680097	2.673
Propane Future	-0,478 kontrak	3.667		

Sumber: Data EIA, diolah.

Nilai VaR 1 hari untuk setiap komoditas diperoleh dari nilai VaR hasil perhitungan ARCH/GARCH di sub bab 4.4. Dari Tabel 4.17 dapat dilihat bahwa VaR portofolio hasil *hedging* untuk seluruh komoditas energi lebih kecil daripada nilai VaR tiap-tiap komoditas sebelum *hedging*. Diharapkan dengan menerapkan *hedging*, potensi kerugian dapat diminimalisasi, baik itu dalam kondisi pasar yang normal maupun kondisi pasar yang ekstrim.