

Komang Dharmawan



MANAJEMEN RISIKO PASAR ENERGI INDONESIA

Pendekatan Matematika Finansial



MANAJEMEN RISIKO PASAR ENERGI INDONESIA

Pendekatan Matematika Finansial

Komang Dharmawan



MANAJEMEN RISIKO PASAR ENERGI INDONESIA

Pendekatan Matematika Finansial

Penulis:

Komang Dharmawan

Desain Cover:

Andi Juliandi

Sumber Ilustrasi:

www.freepik.com

Tata Letak:

Handarini Rohana

Editor:

Dr. Ni Made Asih, S.Pd., M.Si.

ISBN:

978-634-246-677-3

Cetakan Pertama:

Februari, 2026

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

by Penerbit Widina Media Utama

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:

WIDINA MEDIA UTAMA

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 519/JBA/2025

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: [@penerbitwidina](https://www.instagram.com/penerbitwidina)

Telepon (022) 87355370

Kata Pengantar

Energi adalah denyut nadi peradaban. Setiap kali kita menyalakan sakelar lampu, mengisi tangki kendaraan, atau menikmati produk olahan kelapa sawit, kita sedang berpartisipasi dalam sebuah pasar global yang mahal luas dan, sering kali, mahabuasm.

Bagi masyarakat awam, harga energi mungkin hanyalah angka yang tertera di struk pembayaran. Namun, bagi bangsa ini—Indonesia—harga tersebut adalah penentu nasib. Sebagai negara yang diberkahi kekayaan batubara dan minyak sawit yang melimpah, ekonomi kita berdansa mengikuti irama harga komoditas. Ketika harga naik, kita berpesta; ketika harga jatuh, kita mengetatkan ikat pinggang.

Pertanyaannya adalah: *Sampai kapan kita membiarkan nasib kita didikte oleh keberuntungan semata?*

Buku ini, "*Manajemen Risiko Pasar Energi Indonesia: Pendekatan Matematika Finansial*", lahir dari kegelisahan tersebut. Ini bukan sekadar buku tentang rumus-rumus rumit. Ini adalah buku tentang **peta dan kompas**.

Kepada Siapa Buku Ini Berbicara?

- **Kepada Masyarakat Umum:** Buku ini ingin bercerita bahwa kenaikan harga listrik atau minyak goreng bukanlah fenomena acak yang tanpa pola. Ada logika di baliknya, ada siklus yang bisa dipahami, dan ada alasan mengapa kita tidak perlu panik berlebihan.
- **Kepada Mahasiswa:** Kalian adalah calon penjaga ekonomi bangsa. Teori di ruang kuliah sering kali terasa kering dan berjarak. Di sini, Anda akan melihat bagaimana kalkulus dan statistik turun ke bumi, menjadi senjata untuk membedah masalah nyata di tanah air sendiri.
- **Kepada Investor dan Trader:** Pasar energi bukan kasino. Ia memiliki "gaya gravitasi" yang unik. Buku ini menawarkan kacamata baru—bukan untuk menebak masa depan, tetapi untuk mengukur seberapa dalam jurang risiko yang sedang Anda hadapi, agar modal Anda tidak hangus oleh ketidaktauan.

- **Kepada Praktisi dan Pengambil Kebijakan:** Di tangan Anda, keputusan bernilai triliunan Rupiah dibuat. Metode *Value at Risk* (VaR) dan *hedging* yang dibahas di sini adalah tawaran untuk beralih dari manajemen risiko berbasis intuisi menuju manajemen risiko berbasis presisi.

Penulis menyadari bahwa matematika sering kali dianggap menakutkan. Oleh karena itu, buku ini ditulis dengan semangat untuk "memanusiakan" angka. Di balik setiap persamaan diferensial, terdapat cerita tentang ketakutan dan harapan pasar.

Semoga karya sederhana ini dapat menjadi lilin kecil yang menerangi lorong gelap ketidakpastian pasar energi Indonesia. Selamat membaca.

Penulis

Denpasar, Januari 2026

Prolog: Seni Menghitung Ketidakpastian

Dari Meja Judi ke Bursa Energi

Jauh sebelum komputer canggih berkedip di lantai bursa Wall Street atau Jakarta, manajemen risiko lahir di tempat yang tak terduga: meja judi.

Berabad-abad silam, manusia menganggap risiko sebagai wilayah kekuasaan dewa. Jika kapal dagang Anda tenggelam di laut, itu adalah takdir. Jika panen gagal, itu adalah kutukan. Manusia pasrah. Namun, pada masa Renaisans, sekelompok pemikir mulai mengajukan pertanyaan nakal: "*Bisakah kita mengukur nasib?*"

Bermula dari surat-menyurat antara Blaise Pascal dan Pierre de Fermat tentang cara membagi uang taruhan dalam permainan dadu yang belum selesai, lahirlah Teori Probabilitas. Untuk pertama kalinya dalam sejarah, ketidakpastian tidak lagi dilihat sebagai kabut misterius, melainkan sebagai angka yang bisa dihitung.

Kesalahan Tuan Bachelier

Lompat ke tahun 1900 di Paris. Seorang mahasiswa doktoral bernama Louis Bachelier mengamati pergerakan harga obligasi di bursa Paris. Dalam tesisnya yang brilian (namun diabaikan selama 50 tahun), *Théorie de la Spéculation*, ia menyimpulkan bahwa harga pasar bergerak seperti "orang mabuk yang berjalan"—sempoyongan, acak, dan tidak bisa diprediksi arah langkah berikutnya. Konsep ini kelak dikenal sebagai *Random Walk* atau Gerak Brown.

Dunia keuangan modern dibangun di atas asumsi "Jalan Mabuk" ini. Rumus-rumus saham yang kita kenal sekarang menganggap bahwa harga besok bisa naik atau turun tanpa peduli di mana harga hari ini berada.

Namun, ketika teori ini diterapkan pada pasar energi—minyak, batubara, gas—para matematikawan menemukan masalah besar.

Minyak dan batubara **bukanlah** saham. Saham adalah kertas kepemilikan; nilainya bisa naik ke langit tanpa batas. Tapi energi adalah barang fisik.

- Jika harga minyak terlalu mahal, orang berhenti menyetir, permintaan turun, dan harga jatuh.
- Jika harga terlalu murah, produsen menutup sumur bor, suplai langka, dan harga naik kembali.

Berbeda dengan "Orang Mabuk" Bachelier yang bisa tersesat entah ke mana, harga energi memiliki "tali pengikat" yang selalu menariknya pulang ke rumah. Sifat ini disebut *Mean Reversion* (Kembali ke Rata-rata).

Mengapa Buku Ini Ada?

Sayangnya, banyak pelaku pasar di Indonesia masih menggunakan peta yang salah. Mereka menggunakan rumus saham (yang bebas tanpa batas) untuk mengelola risiko energi (yang terikat hukum fisik). Akibatnya fatal: risiko krisis sering kali tidak terdeteksi, dan peluang lindung nilai sering terlewatkan.

Buku ini hadir untuk meluruskan peta tersebut. Kita akan meninggalkan sejenak asumsi-asumsi klasik yang diajarkan di buku teks Eropa dan Amerika, lalu membangun model matematika yang sesuai dengan napas dan detak jantung bumi Indonesia.

Ini adalah kisah tentang bagaimana kita berhenti berjudi dengan nasib energi bangsa, dan mulai menghitungnya dengan presisi.

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Prolog	v
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xi
1 Navigasi Matematika di Pasar Energi	1
1.1 Dinamika Pasar Energi: Posisi Strategis Indonesia	2
1.1.1 Dua Raksasa: Batubara dan Minyak Sawit	2
1.1.2 Paradoks "Price Taker": Raksasa yang Rentan	2
1.1.3 Risiko Korporasi di Tengah Transisi	3
1.2 Peta Jalan Energi Indonesia: Ambisi vs Realitas	3
1.2.1 Potret Bauran Energi Nasional	4
1.2.2 Distorsi Pasar: Dampak Kebijakan DMO dan B35	5
1.3 Mengapa Intuisi Tidak Lagi Cukup: Batas Pendekatan Kualitatif	6
1.4 Menuju Lindung Nilai yang Terukur: Sebuah Mandat Matematis	6
1.4.1 Hedging: Asuransi, Bukan Spekulasi	6
1.4.2 Peran Vital Matematika Finansial	7
2 Dinamika Stokastik dan Perilaku Harga	9
2.1 Filosofi Pergerakan Harga: Saham vs Komoditas	9
2.2 Mekanika Penarik: Proses Ornstein-Uhlenbeck	10
2.3 Standar Industri: Model Schwartz Satu Faktor	10
2.4 Alternatif Lain: Ketika Satu Faktor Tidak Cukup	11
2.4.1 Model Jump-Diffusion: Matematika Kejutan	11
2.4.2 Model Heston: Ketika Risiko Itu Sendiri Berubah	13
2.4.3 Model Schwartz Dua Faktor: Misteri "Convenience Yield"	14
2.5 Menangkap Kompleksitas Pasar: Model Lanjutan	16
2.5.1 Model Jump-Diffusion: Matematika Kejutan	17

2.5.2	Model Stokastik Volatilitas (Heston): Ketika Risiko itu Sendiri Berubah	17
2.5.3	Model Schwartz Dua Faktor: Misteri "Convenience Yield"	18
3	Kalibrasi Model: Menyelaraskan Teori dengan Data	19
3.1	Data: Jejak Langkah Minyak Mentah (2006–2025)	19
3.2	Visualisasi Gravitasi Pasar: Harga vs Keseimbangan	19
3.2.1	Membedah Grafik	20
3.2.2	Bukti Fenomena "Mean Reversion"	20
3.3	Dari Kalkulus ke Aritmatika: Teknik Diskritisasi	21
3.4	Hasil Estimasi Parameter	21
3.5	Interpretasi Visual: Bukti Eksistensi "Ekor Gemuk"	22
3.5.1	Puncak yang Lebih Runcing (Leptokurtic)	23
3.5.2	Ekor yang Lebih Tebal (Fat Tails)	23
3.5.3	Kemiringan Negatif (Negative Skewness)	23
3.6	Memahami Karakter Pasar: Uji "Ingatan" Harga	24
3.7	Uji Stasioneritas: Memastikan Pijakan yang Kokoh	26
3.7.1	Filosofi Stasioneritas: Rumah vs Perahu	26
3.7.2	Diagnosa Visual: Autocorrelation Function (ACF)	26
3.7.3	Diagnosa Stasioneritas dan Akar Unit	27
3.8	Interpretasi Finansial	28
4	Simulasi Stokastik dan Kuantifikasi Risiko	31
4.1	Meneropong Masa Depan: Simulasi Monte Carlo	31
4.2	Value at Risk (VaR): Batas Toleransi Kerugian	31
4.2.1	Interpretasi Tingkat Kepercayaan 90%	32
4.2.2	Interpretasi Tingkat Kepercayaan 95%	33
4.3	Ringkasan Hasil Simulasi	33
4.4	Di Balik Batas Aman: Conditional Value at Risk (CVaR)	33
4.4.1	Mengapa VaR Bisa Menyesatkan?	34
4.4.2	Solusi: Expected Shortfall (CVaR)	34
4.4.3	Hasil Perhitungan CVaR untuk Minyak Mentah	34
4.5	Apa yang Paling Menggerakkan Risiko? Analisis Sensitivitas	35
4.5.1	Cara Membaca Grafik	36
4.5.2	Pelajaran Penting: "Ombak vs Jangkar"	36
5	VaR Dinamis: Ketika Risiko Bergerak	37
5.1	Ilusi Kaca Spion: Mengapa VaR Statis Gagal?	37
5.2	Fenomena Volatilitas yang Menggumpal	37
5.3	Metodologi: Rolling Window dan EWMA	38
5.3.1	Pendekatan Jendela Berjalan (Rolling Window)	38
5.3.2	Pendekatan EWMA (Exponentially Weighted Moving Average)	38
5.4	Implikasi bagi Strategi Bisnis	39

5.5	Studi Kasus: Menyelamatkan Perusahaan dari "Badai" 2014	39
5.5.1	Visualisasi Kegagalan dan Penyelamatan	39
5.5.2	Analisis Bulan Kritis: November 2014	40
5.5.3	Kesimpulan: Kecepatan adalah Kunci	41
6	Evaluasi Kinerja Model: VaR Statis dan Dinamis	43
6.1	Deformasi Realitas: Mitos Volatilitas Konstan	43
6.2	Uji Kecepatan Sinyal: Krisis 2014	44
6.2.1	Kronologi Penyelamatan (Timeline Analysis)	44
6.3	Implikasi Finansial: Harga Sebuah Keselamatan	45
6.3.1	Rekomendasi Strategis	46
7	Uji Keandalan: Backtesting dan Validasi Model	47
7.1	Jangan Percaya Buta pada Rumus	47
7.2	Mekanisme Uji: Menghitung Pelanggaran	47
7.3	Metode Statistik: Uji Kupiec (POF Test)	48
7.4	Hasil Diagnosa: Model Normal Gagal	49
7.5	Uji Ketahanan: Analisis Skenario "What-If"	49
7.5.1	Definisi Skenario	50
7.5.2	Hasil Simulasi dan Perhitungan VaR	50
7.5.3	Interpretasi Strategis: Musuh Terbesar Adalah Ketidakpastian	50
8	Epilog: Menuju Ketahanan Energi yang Terukur	53
8.1	Merangkai Benang Merah	53
8.2	Manfaat Praktis: Matematika di Dunia Nyata	54
8.2.1	Bagi Masyarakat Umum	54
8.2.2	Bagi Investor dan Trader	54
8.2.3	Bagi Praktisi Korporasi (CFO & Manajer Risiko)	54
8.3	Rekomendasi Kebijakan: Cetak Biru untuk BUMN Energi	55
8.3.1	Institusionalisasi Komite Risiko Pasar (Market Risk Committee)	55
8.3.2	Mengatasi Paradigma "Hedging sebagai Kerugian Negara"	56
8.4	Agenda Riset Masa Depan: Menembus Batas Klasik	56
8.4.1	Integrasi Machine Learning: Neural SDE	57
8.4.2	Penerapan Deep Learning untuk Deret Waktu (LSTM/GRU)	57
8.5	Analisis Data Frekuensi Tinggi: Menembus Batas Mikro	59
8.5.1	Tantangan Struktur Mikro Pasar (Market Microstructure)	59
8.5.2	Solusi Model Canggih: Lévy Flight dan Hawkes	60

Daftar Gambar

1.1	Transformasi Bauran Energi Primer Indonesia (Estimasi 2015-2030). Sumber : Laporan Kebijakan Moneter Bank Indonesia [24]	4
3.1	Dinamika Harga Historis vs Level Mean Reversion Estimasi	20
3.2	Distribusi Return Minyak vs Normal: Bukti adanya 'Ekor Gemuk' (Fat Tails)	22
3.3	Autokorelasi Harga: Menunjukkan Sifat Memori Jangka Panjang	24
3.4	Transformasi Menuju Stasioneritas Panel atas memperlihatkan perilaku "Jalan Acak" (Random Walk) pada harga pasar, di mana rata-rata dan varians berubah seiring waktu. Panel bawah memperlihatkan hasil transformasi diferensi (return), yang berhasil mengisolasi sinyal stasioner yang diperlukan untuk kalibrasi model Mean Reversion.	28
4.1	Visualisasi 10.000 Lintasan Harga Minyak (Monte Carlo) . .	32
4.2	Sensitivitas VaR: Risiko lebih responsif terhadap lonjakan volatilitas	35
5.1	VaR Dinamis (Hijau) Bereaksi Lebih Cepat daripada VaR Statis (Merah)	40
6.1	Peta Denyut Jantung Pasar: Volatilitas Dinamis vs Garis Datar Statis	44
6.2	Perbandingan Respon VaR: Dinamis (Hijau) vs Statis (Merah)	45
7.1	Visualisasi Backtesting: Titik 'X' Menandakan Kegagalan Model	48
7.2	Pergeseran Profil Risiko: Skenario Perang Melebarkan Ekor Kiri	51

Daftar Tabel

3.1	Hasil Uji ADF pada Return Minyak	27
4.1	Proyeksi Harga dan Risiko (VaR) Hasil Simulasi	33
4.2	Perbandingan VaR vs CVaR (Dalam USD per Barel)	35
6.1	Matriks Konsekuensi Bisnis	46
7.1	Stress Test: Dampak Perang vs Resesi terhadap Batas Risiko	50
8.1	Peta Persaingan: Ekonometrika vs Deep Learning	58

Bab 1

Navigasi Matematika di Pasar Energi

Indonesia adalah raksasa energi dunia, rumah bagi cadangan batubara dan kelapa sawit yang melimpah yang menjadi tumpuan ekonomi bangsa. Namun, kekayaan alam ini hadir dengan satu tantangan besar yang tak terelakkan: ketidakpastian. Bagi para pelaku industri dan pengambil kebijakan, harga komoditas energi yang naik-turun bukan sekadar angka statistik di layar berita, melainkan gelombang pasang yang bisa menghantam stabilitas keuangan kapan saja. Tanpa strategi yang matang, ketergantungan pada pasar komoditas ini menempatkan kita dalam posisi yang rentan terhadap guncangan global yang sulit diprediksi.

Di tengah gejolak pasar yang semakin liar, mengandalkan intuisi bisnis atau pengamatan kualitatif semata tidak lagi memadai. Metode konvensional sering kali gagal mendeteksi risiko ekstrem yang datang tiba-tiba, ibarat nakhoda yang mencoba mengarungi badai samudra hanya dengan mengandalkan arah angin tanpa instrumen navigasi yang canggih. Kita membutuhkan alat yang lebih presisi, sebuah metode yang mampu membedah kekacauan data pasar menjadi peta risiko yang jelas dan terukur [1].

Buku ini hadir menawarkan "alat navigasi" tersebut melalui pendekatan Matematika Finansial. Di balik pembahasan teknisnya, buku ini sejatinya menawarkan cara pandang baru: bagaimana mengubah ketidakpastian yang menakutkan menjadi risiko yang dapat dikelola. Dengan menggunakan perhitungan matematika yang ketat untuk merancang strategi lindung nilai (hedging), kita tidak lagi membiarkan nasib aset energi Indonesia terombang-ambing oleh spekulasi, melainkan mengelolanya dengan kalkulasi yang akurat dan bertanggung jawab.

Bab 2

Dinamika Stokastik dan Perilaku Harga

2.1 Filosofi Pergerakan Harga: Saham vs Komoditas

Sebelum kita menyelam ke dalam persamaan matematika, kita perlu memahami "kepribadian" dari aset yang kita amati. Dalam dunia keuangan, tidak semua grafik harga diciptakan sama.

Selama bertahun-tahun, standar emas dalam pemodelan keuangan adalah *Geometric Brownian Motion* (GBM). Model ini—yang menjadi jantung dari rumus Black-Scholes yang legendaris—mengasumsikan bahwa harga aset berperilaku seperti partikel debu yang bergerak acak di permukaan air: ia memiliki tren untuk terus naik seiring waktu (karena inflasi atau pertumbuhan ekonomi) dan jika ia jatuh, ia tidak memiliki kewajiban untuk kembali ke titik awal. Ini adalah model yang sangat cocok untuk pasar saham [2]. Saham Google atau BCA, misalnya, bisa naik terus menerus tanpa batas teoritis.

Namun, energi berbeda. Harga batubara atau CPO adalah harga fisik. Jika harga batubara naik terlalu tinggi, permintaan akan turun atau tambang baru akan dibuka, memaksa harga turun kembali. Sebaliknya, jika harga jatuh terlalu dalam hingga di bawah biaya produksi, penambang akan berhenti beroperasi, suplai berkurang, dan harga akan naik kembali. Menurut model yang dikembangkan oleh [7], harga komoditas cenderung kembali ke rata-rata.

Sifat ini disebut *Mean Reversion* (pembalikan ke rata-rata). Ibarat karet gelang yang ditarik, semakin jauh harga bergerak dari nilai wajarnya, semakin kuat gaya yang menariknya kembali. Oleh karena itu, menggunakan GBM untuk komoditas energi adalah sebuah kesalahan fundamental. Kita membutuhkan model yang memiliki "gaya gravitasi".

Bab 3

Kalibrasi Model: Menyelaraskan Teori dengan Data

3.1 Data: Jejak Langkah Minyak Mentah (2006–2025)

Untuk membumikan model teoretis yang telah dibangun, studi ini menggunakan data historis harga minyak mentah (*Crude Oil*) bulanan. Periode pengamatan membentang dari Januari 2006 hingga Januari 2025, mencakup berbagai siklus ekonomi: mulai dari *boom* komoditas 2008, kejatuhan harga 2014, hingga guncangan pandemi 2020 [19].

Total observasi data (N) berjumlah 238 titik data bulanan. Penggunaan rentang waktu yang panjang ini (hampir dua dekade) sangat krusial untuk menangkap sifat *mean-reversion*, karena siklus komoditas sering kali memakan waktu bertahun-tahun untuk kembali ke titik keseimbangannya.

3.2 Visualisasi Gravitasi Pasar: Harga vs Keseimbangan

Gambar 3.1 adalah "jantung" dari pembuktian hipotesis monograf ini. Grafik ini menceritakan pertarungan abadi antara kekacauan pasar sesaat dan hukum keseimbangan jangka panjang.

Bab 4

Simulasi Stokastik dan Kuantifikasi Risiko

4.1 Meneropong Masa Depan: Simulasi Monte Carlo

Setelah kita memiliki "mesin" matematika yang telah dikalibrasi di Bab 3 (Model Schwartz Satu Faktor), langkah selanjutnya adalah menjalankannya untuk mengintip masa depan. Karena masa depan penuh ketidakpastian, kita tidak bisa hanya membuat satu prediksi tunggal. Sebaliknya, kita menggunakan metode **Simulasi Monte Carlo**.

Bayangkan kita memiliki "mesin waktu" yang bisa mensimulasikan 10.000 versi masa depan yang berbeda. Di satu versi (*universe*), mungkin terjadi perang yang melambungkan harga minyak. Di versi lain, terjadi resesi yang menjatuhkan harga. Dengan merata-rata ribuan skenario ini, kita mendapatkan peta kemungkinan yang sangat akurat.

Simulasi ini dimulai dari posisi harga terakhir pada Januari 2025 (USD 63.62/barel) dan diproyeksikan selama 12 bulan ke depan.

Grafik di atas menunjukkan "spaghetti plot" dari lintasan harga. Perhatikan bagaimana garis-garis tersebut menyebar seiring berjalannya waktu. Ini memvisualisasikan akumulasi ketidakpastian: semakin jauh kita memprediksi, semakin lebar rentang kemungkinannya. Namun, garis merah (rata-rata) menunjukkan tendensi harga untuk perlahan naik kembali menuju titik keseimbangan jangka panjangnya (*mean reversion*).

4.2 Value at Risk (VaR): Batas Toleransi Kerugian

Dalam manajemen risiko, pertanyaan yang paling sering diajukan oleh CEO atau Direktur Keuangan bukanlah "Berapa keuntungan kita?", melainkan

Bab 5

VaR Dinamis: Ketika Risiko Bergerak

5.1 Ilusi Kaca Spion: Mengapa VaR Statis Gagal?

Pada bab-bab sebelumnya, kita menghitung risiko (VaR) dengan asumsi bahwa "kegugupan pasar" (volatilitas) adalah konstan sepanjang masa. Kita mengambil data 20 tahun, menghitung rata-ratanya, dan menganggap angka itu berlaku untuk besok pagi.

Ibarat mengemudi mobil, pendekatan statis ini seperti menentukan kecepatan aman mengemudi berdasarkan rata-rata cuaca setahun penuh.

- Jika rata-rata hujan turun 50 hari setahun, apakah Anda akan mengemudi dengan kecepatan sedang setiap hari?
- Tentu tidak. Saat hari cerah, Anda memacu mobil (risiko rendah). Saat badai turun, Anda melambat drastis (risiko tinggi).

Di pasar energi, badai tidak datang terjadwal. Ada periode di mana harga minyak sangat tenang selama berbulan-bulan, lalu tiba-tiba terjadi perang atau krisis pandemi yang membuat harga bergejolak hebat setiap hari. Jika kita menggunakan VaR Statis saat badai terjadi, kita akan **mere-mehkan risiko**. Sebaliknya, saat pasar tenang, kita akan **terlalu paranoid** dan membuang-buang modal cadangan yang tidak perlu.

Inilah mengapa kita membutuhkan **VaR Dinamis**: sebuah metode pengukuran risiko yang "bernapas" mengikuti detak jantung pasar terkini.

5.2 Fenomena Volatilitas yang Menggumpal

Dalam ilmu ekonometrika, ada istilah "*Volatility Clustering*" (Penggumpalan Volatilitas). Sederhananya: "*Kabar buruk biasanya tidak datang sendirian.*"

Bab 6

Evaluasi Kinerja Model: VaR Statis dan Dinamis

Dalam manajemen risiko modern, perdebatan antara kesederhanaan (model statis) dan responsivitas (model dinamis) adalah topik klasik. Bab ini didedikasikan untuk membedah kinerja kedua pendekatan tersebut secara *head-to-head* menggunakan data riil pasar minyak selama dua dekade terakhir.

Tujuannya adalah menjawab satu pertanyaan fundamental bagi Direksi perusahaan energi: *"Apakah investasi pada sistem risiko yang canggih (dinamis) benar-benar menyelamatkan uang perusahaan dibandingkan metode Excel sederhana (statis)?"*

6.1 Deformasi Realitas: Mitos Volatilitas Konstan

Pendekatan VaR Statis dibangun di atas asumsi *homoskedastisitas*: keyakinan bahwa tingkat ketidakpastian pasar adalah konstan sepanjang masa. Dalam kasus minyak mentah, kalibrasi jangka panjang kita (2006-2025) menghasilkan angka volatilitas rata-rata (σ) sebesar ****10.14% per bulan****.

Namun, apakah pasar selalu bergerak dengan kecepatan 10%?

Gambar 6.1 menelanjangi kelemahan fatal asumsi statis:

- **Area Merah (Underestimation):** Adalah periode di mana pasar sedang "mengamuk" (Krisis 2008, Jatuhnya Minyak 2014, Pandemi 2020). Garis biru melonjak jauh di atas garis merah putus-putus. Di zona ini, pengguna VaR Statis sedang **menipu diri sendiri**. Mereka mengira risiko hanya 10%, padahal realitasnya mencapai 20-30%. Akibatnya? Cadangan modal jebol.
- **Area Hijau (Overestimation):** Adalah periode tenang (2011-2013). Garis biru jauh di bawah garis merah. Di sini, pengguna VaR Statis

Bab 7

Uji Keandalan: Backtesting dan Validasi Model

7.1 Jangan Percaya Buta pada Rumus

Setelah kita membangun model matematika yang canggih (seperti yang dilakukan di bab-bab sebelumnya), muncul satu pertanyaan etis yang wajib dijawab: *"Apakah model ini benar-benar bekerja, atau hanya fantasi di atas kertas?"*

Dalam dunia teknik sipil, insinyur menguji jembatan dengan beban berat sebelum membukanya untuk umum. Dalam dunia keuangan, kita melakukan hal serupa yang disebut **Backtesting**.

Backtesting adalah proses memutar waktu ke belakang. Kita berpura-pura berada di masa lalu (misalnya tahun 2010), menggunakan data yang tersedia saat itu untuk memprediksi risiko besoknya, lalu membandingkannya dengan apa yang *benar-benar terjadi*. Jika model kita berkata "Kerugian tidak akan melebihi 5%", tetapi kenyataannya pasar jatuh 10%, maka model tersebut telah "berbohong" atau gagal.

7.2 Mekanisme Uji: Menghitung Pelanggaran

Bayangkan kita menetapkan tingkat kepercayaan 95% (VaR 95%). Ini berarti model berjanji bahwa dari 100 hari, ia hanya boleh salah maksimal 5 kali. Jika ia salah lebih dari itu, berarti model tersebut meremehkan risiko (*underestimating risk*).

Setiap kali kerugian aktual menembus batas VaR, kita menyebutnya sebagai **Pengecualian** (*Exception*) atau **Pelanggaran** (*Breach*).

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian model VaR Dinamis (Rolling Window 24 bulan) pada data minyak mentah 2008-2025:

Bab 8

Epilog: Menuju Ketahanan Energi yang Terukur

8.1 Merangkai Benang Merah

Perjalanan buku ini dimulai dengan sebuah kegelisahan: betapa rentannya ekonomi Indonesia terhadap guncangan harga energi. Dari batubara hingga minyak sawit, kekayaan alam kita adalah pedang bermata dua—sumber devisa sekaligus sumber volatilitas.

Melalui bab-bab sebelumnya, kita telah membongkar mitos dan membangun kerangka berpikir baru:

1. **Karakter Pasar:** Kita membuktikan bahwa komoditas energi berbeda dengan saham. Mereka memiliki memori dan gaya gravitasi yang menarik harga kembali ke titik keseimbangan (*Mean Reversion*), yang kita modelkan dengan persamaan Ornstein-Uhlenbeck dan Schwartz.
2. **Ilusi Normalitas:** Melalui uji *Backtesting*, kita menyingkap fakta pahit bahwa model Distribusi Normal yang diajarkan di buku teks standar **gagal** memotret realitas pasar energi. Pasar ini memiliki "ekor gemuk" (*fat tails*), di mana krisis terjadi dua kali lebih sering daripada prediksi kurva lonceng.
3. **Evolusi Risiko:** Kita beralih dari pengukuran statis ke dinamis. Risiko hari ini tidak sama dengan risiko kemarin. Penggunaan *Dynamic VaR* dan *Expected Shortfall* (CVaR) bukan lagi pilihan opsional, melainkan kebutuhan mendesak untuk bertahan hidup di pasar yang semakin liar.

Daftar Pustaka

- [1] Dharmawan, K. (2012). Estimasi nilai VaR dinamis indeks saham menggunakan peak-over threshold dan block maxima. *Jurnal Matematika*, 2(2), 1–12.
- [2] Hull, J. C. (2018). *Options, Futures, and Other Derivatives* (10th ed.). Pearson Education, New York.
- [3] Shreve, S. E. (2004). *Stochastic Calculus for Finance II: Continuous-Time Models*. Springer Finance, Springer, New York.
- [4] Jorion, P. (2007). *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk* (3rd ed.). McGraw-Hill, New York.
- [5] Taleb, N. N. (1997). *Dynamic Hedging: Managing Vanilla and Exotic Options*. John Wiley & Sons, New York.
- [6] McNeil, A. J., Frey, R., & Embrechts, P. (2015). *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools* (2nd ed.). Princeton University Press, Princeton, NJ.
- [7] Schwartz, E. S. (1997). The stochastic behavior of commodity prices: Implications for valuation and hedging. *The Journal of Finance*, 52(3), 923–973.
- [8] Schwartz, E. S., & Smith, J. E. (2000). Short-term variations and long-term dynamics in commodity prices. *Management Science*, 46(7), 893–911.
- [9] Geman, H. (2005). *Commodities and Commodity Derivatives: Modeling and Pricing for Agriculturals, Metals and Energy*. John Wiley & Sons, Chichester.
- [10] Pilipovic, D. (2007). *Energy Risk: Valuing and Managing Energy Derivatives* (2nd ed.). McGraw-Hill, New York.
- [11] Eydeland, A., & Wolyniec, K. (2003). *Energy and Power Risk Management: New Developments in Modeling, Pricing, and Hedging*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.

- [12] Merton, R. C. (1976). Option pricing when underlying stock returns are discontinuous. *Journal of Financial Economics*, 3(1-2), 125–144.
- [13] Heston, S. L. (1993). A closed-form solution for options with stochastic volatility with applications to bond and currency options. *The Review of Financial Studies*, 6(2), 327–343.
- [14] Alexander, C. (2008). *Market Risk Analysis, Value at Risk Models* (Vol. 4). John Wiley & Sons.
- [15] Kementerian ESDM Republik Indonesia. (2023). *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2022*. Ministry of Energy and Mineral Resources, Jakarta.
- [16] Burke, P. J., & Kurniawati, S. (2018). Electricity subsidy reform in Indonesia: Demand-side effects. *Energy Policy*, 116, 410–421.
- [17] Dharmawan, K., (2017), Pricing European options on agriculture commodity prices using mean-reversion model with jump diffusion. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1827, No. 1, p. 020002). AIP Publishing LLC.
- [18] Hidayat, A. S., & Nurlita, A. (2020). Analysis of coal price volatility in Indonesia: GARCH approach. *Indonesian Capital Market Review*, 12(1).
- [19] Hidayattullah, M. F. (2021). Kebijakan pertambangan berbasis zero carbon mining sebagai solusi strategis untuk menjawab tantangan industri pertambangan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*.
- [20] Dartanto, T. (2013). Reducing fuel subsidies and the implications on fiscal balance and poverty in Indonesia: A CGE analysis. *Energy Policy*, 58, 117–134.
- [21] Ardiansyah, H., & Ekawan, R. (2019). Review of Indonesia's coal domestic market obligation policy. *Indonesian Mining Journal*, 22(1), 53–66.
- [22] Suharsono, A., & Lontoh, L. (2022). *Indonesia's Biodiesel Mandate: The implication for palm oil market and emission*. International Institute for Sustainable Development (IISD).
- [23] Fachrudin, M. and Muttaqien, F., (2025). Strategi Penguatan Daya Saing Ekspor CPO Indonesia di Pasar ASEAN–China: Analisis ACF–TA, Hambatan Non-Tarif dan Transformasi Keberlanjutan. *Journal of Accounting and Finance Management*, 6(5), pp.2789-2801.
- [24] Bank Indonesia. (2024). *Laporan Kebijakan Moneter: Dampak Gejolak Harga Komoditas Global terhadap Inflasi Domestik*. Bank Indonesia, Jakarta.

- [25] Sari, T. D. P. (2025). Ketergantungan ekspor Indonesia terhadap China dan tantangan global dari kebijakan dagang AS. *Jurnal Cakrawala Akademi*, 2(1), 984–992.

MANAJEMEN RISIKO PASAR ENERGI INDONESIA

Pendekatan Matematika Finansial

Indonesia memegang posisi ganda yang dilematis: raksasa eksportir batubara dan CPO, sekaligus importir minyak yang rentan. Di tengah volatilitas pasar yang tidak rasional, bagaimana kita mengukur risiko energi secara presisi?

Buku ini menawarkan jawaban melalui pendekatan Matematika Finansial. Meninggalkan asumsi pasar saham yang acak, buku ini membedah karakter unik pasar energi Indonesia menggunakan model Persamaan Diferensial Stokastik (SDE) yang membuktikan adanya pola keseimbangan (*Mean Reversion*).

Berdasarkan analisis data dua dekade (2006-2025), penulis menyingkap kegagalan model statistik standar dalam mendeteksi krisis (*Fat Tails*) dan menawarkan solusi konkret melalui model VaR Dinamis serta *Jump-Diffusion*. Ini adalah panduan strategis bagi Direksi BUMN, investor, dan akademisi untuk mengubah lindung nilai (*hedging*) dari sekadar spekulasi menjadi manajemen risiko yang terukur secara ilmiah.

 www.penerbitwidina.com
 @penerbitwidina
 penerbit widina
 penerbitwidina@gmail.com
 widina store
 widina bookstore

Layanan Pembaca & Penjualan Buku
0815-7000-699



SCANME

Keuangan & Matematika

ISBN 978-634-246-677-3



9

786342

466773