

PENGEMBANGAN MODEL *R-VINE* MARKET SECTOR COPULA UNTUK OPTIMASI PORTOFOLIO SAHAM DI INDONESIA

WA ODE INTAN FULLY NADYA



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA TERAPAN
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pengembangan Model *R-Vine Market Sector Copula* untuk Optimasi Portofolio Saham di Indonesia” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Wa Ode Intan Fully Nadya
M0502241007



RINGKASAN

WA ODE INTAN FULLY NADYA. Pengembangan Model *R-Vine Market Sector Copula* untuk Optimasi Portofolio Saham di Indonesia. Dibimbing oleh RETNO BUDIARTI dan I GUSTI PUTU PURNABA.

Pengelolaan risiko kerugian maupun keuntungan ekstrem yang terjadi secara bersamaan pada beberapa aset akibat guncangan pasar global menjadi tantangan dalam manajemen investasi. Model konvensional seperti *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) memiliki keterbatasan karena mengasumsikan hubungan linear antara *return* aset dengan *return* pasar serta asumsi normalitas, sehingga cenderung mengabaikan peluang terjadinya *tail dependence*. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan model *Regular Vine Market Sector* (RVMS), menganalisis perbandingan hasil perhitungan dekomposisi risikonya dengan kerangka CAPM, serta mengevaluasi hasil optimasi portofolio dari kedua model tersebut pada pasar saham di Indonesia. Data yang digunakan merupakan data *log-return* harian periode Juni 2021 sampai Juni 2025 yang mencakup Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG), dua indeks sektor, serta dua saham dari masing-masing sektor. Metode penelitian meliputi prapemrosesan data, eksplorasi data, pemodelan marginal berbasis ARMA-GARCH, pembentukan struktur RVMS berbasis *R-vine copula*, dilanjutkan dengan optimasi portofolio dengan meminimumkan *Conditional Value at Risk* (Min-CVaR), serta diakhiri dengan evaluasi model risiko dengan prosedur *rolling-window backtesting* mencakup uji Kupiec, Christoffersen, dan McNeil-Frey, serta evaluasi kinerja ekonomi portofolio.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa RVMS memiliki fleksibilitas untuk menangkap struktur dependensi multivariat yang nonlinear, asimetris, dan memiliki *tail dependence*. Hasil dekomposisi risiko mengungkap bahwa dependensi sektoral mendominasi pergerakan bersama *return* saham di Indonesia. Model RVMS mampu menangkap fenomena asimetris pada ekor distribusi aset dari sektor keuangan yang cenderung ikut jatuh bersama pasar global saat terjadi penurunan ekstrem, di mana informasi ini gagal dideteksi oleh koefisien beta CAPM. Pada tingkat kepercayaan 95%, model RVMS berkinerja lebih baik karena lolos uji Kupiec maupun Christoffersen, memangkas CVaR sebesar 11% hingga 15% relatif terhadap CAPM, serta menghasilkan *standard error* yang jauh lebih kecil dan *confidence interval* yang secara signifikan lebih sempit melalui metode *bootstrap*. Pada tingkat kepercayaan 99%, pengujian statistik yang lebih ketat menunjukkan bahwa model CAPM ditolak pada uji Kupiec dan Christoffersen karena jumlah pelanggaran VaR lebih besar daripada yang diharapkan serta terjadi *violation clustering*. Sebaliknya, model RVMS menunjukkan kinerja yang lebih baik karena berhasil memenuhi uji Kupiec serta lolos uji McNeil-Frey yang mengevaluasi akurasi estimasi CVaR. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model RVMS mampu mengestimasi besarnya kerugian ekstrem secara lebih akurat meskipun masih terdapat *violation clustering* VaR pada uji Christoffersen.

Evaluasi kinerja ekonomi memperlihatkan bahwa RVMS memberikan peningkatan performa yang moderat namun konsisten dibandingkan dengan CAPM pada kedua tingkat kepercayaan. Pada tingkat kepercayaan 95%, portofolio RVMS berhasil menekan nilai *maximum drawdown* menjadi lebih rendah daripada CAPM meskipun memerlukan *rebalancing* aset yang lebih aktif dengan nilai *portfolio*



turnover yang lebih besar. Keunggulan ekonomi RVMS menjadi semakin terlihat pada tingkat kepercayaan ekstrem 99%, di mana nilai *maximum drawdown* berhasil ditekan secara signifikan ke titik terendah dengan nilai *portfolio turnover* yang lebih stabil serta efisiensi *Sharpe ratio* yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, portofolio berbasis RVMS menghasilkan alokasi bobot yang lebih terdiversifikasi secara sektoral, meningkatkan efisiensi *Sharpe ratio*, serta menekan nilai *maximum drawdown* demi perlindungan modal yang lebih optimal. Implikasi penelitian ini secara teoritis memberikan pemahaman mendalam mengenai keterbatasan asumsi linearitas CAPM pada pasar berkembang serta potensi keunggulan pendekatan berbasis *copula*. Sedangkan secara praktis, penelitian ini menyediakan alternatif pendekatan manajemen risiko yang lebih tangguh bagi investor maupun manajer investasi dalam memetakan risiko ekstrem untuk mengambil keputusan alokasi aset yang optimal di pasar modal Indonesia.

Kata kunci: CAPM, *Copula*, Optimasi, Portofolio, *R-vine*, Saham

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SUMMARY

WA ODE INTAN FULLY NADYA. Development of an R-Vine Market Sector Copula Model for Stock Portfolio Optimization in Indonesia. Supervised by RETNO BUDIARTI and I GUSTI PUTU PURNABA.

Managing the simultaneous risk of extreme losses or gains across multiple assets driven by global market shocks presents a significant challenge in investment management. Conventional models, such as the Capital Asset Pricing Model (CAPM), exhibit limitations due to their assumptions of a linear relationship between asset returns and market returns, as well as the assumption of normality, which tend to underestimate the probability of tail dependence. This study aims to apply the Regular Vine Market Sector (RVMS) model, analyze a comparative decomposition of its risk calculations against the CAPM framework, and evaluate the portfolio optimization outcomes of both models within the Indonesian stock market. The dataset consists of daily log-return data spanning from June 2021 to June 2025, encompassing the Jakarta Composite Index (IHSG), two sector indices, and two stocks from each respective sector. The research methodology comprises data preprocessing, exploratory data analysis, ARMA-GARCH-based marginal modeling, and the construction of the R-vine copula-based RVMS structure. This is followed by minimum Conditional Value at Risk (Min-CVaR) portfolio optimization via simulated return generation, and concludes with model evaluation through a rolling-window backtesting procedure including the Kupiec, Christoffersen, and McNeil–Frey tests, alongside economic performance metrics.

The findings of this study demonstrate that the RVMS model possesses the flexibility to capture multivariate dependence structures that are nonlinear, asymmetric, and exhibit tail dependence, with the risk decomposition results revealing that sectoral dependence dominates the co-movement of stock returns in Indonesia. The RVMS model successfully captures the asymmetric phenomenon in the distribution tails of financial sector assets, which tend to simultaneously crash alongside the global market during extreme downturns—critical information that fails to be detected by the CAPM beta coefficient. At the 95% confidence level, the RVMS model exhibits superior performance by passing all unconditional and conditional coverage tests, reducing the CVaR by 11% to 15% relative to the CAPM, and yielding a much smaller standard error alongside a significantly narrower confidence interval through the bootstrap method. At the extreme 99% confidence level, more stringent statistical testing reveals that the CAPM model is rejected by the Kupiec and Christoffersen tests due to an underestimation of the actual number of exceedances, which triggers violation clustering. Conversely, the RVMS model demonstrates better statistical improvement by passing Kupiec's unconditional coverage test and the McNeil–Frey tail risk adequacy test with a higher significance level, confirming that the expected CVaR values can be estimated much more accurately and adequately despite facing violation clustering challenges in the Christoffersen test.

Economic performance evaluation shows that RVMS delivers moderate yet consistent performance enhancements compared to the CAPM across both confidence levels. At the 95% confidence level, the RVMS portfolio successfully minimizes the maximum drawdown to a lower level than the CAPM, although this

@Hak Cipta IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

consequently demands more active asset rebalancing as indicated by a higher portfolio turnover value. The economic advantage of RVMS becomes increasingly pronounced and robust at the extreme 99% confidence level, where the maximum drawdown is significantly suppressed to its lowest point, accompanied by a more stable portfolio turnover and higher Sharpe ratio efficiency. Overall, the RVMS-based portfolio yields a more sectorally diversified weight allocation, enhances Sharpe ratio efficiency, and minimizes maximum drawdown to achieve more optimal capital protection. Theoretically, the implications of this research provide a profound understanding of the limitations of CAPM linearity assumptions in emerging markets, while highlighting the potential advantages of copula-based approaches. Practically, this study delivers a sturdier alternative risk management framework for investors and portfolio managers in mapping extreme risks to make optimal asset allocation decisions in the Indonesian capital market.

Keywords: CAPM, Copula, Optimization, Portfolio, R-vine, Stock.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENGEMBANGAN MODEL *R-VINE* MARKET SECTOR COPULA UNTUK OPTIMASI PORTOFOLIO SAHAM DI INDONESIA

WA ODE INTAN FULLY NADYA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Matematika pada
Program Studi Matematika Terapan

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA TERAPAN
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1 Prof. Dr. Ir. Endar H. Nugrahani, M.S.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tesis : Pengembangan Model *R-Vine Market Sector Copula* untuk
Optimasi Portofolio Saham di Indonesia
Nama : Wa Ode Intan Fully Nadya
NIM : M0502241007

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Ir. Retno Budiarti, M.S.

Pembimbing 2:

Dr. Ir. I Gusti Putu Purnaba, DEA.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Drs. Jaharuddin, M.S.

NIP 19651102 199302 1 001

Dekan Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika

Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom.

NIP 19660702 199301 1 001

Tanggal Ujian: 27 Juli 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya, sehingga tesis yang berjudul “Pengembangan Model *R-Vine Market Sector Copula* untuk Optimasi Portofolio Saham di Indonesia” dapat diselesaikan. Penyusunan tesis ini tentunya tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan Republik Indonesia atas dukungan pendanaan dengan nomor SKPB-7699/LPDP/LPDP.3/2024.
2. Dr. Ir. Retno Budiarti, M.S. dan Dr. Ir. I Gusti Putu Purnaba DEA. selaku komisi pembimbing, yang telah memberikan ilmu, masukan, arahan, dan motivasi selama proses penyusunan tesis ini.
3. Bapak dan Ibu dosen S2 Matematika Terapan untuk semua ilmu yang sudah diajarkan.
4. Ibunda dan kakak tersayang yang selalu memberikan doa dan dukungan.
5. Suami tercinta serta anak gadisku tersayang yang senantiasa memberikan dukungan dan doanya. Terima kasih juga untuk kesabarannya selama penulis menjalani perkuliahan ini.
6. Teman-teman S2 Matematika Terapan 60, 61, dan 62.
7. Semua pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulisan tesis ini.

Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang matematika dan terapannya.

Bogor, Juli 2026

Wa Ode Intan Fully Nadya



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Kebaruan	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Capital Asset Pricing Model</i>	4
2.2 Model ARMA-GARCH	5
2.3 <i>Copula</i>	9
2.4 <i>R-vine Market Sector Copula</i>	13
2.5 Optimasi Portofolio dengan <i>Minimum Conditional Value at Risk</i>	16
2.6 <i>Backtesting</i> Model Risiko	18
2.7 Evaluasi Kinerja Ekonomi Portofolio	20
III METODE	22
3.1 Sumber dan Jenis Data	22
3.2 Prosedur Penelitian	22
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Eksplorasi Data	29
4.2 Estimasi Beta dan Dekomposisi Risiko CAPM	31
4.3 Pemodelan Marginal	31
4.4 Pemodelan RVMS	36
4.5 Analisis Risiko Berbasis Dependensi	37
4.6 Optimasi Portofolio	39
4.7 <i>Backtesting</i> Model Risiko	39
4.8 Evaluasi Kinerja Ekonomi Portofolio	40
V SIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Simpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	47
RIWAYAT HIDUP	54



DAFTAR TABEL

1	Karakteristik <i>copula</i>	11
2	Hasil statistik deskriptif	30
3	Estimasi beta dan dekomposisi risiko CAPM	31
4	Hasil uji ADF	32
5	Hasil uji Ljung–Box pada <i>return</i>	33
6	Pemilihan model ARMA(p, q)	34
7	Hasil uji Ljung–Box pada residual ARMA	34
8	Hasil uji ARCH–LM pada kuadrat residual ARMA	34
9	Pemilihan tipe GARCH dan distribusi residual baku	35
10	<i>Tail dependence</i> RVMS dan beta CAPM	37
11	Dekomposisi risiko berbasis dependensi <i>Kendall's tau</i>	38
12	Perbandingan hasil optimasi portofolio RVMS dan CAPM	39
13	Hasil <i>backtesting</i>	40
14	Hasil evaluasi kinerja ekonomi	41

DAFTAR GAMBAR

1	Pohon pertama dan kedua dari model RVMS	13
2	Plot dan histogram dari <i>return</i> (a) IHSG, (b) JKFINANCE, (c) JKENERGY, (d) BBKA, (e) BBRI, (f) ADRO, (g) PGAS	29
3	Plot ACF dan PACF (a) IHSG, (b) JKFINANCE, (c) JKENERGY, (d) BBKA, (e) BBRI, (f) ADRO, (g) PGAS	32
4	Struktur RVMS	36

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data indeks pasar, sektor, dan harga penutupan harian saham	47
2	Data <i>return</i> pasar, sektor, dan saham	47
3	Data <i>return</i> sintesis RVMS	47
4	Estimasi beta CAPM dan dekomposisi risiko	48
5	Estimasi model ARMA, uji Ljung–Box dan uji ARCH–LM	48
6	Estimasi model GARCH dan distribusi residual baku	49
7	Transformasi distribusi residual baku menjadi <i>uniform</i> _{0,1}	50
8	Membangun model RVMS dan dekomposisi risiko	50
9	Membentuk <i>return</i> sintesis RVMS	50
10	Optimasi portofolio RVMS dan pemeriksaan ketidakpastian estimasi	51
11	Optimasi portofolio CAPM dan pemeriksaan ketidakpastian estimasi	52
12	Evaluasi risiko portofolio dan kinerja ekonomi RVMS dan CAPM	53