Wawasan: Jurnal Ilmu Manajemen, Ekonomi dan Kewirausahan
Volume 4, Nomor 4, Oktober 2026
e-ISSN: 2963-5225; p-ISSN: 2963-5284, Hal. 329-347
DOI: https://doi.org/10.58192/wawasan.v4i4.5191
Tersedia: https://journal.unimar-amni.ac.id/index.php/Wawasan

Optimasi Portofolio Saham Konvensional dan Syariah di Qatar Exchange Menggunakan NSGA-II

Eva nadia[1*], Dwi Eko Waluyo[2], Bara Zaretta[3], Amalia Nur Chasanah[4]
[1-4]Program Studi Ekonomi dan Bisnis ,Fakultas Manajemen, Universitas Dian Nuswantoro, Indonesia
Email: 211202207972@mhs.dinus.ac.id [1], dwi.eko.waluyo@dsn.dinus.ac.id [2], bara.zaretta@dsn.dinus.ac.id [3], amalia.nurchasanah@dsn.dinus.ac.id [4]
[*]Penulis korespondensi: 211202207972@mhs.dinus.ac.id

Abstract. *Portfolio optimization is an essential aspect of investment management, as investors seek to achieve optimal returns while maintaining an acceptable level of risk. This study aims to optimize conventional, Shariah-compliant, and combined stock portfolios listed on the Qatar Exchange using the Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II). Daily closing price data from January 2022 to December 2025 were used in this study. NSGA-II was employed to simultaneously maximize expected return and minimize portfolio risk, while portfolio performance was evaluated using Expected Return, Standard Deviation, Sharpe Ratio, Sortino Ratio, and Omega Ratio. The results show that all portfolio groups formed an efficient frontier, with the combined portfolio achieving the best performance, recording an expected return of 16.64%, a standard deviation of 15.47%, a Sharpe Ratio of 0.7526, a Sortino Ratio of 0.7978, and an Omega Ratio of 1.1513. These findings indicate that the combined portfolio provides greater diversification benefits and a better risk-return balance than either the conventional or Shariah-compliant portfolio individually. This study provides empirical evidence of the application of NSGA-II to portfolio optimization in the Qatar Exchange and demonstrates that the combined portfolio can serve as a more efficient investment alternative for investors.*

Keywords: *Efficient Frontier; NSGA-II; Portfolio Optimization; Qatar Exchange; Shariah Stocks.*

Abstrak. Optimasi portofolio merupakan aspek penting dalam pengelolaan investasi karena investor berupaya memperoleh tingkat pengembalian yang optimal dengan risiko yang terkendali. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan portofolio saham konvensional, saham syariah, dan portofolio gabungan pada Qatar Exchange menggunakan *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II). Data yang digunakan berupa harga penutupan harian saham periode Januari 2022–Desember 2025. NSGA-II digunakan untuk mengoptimalkan *expected return* dan risiko secara simultan, sedangkan kinerja portofolio dievaluasi menggunakan *Expected Return*, *Standard Deviation*, *Sharpe Ratio*, *Sortino Ratio*, dan *Omega Ratio*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh kelompok portofolio membentuk *efficient frontier*, dengan portofolio gabungan menghasilkan kinerja terbaik, yaitu *expected return* 16,64%, *standard deviation* 15,47%, *Sharpe Ratio* 0,7526, *Sortino Ratio* 0,7978, dan *Omega Ratio* 1,1513. Hasil tersebut menunjukkan bahwa portofolio gabungan memberikan manfaat diversifikasi dan keseimbangan *risk-return* yang lebih baik dibandingkan portofolio konvensional maupun syariah. Penelitian ini memberikan bukti empiris penerapan NSGA-II pada optimasi portofolio di Qatar Exchange serta menunjukkan bahwa portofolio gabungan dapat menjadi alternatif investasi yang lebih efisien.

Kata kunci: *Efficient Frontier*; NSGA-II; Optimasi Portofolio; Qatar Exchange; Saham Syariah.

1. LATAR BELAKANG

Pasar modal merupakan salah satu instrumen penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi melalui penyediaan sumber pendanaan bagi perusahaan sekaligus menjadi alternatif investasi bagi masyarakat. Di Qatar, aktivitas perdagangan saham difasilitasi oleh Qatar Stock Exchange (QSE) yang menyediakan berbagai instrumen investasi serta indeks pasar, seperti QE Index dan QE Al Rayan Islamic Index, sebagai acuan bagi investor dalam berinvestasi pada saham konvensional maupun saham syariah. Pengembangan pasar melalui peningkatan transparansi, efisiensi perdagangan, dan penyediaan berbagai indeks menunjukkan komitmen QSE dalam meningkatkan daya saing pasar modal Qatar.

Naskah Masuk: 09 Mei 2026; Revisi: 10 Juni 2026; Diterima: 11 Juli 2026; Tersedia: 18 Juli 2026

Selain mempertimbangkan *return* dan risiko, investor juga dihadapkan pada pilihan antara saham konvensional dan saham syariah. Saham syariah ditentukan melalui proses *screening* berdasarkan prinsip syariah, sedangkan saham konvensional tidak memiliki penyaringan tersebut. Perbedaan karakteristik ini menyebabkan profil risiko dan tingkat pengembalian kedua kelompok saham berbeda sehingga memengaruhi strategi diversifikasi portofolio. Penelitian Jabeen & Kausar, (2022) menunjukkan bahwa kinerja saham syariah dan konvensional dapat berbeda berdasarkan ukuran *risk-adjusted return*, sedangkan Orhan & Isiker, (2021) menjelaskan bahwa penyaringan syariah dilakukan menggunakan kriteria keuangan tertentu untuk memastikan kepatuhan terhadap prinsip syariah.

Penentuan kombinasi portofolio yang mampu memaksimalkan *expected return* sekaligus meminimalkan risiko menjadi tantangan bagi investor. Berbagai penelitian telah menerapkan algoritma evolusioner untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Kaucic et al. (2019) menunjukkan bahwa pengembangan NSGA-II mampu meningkatkan kualitas solusi pada optimasi portofolio, sedangkan Mazraeh et al. (2022) menerapkan algoritma multiobjektif untuk mengoptimalkan model *Mean–Variance* sehingga diperoleh kombinasi portofolio yang efisien.

Meskipun demikian, penelitian terdahulu umumnya hanya berfokus pada satu kelompok saham atau diterapkan pada pasar modal tertentu (Jabeen & Kausar, 2022; Raza et al., 2023). Penelitian yang membandingkan portofolio saham syariah, portofolio saham konvensional, dan portofolio gabungan pada Qatar Stock Exchange menggunakan algoritma NSGA-II masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan membandingkan efisiensi ketiga kelompok portofolio pada pasar modal Qatar menggunakan pendekatan optimasi multiobjektif.

Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan portofolio saham konvensional, saham syariah, dan portofolio gabungan pada Qatar Stock Exchange menggunakan algoritma NSGA-II, serta membandingkan efisiensi ketiga kelompok portofolio berdasarkan *Expected Return, Standard Deviation, Sharpe Ratio, Sortino Ratio,* dan *Omega Ratio.* Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi empiris mengenai efektivitas NSGA-II dalam optimasi portofolio multiobjektif pada pasar modal Qatar serta memberikan rekomendasi mengenai kelompok portofolio yang paling efisien sebagai dasar pengambilan keputusan investasi.

2. KAJIAN TEORITIS

Modern Portfolio Theory, Efficient Frontier, dan Diversifikasi Investasi

Modern Portfolio Theory (MPT) diperkenalkan oleh Markowitz (n.d.) sebagai dasar pembentukan portofolio yang efisien melalui kombinasi beberapa aset. Menurut teori ini, investor rasional akan memilih portofolio yang memberikan *expected return* maksimum pada tingkat risiko tertentu atau risiko minimum pada tingkat *expected return* tertentu. Risiko portofolio tidak hanya dipengaruhi oleh risiko masing-masing aset, tetapi juga oleh hubungan *kovarians* antar aset sehingga diversifikasi menjadi strategi utama dalam mengurangi risiko investasi (Markowitz, n.d.).

Berdasarkan konsep tersebut, Markowitz memperkenalkan *efficient frontier*, yaitu kumpulan portofolio yang memberikan kombinasi *return* dan risiko paling efisien. Portofolio yang berada pada *efficient frontier* dianggap optimal karena tidak terdapat portofolio lain yang mampu memberikan return lebih tinggi pada tingkat risiko yang sama atau risiko lebih rendah pada tingkat *return* yang sama Markowitz (n.d.). Penelitian Lim et al. (2023) menunjukkan bahwa penerapan model optimasi portofolio syariah mampu meningkatkan manfaat diversifikasi sehingga menghasilkan kombinasi portofolio yang lebih efisien.

Diversifikasi investasi merupakan strategi mengalokasikan dana pada beberapa aset untuk mengurangi risiko portofolio tanpa harus mengorbankan tingkat pengembalian yang diharapkan. Diversifikasi yang efektif dapat menurunkan risiko tidak sistematis karena pergerakan harga antar aset tidak selalu searah, sehingga membantu investor memperoleh portofolio yang lebih efisien (Markowitz, n.d.).

Optimasi Multiobjektif dan *Algoritma Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II)*

Optimasi portofolio merupakan proses menentukan proporsi investasi yang mampu menghasilkan *expected return* maksimum dengan tingkat risiko minimum. Karena kedua tujuan tersebut saling bertentangan, optimasi portofolio dikategorikan sebagai permasalahan multiobjektif yang menghasilkan sekumpulan solusi *Pareto optimal*, sehingga investor dapat memilih portofolio sesuai dengan preferensi risiko dan tingkat pengembalian (Mazraeh et al., 2022; Mwamba et al., 2025)**.**

Proses NSGA-II diawali dengan pembangkitan populasi awal, kemudian dilakukan seleksi menggunakan *binary tournament selection* untuk memilih individu terbaik. Selanjutnya, proses *crossover* menghasilkan keturunan baru melalui kombinasi dua individu, sedangkan *mutasi* dilakukan untuk mempertahankan keberagaman populasi dan menghindari solusi lokal. Populasi induk dan keturunan kemudian digabungkan, diurutkan menggunakan

fast non-dominated sorting, dan dipilih berdasarkan *crowding distance* sehingga diperoleh solusi *Pareto optimal* pada setiap generasi (Deb et al., 2002; Verma et al., 2021)**.**

Penerapan NSGA-II pada optimasi portofolio telah menunjukkan hasil yang baik. Kaucic et al. (2019) melaporkan bahwa pengembangan NSGA-II mampu meningkatkan kualitas solusi pada optimasi portofolio, sedangkan Mazraeh et al. (2022) menunjukkan bahwa algoritma evolusioner menghasilkan solusi *Pareto* yang lebih efisien dibandingkan metode optimasi konvensional. Syahla et al. (2024) menunjukkan bahwa *Genetic Algorithm* pada model *mean-variance* mampu menghasilkan komposisi portofolio yang optimal melalui pencarian solusi secara iteratif sehingga memberikan keseimbangan antara tingkat pengembalian dan risiko. Hasil tersebut memperkuat bahwa algoritma berbasis evolusioner efektif diterapkan pada permasalahan optimasi portofolio.

Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan NSGA-II untuk mengoptimalkan portofolio saham syariah, saham konvensional, dan portofolio gabungan pada Qatar Stock Exchange. Penelitian Yang et al. (2024) juga menunjukkan bahwa perkembangan algoritma evolusioner multiobjektif mampu meningkatkan kualitas solusi Pareto serta menjaga keberagaman solusi pada optimasi portofolio, sehingga memberikan alternatif investasi yang lebih efisien.

Indikator Evaluasi Kinerja Portofolio

Sharpe Ratio mengukur *excess return* yang diperoleh terhadap setiap satuan total risiko portofolio (Benhamou et al., 2019; Kidd, 2012). *Sortino Ratio* berfokus pada *downside risk* dengan menggunakan *downside deviation* sebagai ukuran risiko dan Minimum *Acceptable Return* (MAR) sebagai tingkat pengembalian acuan (Kidd, 2012). Sementara itu, *Omega Ratio* memperhitungkan seluruh distribusi probabilitas *return* sehingga mampu mengevaluasi peluang keuntungan dan kerugian relatif terhadap tingkat pengembalian acuan (*threshold*) (Keating & Shadwick, 2002). Bernard et al. (2022) menunjukkan bahwa pada distribusi *return* berbentuk eliptis, portofolio yang optimal berdasarkan *Omega Ratio* ekuivalen dengan portofolio optimal berdasarkan *Sharpe Ratio*.

Keuangan Islam dan Investasi Saham Syariah

Keuangan Islam merupakan sistem keuangan yang berlandaskan prinsip syariah dengan menghindari praktik *riba, gharar*, dan *maysir,* serta mendorong kegiatan investasi pada sektor usaha yang halal (Ledhem & Mekidiche, 2022)**.** Dalam pasar modal, penerapan prinsip syariah dilakukan melalui proses *screening* terhadap kegiatan usaha dan kondisi keuangan perusahaan. Menurut Orhan & Isiker, (2021), suatu saham dapat dikategorikan sebagai saham syariah apabila memenuhi kriteria aktivitas usaha yang sesuai syariah serta batasan rasio keuangan

tertentu yang ditetapkan dalam proses penyaringan. Sebaliknya, saham konvensional tidak melalui proses penyaringan tersebut sehingga memiliki cakupan perusahaan yang lebih luas.

Perbedaan karakteristik antara saham syariah dan saham konvensional menyebabkan perbedaan profil risiko dan tingkat pengembalian sehingga memengaruhi proses pembentukan portofolio. Jabeen & Kausar, (2022) menunjukkan bahwa saham syariah memiliki kinerja *risk-adjusted return* yang kompetitif dibandingkan saham konvensional, sedangkan Tabash et al. (2023) melaporkan bahwa indeks saham syariah memiliki tingkat risiko yang lebih rendah serta memberikan manfaat diversifikasi yang lebih baik. Oleh karena itu, penelitian ini membandingkan portofolio saham syariah, saham konvensional, dan portofolio gabungan untuk mengevaluasi efisiensi masing-masing kelompok saham pada Qatar Stock Exchange.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode optimasi portofolio multiobjektif. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian menggunakan data numerik berupa harga penutupan harian (*daily closing price*) saham untuk menghitung *Expected Return,* risiko portofolio, dan mengevaluasi kinerja portofolio. Optimasi dilakukan menggunakan algoritma *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II) yang bertujuan memperoleh kombinasi portofolio dengan *Expected Return* maksimum dan risiko minimum secara simultan (Deb et al., 2002; Verma et al., 2021).

Penelitian ini mengoptimalkan tiga kelompok portofolio, yaitu portofolio saham konvensional, portofolio saham syariah, dan portofolio gabungan. Portofolio yang dihasilkan kemudian dievaluasi menggunakan *Expected Return, Standard Deviation*, *Sharpe Ratio*, *Sortino Ratio*, dan *Omega Ratio*.

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh saham yang tercatat pada QE Index dan QE Al Rayan Islamic Index di Qatar Stock Exchange (QSE). Sampel penelitian dipilih menggunakan teknik *purposive sampling,* yaitu pemilihan sampel berdasarkan kriteria tertentu agar sesuai dengan tujuan penelitian. Kriteria pemilihan sampel meliputi: (1) saham tercatat pada QE Index atau QE Al Rayan Islamic Index, (2) memiliki data harga penutupan harian (*daily closing price*) yang lengkap selama periode pengamatan, yaitu 1 Januari 2022 hingga 31 Desember 2025, dan (3) saham diperdagangkan secara aktif selama periode penelitian sehingga dapat digunakan dalam perhitungan *return*, risiko, dan optimasi portofolio.

Populasi penelitian terdiri atas 45 saham yang berasal dari QE Index dan QE Al Rayan Islamic Index. Berdasarkan proses seleksi menggunakan kriteria tersebut, diperoleh 8 saham yang memenuhi persyaratan penelitian. Sampel akhir terdiri atas 4 saham konvensional dan 4 saham syariah, sedangkan portofolio gabungan dibentuk dari keseluruhan 8 saham tersebut. Proses seleksi sampel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Populasi dan Sampel Penelitian.

Kriteria Pemilihan Sampel	Jumlah
Populasi saham pada QE Index dan QE Al Rayan Islamic Index	45 saham
Sampel akhir yang memenuhi kriteria penelitian	8 saham
Sampel kelompok konvensional	4 saham
Sampel kelompok syariah	4 saham
Sampel kelompok gabungan	8 saham

Sumber: Diolah penulis (2026).

Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data harga penutupan harian (*daily closing price*) saham yang diperoleh dari Yahoo Finance, sedangkan daftar saham yang termasuk dalam QE Index dan QE Al Rayan Islamic Index mengacu pada data resmi Qatar Stock Exchange (Qatar Stock Exchange, 2024). Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam proses pengolahan dan analisis untuk optimasi portofolio. Teknik pengumpulan data dilakukan menggunakan metode dokumentasi, yaitu dengan mengunduh data historis harga saham dari Yahoo Finance, kemudian menyusun dan mengelompokkan data sesuai dengan kategori portofolio penelitian, yaitu portofolio saham konvensional, portofolio saham syariah, dan portofolio gabungan. Pengelompokan saham yang digunakan dalam penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengelompokan Saham Terpilih.

Jenis Portofolio	Daftar Saham
Konvensional	Doha Bank (DHBK), Gulf International Services (GISS), Qatar Gas Transport Company (QGTS), Qatar National Bank (QNBK)
Syariah	Aamal Company (AHCS), Medicare Group (MCGS), Qatar Islamic Insurance Company (QISI), Vodafone Qatar (VFQS)
Gabungan	Doha Bank (DHBK), Gulf International Services (GISS), Qatar Gas Transport Company (QGTS), Qatar National Bank (QNBK), Aamal Company (AHCS), Medicare Group (MCGS), Qatar Islamic Insurance Company (QISI), Vodafone Qatar (VFQS)

Sumber: Diolah penulis (2026).

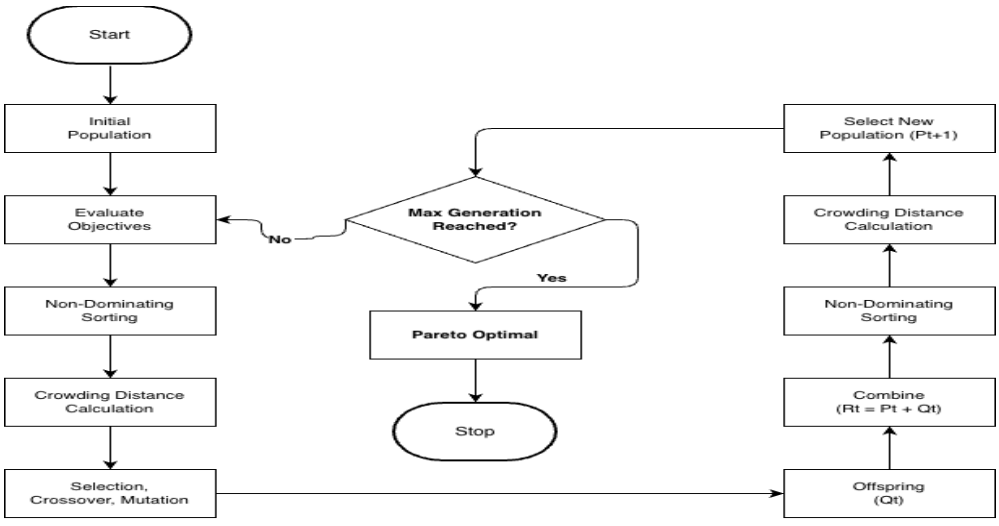
Proses Optimasi NSGA-II

Optimasi portofolio pada penelitian ini dilakukan menggunakan *algoritma Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II) yang dikembangkan oleh Deb et al. (2002). Implementasi algoritma dilakukan menggunakan *library pymoo* pada bahasa pemrograman *Python.* Parameter yang digunakan meliputi ukuran populasi (*population size*)

sebesar 200, jumlah generasi (500), operator *Simulated Binary Crossover* (SBX) dengan probabilitas 0,9 dan *distribution index* (η) sebesar 15, serta *Polynomial Mutation* dengan probabilitas 1/n dan *distribution index* (η) sebesar 20. Parameter tersebut digunakan untuk menghasilkan himpunan solusi *Pareto-optimal* yang menggambarkan berbagai kombinasi tingkat *Expected Return* dan risiko.

Proses optimasi NSGA-II diawali dengan pembentukan populasi awal (*initial population*) yang berisi sejumlah kandidat portofolio. Setiap individu kemudian dievaluasi berdasarkan dua fungsi objektif, yaitu memaksimalkan *Expected Return* dan meminimalkan risiko portofolio yang direpresentasikan oleh *Standard Deviation*. Selanjutnya dilakukan proses *non-dominated sorting* untuk mengelompokkan individu berdasarkan tingkat dominasi, kemudian dihitung *crowding distance* untuk menjaga keberagaman solusi pada setiap *Pareto front.*

Individu yang terpilih selanjutnya mengalami proses *selection, Simulated Binary Crossover* (SBX), dan *Polynomial Mutation* untuk menghasilkan populasi keturunan (*offspring*). Populasi induk dan populasi keturunan kemudian digabungkan, selanjutnya dilakukan kembali proses *non-dominated sorting* dan perhitungan *crowding distance* sebelum dipilih populasi terbaik untuk membentuk generasi berikutnya. Proses tersebut diulang hingga mencapai jumlah generasi yang telah ditentukan. Alur optimasi menggunakan algoritma NSGA-II disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Algoritma NSGA-II.
Sumber: Diolah penulis (2026).

Variabel Penelitian

Kinerja portofolio hasil optimasi dievaluasi menggunakan beberapa indikator yang mencerminkan tingkat pengembalian dan risiko investasi. Indikator yang digunakan meliputi *Expected Return, Standard Deviation, Coefficient of Variation* (CV), *Sharpe Ratio, Sortino Ratio,* dan *Omega Ratio. Expected Return* digunakan untuk mengukur tingkat pengembalian yang diharapkan, sedangkan *Standard Deviation* digunakan untuk mengukur tingkat risiko portofolio. *Coefficient of Variation* digunakan untuk membandingkan besarnya risiko terhadap setiap satuan *return* yang dihasilkan. Sementara itu, *Sharpe Ratio*, *Sortino Ratio*, dan *Omega Ratio* digunakan sebagai ukuran *risk-adjusted performance* untuk mengevaluasi efisiensi portofolio berdasarkan hubungan antara *return* dan risiko.

Seluruh nilai *return* dan risiko dianualisasi menggunakan faktor 252 hari perdagangan dalam satu tahun. Penelitian ini menggunakan *risk-free rate* (Rf) sebesar 5% yang mengacu pada tingkat repo Qatar Central Bank (QCB). Nilai tersebut juga digunakan sebagai Minimum *Acceptable Return* (MAR) pada perhitungan *Sortino Ratio* dan sebagai *threshold* pada perhitungan *Omega Ratio*. Ringkasan variabel penelitian beserta formula yang digunakan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Variabel dan Formula.

Variabel	Formula	Keterangan
Expected Return	$\mu_i = \text{mean}(R_i) \times 252$	*Return* tahunan saham
Standar Deviasi	$\sigma_i = \text{std}(R_i) \times \sqrt{252}$	Risiko (volatilitas) tahunan saham
Koefisien Variasi	$CV = \sigma_i / \mu_i$	Risiko relatif terhadap *return*
Sharpe Ratio	$SR = (Rp - Rf) / \sigma p$	Mengukur *excess return* terhadap total risiko
Sortino Ratio	$SoR = (Rp - MAR) / \sigma d$	Mengukur *excess return* terhadap *downside risk*
Omega Ratio	Ω = *Gains / Losses*	Mengukur perbandingan peluang keuntungan dan kerugian berdasarkan *threshold*

Sumber: Diolah penulis (2026).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis portofolio pada penelitian ini bertujuan membandingkan karakteristik hubungan antara risiko dan *expected return* pada kelompok saham konvensional, syariah, dan gabungan hasil optimasi menggunakan algoritma *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II). Hasil optimasi disajikan dalam bentuk kurva *efficient frontier* dan tabel

komposisi bobot portofolio untuk menunjukkan perubahan alokasi investasi pada setiap tingkat risiko dan *expected return*. Selanjutnya, kualitas portofolio dievaluasi menggunakan tujuh portofolio representatif (P1–P7) pada masing-masing kelompok saham sehingga dapat dibandingkan karakteristik risiko, *expected return*, serta kinerja portofolio berdasarkan indikator evaluasi yang digunakan.

Kelompok Saham Konvensional

Berikut disajikan komposisi proporsi alokasi bobot investasi hasil optimasi multi-objektif menggunakan NSGA-II untuk kelompok saham konvensional yang terdiri dari empat emiten terpilih:

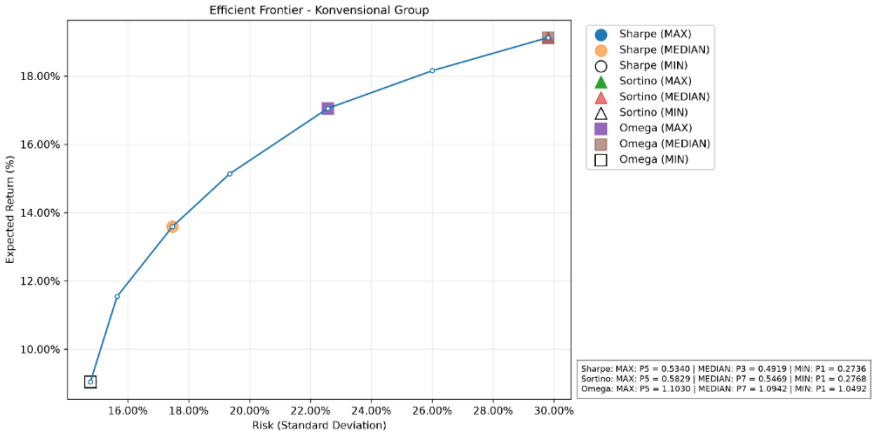
Tabel 4. Komposisi kelompok saham konvensional.

Komponen Analisis / Portofolio	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
DHBK	32.60%	24.35%	12.32%	6.15%	0.08%	0.00%	0.00%
GISS	9.56%	23.94%	35.73%	45.59%	65.33%	83.71%	100.00%
QGTS	27.58%	35.11%	41.42%	44.35%	34.55%	16.29%	0.00%
QNBK	30.27%	16.60%	10.53%	3.91%	0.04%	0.00%	0.00%
Expected Return (%)	9.04	11.54	13.59	15.14	17.05	18.16	19.13
Standard Deviation (%)	14.77	15.65	17.47	19.35	22.57	26.01	29.81
Coefficient of Variation (CV)	1.6334	1.6334	1.6334	1.6334	1.6334	1.6334	1.6334
Sharpe Ratio	0.2736	0.4183	0.4919	0.5240	0.5340	0.5060	0.4739
Sortino Ratio	0.2768	0.4280	0.5133	0.5585	0.5829	0.5683	0.5469
Omega Ratio	1.0492	1.0761	1.0913	1.0986	1.1030	1.0995	1.0942

Sumber: Diolah Penulis (2026).

Berdasarkan Tabel 4, komposisi portofolio konvensional mengalami perubahan secara bertahap dari P1 hingga P7 seiring meningkatnya target *expected return*. Pada portofolio P1, alokasi investasi masih tersebar pada seluruh saham dengan proporsi terbesar terdapat pada DHBK (32,60%), QNBK (30,27%), dan QGTS (27,58%). Seiring peningkatan target *expected return*, algoritma NSGA-II secara bertahap meningkatkan proporsi investasi pada saham GISS hingga mencapai 100,00% pada portofolio P7, sedangkan bobot DHBK dan QNBK terus menurun hingga tidak lagi menjadi bagian dari portofolio. Perubahan komposisi tersebut mengindikasikan bahwa selama proses optimasi, GISS memberikan kontribusi yang lebih

besar dalam meningkatkan *expected return* portofolio dibandingkan saham konvensional lainnya. Oleh karena itu, algoritma NSGA-II secara bertahap meningkatkan proporsi investasi pada saham tersebut seiring meningkatnya target *expected return.* Sebaliknya, pada portofolio dengan tingkat risiko rendah hingga menengah, alokasi investasi tetap tersebar pada beberapa saham, yaitu DHBK, QNBK, dan QGTS. Kondisi ini menunjukkan bahwa diversifikasi masih diperlukan untuk mengurangi risiko portofolio melalui kombinasi aset yang memiliki karakteristik *return* dan risiko yang berbeda. Dengan demikian, algoritma NSGA-II mampu menyesuaikan komposisi bobot investasi sesuai karakteristik masing-masing saham sehingga menghasilkan alternatif portofolio dengan berbagai tingkat risiko dan *return.*



Gambar 2. Kurva *Efficient Frontier* Kelompok Konvensional (Qatar Exchange).

Sumber: Diolah Penulis (2026).

Kurva *efficient frontier* pada Gambar 2 menunjukkan hubungan positif antara risiko (*standard deviation*) dan *expected return*. Portofolio P1 menghasilkan *expected return* sebesar 9,04% dengan risiko 14,77%, sedangkan portofolio P7 memberikan *expected return* tertinggi sebesar 19,13% dengan risiko sebesar 29,81%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan *expected return* selalu diikuti oleh peningkatan risiko, sehingga investor harus menentukan kombinasi portofolio sesuai dengan preferensi risikonya. Pola ini mencerminkan konsep *risk-return trade-off* dalam *Modern Portfolio Theory*, yaitu bahwa portofolio efisien merupakan kombinasi aset yang memberikan tingkat pengembalian maksimum pada tingkat risiko tertentu atau tingkat risiko minimum pada tingkat pengembalian tertentu. Konsep tersebut pertama kali diperkenalkan oleh Markowitz (n.d.) dan menjadi dasar pembentukan *efficient frontier*. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan Li & Shi, (2022) yang menunjukkan bahwa pendekatan *mean-variance* menghasilkan hubungan yang konsisten antara *return* dan risiko dalam proses optimasi portofolio.

Berdasarkan indikator evaluasi, portofolio P5 menghasilkan *Sharpe Ratio* sebesar 0,5340, *Sortino Ratio* sebesar 0,5829, dan *Omega Ratio* sebesar 1,1030, yang merupakan nilai terbaik pada kelompok konvensional. Meskipun portofolio P6 dan P7 memberikan *expected return* yang lebih tinggi, peningkatan risiko menyebabkan ketiga indikator kinerja tersebut mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan *return* tidak selalu menghasilkan portofolio yang lebih efisien apabila disertai peningkatan risiko yang lebih besar. Oleh karena itu, portofolio P5 dipilih sebagai portofolio optimal karena mampu memberikan keseimbangan terbaik antara tingkat pengembalian dan risiko. Hasil tersebut menunjukkan pentingnya penggunaan indikator *risk-adjusted* performance, seperti *Sharpe Ratio, Sortino Ratio,* dan *Omega Ratio*, dalam mengevaluasi kualitas portofolio, sehingga penilaian tidak hanya didasarkan pada besarnya *expected return*, tetapi juga mempertimbangkan risiko yang harus ditanggung investor.

Kelompok Saham Syariah

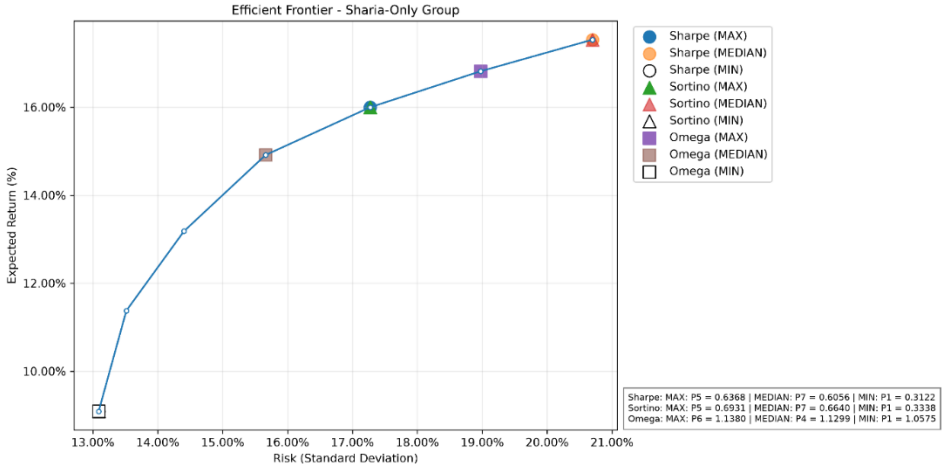
Berikut disajikan proporsi bobot optimal portofolio efisien (P1 hingga P7) hasil proses seleksi evolusioner pada kelompok saham syariah yang memenuhi kriteria filter finansial Islam:

Tabel 5. Komposisi kelompok syariah.

Komponen Analisis / Portofolio	P1	P2	P3	P4	P5 (Max SR & Sortino)	P6 (Max Omega)	P7
AHCS	20,97%	13,13%	2,98%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MCGS	15,24%	8,58%	6,78%	0,00%	0,02%	0,06%	0,00%
QISI	33,73%	34,78%	37,40%	35,11%	20,56%	9,49%	0,00%
VFQS	30,05%	43,51%	52,83%	64,89%	79,42%	90,45%	100,00%
Expected Return (%)	9,09%	11,38%	13,18%	14,91%	16,00%	16,82%	17,54%
Standard Deviation (%)	13,09%	13,52%	14,40%	15,66%	17,27%	18,98%	20,70%
Coefficient of Variation (CV)	1,4405	1,1881	1,0927	1,0501	1,0796	1,1283	1,1804
Sharpe Ratio	0,3122	0,4718	0,5680	0,6330	0,6368	0,6228	0,6056
Sortino Ratio	0,3338	0,5082	0,6142	0,6793	0,6931	0,6806	0,6640
Omega Ratio	1,0575	1,0904	1,1120	1,1299	1,1369	1,1380	1,1363

Sumber: Diolah Penulis (2026).

Berdasarkan Tabel 5, komposisi portofolio saham syariah mengalami perubahan secara bertahap dari P1 hingga P7 seiring meningkatnya target *expected return*. Pada portofolio P1, alokasi investasi masih tersebar pada seluruh saham dengan proporsi terbesar terdapat pada QISI (33,73%), VFQS (30,05%), dan AHCS (20,97%). Seiring meningkatnya target *expected return*, algoritma NSGA-II secara bertahap meningkatkan proporsi investasi pada saham VFQS hingga mencapai 100,00% pada portofolio P7, sedangkan bobot AHCS, MCGS, dan QISI terus menurun hingga tidak lagi menjadi bagian portofolio. Perubahan komposisi tersebut mengindikasikan bahwa selama proses optimasi, VFQS memperoleh proporsi bobot investasi yang semakin besar selama proses optimasi karena memberikan kombinasi *return* dan risiko yang lebih baik dibandingkan saham syariah lainnya pada target *return* yang lebih tinggi. Sebaliknya, pada portofolio dengan tingkat risiko rendah hingga menengah, komposisi investasi masih tersebar pada beberapa saham sehingga manfaat diversifikasi tetap dapat diperoleh. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa algoritma NSGA-II mampu menghasilkan kombinasi bobot investasi yang menyesuaikan karakteristik *return* dan risiko masing-masing saham sehingga diperoleh alternatif portofolio yang efisien pada berbagai tingkat preferensi risiko.



Gambar 3. Kurva *Efficient Frontier* Kelompok Syariah (Qatar Exchange).

Sumber: Diolah penulis (2026).

Kurva *efficient frontier* pada Gambar 3 menunjukkan hubungan positif antara risiko (*standard deviation*) dan *expected return* pada kelompok saham syariah. Portofolio P1 menghasilkan *expected return* sebesar 9,09% dengan risiko 13,09%, sedangkan portofolio P7 memberikan *expected return* tertinggi sebesar 17,54% dengan risiko 20,70%. Dibandingkan kelompok konvensional, peningkatan risiko pada kelompok syariah berlangsung lebih bertahap sehingga menunjukkan bahwa portofolio saham syariah mampu memberikan keseimbangan yang baik antara risiko dan pengembalian. Pola tersebut sejalan dengan konsep *risk-return*

trade-off dalam *Modern Portfolio Theory* yang dikemukakan oleh Markowitz1952 (n.d.). Hasil ini juga mendukung penelitian Jabeen & Kausar, (2022) serta Raza et al. (2023) yang menunjukkan bahwa saham syariah memiliki karakteristik *return* yang lebih stabil dan mampu memberikan kinerja investasi yang kompetitif.

Berdasarkan indikator evaluasi, portofolio P5 menghasilkan *Sharpe Ratio* sebesar 0,6368 dan *Sortino Ratio* sebesar 0,6931, sedangkan *Omega Ratio* tertinggi sebesar 1,1380 diperoleh pada portofolio P6. Meskipun demikian, selisih nilai *Omega Ratio* antara P5 dan P6 relatif kecil sehingga P5 dipilih sebagai portofolio optimal karena memberikan keseimbangan terbaik antara *expected return* dan risiko. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *Sharpe Ratio, Sortino Ratio,* dan *Omega Ratio* secara bersama-sama memberikan evaluasi yang lebih komprehensif dibandingkan hanya menggunakan *expected return*, sehingga pemilihan portofolio menjadi lebih tepat.

Kelompok Saham Gabungan (*Combination*)

Kelompok gabungan menyatukan seluruh 8 emiten dari kedua kelompok (konvensional dan syariah) untuk membuka ruang batas pencarian diversifikasi lintas prinsip yang maksimal. Struktur pembentukan bobot solusinya dijabarkan secara terpadu di bawah ini:

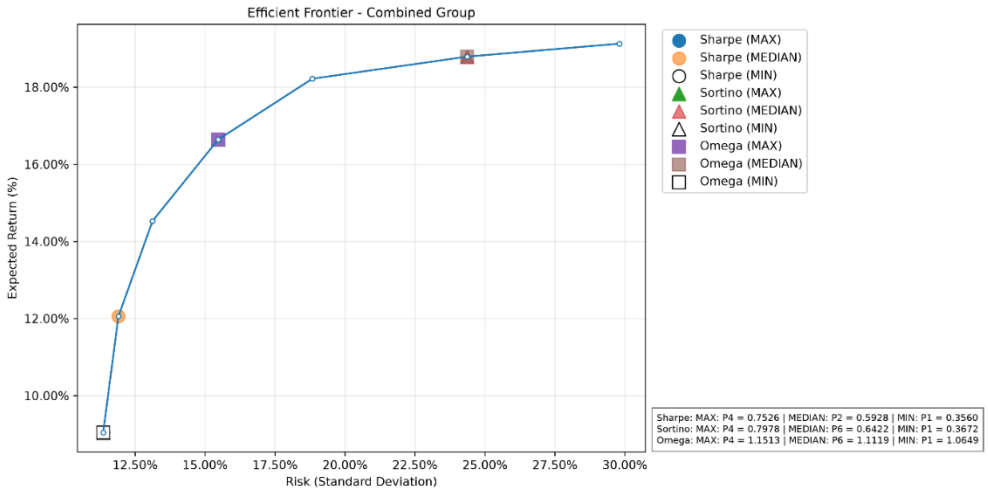
Tabel 6. Komposisi kelompok gabungan (*Combination*).

Emiten/Metrik	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
AHCS	11,59%	3,68%	0,25%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
DHBK	13,27%	10,12%	2,89%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
GISS	0,00%	5,76%	12,55%	22,42%	36,85%	76,60%	99,99%
MCGS	7,63%	2,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
QGTS	14,16%	18,31%	21,08%	19,52%	5,71%	0,00%	0,00%
QISI	23,15%	27,32%	29,96%	21,37%	2,70%	0,00%	0,00%
QNBK	12,79%	6,54%	1,73%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
VFQS	17,42%	26,24%	31,54%	36,69%	54,74%	23,39%	0,01%
Expected Return (%)	9,04	12,06	14,53	16,64	18,22	18,79	19,13
Standard Deviation (%)	11,36	11,90	13,12	15,47	18,83	24,36	29,81
Coefficient of Variation (CV)	1,2559	1,2559	1,2559	1,2559	1,2559	1,2559	1,2559
Sharpe Ratio	0,3560	0,5928	0,7262	0,7526	0,7019	0,5661	0,4739
Sortino Ratio	0,3672	0,6247	0,7676	0,7978	0,7594	0,6422	0,5469
Omega Ratio	1,0649	1,1116	1,1400	1,1513	1,1415	1,1119	1,0942

Sumber: Diolah Penulis (2026).

Berdasarkan Tabel 6, komposisi portofolio gabungan menunjukkan tingkat diversifikasi yang lebih tinggi dibandingkan kelompok konvensional maupun syariah. Pada portofolio P1, alokasi investasi masih tersebar pada hampir seluruh saham dengan proporsi terbesar terdapat pada QISI (23,15%), VFQS (17,42%), QGTS (14,16%), dan DHBK (13,27%). Seiring meningkatnya target *expected return*, algoritma NSGA-II secara bertahap

meningkatkan proporsi investasi pada saham GISS dan VFQS, sedangkan bobot saham lainnya terus menurun hingga tidak lagi menjadi bagian portofolio. Perubahan komposisi tersebut menunjukkan bahwa penggabungan saham syariah dan saham konvensional memberikan peluang diversifikasi yang lebih luas karena masing-masing saham memiliki karakteristik *return* dan risiko yang berbeda. Kondisi tersebut memungkinkan algoritma NSGA-II menghasilkan kombinasi bobot investasi yang lebih efisien sesuai dengan tujuan memaksimalkan *expected return* dan meminimalkan risiko.



Gambar 4. Kurva *Efficient Frontier* Kelompok Gabungan (Combination).

Sumber: Diolah Penulis (2026).

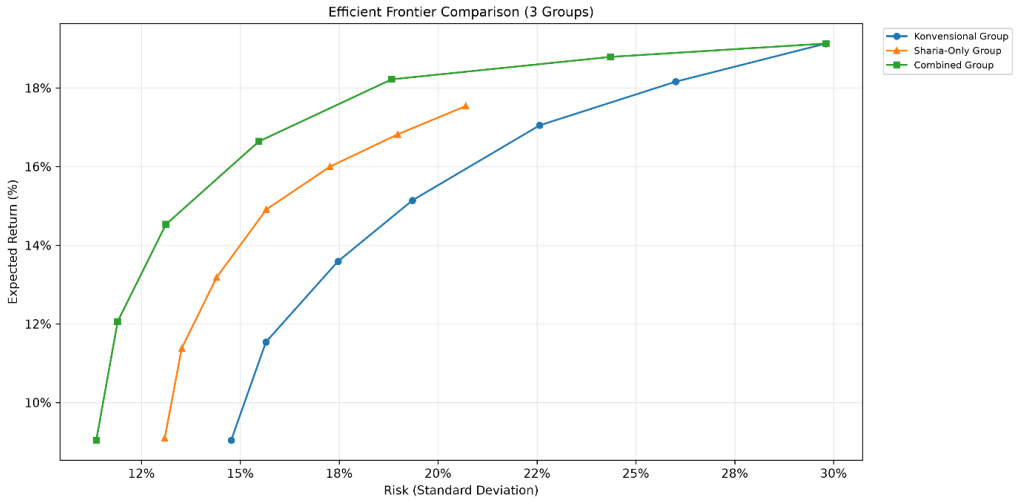
Kurva *efficient frontier* pada Gambar 4 menunjukkan hubungan positif antara risiko (*standard deviation*) dan *expected return*. Portofolio P1 menghasilkan *expected return* sebesar 9,04% dengan risiko 11,36%, sedangkan portofolio P7 memberikan *expected return* tertinggi sebesar 19,13% dengan risiko 29,81%. Dibandingkan kelompok konvensional dan syariah, kurva *efficient frontier* kelompok gabungan menunjukkan kombinasi *return* dan risiko yang lebih efisien, sehingga pada tingkat risiko tertentu investor berpotensi memperoleh *expected return* yang lebih tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa diversifikasi antara saham syariah dan konvensional mampu meningkatkan efisiensi portofolio melalui kombinasi aset yang memiliki karakteristik berbeda. Temuan ini sejalan dengan *Modern Portfolio Theory* yang dikemukakan oleh Markowitz (n.d.), yaitu bahwa diversifikasi dapat menghasilkan portofolio yang lebih efisien dibandingkan investasi pada satu kelompok aset saja.

Berdasarkan indikator evaluasi, portofolio P4 menghasilkan *Sharpe Ratio* sebesar 0,7526, *Sortino Ratio* sebesar 0,7978, dan *Omega Ratio* sebesar 1,1513, yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan seluruh alternatif portofolio gabungan. Oleh karena itu, P4 dipilih sebagai portofolio optimal karena memberikan keseimbangan terbaik antara *expected return*

dan risiko. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggabungan saham syariah dan konvensional memperluas peluang diversifikasi sehingga algoritma NSGA-II mampu membentuk kombinasi bobot investasi yang lebih efisien dibandingkan portofolio yang hanya terdiri atas satu kelompok saham. Temuan ini sejalan dengan penelitian Lim et al. (2023) yang menunjukkan bahwa diversifikasi dapat meningkatkan efisiensi portofolio, serta Mazraeh et al. (2022) yang menyatakan bahwa optimasi portofolio menggunakan pendekatan multiobjektif menghasilkan kombinasi investasi yang lebih baik dibandingkan pendekatan konvensional.

Perbandingan Kurva *Efficient Frontier* (Analisis Komparatif)

Guna memberikan gambaran komparatif yang komprehensif bagi pengambilan keputusan investasi, kurva *efficient frontier* dari ketiga kelompok saham disajikan secara *overlay* dalam satu koordinat ruang *risk-return* di bawah ini:



Gambar 5. Perbandingan Kurva *Efficient Frontier* Portofolio Konvensional, Syariah, dan Gabungan

Sumber: Diolah Penulis (2026).

Berdasarkan Gambar 5, ketiga kelompok portofolio menunjukkan karakteristik hubungan antara risiko dan *expected return* yang berbeda. Kelompok konvensional menghasilkan *expected return* maksimum sebesar 19,13% dengan standar deviasi sebesar 29,81%, sedangkan kelompok syariah menghasilkan *expected return* maksimum sebesar 17,54% dengan tingkat risiko yang lebih rendah, yaitu sebesar 20,70%. Sementara itu, kelompok gabungan menghasilkan kombinasi *return* dan risiko yang lebih seimbang. Portofolio optimal pada kelompok gabungan (P4) memberikan *expected return* sebesar 16,64% dengan standar deviasi sebesar 15,47%, sehingga berada pada posisi yang lebih efisien dibandingkan kedua kelompok lainnya. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada tingkat risiko yang relatif lebih rendah, portofolio gabungan mampu memberikan tingkat

pengembalian yang kompetitif sehingga menghasilkan keseimbangan *risk-return* yang lebih baik sesuai konsep *efficient frontier* (Markowitz, n.d.).

Keunggulan portofolio gabungan menunjukkan bahwa penggabungan saham syariah dan saham konvensional mampu memperluas peluang diversifikasi karena masing-masing kelompok saham memiliki karakteristik return dan risiko yang berbeda. Keragaman karakteristik tersebut memberikan ruang pencarian solusi yang lebih luas bagi algoritma NSGA-II untuk membentuk kombinasi bobot investasi yang optimal melalui proses *fast non-dominated sorting*, elitism, dan *crowding distance*, sehingga diperoleh himpunan solusi Pareto yang efisien (Deb et al., 2002)**.** Dengan demikian, portofolio gabungan mampu menghasilkan tingkat pengembalian yang relatif tinggi dengan risiko yang tetap dapat dikendalikan.

Temuan penelitian ini mendukung konsep *Modern Portfolio Theory* yang menyatakan bahwa diversifikasi aset dapat meningkatkan efisiensi portofolio melalui kombinasi aset yang memiliki karakteristik berbeda (Markowitz, n.d.)**.** Selain itu, hasil penelitian ini sejalan dengan Tabash et al. (2023) yang menunjukkan bahwa kombinasi aset syariah dan konvensional memberikan peluang diversifikasi yang lebih baik pada kondisi pasar yang berbeda, serta Mwamba et al. (2025) yang menyatakan bahwa optimasi portofolio menggunakan pendekatan multiobjektif mampu menghasilkan himpunan solusi efisien sehingga investor dapat memilih portofolio sesuai preferensi risiko dan tingkat pengembalian. Hasil tersebut juga sejalan dengan Gao & Kresta, (2024) yang menunjukkan bahwa penerapan NSGA-II pada optimasi portofolio multiobjektif mampu menghasilkan himpunan solusi Pareto yang memberikan keseimbangan optimal antara *expected return* dan risiko, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan investasi yang lebih efisien. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan NSGA-II pada portofolio gabungan mampu menghasilkan alternatif investasi yang lebih efisien dibandingkan penggunaan satu kelompok saham secara terpisah. Dengan demikian, hasil perbandingan *efficient frontier* menunjukkan bahwa portofolio gabungan merupakan alternatif investasi yang lebih efisien karena mampu memberikan keseimbangan antara tingkat pengembalian dan risiko melalui diversifikasi aset serta optimasi menggunakan algoritma NSGA-II.

Perbandingan Kinerja Portofolio Berdasarkan *Sharpe, Sortino*, dan *Omega*

Evaluasi kinerja portofolio dilakukan dengan membandingkan portofolio optimal pada masing-masing kelompok menggunakan indikator *risk-adjusted performance*, yaitu *Sharpe Ratio, Sortino Ratio,* dan *Omega Ratio*. Selain itu*, expected return* dan *standard deviation* turut digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi keseimbangan antara tingkat pengembalian dan risiko pada setiap portofolio. Hasil perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Kinerja Portofolio Optimal Berdasarkan Indikator *Risk-Adjusted Performance.*

Kelompok Portofolio	Portofolio Optimal	*Expected Return (%)*	*Standard Deviation (%)*	*Sharpe Ratio*	*Sortino Ratio*	*Omega Ratio*
Shariah Group	P5	16,00	17,27	0,6368	0,6931	1,1369
Conventional Group	P5	17,05	22,57	0,5340	0,5829	1,1030
Combined Group	P4	16,64	15,47	0,7526	0,7978	1,1513

Sumber: Diolah Penulis (2026).

Berdasarkan Tabel 7, portofolio optimal pada masing-masing kelompok menunjukkan perbedaan kinerja berdasarkan indikator *risk-adjusted performance*. Kelompok gabungan menghasilkan kinerja terbaik dengan portofolio P4 yang memiliki *expected return* sebesar 16,64% dan *standard deviation* sebesar 15,47%. Selain itu, portofolio tersebut juga menghasilkan *Sharpe Ratio* sebesar 0,7526, *Sortino Ratio* sebesar 0,7978, dan *Omega Ratio* sebesar 1,1513, yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan kelompok syariah maupun konvensional. Sebaliknya, portofolio optimal kelompok syariah (P5) dan konvensional (P5) menghasilkan nilai ketiga indikator yang lebih rendah, sehingga menunjukkan bahwa portofolio gabungan memiliki kinerja investasi berbasis risiko yang paling baik di antara ketiga kelompok portofolio.

Nilai *Sharpe Ratio* yang lebih tinggi menunjukkan bahwa portofolio gabungan mampu menghasilkan *excess return* yang lebih besar untuk setiap satu unit risiko total. Sementara itu, nilai *Sortino Ratio* yang lebih tinggi mengindikasikan kemampuan portofolio dalam mengendalikan *downside risk*, sedangkan *Omega Ratio* yang tertinggi menunjukkan perbandingan peluang memperoleh *return* di atas tingkat acuan lebih besar dibandingkan potensi kerugiannya. Keating & Shadwick, (2002) menjelaskan bahwa *Omega Ratio* merupakan ukuran kinerja yang mempertimbangkan keseluruhan distribusi *return*, sehingga mampu melengkapi evaluasi yang diperoleh dari indikator berbasis risiko lainnya.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menggunakan ketiga indikator menunjukkan bahwa portofolio gabungan merupakan portofolio yang paling efisien berdasarkan keseimbangan antara *return* dan risiko. Hasil ini konsisten dengan pembahasan pada subbab sebelumnya mengenai portofolio optimal dan *efficient frontier*, sehingga memperkuat bahwa solusi yang dihasilkan algoritma NSGA-II mampu menghasilkan portofolio dengan kinerja *risk-adjusted*

yang lebih baik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengoptimalkan portofolio saham konvensional, saham syariah, dan portofolio gabungan yang terdaftar di Qatar Exchange *menggunakan algoritma Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II). Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma NSGA-II mampu menghasilkan alternatif portofolio efisien yang membentuk *Efficient Frontier* pada masing-masing kelompok saham. Berdasarkan perbandingan kinerja portofolio, kelompok gabungan menunjukkan tingkat efisiensi yang lebih baik dibandingkan kelompok konvensional maupun syariah. Temuan ini mengindikasikan bahwa kombinasi saham syariah dan saham konvensional mampu memberikan manfaat diversifikasi yang lebih optimal sehingga menghasilkan keseimbangan risiko dan pengembalian yang lebih baik.

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah saham yang digunakan serta periode pengamatan yang terbatas pada data Qatar Exchange tahun 2022–2025. Selain itu, optimasi portofolio hanya mempertimbangkan dua fungsi objektif utama, yaitu memaksimalkan *return* dan meminimalkan risiko. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan cakupan saham yang lebih luas, periode observasi yang lebih panjang, serta mempertimbangkan faktor lain seperti likuiditas, biaya transaksi, maupun indikator keberlanjutan (*sustainability indicators*). Penelitian berikutnya juga dapat membandingkan performa NSGA-II dengan metode optimasi multiobjektif lainnya untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif.

DAFTAR REFERENSI

Benhamou, E., Guez, B., & Paris, N. (2019). *Omega and Sharpe ratio*. SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.3469888

Bernard, C., Caporin, M., Maillet, B., & Zhang, X. (2022). *Omega compatibility: A meta-analysis*. SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.4351837

Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., & Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6*(2), 182–197. https://doi.org/10.1109/4235.996017

Gao, Q., & Kresta, A. (2024). Empirical study of multi-objective risk portfolio optimization based on NSGA-II. *Journal of Finance and Financial Law*, *Special Issue*, 61–75. https://doi.org/10.18778/2391-6478.S1.2024.04

Jabeen, M., & Kausar, S. (2022). Performance comparison between Islamic and conventional stocks: Evidence from Pakistan's equity market. *ISRA International Journal of Islamic Finance, 14*(1), 59–72. https://doi.org/10.1108/IJIF-07-2020-0150

Kaucic, M., Moradi, M., & Mirzazadeh, M. (2019). Portfolio optimization by improved NSGA-II and SPEA2 based on different risk measures. *Financial Innovation, 5*(1). https://doi.org/10.1186/s40854-019-0140-6

Keating, C., & Shadwick, W. F. (2002). *A universal performance measure*.

Kidd, D. (2012). *Investment performance measurement: The Sortino ratio: Is downside risk the only risk that matters?* http://www.sortino.com

Ledhem, M. A., & Mekidiche, M. (2022). Islamic finance and economic growth: The Turkish experiment. *ISRA International Journal of Islamic Finance, 14*(1), 4–19. https://doi.org/10.1108/IJIF-12-2020-0255

Li, H., & Shi, N. (2022). Application of genetic optimization algorithm in financial portfolio problem. *Computational Intelligence and Neuroscience, 2022*. https://doi.org/10.1155/2022/5246309

Lim, D. T., Goh, K. W., & Lee, L. H. (2023). A new class of Shariah-compliant portfolio optimization model: Diversification analysis. *AIMS Mathematics, 8*(9), 20933–20965. https://doi.org/10.3934/math.20231066

Markowitz, H. (1952). *Portfolio selection*. *The Journal of Finance, 7*(1), 77–91. https://doi.org/10.2307/2975974

Mazraeh, N. B., Daneshvar, A., Madanchi Zaj, M., & Roodposhti, F. R. (2022). Stock portfolio optimization using a combined approach of multi objective grey wolf optimizer and machine learning preselection methods. *Computational Intelligence and Neuroscience, 2022*. https://doi.org/10.1155/2022/5974842

Muteba Mwamba, J. W., Mbucici, L. M., & Mba, J. C. (2025). Multi-objective portfolio optimization: An application of the non-dominated sorting genetic algorithm III. *International Journal of Financial Studies, 13*(1). https://doi.org/10.3390/ijfs13010015

Orhan, Z. H., & Isiker, M. (2021). Developing a ranking methodology for Sharīʿah indices: The case of Borsa Istanbul. *ISRA International Journal of Islamic Finance, 13*(3), 302–317. https://doi.org/10.1108/IJIF-08-2019-0113

Raza, M. W., Said, B., & Elshahat, A. (2023). COVID-19 and informational efficiency in Asian emerging markets: A comparative study of conventional and Shariah-compliant stocks. *International Journal of Islamic and Middle Eastern Finance and Management, 16*(3), 576–592. https://doi.org/10.1108/IMEFM-01-2022-0041

Syahla, R., Susanti, D., & Napitupulu, H. (2024). Optimization of investment portfolio mean-variance model using genetic algorithm. *International Journal of Business, Economics and Sustainable Development, 5*(2), 227–234. https://doi.org/10.46336/ijbesd.v5i2.654

Tabash, M. I., Sahabuddin, M., Abdulkarim, F. M., Hamouri, B., & Tran, D. K. (2023). Dynamic dependency between the Shariah and traditional stock markets: Diversification opportunities during the COVID-19 and global financial crisis (GFC) periods. *Economies, 11*(5). https://doi.org/10.3390/economies11050149

Verma, S., Pant, M., & Snášel, V. (2021). A comprehensive review on NSGA-II for multi-objective combinatorial optimization problems. *IEEE Access, 9*, 57757–57791. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3070634

Yang, M., Qian, W., Yang, L., Hou, X., Yuan, X., & Dong, Z. (2024). A synergistic multi-objective evolutionary algorithm with diffusion population generation for portfolio problems. *Mathematics, 12*(9). https://doi.org/10.3390/math12091368