PENENTUAN SOLUSI OPTIMAL PEMROGRAMAN KUADRATIK DENGAN METODE *WOLFE*
(Studi Kasus: Saham Sektor Keuangan/Perbankan)

AFRILIA PUTRI WULANDARI
H1011201046

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

PENENTUAN SOLUSI OPTIMAL PEMROGRAMAN KUADRATIK DENGAN METODE *WOLFE*
(Studi Kasus: Saham Sektor Keuangan/Perbankan)

AFRILIA PUTRI WULANDARI
H1011201046

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika pada Program Studi Matematika



PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Penentuan Solusi Optimal Pemrograman Kuadratik Dengan Metode *Wolfe* (Studi Kasus: Saham Sektor Keuangan/Perbankan)
Nama Mahasiswa	: Afrilia Putri Wulandari
NIM	: H1011201046
Jurusan/Program Studi	: Matematika/Matematika
Tanggal Lulus	: 30 Januari 2025
SK Pembimbing	: No. 696/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 1 Maret 2024
SK Penguji	: No. 5658/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 31 Desember 2024

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Meliana Pasaribu, M.Sc	Dr. Evy Sulistianingsih, M.Sc
NIP.198710192019032006	NIP.198502172008122006

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Nur'ainul Miftahul Huda, M.Si	Fransiskus Fran, M.Si
NIP. 199411142020122014	NIP. 198804152019031014

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Meliana Pasaribu, M.Sc	Dr. Evy Sulistianingsih, M.Sc
NIP.198710192019032006	NIP.198502172008122006

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, M.Si
NIP.197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Afrilia Putri Wulandari
NIM	: H1011201046
Program Studi/ Jurusan	: Matematika/Matematika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, Januari 2025



Afrilia Putri Wulandari
H1011201046

Penentuan Solusi Optimal Pemrograman Kuadratik
Dengan Metode *Wolfe*
(Studi Kasus: Saham Sektor Keuangan/Perbankan)

Abstrak

Dalam investasi saham, investor perlu mengalokasikan dana secara tepat untuk memaksimalkan keuntungan dan mengelola risiko. Portofolio yang direncanakan dengan baik dapat membantu pencapaian hasil maksimal sesuai dengan tingkat risiko yang diinginkan, dengan meminimalkan risiko pada tingkat keuntungan tertentu. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelesaikan model penentuan portofolio saham dengan menggunakan metode wolfe. Data yang diambil merupakan data harga saham mingguan PT Bank Central Asia Tbk (BBCA), PT Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk (BBRI), PT Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk (BBNI), dan PT Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) untuk periode Januari sampai Desember 2023. Selanjutnya, nilai return, expected return dan varians yang diperoleh dibentuk menjadi permasalahan pemrograman kuadratik. Pemrograman kuadratik yang berbentuk fungsi tujuan dan fungsi kendala disesuaikan dengan kondisi Karush Kuhn Tucker. Solusi pada masalah optimasi digunakan metode Wolfe yang dibentuk kondisi baru dengan menambahkan artificial variable. Pada lima saham yang digunakan didapat hasil proporsi alokasi dana pada saham (BBCA) ada sebesar 43,45%, saham (BBRI) sebesar 22,11%, saham (BBNI) sebesar 30,63%, dan saham (BMRI) adalah sebesar 3,82%. Hasil risiko yang harus dihadapi investor untuk investasi selama satu tahun sebesar 0,02%.

Kata Kunci: *return*, *expected return, karush kuhn tucker*

Determination of Quadratic Programming Optimal Solution with Wolfe Method (Case Study: Financial/Banking Sector Stocks)

Abstract

In stock investment, investors need to allocate funds appropriately to maximize profits and manage risks. A well-planned portfolio can help achieve maximum returns according to the desired level of risk, by minimizing risk at a certain level of profit. Therefore, the purpose of this study is to solve the stock portfolio determination model using the Wolfe method. The data taken is the weekly stock price data of PT Bank Central Asia Tbk (BBCA), PT Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk (BBRI), PT Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk (BBNI), and PT Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) for the period January to December 2023. Furthermore, the return value, expected return and variance obtained are formed into a quadratic programming problem. Quadratic programming in the form of objective functions and constraint functions is adjusted to the Karush Kuhn Tucker condition. The solution to the optimization problem used the Wolfe method which formed new conditions by adding artificial variables. In the five stocks used, the results of the proportion of fund allocation on shares (BBCA) are 43.45%, shares (BBRI) are 22.11%, shares (BBNI) are 30.63%, and shares (BMRI) are 3.82%. The risk result that investors must face for investment for one year is 0.02%.

Keywords: return, expected return, karush kuhn tucker

PRAKATA

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT dengan segala rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Penentuan Solusi Optimal Pemrograman Kuadratik Dengan Metode *Wolfe*"**. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika pada Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura. Proses penulisan skripsi ini berkat dukungan beberapa pihak, maka dari itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga besar. Terima kasih selalu memberikan doa dan dukungan yang tidak pernah putus, memberikan cinta, kasih sayang untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
2. Ibu Meliana Pasaribu, M.Sc dan Ibu Dr. Evy Sulistianingsih, M.Sc selaku dosen pembimbing pertama dan kedua. Terima kasih telah membimbing serta memberikan motivasi dan arahan selama penulisan skripsi ini.
3. Ibu Nur'ainul Miftahul Huda, M.Si selaku dosen penguji pertama dan Bapak Fransiskus Fran, M.Si selaku dosen penguji kedua yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penulisan skripsi ini.
4. Ibu Naomi Nessyana Debataraja, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi, arahan, dan masukan selama proses perkuliahan.
5. Teman seperjuangan. Eliana, Nurliantika, Ressa, Shakira dan teman-teman Angles20. Terima kasih sudah menemani selama masa perkuliahan, membersamai dalam perjuangan dan tidak pernah mengeluh ketika direpotkan.

Penulis telah berusaha maksimal dalam penulisan skripsi ini. Walaupun demikian tidak tertutup kemungkinan bahwa masih banyak kekurangan dan kelemahan dalam penulisan maupun penyajian materi.

Pontianak, 2025

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK ..... **iii**
Abstrak ..... **iv**
Abstract ..... **v**
PRAKATA ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **vii**
DAFTAR TABEL ..... **ix**
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL ..... **x**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Tinjauan Pustaka 3
1.6 Metodologi Penelitian 4
BAB II LANDASAN TEORI **9**
2. 1 Investasi 9
2. 2 Saham 10
2. 3 Portofolio 11
2. 4 *Return* 13
2. 5 Risiko 14
2. 6 Kovarians 15
2. 7 Optimasi 16
2. 8 Pemrograman Kuadratik 17
2. 9 Metode *Wolfe* 18
2. 10 Metode Simpleks 19
2. 11 *Karush Kuhn Tucker* (KKT) 22
BAB III PENENTUAN SOLUSI OPTIMAL PEMROGRAMAN KUADRATIK DENGAN METODE *WOLFE* **24**

3.1 Gambaran Data 24
3.2 Pembentukan Masalah kedalam Model Pemrograman Kuadratik 28
3.3 Penyelesaian Pemrograman Kuadratik dengan Metode *Wolfe* 32
BAB IV KESIMPULAN 38
DAFTAR PUSTAKA 40
LAMPIRAN 42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bentuk umum tabel simpleks..... 20
Tabel 3.1 Daftar saham..... 24
Tabel 3.2 Statistika Deskriptif Data Harga Saham..... 25
Tabel 3.3 Expected return saham..... 26
Tabel 3.4 Varian dan Standar deviasi return saham..... 27
Tabel 3.5 Kovarians dan Standar deviasi return saham 27
Tabel 3.6 Expected return, varians dan standar deviasi portofolio..... 27
Tabel 3.7 Tabel simpleks awal..... 34
Tabel 3.8 Tabel simpleks awal dengan variabel basis 34
Tabel 3.9 Tabel simpleks iterasi 6..... 36

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

P_i : harga saham ke-i dengan $i = 1,2,3,4$

x_i : besarnya proporsi saham ke-i dengan $i = 1,2,3,4$

σ_i^2 : nilai varians saham ke-i dengan $i = 1,2,3,4$

$E(R_i)$: ekspektasi *return* saham ke-i dengan $i = 1,2,3,4$

$E(R_p)$: ekspektasi *return* portofolio

$R_{i(t)}$: *return* saham ke-i pada periode ke-t dengan $i = 1,2,3,4$ dan $t = 1,2,3, \ldots,52$

σ_i : standar deviasi saham ke-i dengan $i = 1,2,3, \ldots,52$

σ_{ij} : kovarian antar saham ke-i dan ke-j dengan $i = 1,2, \ldots,52$ dan $j = 1,2, \ldots,52$

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Investasi pada aset keuangan biasanya dilakukan di pasar modal yang didefinisikan sebagai tempat dimana khususnya pihak perusahaan menjual aset keuangan (saham) dengan tujuan hasil penjualan tersebut akan digunakan sebagai tambahan dana untuk perusahaan. Investasi yang dilakukan seorang investor tidak boleh dilakukan secara sembarangan karena investasi merupakan kegiatan yang berisiko sehingga terdapat peluang bahwa investor akan mengalami kegagalan dalam berinvestasi (Safelia *et al.,* 2012). Investor dalam kegiatan investasinya akan berusaha untuk meminimalisir berbagai risiko yang dihadapi, baik yang bersifat jangka pendek ataupun jangka panjang. Investor akan menginvestasikan dananya dengan memilih saham yang efisien yaitu, saham yang memberikan *return* maksimal pada risiko tertentu atau *return* tertentu pada risiko minimal. Menurut Jogiyanto (2013) untuk meminimalisir risiko dan tetap mendapatkan *return* yang cukup besar, dapat dilakukan dengan membentuk portofolio optimal.

Portofolio adalah sekelompok sekuritas yang memiliki return dan risiko tertentu, dimana para investor akan memilih portofolio yang memberikan return yang maksimal dengan risiko minimum (Rifaldy *et al*., 2016). Dalam optimasi portofolio, para investor ingin mengetahui seberapa besar dana yang akan dialokasikan pada tiap-tiap investasi agar tingkat keuntungan yang diharapkan lebih besar daripada atau sama dengan jumlah terendah yang dapat diterima dengan tingkat resiko yang kecil, tetapi investor tidak tahu dengan pasti tingkat keuntungan yang akan diperoleh dalam berinvestasi (Natalia *et al.,* 2014). Permasalahan dalam optimasi portofolio dapat diselesaikan dengan berbagai model optimasi, salah satunya model pemrograman kuadratik.

Optimasi merupakan suatu proses untuk mencari nilai optimal dari suatu permasalahanan dengan memaksimalkan atau meminimalkan suatu fungsi tujuan dalam mencari solusi terbaik dari suatu keputusan dengan memenuhi kendala yang ada (Siswanto, 2007). Model dalam optimasi dibagi menjadi dua, yaitu model linier

dan nonlinier. Model linier adalah model matematis yang didasarkan pada fungsi-fungsi linier, suatu fungsi linier didefinisikan sebagai fungsi yang dapat diekspesikan sebagai jumlah dari variabel-variabel dengan koefisien konstan. Sedangkan pada model nonlinier khususnya dinyatakan dengan bentuk variabel keputusan pada fungsi tujuannya merupakan perkalian dari dua atau lebih variabel keputusan dan kendalanya berupa fungsi linier (Hillier & Lieberman, 2001).

Pemrograman kuadratik merupakan model pendekatan penyelesaian permasalahan optimasi nonlinier dengan kendalanya berupa fungsi linier dan fungsi tujuannya merupakan fungsi nonlinier. Penyelesaian pemrograman kuadratik untuk mendapatkan nilai optimal dari fungsi tujuan dapat dilakukan dengan beberapa metode, contohnya dengan metode beale dan metode *wolfe*. Metode *Wolfe* dikenal sebagai salah satu metode yang tepat dalam penyelesaian masalah pemrograman kuadratik dengan kendala linier (*Wolfe*, 1959). Menurut Patel (2014) metode *Wolfe* sering dipilih dalam pemrograman kuadratik untuk optimasi portofolio karena penyelesaian yang lebih cepat dan tepat dalam menangani fungsi nonlinier dengan kendala linier. Dalam optimasi portofolio, sering kali ada banyak kendala yang harus diperhatikan, seperti total alokasi aset dan batasan risiko. Sehingga, metode *Wolfe* menggunakan bantuan syarat *Karush Kuhn Tucker* untuk memeriksa optimalitas dan melibatkan fungsi Lagrange untuk menggabungkan fungsi objektif dan kendala dalam satu fungsi. Sedangkan pada metode beale meskipun metode beale dapat menangani masalah non-linier, metode ini mungkin kurang tepat dalam mengatasi kendala linier yang umum dalam optimasi portofolio, seperti batasan bobot aset atau total alokasi yang harus berjumlah 100%. Akibatnya, metode ini mungkin tidak memberikan hasil yang secepat atau seefisien metode *wolfe* untuk masalah kuadratik.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini diterapkan Model Pemrograman Kuadratik Metode *Wolfe* untuk menyelesaikan masalah portofolio optimal dalam menentukan alokasi aset dengan meminimalkan risiko investasi, yang diwakili oleh fungsi kuadratik dari varians return aset, dengan kendala bahwa total alokasi investasi harus mencapai 100% dan setiap aset mungkin memiliki batasan maksimal investasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana cara menentukan portofolio optimal pada Model Pemrograman Kuadratik dengan Metode *Wolfe*.

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang model matematika dari masalah penentuan portofolio saham di saham indeks perbankan (BBCA, BBRI, BBNI, BMRI).
2. Menentukan portofolio saham optimal pada masalah saham di indeks perbankan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data saham yang diteliti adalah saham-saham yang terdaftar di PT Bursa Efek Indonesia (BEI) periode Januari sampai Desember 2023 yang diperoleh dari https://finance.yahoo.com/
2. Data yang digunakan adalah data harga penutupan saham *(closing price)* mingguan.

1.5 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian ini, beberapa literatur dan penelitian terdahulu terkait optimasi telah dikaji oleh (Berlianty *et al*., 2010) dan (Rao, 2009). Adapun pada penjelasan program nonlinier yang dibahas oleh Wiston (2024). Adnyana (2020) di dalam bukunya menjelaskan teori investasi dan portofolio pada saham. Kemudian jenis-jenis saham dijelaskan oleh Fakhruddin *et al.* (2001). Selain itu, mengenai perhitungan *return,* varians dan risiko yang dikaji oleh Jogiyanto (2017). Muthtohiroh *et al.* (2021) membahas mengenai penjelasan kovarians dan perhitungan rumus kovarians. Adapun penjelasan tentang pemrograman kuadratik dengan rumus dan fungsi tujuannya dijelaskan oleh Patel (2014). Kemudian

penjelasan pada Pemograman Kuadratik dengan metode *Wolfe* yang dibahas dalam buku yang ditulis oleh Mitradjieva (2017). Langkah-langkah untuk mencari solusi metode *wolfe* pada tabel simpleks dijelaskan dalam buku (Meliana & Mariatul, 2024).

Filrissa *et al.* (2019) membahas tentang portofolio saham dengan model markowitz dengan menggunakan pemrograman kuadratik. Berdasarkan perhitungan pada peneliti tersebut, Portofolio optimal diperoleh dengan mengalokasikan sejumlah dana pada 66 saham sesuai dengan bobot (w) yang diperoleh pada hasil. Dengan tingkat keuntungan portofolio sebesar $0{,}002703146$, nilai bobot tertinggi diperoleh oleh saham dengan kode saham SIDO yaitu sebesar $0{,}078652122$ sedangkan nilai bobot terendah diperoleh oleh saham dengan kode saham SMGR yaitu sebesar $-2{,}36E-18$. Nilai bobot (w) yang negatif pada saham menunjukkan terjadinya short sell pada saham tersebut.

Rianingsih *et al.* (2017) membahas tentang pemrograman kuadratik dengan data yang digunakan adalah rasio pembayaran dividen (*devidend payout ratio*). Pemrograman kuadratik merupakan model dengan fungsi tujuan berupa fungsi kuadrat dan fungsi kendala dan *Devidend payout ratio* menyatakan berapa bagian pendapatan yang harus dibayarkan sebagai dividen. Hasil penelitian ini memperoleh bahwa portofolio yang optimal tanpa risiko investasi diperoleh pada tingkat keuntungan yang diharapkan sebesar $35{,}77\%$. Risiko investasi akan muncul jika seorang investor mengharapkan keuntungan di atas $35{,}77\%$.

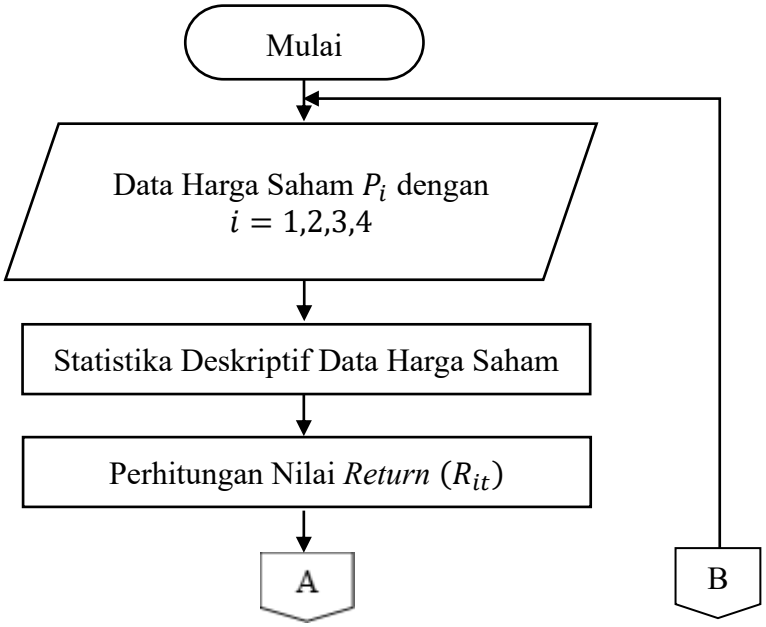
1.6 Metodologi Penelitian

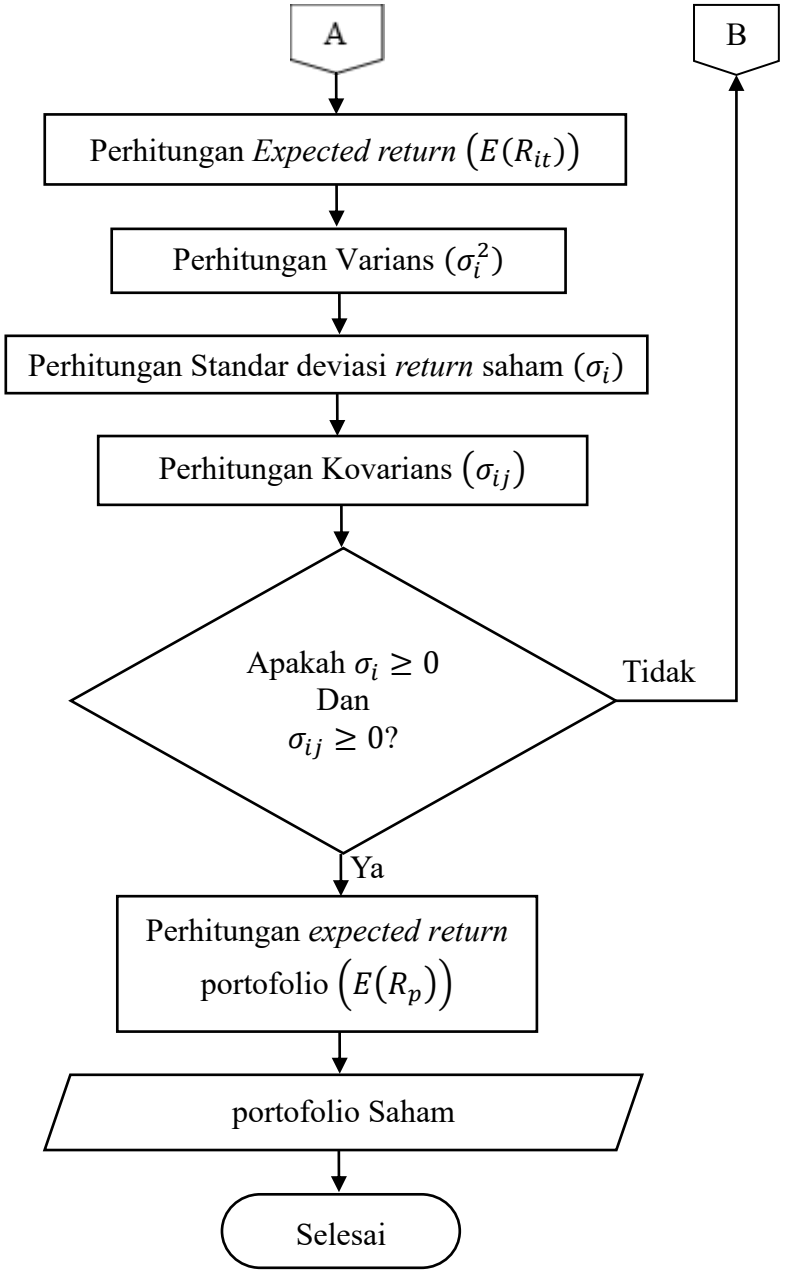
Penelitian ini diawali dengan melakukan input data harga saham penutupan saham mingguan yang tercatat di situs *Yahoo Finance* dan Bursa Efek Indonesia (BEI) pada periode Januari 2023 sampai Desember 2023. Data yang telah dikumpulkan dianalisis dengan bantuan *software Microsoft Excel.* Setelah itu, dilakukan perhitungan nilai *return, expected return,* variansi dan standar deviasi saham dari masing-masing saham. Langkah selanjutnya menghitung nilai kovarians dari saham yang terpilih. Kemudian di cek apakah nilai dari standar deviasi dan kovarian saham bernilai positif. Jika tidak, maka dilakukan pemilihan data harga

saham. Jika ya, lakukan perhitungan *expected return* portofolio dan dibentuk portofolio optimal.

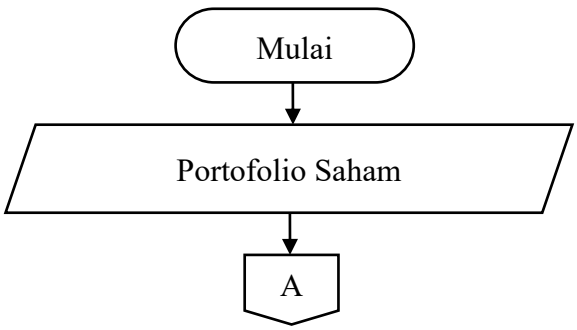
Adapun langkah-langkah setelah dibentuk portofolio saham yang terpilih. selanjutnya, dibentuk masalah portofolio kedalam model matematika ke dalam model pemrograman kuadratik. Kemudian mengubah model matematika ke dalam bentuk baku dengan menambahkan variabel *slack* dan variabel *surplus.* Lalu, membentuk syarat *Karush Kuhn Tucker* (KKT) dengan membentuk fungsi Langrange dengan mengidentifikasi *Complementary Slackness.* Selanjutnya, membentuk fungsi tujuan baru linier $r = \sum A_n$ dengan menambahkan variabel buatan A_n untuk setiap kondisi syarat KKT yang tidak memiliki variabel basis. Lalu, dibentuk tabel simpleks dari masalah baru dengan variabel basis awal. Kemudian cek apakah nilai $x_j \geq 0$. Jika tidak, dilanjutkan dengan memilih kolom kunci dengan nilai positif terkecil. Kemudian, dipilih baris kunci dengan rasio terkecil dan menentukan elemen kunci dari perpotongan kolom kunci dan baris kunci. Setelah itu, cek kembali apakah $x_j \geq 0$. Jika ya, nilai sudah optimal dan akan dibentuk ke fungsi tujuan awal dalam pembentukan portofolio saham.

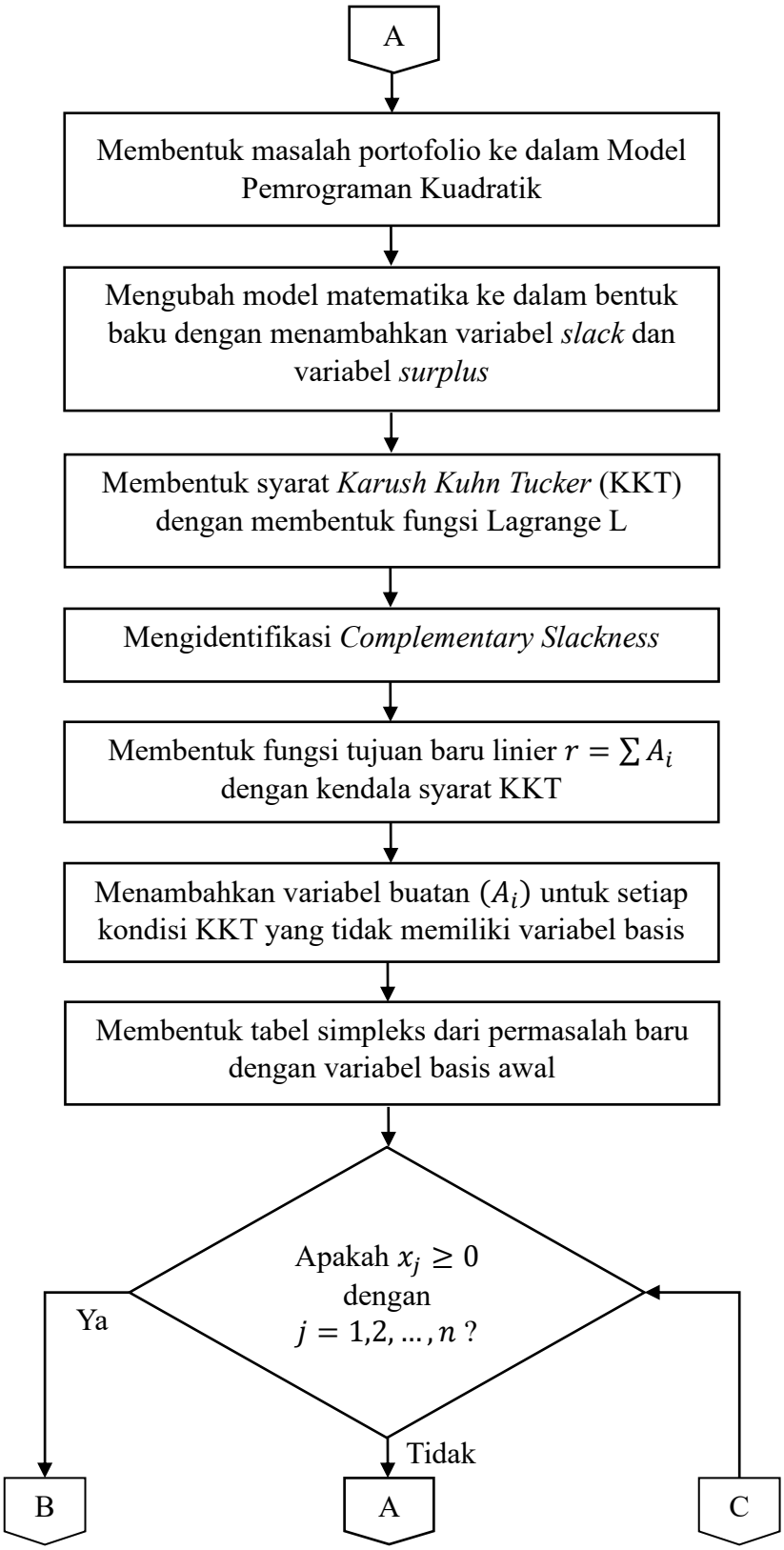
Untuk lebih jelasnya, langkah-langkah dalam menentukan Portofolio saham dalam Gambar 1.1 dan penyelesaian Optimasi Portofolio dengan Model Pemrograman Kuadratik Menggunakan Metode *Wolfe* dalam Gambar 1.2.

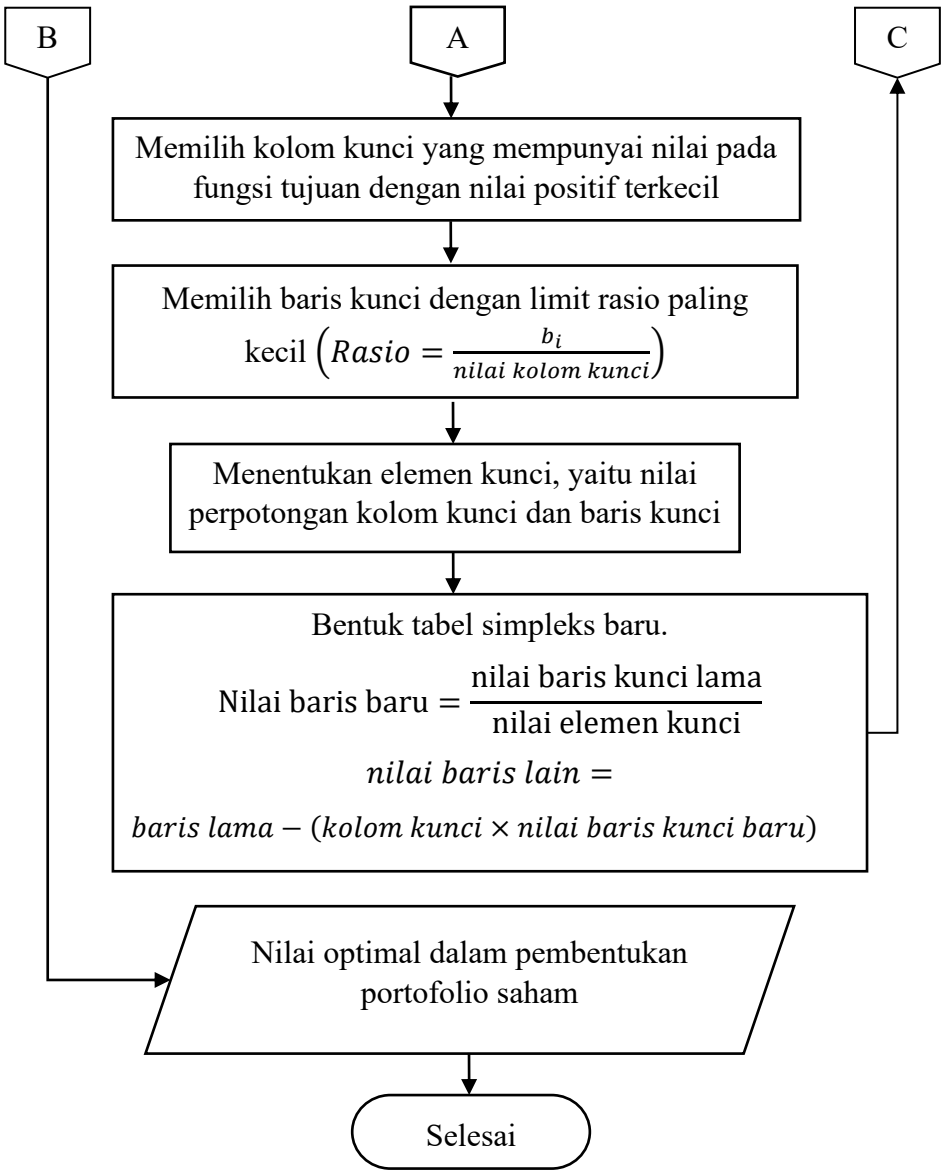




Gambar 1.1 *Flowchart* Penentuan Portofolio Saham




A
Membentuk masalah portofolio ke dalam Model Pemrograman Kuadratik
Mengubah model matematika ke dalam bentuk baku dengan menambahkan variabel *slack* dan variabel *surplus*
Membentuk syarat *Karush Kuhn Tucker* (KKT) dengan membentuk fungsi Lagrange L
Mengidentifikasi *Complementary Slackness*
Membentuk fungsi tujuan baru linier $r = \sum A_i$ dengan kendala syarat KKT
Menambahkan variabel buatan (A_i) untuk setiap kondisi KKT yang tidak memiliki variabel basis
Membentuk tabel simpleks dari permasalah baru dengan variabel basis awal
Apakah $x_j \geq 0$ dengan $j = 1,2,\ldots,n$?
Ya
Tidak
B
A
C



Gambar 1.2 *Flowchart* Optimasi Portofolio dengan Menggunakan Pemrograman Kuadratik Menggunakan Metode *Wolfe*