

Optimasi Portofolio Investasi dengan Algoritma Branch & Bound

Aland Mulia Pratama - 13522124
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
E-mail : 13522124@std.stei.itb.ac.id

Abstract— Mencapai return yang memuaskan adalah tujuan utama bagi setiap investor. Namun, pengalaman menunjukkan bahwa fluktuasi tinggi dan return yang kurang stabil sering kali menjadi tantangan signifikan. Hal ini menekankan pentingnya optimasi portofolio untuk memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan risiko. Salah satu metode efektif untuk optimasi portofolio adalah Algoritma Branch & Bound. Algoritma ini memecah masalah besar menjadi submasalah yang lebih kecil dan mengevaluasi setiap kemungkinan solusi untuk menemukan yang terbaik. Dengan membatasi pencarian hanya pada solusi yang berpotensi optimal, algoritma ini menghemat waktu dan sumber daya komputasi, sekaligus memastikan solusi yang dihasilkan adalah yang terbaik dari semua kemungkinan. Dalam penelitian ini, kami membahas penerapan Algoritma Branch & Bound untuk optimasi portofolio investasi, menjelaskan prinsip dasar dan cara kerjanya dalam konteks investasi. Pengujian dilakukan dengan berbagai profil risiko, yaitu konservatif, moderat, dan agresif, menunjukkan bahwa mayoritas prediksi program berhasil dan saham yang direkomendasikan menunjukkan kenaikan harga positif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Algoritma Branch & Bound mampu memberikan kombinasi aset yang optimal berdasarkan return yang diharapkan dan risiko yang dapat diterima. Dengan demikian, algoritma ini dapat membantu investor meningkatkan strategi investasi mereka dan mencapai return yang lebih memuaskan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan bagi investor untuk membuat keputusan investasi yang lebih baik dan terinformasi.

Keywords—*portofolio investasi, optimasi, algoritma branch & bound*

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia investasi, mencapai return yang memuaskan merupakan tujuan utama bagi setiap investor. Namun, dalam pengalaman saya, investasi tidak selalu memberikan hasil yang diharapkan. Beberapa tahun lalu, saya mulai berinvestasi di pasar saham dengan harapan mendapatkan return yang signifikan. Sayangnya, portofolio investasi saya sering kali menunjukkan fluktuasi yang tinggi dan return yang kurang stabil. Pengalaman ini membuat saya menyadari pentingnya optimasi portofolio untuk memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan risiko.

Symbol	Balance Lot	Available Lot	Average Price	Current Price	Invested	Market Value	Potential P/L	Percentage	Action
ASHI	2	2	4,857.27	4,510	971,454	902,000	-69,454	-7.15%	📉
BBCA	2	2	9,426.61	9,450	1,885,323	1,890,000	+4,676	+0.25%	📈
BBRI	13	13	5,084.53	4,370	6,609,899	5,681,000	-928,899	-14.05%	📉
BIRD	4	4	1,653.72	1,525	661,490	610,000	-51,490	-7.78%	📉
BLTM	7	7	630.22	530	441,160	371,000	-70,160	-15.90%	📉
BMRI	6	6	6,359.52	6,200	3,815,715	3,720,000	-95,715	-2.51%	📉
BNGA	7	7	1,856.35	1,735	1,299,446	1,214,500	-84,946	-6.54%	📉
HMSF	11	11	826.69	735	909,361	808,500	-100,861	-11.09%	📉
MYOR	2	2	2,293.43	2,390	458,687	478,000	+19,313	+4.21%	📈
POWR	5	5	693.03	625	346,519	312,500	-34,019	-9.82%	📉

Gambar 1. Portofolio Investasi Pribadi
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Optimasi portofolio investasi adalah proses pengelolaan aset untuk mencapai keseimbangan optimal antara return dan risiko. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan portofolio adalah Algoritma Branch & Bound. Algoritma ini adalah pendekatan sistematis yang memecah masalah besar menjadi submasalah yang lebih kecil dan mengevaluasi setiap kemungkinan solusi untuk menemukan yang terbaik. Dengan menggunakan algoritma ini, investor dapat menentukan kombinasi aset yang optimal untuk dimasukkan dalam portofolio mereka, berdasarkan berbagai kriteria seperti return yang diharapkan dan risiko yang dapat diterima.

Algoritma Branch & Bound menawarkan keunggulan dalam hal pencarian solusi optimal dibandingkan dengan metode lain seperti heuristik. Dengan membatasi pencarian hanya pada solusi yang berpotensi optimal, algoritma ini mampu menghemat waktu dan sumber daya komputasi. Selain itu, Algoritma Branch & Bound juga memastikan bahwa solusi yang dihasilkan adalah yang terbaik dari semua kemungkinan, sehingga investor dapat memiliki keyakinan yang lebih besar terhadap keputusan investasi mereka.

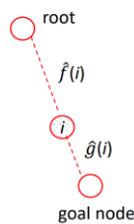
Dalam penelitian ini, saya akan membahas penerapan Algoritma Branch & Bound untuk optimasi portofolio investasi. Kami akan menjelaskan prinsip dasar algoritma ini, bagaimana cara kerjanya dalam konteks investasi, serta keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaannya. Dengan demikian, diharapkan para investor dapat meningkatkan strategi investasi mereka dan mencapai return yang lebih memuaskan.

II. LANDASAN TEORI

A. Algoritma Branch & Bound

Algoritma Branch & Bound (B&B) digunakan untuk persoalan optimisasi, yaitu meminimalkan atau memaksimalkan suatu fungsi objektif yang tidak melanggar batasan (constraints) persoalan. Metode ini menggabungkan pencarian dengan metode Breadth-First Search (BFS) dan pencarian dengan biaya minimum (least cost search). Dalam BFS murni, simpul berikutnya yang akan diekspansi berdasarkan urutan pembangkitannya (FIFO). Namun, dalam B&B, setiap simpul diberi sebuah nilai biaya (cost), yaitu nilai taksiran lintasan termurah ke simpul status tujuan yang melalui simpul status tertentu. Simpul berikutnya yang akan di-expand tidak lagi berdasarkan urutan pembangkitannya, tetapi simpul yang memiliki biaya (cost) yang paling kecil (least cost search), khususnya pada kasus minimisasi.

Algoritma ini menerapkan pemangkasan pada jalur yang dianggap tidak lagi mengarah ke solusi. Pemangkasan dilakukan berdasarkan nilai simpul tidak lebih baik dari nilai terbaik sejauh ini. Pemangkasan membantu dalam mempercepat pencarian solusi optimal karena hanya simpul-simpul yang berpotensi memberikan solusi lebih baik yang akan dieksplorasi lebih lanjut.



Gambar 2. Ilustrasi Cost dari Simpul Hidup

(Sumber :

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Branch-and-Bound-2021-Bagian1.pdf>)

Mayoritas persoalan optimisasi, cost dihitung sebagai penjumlahan dari dua komponen utama yaitu $\hat{c}(i) = \hat{f}(i) + \hat{g}(i)$. Di mana, $\hat{c}(i)$ adalah ongkos untuk simpul i , $\hat{f}(i)$ merupakan ongkos mencapai simpul i dari akar, dan $\hat{g}(i)$ adalah ongkos mencapai simpul tujuan dari simpul i .

Algoritma Branch & Bound merupakan metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi kombinatorial, salah satunya adalah masalah knapsack 0/1. Masalah ini merupakan masalah maksimasi di mana tujuannya adalah mencari keuntungan maksimum dari kumpulan objek yang memiliki bobot dan nilai tertentu yang dapat dimasukkan ke dalam knapsack dengan kapasitas terbatas. Dalam konteks Branch & Bound, pohon ruang status berbentuk pohon biner. Setiap simpul dalam pohon ini menyatakan keputusan untuk memasukkan atau tidak memasukkan objek ke dalam knapsack. Cabang kiri menyatakan objek dipilih ($x_i = 1$), sedangkan cabang kanan menyatakan objek tidak dipilih ($x_i = 0$). Untuk setiap simpul, kita menghitung batas atas (upper bound) yang merupakan perkiraan nilai maksimum yang dapat dicapai dari simpul tersebut. Pada masalah maksimasi, simpul berikutnya

yang diekspansi adalah simpul hidup yang memiliki cost paling besar. Untuk meningkatkan efisiensi, objek-objek diurutkan berdasarkan rasio nilai per bobot (p_i/w_i) secara menurun.

Proses penyelesaian diawali dengan menghitung rasio p_i/w_i untuk setiap objek dan mengurutkannya secara menurun. Setelah itu, bangkitkan simpul akar dengan bobot total knapsack $W = 0$ dan keuntungan total $F = 0$, yang berarti belum ada objek yang dipilih. Kemudian, hitung batas atas untuk simpul akar menggunakan rumus $\hat{c}(i) = F + (K - W) \frac{p_{i+1}}{w_{i+1}}$, di mana F adalah total keuntungan yang sudah dicapai, K adalah kapasitas knapsack, dan W adalah total bobot knapsack yang sudah terpakai.

B. Profil Risiko saat Berinvestasi

Profil risiko investasi adalah penilaian tentang tingkat risiko yang bersedia diterima oleh seorang investor dalam rangka mencapai tujuan keuangannya. Profil ini membantu investor untuk memahami jenis investasi yang paling sesuai dengan preferensi risiko mereka. Kategori profil risiko umumnya meliputi konservatif, moderat, dan agresif.



Gambar 3. Kategori Profil Risiko

- Konservatif:** Investor dengan profil konservatif cenderung menghindari risiko dan lebih memilih keamanan modal. Mereka biasanya berinvestasi dalam aset dengan volatilitas rendah seperti obligasi pemerintah, deposito berjangka, dan reksa dana pasar uang. Tujuannya adalah pelestarian modal dengan sedikit perhatian terhadap pertumbuhan yang tinggi
- Moderat:** Investor moderat mencari keseimbangan antara risiko dan pengembalian. Mereka bersedia menerima sedikit volatilitas untuk mendapatkan pengembalian yang lebih baik daripada investasi konservatif. Portofolio mereka sering kali mencakup kombinasi saham dan obligasi.
- Agresif:** Investor agresif bersedia mengambil risiko yang lebih tinggi dengan harapan mendapatkan pengembalian yang lebih besar. Mereka cenderung berinvestasi dalam saham, properti, dan pasar berkembang yang menawarkan potensi pertumbuhan tinggi tetapi juga datang dengan tingkat volatilitas yang tinggi.

Profil risiko melibatkan beberapa komponen penting:

- **Toleransi Risiko:** Merujuk pada seberapa banyak kerugian yang bersedia diterima oleh investor dalam jangka pendek. Ini sering diukur melalui kuesioner atau wawancara yang mengevaluasi reaksi investor terhadap fluktuasi pasar.
- **Kapasitas Risiko:** Mengacu pada kemampuan finansial investor untuk menanggung kerugian. Faktor-faktor yang dipertimbangkan termasuk pendapatan, kekayaan bersih, dan horizon investasi.
- **Preferensi Risiko:** Ini adalah preferensi subjektif investor terhadap risiko yang sering kali dipengaruhi oleh pengalaman masa lalu dan sikap psikologis terhadap risiko.

Penilaian risiko biasanya dilakukan melalui kuesioner yang mengevaluasi reaksi investor terhadap berbagai skenario pasar. Hasil penilaian ini digunakan untuk mengembangkan strategi investasi yang sesuai dengan profil risiko investor. Ini mencakup pemilihan aset dan alokasi portofolio yang sesuai. Berikut adalah implementasi profil risiko dalam investasi:

1. **Diversifikasi Portofolio:** Untuk mengelola risiko, investor didorong untuk melakukan diversifikasi, yakni menyebar investasi mereka di berbagai jenis aset. Diversifikasi membantu mengurangi risiko spesifik yang terkait dengan satu jenis investasi.
2. **Penggunaan Model dan Analisis Risiko:** Investor menggunakan berbagai model matematika dan alat analisis untuk mengevaluasi risiko dan potensi pengembalian dari berbagai aset. Contohnya, analisis volatilitas, beta, dan Value at Risk (VaR) sering digunakan untuk memahami dan mengelola risiko.
3. **Rebalancing:** Investor juga harus secara berkala menyesuaikan portofolio mereka untuk memastikan bahwa alokasi aset tetap sesuai dengan profil risiko mereka seiring dengan perubahan kondisi pasar dan tujuan keuangan mereka.

Meskipun profil risiko merupakan alat yang berguna, terdapat beberapa tantangan dalam penerapannya:

1. **Ketidakpastian Pasar:** Memproyeksikan risiko dan pengembalian di masa depan adalah hal yang sulit karena pasar sangat dinamis dan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang tidak selalu bisa diprediksi.
2. **Bias Perilaku:** Keputusan investasi sering kali dipengaruhi oleh emosi dan bias perilaku, yang dapat menyebabkan investor mengambil risiko yang tidak konsisten dengan profil risiko mereka.
3. **Keterbatasan Model:** Model matematis yang digunakan untuk menganalisis risiko tidak selalu mencerminkan kondisi pasar nyata secara akurat, sehingga selalu ada potensi kesalahan model.

C. Optimasi Portofolio

Optimasi portofolio investasi adalah proses memilih sekumpulan aset untuk dimasukkan dalam portofolio dengan

tujuan memaksimalkan return yang diharapkan dan meminimalkan risiko yang terkait. Teori yang relevan untuk optimasi portofolio mencakup teori portofolio modern, model risiko dan return, serta penerapan algoritma optimasi seperti Branch and Bound.

Teori Portofolio Modern

Teori Portofolio Modern (Modern Portfolio Theory, MPT) diperkenalkan oleh Harry Markowitz pada tahun 1952. MPT menyatakan bahwa investor dapat membangun portofolio yang efisien dengan menggabungkan berbagai aset untuk mengurangi risiko total melalui diversifikasi. Prinsip utama dari MPT adalah trade-off antara return yang diharapkan dan risiko, yang biasanya diukur dengan variansi atau standar deviasi dari return.

- **Return yang Diharapkan:** Return yang diharapkan adalah rata-rata return yang diharapkan dari suatu aset atau portofolio aset selama periode waktu tertentu.
- **Risiko (Variansi/Standar Deviasi):** Risiko adalah ukuran volatilitas return dari suatu aset atau portofolio. Standar deviasi digunakan sebagai proxy untuk risiko dalam MPT.

Model Risiko dan Return

Model risiko dan return yang sering digunakan dalam optimasi portofolio meliputi Capital Asset Pricing Model (CAPM). CAPM adalah model yang menggambarkan hubungan antara return yang diharapkan dari suatu aset dan risiko pasar. Menurut CAPM, return yang diharapkan dari suatu aset adalah fungsi dari tingkat bebas risiko ditambah premi risiko yang berkaitan dengan beta aset tersebut.

$$E(R_i) = R_f + \beta_i(E(R_m) - R_f) \quad (1)$$

Dimana,

- $E(R_i)$ adalah return yang diharapkan dari aset i .
- R_f adalah tingkat return bebas risiko.
- β_i adalah beta dari aset i , yang mengukur sensitivitas return aset terhadap return pasar.
- $E(R_m)$ adalah return yang diharapkan dari pasar.

Teori Portofolio Modern serta Model Risiko dan Return dapat digunakan sebagai dasar dalam menerapkan algoritma Branch & Bound. Berdasarkan kedua teori tersebut maka algoritma branch & bound yang relevan adalah knapsack 1/0. Kapasitas risiko dapat digunakan sebagai kapasitas knapsack berdasarkan return yang diharapkan.

III. IMPLEMENTASI

A. Implementasi Kode

Program optimasi portofolio investasi dengan algoritma branch & bound diimplementasikan dalam bentuk website yang menggunakan bahasa pemrograman javascript dan kaskas NextJS untuk pengembangan frontend. Pengembangan backend dan algoritma program menggunakan bahasa pemrograman python dengan memanfaatkan kaskas Flask. Kode program dapat

dilihat pada tautan repository github berikut https://github.com/alandmptma/MakalahStima_13522124 lengkap dengan README yang berisi panduan untuk menjalankan program tersebut.

Langkah-langkah pemrosesan atau jalannya program optimasi portfolio investasi menggunakan algoritma branch & bound dari sisi backend dan algoritma adalah sebagai berikut:

1. Pengaturan dan Inisialisasi *backend*

- **Import Library:** Menggunakan Flask untuk membuat API, Pandas dan Numpy untuk manipulasi data, dan os untuk operasi sistem file.
- **Inisialisasi Flask App:** Membuat instance Flask, mengaktifkan CORS (Cross-Origin Resource Sharing) untuk mengizinkan semua asal.
- **Membuat Folder Upload:** Memastikan folder untuk upload file ('uploads') ada. Jika tidak, folder tersebut akan dibuat.

2. Kelas Knapsack

- **Inisialisasi:** Kelas Knapsack diinisialisasi dengan nilai (value), bobot (weight), dan kapasitas (capacity). Nilai terbaik (best_value) dan item terbaik (best_items) juga diinisialisasi.
- **Fungsi Bound:** Menghitung batas atas (upper bound) dari nilai yang mungkin dicapai berdasarkan nilai saat ini (current_value) dan bobot saat ini (current_weight).

Logika Proses Fungsi

- Jika current_weight (bobot saat ini) lebih besar atau sama dengan self.capacity (kapasitas), maka batas atas adalah 0 karena melebihi kapasitas risiko.
- Jika current_weight (bobot saat ini) kurang dari atau sama dengan self.capacity, maka batas atas adalah current_value.

- **Fungsi Branch and Bound:** Implementasi sederhana dari algoritma branch and bound untuk menentukan apakah saham layak dibeli berdasarkan kapasitas risiko.

Logika Proses Fungsi

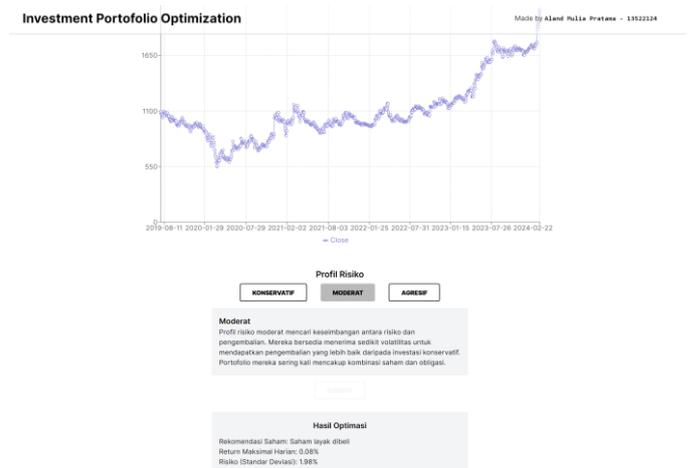
- current_value dan current_weight diinisialisasi ke 0.
- Jika current_weight (bobot saat ini) ditambah dengan self.weight (bobot saham) kurang dari atau sama dengan self.capacity (kapasitas risiko) maka self.best_value diatur

ke self.value (nilai return saham) dan self.best_items diatur ke [1], yang berarti saham layak dibeli. Jika tidak maka self.best_value diatur ke 0 dan self.best_items diatur ke [0], yang berarti saham tidak layak dibeli..

3. Endpoint Optimize

Endpoint ini menerima permintaan POST dari port *frontend* dengan file dan kapasitas (profil risiko) sebagai input.

- **Validasi Input:** Memeriksa apakah file dan kapasitas ada dalam permintaan.
- **Menyimpan File:** File yang diunggah disimpan ke folder 'uploads'.
- **Membaca dan Memproses Data:** File CSV dibaca dan kolom 'date' dan 'close' diambil. Tanggal dikonversi menjadi tipe datetime dan dijadikan indeks. Menghitung perubahan persentase harian (returns), serta menghitung rata-rata return (mean_return) dan risiko (risk) sebagai standar deviasi return.
- **Menentukan Kapasitas:** Kapasitas investasi ditentukan berdasarkan input yang diberikan (Moderat, Konservatif, Agresif) dan dikonversi ke nilai numerik.
- **Inisialisasi dan Jalankan Algoritma Knapsack:** Membuat instance kelas Knapsack dengan mean_return sebagai value dan risk sebagai weight, serta kapasitas yang telah ditentukan. Algoritma branch and bound dijalankan untuk menentukan apakah saham layak dibeli.
- **Mengembalikan Hasil:** Mengembalikan rekomendasi saham, nilai maksimal yang dapat dicapai (max_return), dan risiko dalam format JSON.



Gambar 4. Antarmuka *frontend* website program *Investment Portfolio Optimization*

B. Penerapan Modern Portfolio Theory (MPT) dan Capital Asset Pricing Model (CAPM) pada Algoritma Branch and Bound

Modern Portfolio Theory (MPT)

Modern Portfolio Theory (MPT) menekankan pentingnya diversifikasi untuk mengurangi risiko total portofolio. Dalam penerapan pada algoritma Branch and Bound, konsep MPT digunakan untuk menentukan return yang diharapkan dan risiko setiap aset dalam portofolio. Return yang diharapkan dihitung sebagai rata-rata return historis, sementara risiko diukur dengan standar deviasi return. Algoritma Branch and Bound kemudian menggunakan informasi ini untuk mengevaluasi berbagai kombinasi aset, memilih aset yang memaksimalkan return yang diharapkan tanpa melebihi batas risiko yang ditentukan.

Capital Asset Pricing Model (CAPM)

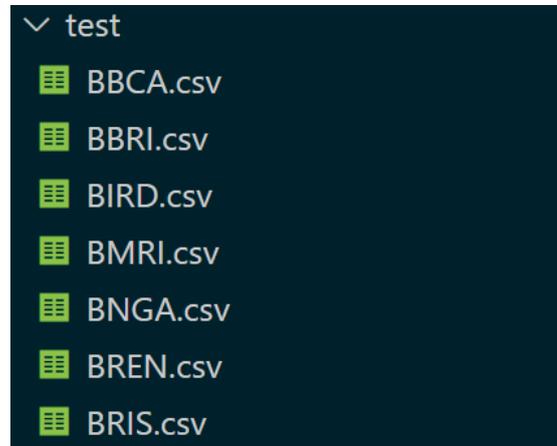
CAPM memperluas konsep MPT dengan menggambarkan hubungan antara return yang diharapkan dan risiko sistematis (beta) dari suatu aset relatif terhadap pasar. Meskipun CAPM tidak digunakan secara eksplisit dalam algoritma Branch and Bound, prinsip dasarnya tetap relevan. Return yang diharapkan dari suatu aset dipengaruhi oleh tingkat bebas risiko dan premi risiko berdasarkan beta aset. Dalam algoritma, ekspektasi return yang dihitung dapat dianggap mencakup premi risiko yang diuraikan dalam CAPM, dan batasan risiko dapat mencakup risiko sistematis yang diukur oleh beta.

Penerapan dalam Algoritma Branch and Bound

1. Penghitungan Return dan Risiko
 - Return yang diharapkan dan risiko setiap aset dihitung berdasarkan data historis sesuai dengan prinsip MPT.
 - Return yang diharapkan dapat mencakup komponen premi risiko dari CAPM.
2. Penentuan Batasan Risiko
 - Risiko diukur dan dibatasi sesuai dengan preferensi investor, mengacu pada prinsip diversifikasi MPT.
 - Batasan ini memastikan risiko portofolio tidak melebihi ambang tertentu, sesuai dengan beta yang dipertimbangkan dalam CAPM.
3. Penentuan Batasan Risiko
 - Algoritma mengevaluasi semua kombinasi aset (branching) dan menggunakan bounding untuk mengecualikan kombinasi yang tidak memenuhi batasan risiko.
 - Kombinasi yang optimal adalah yang memberikan return maksimum tanpa melebihi batas risiko.

C. Pengujian

Contoh kasus atau dataset saham dalam bentuk extension (.csv) dapat diakses melalui <https://github.com/wildangunawan/Dataset-Saham-IDX>. Dataset yang digunakan untuk pengujian pada penelitian ini juga telah disediakan pada repository program ini https://github.com/alandmprtma/MakalahStima_13522124 dan berada pada direktori `test`. Cuplikan isi dari direktori test pada repository program dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 5. Direktori test yang digunakan untuk pengujian

Pengujian akan dibagi ke dalam tiga tahap percobaan dengan variable control yaitu dataset saham dan variable bebas yaitu profil risiko yang digunakan. Percobaan berarti dilakukan berdasarkan ketiga profil risiko yaitu konservatif, moderat, dan agresif. Berikut adalah hasil pengujian dari ketiga tahap percobaan tersebut.

Tabel 1. Percobaan dengan profil risiko konservatif

Emiten	Kelayakan (YA / TIDAK)	Return Harian (%)	Risiko (%)	Prediksi (Benar / Salah)
BBCA	YA	-0.02	2.87	Benar
BBRI	YA	0.05	2.13	Benar
BIRD	YA	0.01	3.01	Salah
BMRI	YA	0.03	2.61	Benar
BNGA	YA	0.08	1.98	Benar
BREN	TIDAK	0	8.08	Benar
BRIS	YA	0.22	3.97	Benar

Tabel 2. Percobaan dengan profil risiko moderat

Emiten	Kelayakan (YA / TIDAK)	Return Harian (%)	Risiko (%)	Prediksi (Benar / Salah)
BBCA	YA	-0.02	2.87	Benar
BBRI	YA	0.05	2.13	Benar
BIRD	YA	0.01	3.01	Salah
BMRI	YA	0.03	2.61	Benar
BNGA	YA	0.08	1.98	Benar

BREN	YA	2.18	8.08	Salah
BRIS	YA	0.22	3.97	Benar

Tabel 3. Percobaan dengan profil risiko agresif

Emiten	Kelayakan (YA / TIDAK)	Return Harian (%)	Risiko (%)	Prediksi (Benar / Salah)
BBCA	YA	-0.02	2.87	Benar
BBRI	YA	0.05	2.13	Benar
BIRD	YA	0.01	3.01	Salah
BMRI	YA	0.03	2.61	Benar
BNGA	YA	0.08	1.98	Benar
BREN	YA	2.18	8.08	Salah
BRIS	YA	0.22	3.97	Benar



Gambar 9. BMRI menunjukkan kenaikan selama 1 bulan



Gambar 10. BNGA menunjukkan kenaikan selama 1 bulan



Gambar 11. BREN menunjukkan penurunan selama 1 bulan



Gambar 12. BRIS menunjukkan penurunan selama 1 bulan

Prediksi program benar atau salah ditentukan berdasarkan rentang return atau imbal hasil selama 1 bulan dimulai pencatatan terakhir harga penutupan saham pada dataset csv. Prediksi program benar apabila saham tersebut memberikan kenaikan harga yang positif yang dimulai dari tanggal 23



Gambar 6. BBCA menunjukkan kenaikan selama 1 bulan



Gambar 7. BBRI menunjukkan kenaikan selama 1 bulan



Gambar 8. BIRD menunjukkan penurunan selama 1 bulan

Februari 2024. Parameter ini perlu dicantumkan untuk menilai keberhasilan dari program yang telah dirancang.

D. Kompleksitas Algoritma

Pada kasus ini, kompleksitas algoritma dapat ditinjau melalui kelas Knapsack dengan kasus yang sederhana yaitu penyelesaian masalah untuk satu item yaitu suatu emiten atau saham. Berikut merupakan kelas Knapsack yang diimplementasikan menggunakan Bahasa pemrograman python.

```
class Knapsack:
    def __init__(self, value, weight, capacity):
        self.value = value
        self.weight = weight
        self.capacity = capacity
        self.best_value = 0
        self.best_items = []

    def bound(self, current_value, current_weight):
        if current_weight >= self.capacity:
            return 0
        return current_value if current_weight <= self.capacity else 0

    def branch_and_bound(self):
        current_value = 0
        current_weight = 0
        if current_weight + self.weight <= self.capacity:
            self.best_value = self.value
            self.best_items = [1] # Saham layak dibeli
        else:
            self.best_value = 0
            self.best_items = [0] # Saham tidak layak dibeli
```

Analisis kompleksitas algoritma branch and bound yang diimplementasikan dalam kelas Knapsack menunjukkan bahwa inisialisasi kelas Knapsack terjadi dalam waktu konstan $O(1)$, karena hanya melibatkan penetapan nilai awal untuk beberapa variabel. Fungsi bounding, yang digunakan untuk menghitung batas atas nilai yang mungkin dicapai, juga berjalan dalam waktu konstan $O(1)$ karena hanya melakukan beberapa operasi perbandingan sederhana. Fungsi branching, yang dalam kasus ini hanya memeriksa satu item, juga beroperasi dalam waktu konstan $O(1)$ karena hanya ada satu percabangan yang dicek. Oleh karena itu, untuk skenario dengan satu item (emiten/saham) ini, kompleksitas algoritma branch and bound

adalah $O(1)$ karena tidak ada eksplorasi kombinatorial yang sebenarnya terjadi. Namun, penerapan lebih lanjut dari program ini yang menggunakan banyak item (emiten/saham) sebagai masukan biasanya memiliki kompleksitas algoritma $O(2^n)$ karena terjadi eksplorasi kombinatorial dalam proses pencarian solusi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian algoritma branch and bound untuk optimasi portofolio investasi saham dengan tiga profil risiko berbeda—konservatif, moderat, dan agresif—dapat disimpulkan bahwa algoritma ini mampu memberikan rekomendasi saham yang layak dibeli sesuai dengan kapasitas risiko yang ditentukan. Pengujian menunjukkan bahwa mayoritas prediksi program berhasil, yaitu saham yang direkomendasikan oleh algoritma menunjukkan kenaikan harga yang positif selama satu bulan sebanyak 5 dari 7 pengujian.

Pada profil risiko konservatif, algoritma berhasil mengidentifikasi saham-saham yang memiliki return harian positif dengan risiko yang relatif rendah, seperti BBCA, BBRI, dan BNGA. Pada profil risiko moderat, algoritma memperluas pilihan saham yang memiliki return harian lebih tinggi, namun dengan risiko yang sedikit lebih besar. Dalam profil risiko agresif, algoritma menunjukkan kemampuannya untuk memilih saham dengan return yang sangat tinggi, meskipun dengan risiko yang signifikan, seperti BREN.

Secara keseluruhan, algoritma branch and bound yang diterapkan dalam penelitian ini berhasil melakukan optimasi portofolio saham dengan mempertimbangkan return dan risiko, sesuai dengan kapasitas risiko yang dipilih oleh investor. Mayoritas prediksi yang dihasilkan oleh program terbukti benar, menunjukkan kemampuan algoritma dalam memberikan rekomendasi investasi yang efektif.

Untuk meningkatkan efektivitas dan akurasi rekomendasi saham berdasarkan kapasitas risiko, beberapa saran dapat dipertimbangkan:

- Penggunaan Data yang Lebih Luas dan Relevan:** Meskipun dataset yang digunakan sudah mencakup beberapa emiten saham, menambah jumlah saham yang dievaluasi serta memperpanjang periode historis data dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai performa saham dalam jangka waktu yang lebih lama.
- Pengembangan Model Risiko yang Lebih Komprehensif:** Mengintegrasikan lebih banyak faktor risiko, seperti beta saham, volatilitas pasar, dan analisis fundamental, dapat membantu meningkatkan akurasi penilaian risiko dan membuat algoritma lebih robust dalam kondisi pasar yang beragam.
- Diversifikasi Portofolio:** Menggunakan algoritma untuk menyarankan portofolio yang terdiversifikasi dengan baik sesuai dengan kapasitas risiko, bukan hanya memilih saham individu, dapat mengurangi risiko keseluruhan dan meningkatkan potensi return jangka panjang.

Dengan mengikuti saran-saran tersebut, diharapkan algoritma optimasi portofolio saham menggunakan branch and bound dapat memberikan rekomendasi yang lebih akurat dan sesuai dengan profil risiko investor, sehingga membantu investor dalam membuat keputusan investasi yang lebih baik dan terinformasi.

LINK YOUTUBE

<https://youtu.be/mJ8A275eQL8>

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin memanjatkan syukur atas berkat dan rahmat yang telah diberikan Tuhan Yang Maha Esa, sehingga bisa menyelesaikan karya tulis berjudul "Optimasi Portofolio Investasi dengan Algoritma Branch & Bound".

Selain itu, Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak keluarga yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam menyelesaikan karya tulis ini. Ucapan terima kasih Penulis sampaikan juga kepada Ir. Rila Mandala, M.Eng., Ph.D. dan Monterico Adrian, S.T., M.T. selaku dosen pengampu Mata Kuliah Strategi Algoritma ITB untuk Kelas 3, atas segala pedoman dan ilmu yang telah diajarkan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] H. Markowitz, "Portfolio Selection," The Journal of Finance, vol. 7, no. 1, pp. 77-91, April 1952.

- [2] F. J. Fabozzi, F. Gupta, and H. M. Markowitz, "The Legacy of Modern Portfolio Theory," The Journal of Investing, vol. 11, no. 3, pp. 7-22, Fall 2002.
- [3] "Komposisi Portofolio untuk Investor Pemula," Blog Bibit. [Online]. Available: <https://blog.bibit.id/blog-1/komposisi-portofolio-untuk-investor-pemula>. [Accessed: Jun. 12, 2024].
- [4] "Guide to Risk Profiles," Charles Schwab. [Online]. Available: <https://www.schwab.com/learn/story/guide-to-risk-profiles>. [Accessed: Jun. 12, 2024].
- [5] "Risk-Return Profile," Finance Strategists. [Online]. Available: <https://www.financestrategists.com/wealth-management/risk-profile/risk-return-profile/>. [Accessed: Jun. 12, 2024].
- [6] W. Gunawan, "Dataset Saham IDX," GitHub repository. [Online]. Available: <https://github.com/wildangunawan/Dataset-Saham-IDX>. [Accessed: Jun. 12, 2024].

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 12 Juni 2024



Aland Mulia Pratama 13522124