

# Penggunaan Algoritma Backtracking dalam Menemukan Portofolio Saham Indonesia Paling Optimal Berdasarkan CAGR 20 Tahun Terakhir

Immanuel Sebastian Girsang - 13522058  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung  
13522058@std.stei.itb.ac.id

**Abstract**—Makalah ini mengeksplorasi penerapan algoritma *backtracking* dalam pencarian alokasi portofolio yang mengoptimalkan keuntungan berdasarkan 100 data CAGR teratas dari saham-saham di Indonesia. Strategi alokasi portofolio ini mengadopsi prinsip diversifikasi, tidak hanya dalam konteks alokasi dana, tetapi juga dalam pemilihan sektoral saham, untuk meminimalkan risiko. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa alokasi portofolio optimal sangat dinamis dan bergantung pada batas maksimum alokasi individu dalam saham dan dana yang tersedia. Studi ini memberikan wawasan baru tentang bagaimana algoritma *backtracking* dapat digunakan untuk mengoptimalkan alokasi portofolio dalam konteks pasar saham Indonesia.

**Keywords**—Algoritma *Backtracking*, Saham, Portofolio, CAGR, Bursa Efek Indonesia

## I. PENDAHULUAN

Di Indonesia, minat masyarakat terhadap investasi telah mengalami peningkatan signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Tercatat per Januari 2024, sudah ada 12,32 juta Masyarakat Indonesia yang berinvestasi di Bursa Efek Indonesia. Pandemi Covid-19 yang melanda beberapa waktu lalu telah menyadarkan banyak orang tentang pentingnya memiliki sumber pendapatan selain dari pekerjaan sehari-hari. Ketika sumber pendapatan aktif menjadi sulit didapatkan, investasi memainkan peran penting sebagai sumber pendapatan tambahan.

Namun, dunia investasi pasar modal bukanlah sesuatu yang sederhana. Dalam dunia ini, istilah-istilah seperti portofolio dan manajemen risiko menjadi sangat penting. Portofolio investasi adalah kumpulan saham dan jumlah lot yang dimiliki, sementara manajemen risiko adalah strategi untuk mengelola risiko investasi. Untuk mendapatkan hasil yang tinggi, tidak jarang risiko yang dimilikinya juga tinggi. Sebaliknya semakin rendah risiko yang ada, maka hasil yang diberikan juga relatif lebih rendah. Itulah mengapa, diperlukan suatu strategi alokasi portofolio yang seimbang antara risiko dan hasil yang didapatkan.

Ada berbagai macam strategi alokasi portofolio, mulai dari agresif, defensif, hingga diversifikasi. Diversifikasi adalah strategi yang paling umum digunakan, yang bertujuan untuk meminimalkan risiko dengan menempatkan aset di berbagai tempat alih-alih hanya di satu tempat. Kombinasi yang tepat

antara risiko yang diambil dan keuntungan yang diharapkan sangat penting untuk mencapai hasil investasi yang optimal. Dengan mencari data-data saham dan performanya di masa lalu, dapat dicari saham-saham yang berpotensi berperforma baik pula di masa depan, dan di cari kombinasi yang paling sesuai dengan dana serta preferensi yang dimiliki. Di sinilah algoritma *backtracking* dapat digunakan.

Algoritma *backtracking* adalah perbaikan dari algoritma *exhaustive search* yang memiliki batasan-batasan tertentu dan dapat melakukan penelusuran mundur (*backtrack*) jika solusi yang sedang dievaluasi tidak menjanjikan. Algoritma ini cocok untuk permasalahan yang membutuhkan solusi yang akurat, meskipun memerlukan waktu eksekusi yang lebih lama. Hal ini sangat sesuai dengan investasi yang sifatnya adalah keputusan besar dalam satu waktu dan menunggunya bertumbuh, alih-alih banyak keputusan kecil berkali-kali. Dengan menggunakan algoritma *backtracking*, diharapkan alokasi portofolio berdasarkan data *Compound Annual Growth Rate* (CAGR) di masa lalu dapat dioptimalkan, sambil mempertimbangkan semua risiko yang ada.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Saham

Saham adalah representasi dari bagian kepemilikan dalam suatu perusahaan [7]. Proses untuk mendapatkan saham dimulai dengan membuka akun di broker saham dan menempatkan pesanan pembelian. Investor dapat memantau dan menganalisis pergerakan harga saham melalui berbagai elemen utama, seperti harga pembukaan yang mencerminkan nilai saham di awal sesi perdagangan, harga tertinggi dan terendah yang mencatat rentang harga selama periode tertentu, serta harga penutupan yang menunjukkan nilai saham di akhir sesi. Volume perdagangan, yang mencerminkan seberapa banyak saham yang diperdagangkan, memberikan gambaran tentang likuiditas dan minat pasar pada saham. Dapat pula digunakan indikator fundamental seperti pendapatan perusahaan, asset Perusahaan, jajaran direksi, dan indikator lainnya untuk menilai layak tidaknya suatu saham diinvestasikan.

Keuntungan dari investasi saham dapat diperoleh melalui beberapa cara. Pertama, *capital gain*, yang terjadi ketika nilai

saham saat dijual lebih tinggi daripada saat dibeli, menciptakan keuntungan. Kedua, dividen, yang dibayarkan oleh perusahaan kepada pemegang saham sebagai bagian dari laba perusahaan, memberikan pendapatan tambahan. Ketiga, hak suara dalam keputusan perusahaan memberikan pemegang saham peran dalam menentukan arah dan kebijakan perusahaan.

Namun, investasi saham bukanlah tanpa risiko. Fluktuasi harga yang tak terduga, perubahan kondisi pasar, dan faktor-faktor eksternal dapat mempengaruhi nilai saham. Oleh karena itu, penelitian yang teliti dan diversifikasi portofolio sangat penting untuk mengelola risiko secara efektif. Strategi diversifikasi yang cerdas, yang melibatkan kepemilikan saham dari berbagai sektor atau industri, dapat membantu mengurangi dampak perubahan pasar pada portofolio investasi. Dengan pemahaman yang mendalam tentang karakteristik saham dan perhatian terhadap faktor risiko, investor dapat meningkatkan peluang sukses dan mendapatkan manfaat jangka panjang dari investasi saham mereka.

### B. Portofolio

Portofolio adalah kumpulan dari berbagai aset yang dimiliki oleh seorang individu atau institusi untuk mencapai tujuan keuangan tertentu [8]. Aset-aset dalam portofolio bisa meliputi berbagai jenis investasi seperti saham, obligasi, properti, mata uang, komoditas, dan instrumen keuangan lainnya. Tujuan utama dari portofolio adalah untuk mengoptimalkan imbal hasil dengan mempertimbangkan tingkat risiko yang dapat diterima oleh pemiliknya.

Portofolio saham adalah bagian dari portofolio investasi yang khusus terdiri dari saham-saham perusahaan yang diperdagangkan di pasar modal. Portofolio ini bisa terdiri dari berbagai saham yang dipilih berdasarkan berbagai kriteria, seperti potensi pertumbuhan, nilai fundamental perusahaan, likuiditas, dan strategi investasi pemilik portofolio.

### C. Prinsip Diversifikasi

Diversifikasi adalah konsep penting dalam dunia investasi yang menekankan pentingnya penyebaran dana investasi kita ke berbagai instrumen atau sektor investasi, bukan hanya terkonsentrasi pada satu bagian saja [3]. Tujuan utama dari diversifikasi adalah untuk mengurangi risiko. Dengan diversifikasi, jika terjadi suatu kejadian tak terduga atau force majeure yang berdampak negatif pada satu instrumen atau sektor investasi, portofolio kita masih dapat bertahan dan tidak akan hilang seluruhnya.

Dalam konteks investasi saham, diversifikasi dapat dilakukan baik secara sektoral maupun alokasi dana. Diversifikasi sektoral berarti bahwa saham yang kita pilih untuk investasi berasal dari berbagai sektor industri yang berbeda. Dengan cara ini, jika terjadi force majeure atau kejadian tak terduga yang berdampak negatif pada satu sektor, portofolio saham kita tidak akan runtuh sepenuhnya karena masih ada saham dari sektor lain yang mungkin tidak terpengaruh atau bahkan mendapatkan keuntungan.

Sementara itu, diversifikasi alokasi dana berarti bahwa dana yang kita investasikan tidak sepenuhnya ditempatkan pada satu saham saja. Sebaliknya, dana tersebut dibagi dan dialokasikan secara merata atau sesuai dengan strategi

investasi kita ke berbagai saham pilihan. Dengan demikian, jika performa satu saham menurun, kerugian yang kita alami bisa diimbangi oleh keuntungan dari saham lainnya.

Secara keseluruhan, diversifikasi adalah strategi manajemen risiko yang efektif dan penting untuk diterapkan oleh setiap investor. Dengan diversifikasi, kita dapat meminimalkan risiko dan memaksimalkan potensi keuntungan investasi kita. Selain itu, diversifikasi juga membantu kita untuk tetap tenang dan tidak panik ketika menghadapi volatilitas pasar yang tak terhindarkan.

### D. Kapitalisasi Pasar

Kapitalisasi pasar adalah ukuran nilai total dari semua saham yang beredar dari suatu perusahaan publik [2]. Nilai ini diperoleh dengan mengalikan harga pasar saat ini dari satu saham dengan jumlah total saham yang beredar. Kapitalisasi pasar sering digunakan sebagai indikator utama untuk menentukan ukuran dan nilai sebuah perusahaan di pasar saham. Perusahaan dengan kapitalisasi pasar yang besar biasanya dianggap lebih stabil dan mapan, sedangkan perusahaan dengan kapitalisasi pasar kecil mungkin memiliki potensi pertumbuhan yang lebih besar namun juga menghadapi risiko yang lebih tinggi.

Selain itu, kapitalisasi pasar sering digunakan oleh investor dan analis untuk mengklasifikasikan perusahaan ke dalam berbagai kategori, seperti *large-cap* (kapitalisasi besar), *mid-cap* (kapitalisasi menengah), dan *small-cap* (kapitalisasi kecil), yang masing-masing memiliki karakteristik investasi yang berbeda. Dengan demikian, kapitalisasi pasar memberikan gambaran mengenai ukuran relatif dan potensi nilai dari sebuah perusahaan dalam konteks pasar saham yang lebih luas.

### E. CAGR

*Compounded annual growth rate* (CAGR) adalah tingkat pertumbuhan per tahun selama rentang periode waktu tertentu. CAGR tidak menunjukkan pertumbuhan yang sebenarnya, dan CAGR digunakan untuk memuluskan (*smoothing*) tingkat pertumbuhan per tahun yang berbeda-beda selama periode rentang waktu tertentu [1]. Perhitungan pertumbuhan menggunakan CAGR dapat untuk return investasi, pendapatan dan laba perusahaan, dan lain sebagainya. Rumus dari CAGR secara umum adalah sebagai berikut

$$CAGR = \left( \frac{\text{Harga akhir}}{\text{Harga awal}} \right)^{\frac{1}{\text{periode}}} - 1$$

Pada makalah ini, periode yang digunakan 20 tahun terakhir untuk memastikan perusahaan yang dipilih memang merupakan perusahaan yang berkualitas.

### F. Algoritma Exhaustive Search

Algoritma *exhaustive search*, juga dikenal sebagai pencarian lengkap, adalah metode pemecahan masalah yang sistematis dan komprehensif di mana setiap kemungkinan solusi dari ruang solusi yang diberikan dieksplorasi untuk menemukan solusi yang optimal atau memenuhi kriteria

tertentu [5]. Berbeda dengan *brute force* yang sering kali mencari solusi tanpa mempertimbangkan efisiensi, *exhaustive search* menekankan pada pencarian yang terstruktur dan menyeluruh dengan tujuan untuk menjamin penemuan solusi terbaik. Berikut adalah beberapa karakteristik utama dari algoritma *exhaustive search*:

1. Sistematis dan Terstruktur: Algoritma ini mengikuti pendekatan yang terorganisir untuk mengeksplorasi setiap kemungkinan, sering kali menggunakan teknik seperti *backtracking* untuk menghindari pengulangan dan meningkatkan efisiensi.
2. Optimalitas: Exhaustive search menjamin penemuan solusi yang optimal karena tidak ada kemungkinan yang terlewat.
3. Komprehensif: Metode ini memeriksa seluruh ruang solusi, menjadikannya pilihan yang baik untuk masalah dengan ruang solusi yang terbatas atau terdefinisi dengan baik.
4. Waktu Eksekusi: Meskipun bisa efisien untuk masalah dengan ruang solusi kecil, waktu eksekusi bisa menjadi masalah untuk masalah dengan ruang solusi yang besar, mirip dengan *brute force*.

#### G. Algoritma Backtracking

Algoritma *backtracking* merupakan pengembangan dari metode *exhaustive search* yang menambahkan batasan untuk meningkatkan efisiensi pencarian solusi [6]. Metode ini, juga dikenal sebagai pencarian lengkap, adalah pendekatan pemecahan masalah yang sistematis dan komprehensif di mana setiap kemungkinan solusi dari ruang solusi yang diberikan dieksplorasi untuk menemukan solusi yang optimal atau memenuhi kriteria tertentu. Algoritma *backtracking* terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja bersama untuk menemukan solusi secara efisien:

1. Bentuk Solusi Persoalan: Solusi dari masalah biasanya direpresentasikan dalam bentuk tuple atau struktur data serupa yang menggambarkan solusi dari tiap komponen masalah. Sebagai contoh, dalam masalah N-Queens, solusi dapat direpresentasikan sebagai array di mana setiap elemen array menunjukkan posisi ratu di setiap baris.
2. Fungsi Pembangkit (*Generator Function*): Fungsi pembangkit bertanggung jawab untuk menghasilkan langkah atau keputusan berikutnya dalam proses pembentukan solusi. Fungsi ini mengiterasi melalui semua kemungkinan yang dapat diambil pada tahap tertentu. Sebagai contoh, dalam masalah N-Queens, fungsi pembangkit akan menghasilkan semua kemungkinan posisi ratu untuk baris berikutnya.
3. Fungsi Pembatas (*Constraint Function*): Fungsi pembatas digunakan untuk memeriksa apakah langkah atau keputusan yang diambil valid dan memenuhi semua kriteria atau batasan yang telah ditentukan. Jika suatu keputusan melanggar batasan, algoritma akan kembali (*backtrack*) dan mencoba alternatif lain. Sebagai contoh, dalam masalah N-Queens, fungsi pembatas akan memeriksa apakah penempatan ratu di posisi tertentu menyebabkan

konflik dengan ratu yang sudah ditempatkan sebelumnya.

### III. IMPLENTASI DAN PENGUJIAN

#### A. Proses Penyelesaian Masalah

Untuk menyelesaikan permasalahan dengan metode *backtracking*, diperlukan pemetaan masalah yang ada ke berbagai komponen metode ini. Terdapat tiga komponen utama yang perlu dipetakan, yaitu: bentuk solusi persoalan, fungsi pembangkit, dan fungsi pembatas.

Setelah mendefinisikan komponen-komponen tersebut, data dikumpulkan dan diolah agar sesuai dengan kebutuhan algoritma *backtracking*. Pengumpulan data akan menggunakan bahasa Python, karena banyaknya pustaka investasi yang sudah menyediakan berbagai hal seperti kapitalisasi pasar dari saham-saham di Indonesia, harga historisnya, serta sektornya.

Tahap terakhir adalah implementasi dalam program. Program ini akan menggunakan bahasa C++ dan menerima input berupa maksimal alokasi dana untuk setiap saham serta batas maksimal dana total yang ingin diinvestasikan. Program kemudian akan memberikan solusi yang optimal kepada pengguna.

#### B. Penentuan Bentuk Solusi Persoalan

```
{
    "BBRI" : 2,
    "BBCA" : 3,
    "MDKA" : 4,
}
```

Gambar 1. Contoh bentuk solusi persoalan (Sumber : Dokumentasi Penulis)

Bentuk solusi persoalan pada permasalahan pemilihan portofolio saham adalah pasangan antara kode saham dan jumlah lot yang dibeli. Solusi ini direpresentasikan dalam bentuk peta (*unordered\_map*) yang menghubungkan setiap *stock\_id* dengan informasi terkait saham tersebut dan jumlah lot yang dibeli. Dengan menggunakan struktur ini, kita dapat dengan mudah mengakses informasi saham serta jumlah lot yang dibeli untuk setiap saham dalam portofolio.

Pada solusi akhir, saham yang dibeli sebanyak 0 lot tidak akan ditampilkan kepada pengguna. Hal ini dilakukan untuk membuat hasil yang diberikan lebih ringkas dan mudah dibaca. Pengguna hanya akan melihat saham-saham yang benar-benar dibeli beserta jumlah lot yang dibeli untuk masing-masing saham tersebut. Selain itu, dari bentuk solusi ini, kita dapat menghitung *return* yang diharapkan dengan mengalikan harga saham saat ini dengan jumlah lot yang dibeli untuk setiap saham.

#### C. Penentuan Fungsi Pembangkit

Fungsi pembangkit bertanggung jawab untuk menghasilkan langkah-langkah atau keputusan-keputusan berikutnya yang dapat diambil dalam proses pencarian solusi. Dalam konteks pemilihan portofolio saham, fungsi

pembangkit ini berupa proses iterasi melalui daftar saham yang tersedia. Setiap saham diuji apakah dapat dibeli dengan dana yang tersisa. Jika ya, saham tersebut dipertimbangkan untuk dimasukkan ke dalam portofolio.

Fungsi pembangkit tidak hanya menghasilkan saham-saham yang mungkin dibeli, tetapi juga menentukan jumlah lot maksimum yang dapat dibeli berdasarkan batasan-batasan tertentu, seperti dana yang tersedia dan batasan alokasi maksimum untuk setiap saham. Jumlah lot yang mungkin dibeli dihitung dan dicoba dalam setiap iterasi.

Dalam konteks masalah ini, saham-saham sudah diurutkan secara menurun berdasarkan CAGR (Compound Annual Growth Rate) mereka. Hal ini dilakukan untuk menyederhanakan proses perhitungan karena keputusan yang dapat diambil adalah membeli atau tidak membeli saham terkait. Solusi terbaik kemungkinan besar akan mencakup pembelian saham-saham dengan CAGR tertinggi selama masih memenuhi fungsi pembatas yang ada. Sisanya diisi dengan saham-saham lain, karena saham tidak bisa dibeli dalam bentuk pecahan, melainkan harus dalam satuan bilangan bulat. Pendekatan ini mirip dengan penyelesaian permasalahan *Integer Knapsack*.

#### D. Penentuan Fungsi Pembatas

Fungsi pembatas digunakan untuk memastikan bahwa setiap langkah atau keputusan yang diambil memenuhi kriteria tertentu dan valid dalam konteks masalah yang dihadapi. Fungsi ini menjadi esensi dari backtracking, di mana jika suatu simpul tidak memenuhi kriteria tersebut, simpul tersebut tidak akan dieksplorasi lebih lanjut dan akan dihentikan. Dalam pemilihan portofolio saham, terdapat beberapa batasan yang harus dipenuhi untuk mengikuti prinsip diversifikasi:

1. Dana yang Tersedia: Harga saham harus lebih kecil atau sama dengan dana yang tersedia. Hal ini memastikan bahwa kita tidak membeli saham yang tidak dapat kita biayai. Perlu diingat bahwa satuan saham di Indonesia adalah dalam satuan LOT atau 100 lembar. Maka fungsi pembatas ini nantinya akan mengecek berdasarkan satuan lot.
2. Keunikan Saham: Saham yang dipertimbangkan tidak boleh sudah ada di dalam portofolio. Ini menghindari penggandaan saham dalam portofolio.
3. Keunikan Industri: Industri dari saham yang dipertimbangkan tidak boleh sudah ada di dalam portofolio. Ini menjaga diversifikasi portofolio dengan menghindari konsentrasi di satu industri saja.
4. Batas Kapitalisasi: Untuk menjaga agar dana yang dialokasikan tidak terlalu besar untuk suatu ukuran saham, terdapat batasan bahwa jumlah dana yang dialokasikan ke satu saham maksimal adalah 1% dari kapitalisasi pasar saham terkait.

Fungsi pembatas memeriksa setiap saham terhadap keempat kriteria ini sebelum memutuskan untuk memasukkan saham tersebut ke dalam portofolio. Jika saham tidak memenuhi salah satu kriteria, saham tersebut diabaikan dan algoritma melanjutkan ke saham berikutnya.

#### E. Pengambilan dan Pemrosesan Data

Data yang digunakan pada percobaan kali ini adalah data CAGR 20 tahun terakhir (apabila memang perusahaan sudah berdiri setidaknya 20 tahun) dari setiap saham yang ada di Indonesia, kemudian diambil 100 saham dengan CAGR tertinggi untuk dijadikan acuan. Proses pengambilan data dimulai dengan mengambil seluruh nama saham yang ada di Indonesia. Hal ini dilakukan dengan menggunakan bantuan pustaka *investpy* yang dimiliki oleh Bahasa Python.

```

1 import investpy
2
3 def fetch_and_save_indonesian_stocks():
4     try:
5         indonesian_stocks_df = investpy.stocks.get_stocks(country='Indonesia')
6         indonesian_stocks_df.to_csv('indonesian_stocks_list.csv', index=False)
7         print('Saham Indonesia berhasil diunduh dan disimpan di indonesian_stocks_list.csv')
8     except Exception as e:
9         print(f'Error fetching Indonesian stocks: {e}')
10
11 if __name__ == '__main__':
12     fetch_and_save_indonesian_stocks()
13

```

Gambar 2. Pengambilan data dengan pustaka *investpy* (Sumber : Dokumentasi Penulis)

Dari sini didapatkan seluruh daftar saham di Indonesia dalam bentuk CSV. Untuk daftar lengkap dari data yang digunakan, dapat dilihat di pranala repositori.

```

1 country,name,full_name,isin,currency,symbol
2 indonesia,Harta Aman Pratama,Asuransi Harta Aman Pratama Tbk PT,ID1000095805, IDR, AHAP
3 indonesia,Apac Citra Centertex,Apac Citra Centertex Tbk,ID1000074701, IDR, MYTX
4 indonesia,Argha Karya Prima Ind,Argha Karya Prima Ind Tbk,ID1000084205, IDR, AKPI
5 indonesia,Austindo Nusantara Jaya,Austindo Nusantara Jaya Tbk,ID1000270002, IDR, ANJT
6 indonesia,Bank Bumi Arta,Bank Bumi Arta Tbk,ID1000103401, IDR, BNBA
7 indonesia,Bank Maspiion Indonesia,Bank Maspiion Indonesia Tbk,ID1000128200, IDR, BMAS
8 indonesia,Bank Ocbc Nisp,Bank Ocbc Nisp Tbk,ID1000094402, IDR, NISP
9 indonesia,Bank Of India Indonesia,Bank Of India Indonesia Tbk,ID1000089709, IDR, BSWD
10 indonesia,Bank Qnb Indonesia,Bank Qnb Indonesia Tbk,ID1000093503, IDR, BKSJ
11 indonesia,Bayu Buana,Bayu Buana Tbk, ID1000074107, IDR, BAYU

```

Gambar 3. Contoh data yang dihasilkan (Sumber : Dokumentasi Penulis)

Setelah mendapatkan seluruh saham yang akan digunakan, selanjutnya akan dicari CAGR 20 tahun terakhir serta Kapitalisasi pasar dari setiap saham yang ada di daftar saham Indonesia. Akan digunakan pustaka *yfinance* yang dimiliki oleh Bahasa Python untuk mendapatkan data harga saham selama 20 tahun terakhir, sektor saham serta kapitalisasi pasar dari saham-saham tersebut.

```

1 import yfinance as yf
2 import pandas as pd
3 from datetime import datetime, timedelta
4
5 def calculate_CAGR(start_price, end_price, periods):
6     return ((end_price / start_price) ** (1 / periods) - 1) * 100
7
8 def get_stock_data(ticker):
9     end_date = datetime.now()
10    start_date = end_date - timedelta(days=20*365) # 20 years ago
11    data = yf.download(ticker, start=start_date, end=end_date)
12    return data
13

```

Gambar 4. Kode untuk mendapatkan CAGR dan harga (Sumber : Dokumentasi Penulis)

Selanjutnya, dibuat algoritma *backtracking* secara rekursif untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Setiap elemen dari algoritma *backtracking* dijelaskan dengan menggunakan komentar di kode program.

```

1 def main():
2     try:
3         Indonesian_stocks_df = pd.read_csv('Indonesian_stocks_list.csv')
4     except Exception as e:
5         print(f"Error reading the csv file: {e}")
6         return
7
8     stock_list = []
9
10    for index, row in Indonesian_stocks_df.iterrows():
11        ticker = row['symbol'] + '.JK' # Add .JK to match Yahoo Finance ticker format
12        try:
13            if ticker == "XCID.JK":
14                continue
15            data = get_stock_data(ticker)
16
17            if not data.empty and len(data) >= 3600: # Ensure sufficient data points for 20 years
18                start_price = data['Adj Close'].iloc[0]
19                end_price = data['Adj Close'].iloc[-1]
20                periods = 20 # 20 years
21
22                CAGR = calculate_CAGR(start_price, end_price, periods)
23
24                stock_info = yf.Ticker(ticker).info
25                sector = stock_info.get('industry', 'Unknown')
26
27                if CAGR > 0:
28                    if sector == 'Unknown':
29                        continue
30                    sector = sector.replace(',', '-') # Replace commas with hyphens
31
32                    stock_list.append({
33                        'stock_id': row['symbol'],
34                        'stock_name': stock_info.get('shortName', 'Unknown'),
35                        'stock_price': end_price,
36                        'CAGR (%)': CAGR,
37                        'industry': sector,
38                        'market_cap': stock_info.get('marketCap', 'Unknown'),
39                    })
40
41        except Exception as e:
42            print(f"Error processing {ticker}: {e}")
43
44    stock_list = sorted(stock_list, key=lambda x: x['CAGR (%)'], reverse=True)
45    stock_list = stock_list[:100] # Limit to top 100 stocks
46
47    df = pd.DataFrame(stock_list)
48    df.to_csv('Indonesian_stocks_CAGR.csv', index=False)
49    print("Data has been exported to IndonesianStocks_CAGR.csv")
50
51    if __name__ == "__main__":
52        main()
53
54

```

Gambar 5. Pemrosesan data dengan pustaka yfinance (Sumber : Dokumentasi Penulis)

Dalam pemrosesan, beberapa kriteria saham yang tidak ikut diperhitungkan adalah:

1. Saham yang belum ada di pasar modal selama 20 tahun
2. Saham yang memiliki CAGR negatif
3. Saham yang sektor industrinya tidak jelas

```

1 Stock_ID,Stock_Name,Stock_Price,CAGR (%),Industry,Market_Cap
2 MERK_Merck Tbk,3880,0,240,6802381877376,Drug_Manufacturers-Specialty & Generic,1738240032768
3 MYOR_Mayora Indah Tbk,2430,0,107,72203684839748,Packaged_Foods,54331642478592
4 SCMI_Surya Citra Media Tbk,313,0,36,4486229654061,Broadcasting,801391542424
5 BFIN_BFI Finance Indonesia Tbk,980,0,56,14399163953298,Credit_Services,14738612289536
6 GMDT_Gewa Makassar Tourism Development,6550,0,72,1609696828238,Real_Estate-Development,6650739032864
7 TINS_Tanah Tbk,860,0,51,8579421815919,Other_Industrial_Metals & Mining,648566815296
8 DESI_Domegna Transpacific Tbk,1455,0,56,122727280322,Credit_Services,999973219260
9 PIRO_Patrosia Tbk,8975,0,52,63917252761726,Other_Industrial_Metals & Mining,8908193558336
10 JTPE_Jasindo Tiga Perkasa Tbk,262,0,58,4748869999901,Specialty_Business_Services,1795237885184
11 BBRI_Bank Rakyat Indonesia (Persero),4410,0,48,78754215298464,Banks-Regional,664988318044672

```

Gambar 6. Contoh data yang digunakan (Sumber : Dokumentasi Penulis)

### F. Implementasi

Implementasi algoritma dimulai dengan membuat suatu struktur data yang dapat merepresentasikan saham-saham yang ada dengan baik.

```

1 struct Stock
2 {
3     string stock_id;
4     string stock_name;
5     double stock_price;
6     double CAGR;
7     string industry;
8     double market_cap;
9 };

```

Gambar 7. Struktur data saham (Sumber : Dokumentasi Penulis)

```

1 void backtrack(unordered_map<string, pair<Stock, int>> &best_portfolio,
2               double &best_return,
3               unordered_map<string, pair<Stock, int>> &portfolio,
4               double current_cash,
5               double current_return,
6               int index,
7               unordered_set<string> &industries,
8               const vector<Stock> &stock_list,
9               double max_allocation)
10 {
11     // Pengecekan solusi terbaik
12     if (!portfolio.empty() && current_return > best_return)
13     {
14         best_portfolio = portfolio;
15         best_return = current_return;
16     }
17
18     // Fungsi Pembangkit
19     for (int i = index; i < stock_list.size(); ++i)
20     {
21         const Stock &stock = stock_list[i];
22         // Fungsi pembatas bagian alokasi dana dan keunikan saham
23         if (stock.stock_price <= current_cash && portfolio.find(stock.stock_id) == portfolio.end())
24         {
25             // Fungsi pembatas bagian keunikan industri
26             if (industries.find(stock.industry) == industries.end())
27             {
28                 // Fungsi pembatas bagian alokasi kapitalisasi pasar
29                 int max_lots = min(
30                     static_cast<int>(floor((stock.market_cap * 0.01 / stock.stock_price) / 100)),
31                     static_cast<int>(floor(max_allocation / (stock.stock_price * 100))));
32
33                 int lots_to_buy = min(max_lots, static_cast<int>(floor(current_cash /
34                     (stock.stock_price * 100))));
35
36                 if (lots_to_buy > 0)
37                 {
38                     portfolio[stock.stock_id] = {stock, lots_to_buy};
39                     double new_cash = current_cash - lots_to_buy * stock.stock_price * 100;
40                     double new_return = current_return + lots_to_buy * stock.stock_price * 100
41                         * (1 + stock.CAGR / 100);
42                     industries.insert(stock.industry);
43
44                     // Pemanggilan secara rekursif untuk melanjutkan pencarian secara Depth First
45                     backtrack(best_portfolio, best_return, portfolio, new_cash,
46                             new_return, i + 1, industries, stock_list, max_allocation);
47
48                     industries.erase(stock.industry);
49                     portfolio.erase(stock.stock_id);
50                 }
51             }
52         }
53     }
54 }
55

```

Gambar 8. Kode Backtrack (Sumber : Dokumentasi Penulis)

```

1 pair<unordered_map<string, pair<Stock, int>>, double> algorithm(vector<Stock> &stock_list,
2 double max_allocation_percent, double cash)
3 {
4     sort(stock_list.begin(), stock_list.end(), [](const Stock &a, const Stock &b)
5           { return a.CAGR > b.CAGR; });
6
7     unordered_map<string, pair<Stock, int>> best_portfolio;
8     double best_return = 0;
9     double max_allocation = cash * (max_allocation_percent / 100);
10
11    unordered_map<string, pair<Stock, int>> portfolio;
12    unordered_set<string> industries;
13
14    backtrack(best_portfolio, best_return, portfolio, cash, 0, 0,
15             industries, stock_list, max_allocation);
16
17    return (best_portfolio, best_return);
18 }

```

Gambar 9. Kode Pemanggilan Backtrack awal (Sumber : Dokumentasi Penulis)

Dari kedua kode program di atas, dapat dilihat bahwa *backtrack* akan dimulai dengan kasus basis dimana portofolio masih kosong, return 0, dan belum ada dana yang dipakai. Dari situ, program akan secara rekursif membangkitkan semua saham-saham lanjutan dengan menggunakan fungsi pembangkit, selagi memastikan bahwa saham yang dibangkitkan selanjutnya memenuhi fungsi pembatas yang

ada. Dengan memanfaatkan *pointer* di bahasa C++, nilai portofolio terbaik dapat di bagikan ke seluruh pemanggilan rekursif agar nantinya masing-masing proses mengubah variable terbaik yang sama. Terakhir, dibuat suatu *interface* untuk bisa berinteraksi dengan pengguna.

```

1 int main()
2 {
3     double max_allocation_percent, cash;
4
5     cout << "Masukkan persentase maksimum alokasi untuk tiap saham: ";
6     cin >> max_allocation_percent;
7
8     cout << "Masukkan dana yang ingin diinvestasikan: ";
9     cin >> cash;
10
11     vector<Stock> stock_list = read_csv("indonesian_stocks_CAGR.csv");
12
13     // Measure execution time
14     auto start_time = chrono::high_resolution_clock::now();
15
16     unordered_map<string, pair<Stock, int>> best_portfolio;
17     double best_return = 0;
18
19     thread algorithm_thread([&]()
20     { tie(best_portfolio, best_return) = algorithm(stock_list, max_allocation_percent, cash); });
21
22     algorithm_thread.join();
23
24     auto end_time = chrono::high_resolution_clock::now();
25     chrono::duration<double> execution_time = end_time - start_time;
26
27     print_portfolio(best_portfolio, best_return, cash);
28     cout << "waktu eksekusi: " << execution_time.count() << " detik\n";
29
30     return 0;
31 }
    
```

**Gambar 10.** Kode program utama (Sumber : Dokumentasi Penulis)

Program utama menerima masukan dari pengguna berupa maksimal alokasi dana untuk tiap saham, serta dana yang dimiliki pengguna. Nantinya, program akan mengeluarkan kode saham serta jumlah lot yang harus dibeli oleh pengguna. Program juga akan mengeluarkan *return* yang didapatkan oleh pengguna serta waktu eksekusi program. Untuk membantu mempercepat proses eksekusi program, digunakan *multithreading* yang membagi proses perhitungan ke beberapa *thread* untuk mempercepat proses perhitungan total.

**G. Pengujian**

Dana yang akan digunakan adalah sebesar 50 juta, 500 juta, hingga 1 miliar rupiah. Selain itu, persentase alokasi maksimal per saham akan dibagi menjadi tiga kategori untuk menggambarkan investor yang terkonsentrasi, netral, hingga terdiversifikasi, dengan masing-masing alokasinya sebesar 40%, 30% dan 25%.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Dana 50 Juta

PENGUJIAN DANA 50 JUTA	
PERSENTASE	HASIL
40 %	<p>Masukkan persentase maksimum alokasi untuk tiap saham: 40 Masukkan dana yang ingin diinvestasikan: 50000000</p> <p>Portofolio Terbaik:</p> <p>785 lot saham Surya Citra Media Tbk (SCMA) pada harga Rp131 5 lot saham Quantum Clovera Investama Tbk. (KREN) pada harga Rp5 82 lot saham Mayora Indah Tbk (MYOR) pada harga Rp2.430 51 lot saham Merck Tbk (MEREK) pada harga Rp3.880</p> <p>Total Investasi: Rp. 50.000.000 Sisa Dana: Rp. 0</p> <p>Dana setelah setahun: Rp. 127.980.905.36</p> <p>Ekspektasi Keuntungan Setahun: Rp. 77.980.905.36 Persentase Keuntungan: 155.96% Waktu Eksekusi: 51.2392 detik</p>

30 %	<p>Masukkan persentase maksimum alokasi untuk tiap saham: 30 Masukkan dana yang ingin diinvestasikan: 50000000</p> <p>Portofolio Terbaik:</p> <p>1 lot saham Jasuindo Tiga Perkasa Tbk (JTPE) pada harga Rp262 55 lot saham BFI Finance Indonesia Tbk (BFIN) pada harga Rp980 1 lot saham J Resources Asia Pasifik Tbk. (PSAB) pada harga Rp157 1.145 lot saham Surya Citra Media Tbk (SCMA) pada harga Rp131 3 lot saham Quantum Clovera Investama Tbk. (KREN) pada harga Rp5 61 lot saham Mayora Indah Tbk (MYOR) pada harga Rp2.430 38 lot saham Merck Tbk (MEREK) pada harga Rp3.880</p> <p>Total Investasi: Rp. 49.999.900 Sisa Dana: Rp. 100</p> <p>Dana setelah setahun: Rp. 119.081.282.83</p> <p>Ekspektasi Keuntungan Setahun: Rp. 69.081.282.83 Persentase Keuntungan: 138.16% Waktu Eksekusi: 1562.6 detik</p>
25 %	<p>Masukkan persentase maksimum alokasi untuk tiap saham: 25 Masukkan dana yang ingin diinvestasikan: 50000000</p> <p>Portofolio Terbaik:</p> <p>1 lot saham MNC Land Tbk. (KPIG) pada harga Rp50 2 lot saham Jasuindo Tiga Perkasa Tbk (JTPE) pada harga Rp262 2 lot saham Timah Tbk. (TINS) pada harga Rp860 127 lot saham BFI Finance Indonesia Tbk (BFIN) pada harga Rp980 1 lot saham J Resources Asia Pasifik Tbk. (PSAB) pada harga Rp157 954 lot saham Surya Citra Media Tbk (SCMA) pada harga Rp131 5 lot saham Quantum Clovera Investama Tbk. (KREN) pada harga Rp5 51 lot saham Mayora Indah Tbk (MYOR) pada harga Rp2.430 32 lot saham Merck Tbk (MEREK) pada harga Rp3.880</p> <p>Total Investasi: Rp. 50.000.000 Sisa Dana: Rp. 0</p> <p>Dana setelah setahun: Rp. 114.896.541.10</p> <p>Ekspektasi Keuntungan Setahun: Rp. 64.896.541.10 Persentase Keuntungan: 129.79% Waktu Eksekusi: 4319.25 detik</p>

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Dana 500 Juta

PENGUJIAN DANA 500 JUTA	
PERSENTASE	HASIL
40 %	<p>Masukkan persentase maksimum alokasi untuk tiap saham: 40 Masukkan dana yang ingin diinvestasikan: 500000000</p> <p>Portofolio Terbaik:</p> <p>7.648 lot saham Surya Citra Media Tbk (SCMA) pada harga Rp131 4 lot saham Quantum Clovera Investama Tbk. (KREN) pada harga Rp5 823 lot saham Mayora Indah Tbk (MYOR) pada harga Rp2.430 515 lot saham Merck Tbk (MEREK) pada harga Rp3.880</p> <p>Total Investasi: Rp. 499.999.800 Sisa Dana: Rp. 200</p> <p>Dana setelah setahun: Rp. 1.282.973.359.38</p> <p>Ekspektasi Keuntungan Setahun: Rp. 782.973.359.38 Persentase Keuntungan: 156.59% Waktu Eksekusi: 50.121 detik</p>
30 %	<p>Masukkan persentase maksimum alokasi untuk tiap saham: 30 Masukkan dana yang ingin diinvestasikan: 500000000</p> <p>Portofolio Terbaik:</p> <p>1 lot saham Centratama Telekomunikasi Indon (CENT) pada harga Rp33 1 lot saham Jasuindo Tiga Perkasa Tbk (JTPE) pada harga Rp262 513 lot saham BFI Finance Indonesia Tbk (BFIN) pada harga Rp980 11.450 lot saham Surya Citra Media Tbk (SCMA) pada harga Rp131 5 lot saham Quantum Clovera Investama Tbk. (KREN) pada harga Rp5 617 lot saham Mayora Indah Tbk (MYOR) pada harga Rp2.430 386 lot saham Merck Tbk (MEREK) pada harga Rp3.880</p> <p>Total Investasi: Rp. 500.000.000 Sisa Dana: Rp. 0</p> <p>Dana setelah setahun: Rp. 1.194.963.402.05</p> <p>Ekspektasi Keuntungan Setahun: Rp. 694.963.402.05 Persentase Keuntungan: 138.99% Waktu Eksekusi: 849.343 detik</p>

25 %	<p>Masukkan persentase maksimum alokasi untuk tiap saham: 25 Masukkan dana yang ingin diinvestasikan: 500000000</p> <p>Portofolio Terbaik:</p> <p>2 lot saham Jasuindo Tiga Perkasa Tbk (JTPE) pada harga Rp262 2 lot saham Timah Tbk. (TINS) pada harga Rp860 1.275 lot saham BFI Finance Indonesia Tbk (BFIN) pada harga Rp980 9.541 lot saham Surya Citra Media Tbk (SCMA) pada harga Rp131 1 lot saham Quantum Clovera Investama Tbk. (KREN) pada harga Rp5 514 lot saham Mayora Indah Tbk (MYOR) pada harga Rp2.430 322 lot saham Merck Tbk (MERK) pada harga Rp3.880</p> <p>Total Investasi: Rp. 500.000.000 Sisa Dana: Rp. 0</p> <p>Dana setelah setahun: Rp. 1.151.064.480.10</p> <p>Ekspektasi Keuntungan Setahun: Rp. 651.064.480.10 Persentase Keuntungan: 130,21% Waktu Eksekusi: 2465,59 detik</p>
------	---

**Tabel 3. Hasil Pengujian Dana 1 Milliar**

PENGUJIAN DANA 1 Milliar	
PERSENTASE	HASIL
40 %	<p>Masukkan persentase maksimum alokasi untuk tiap saham: 40 Masukkan dana yang ingin diinvestasikan: 1000000000</p> <p>Portofolio Terbaik:</p> <p>1 lot saham Centratama Telekomunikasi Indon (CENT) pada harga Rp33 15.296 lot saham Surya Citra Media Tbk (SCMA) pada harga Rp131 2 lot saham Quantum Clovera Investama Tbk. (KREN) pada harga Rp5 1.646 lot saham Mayora Indah Tbk (MYOR) pada harga Rp2.430 1.030 lot saham Merck Tbk (MERK) pada harga Rp3.880</p> <p>Total Investasi: Rp. 999.999.900 Sisa Dana: Rp. 100</p> <p>Dana setelah setahun: Rp. 2.565.947.123.37</p> <p>Ekspektasi Keuntungan Setahun: Rp. 1.565.947.123.37 Persentase Keuntungan: 156,59% Waktu Eksekusi: 76.545 detik</p>
30 %	<p>Masukkan persentase maksimum alokasi untuk tiap saham: 30 Masukkan dana yang ingin diinvestasikan: 1000000000</p> <p>Portofolio Terbaik:</p> <p>3 lot saham MNC Land Tbk. (KPIG) pada harga Rp50 2 lot saham Jasuindo Tiga Perkasa Tbk (JTPE) pada harga Rp262 1.022 lot saham BFI Finance Indonesia Tbk (BFIN) pada harga Rp980 22.900 lot saham Surya Citra Media Tbk (SCMA) pada harga Rp131 1 lot saham Quantum Clovera Investama Tbk. (KREN) pada harga Rp5 1.234 lot saham Mayora Indah Tbk (MYOR) pada harga Rp2.430 773 lot saham Merck Tbk (MERK) pada harga Rp3.880</p> <p>Total Investasi: Rp. 999.999.900 Sisa Dana: Rp. 100</p> <p>Dana setelah setahun: Rp. 2.390.524.162.15</p> <p>Ekspektasi Keuntungan Setahun: Rp. 1.390.524.162.15 Persentase Keuntungan: 139,05% Waktu Eksekusi: 829,067 detik</p>
25 %	<p>Masukkan persentase maksimum alokasi untuk tiap saham: 25 Masukkan dana yang ingin diinvestasikan: 1000000000</p> <p>Portofolio Terbaik:</p> <p>3 lot saham Jasuindo Tiga Perkasa Tbk (JTPE) pada harga Rp262 3 lot saham Timah Tbk. (TINS) pada harga Rp860 2.551 lot saham BFI Finance Indonesia Tbk (BFIN) pada harga Rp980 19.083 lot saham Surya Citra Media Tbk (SCMA) pada harga Rp131 4 lot saham Quantum Clovera Investama Tbk. (KREN) pada harga Rp5 1.028 lot saham Mayora Indah Tbk (MYOR) pada harga Rp2.430 644 lot saham Merck Tbk (MERK) pada harga Rp3.880</p> <p>Total Investasi: Rp. 999.999.900 Sisa Dana: Rp. 100</p> <p>Dana setelah setahun: Rp. 2.302.158.286.26</p> <p>Ekspektasi Keuntungan Setahun: Rp. 1.302.158.286.26 Persentase Keuntungan: 130,22% Waktu Eksekusi: 2367,59 detik</p>

**IV. ANALISIS**

**Tabel 4. Rekap Return Pengujian**

	50 JUTA	500 JUTA	1 Milliar
40 %	155.96 %	156.59 %	156.58 %
30 %	138.16 %	138.99 %	139.05 %
25 %	129.79 %	130.21 %	130.22 %

Berdasarkan hasil pengujian, dapat dilihat bahwa *return* yang diperoleh dari berbagai tingkat dana (50 juta, 500 juta, hingga 1 miliar rupiah) sebenarnya tidak berbeda secara signifikan. Namun, perbedaan dalam persentase alokasi maksimum yang diperbolehkan untuk suatu saham merupakan faktor utama yang mempengaruhi hasil akhir. Hal ini masuk akal karena semakin kecil alokasi yang diizinkan untuk suatu saham, semakin kecil pula kita dapat mengambil saham "terbaik" dengan CAGR yang tinggi.

Namun, hal ini tidak menjadi masalah karena dalam dunia nyata, diversifikasi adalah elemen yang sangat penting dalam manajemen risiko. Perlu diingat bahwa CAGR merupakan indikator kinerja masa lalu yang tidak menjamin hasil yang sama di masa depan. Dengan menurunkan alokasi maksimum yang ditujukan kepada satu saham, semakin banyak saham yang dimasukkan ke dalam portofolio. Hal ini, pada gilirannya, mengurangi risiko investasi karena portofolio yang lebih terdiversifikasi kurang rentan terhadap fluktuasi harga dari satu saham tunggal.

Dengan diversifikasi yang baik, investor dapat mengurangi risiko sistematis dan non-sistematis. Jadi, meskipun alokasi maksimum yang lebih rendah mungkin membatasi potensi keuntungan dari saham dengan CAGR tinggi, strategi ini membantu melindungi portofolio dari kerugian besar yang dapat disebabkan oleh kinerja buruk dari satu atau beberapa saham. Secara keseluruhan, pendekatan ini menyeimbangkan antara potensi keuntungan dan risiko yang dihadapi oleh investor.

**Tabel 5. Rekap Waktu Eksekusi (s)**

	50 JUTA	500 JUTA	1 Milliar
40 %	51.2392	56.121	76.545
30 %	1562.6	849.343	829.067
25 %	4319.25	2465.59	2367.59

Dapat dilihat bahwa semakin kecil alokasi yang diperbolehkan untuk suatu saham, semakin lama pula waktu eksekusinya. Hal ini masuk akal karena semakin kecil alokasi maksimal yang dapat diberikan, semakin banyak kombinasi saham yang perlu dicoba. Selain itu, saham tidak bisa dibeli dalam bentuk pecahan, melainkan harus dibeli dalam satuan 100 lembar (satuan lot).

Namun demikian, waktu eksekusi yang lama ini bukanlah suatu penghalang yang berarti karena investasi merupakan keputusan besar yang biasanya dilakukan sesekali, bukan secara terus-menerus. Oleh karena itu, akurasi hasil yang diberikan menjadi jauh lebih penting dibandingkan dengan kecepatan waktu eksekusi. Memastikan bahwa portofolio yang dihasilkan benar-benar optimal dan memenuhi semua kriteria yang ditetapkan lebih bernilai daripada mendapatkan hasil dengan cepat namun kurang tepat. Dengan demikian, dalam konteks manajemen portofolio dan investasi jangka panjang, kualitas dan ketepatan keputusan jauh lebih krusial dibandingkan durasi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai keputusan tersebut.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa algoritma backtracking dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk mengalokasikan portofolio saham di Indonesia berdasarkan CAGR secara optimal. Hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin terkonsentrasi alokasi portofolio pada suatu saham, semakin tinggi return yang diberikan. Namun, manajemen risiko yang lebih baik yang ditawarkan oleh diversifikasi merupakan aspek yang juga harus diperhitungkan. Meskipun portofolio yang terkonsentrasi pada saham dengan CAGR tinggi dapat menghasilkan *return* yang lebih besar, diversifikasi tetap penting untuk mengurangi risiko yang dihadapi investor. Diversifikasi membantu melindungi portofolio dari volatilitas dan potensi kerugian yang mungkin timbul dari kinerja buruk satu atau beberapa saham. Oleh karena itu, keputusan akhir mengenai alokasi portofolio kembali kepada kepercayaan diri investor terhadap saham-saham yang akan dibeli dan strategi manajemen risiko yang diinginkan.

### VIDEO LINK AT YOUTUBE

<https://youtu.be/WDcR6MouSLM>

### LINK REPOSITORI PROGRAM

<https://github.com/ImmanuelSG/Makalah-Stima-MaxPortofolioAllocation.git>

### UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai penulis makalah ini, saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan inspirasi selama proses penulisan sehingga saya dapat menyelesaikan makalah yang berjudul "Penggunaan Algoritma Backtracking dalam Menemukan Portofolio Saham Indonesia Paling Optimal Berdasarkan CAGR 20 Tahun Terakhir" ini dengan baik. Saya mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Nur Ulfa Maulidevi sebagai dosen pengajar mata kuliah yang memberikan pengajaran yang berharga. Juga, terima kasih kepada kedua orang tua saya yang selalu memberikan dukungan moral dan doa restu, memberikan semangat positif untuk menyelesaikan tugas ini. Saya juga berterima kasih kepada para penulis yang menciptakan karya-karya yang menjadi landasan untuk penulisan makalah ini, serta referensi dari jurnal dan artikel-artikel yang memberikan wawasan dan kontribusi penting pada

pemahaman topik. Makalah ini tidak mungkin terwujud tanpa kontribusi berharga dari setiap individu yang disebutkan di atas. Semua bantuan dan dukungan yang diberikan telah menjadi pendorong keberhasilan penulisan makalah ini. Terima kasih banyak atas segala bantuan dan dukungan yang ada, semoga makalah ini dapat bermanfaat bagi orang lain.

## REFERENCES

- [1] Fernando, Jason. 2024. "Compound Annual Growth Rate (CAGR) Formula and Calculation". <https://www.investopedia.com/terms/c/cagr.asp> (Diakses pada 10 Juni 2024).
- [2] Fernando, Jason. 2024. "Market Capitalization: What It Means for Investors". <https://www.investopedia.com/terms/m/marketcapitalization.asp> (Diakses pada 10 Juni 2024). K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [3] Fidelity. 2024. "Why diversification matters". <https://www.fidelity.com/learning-center/investment-products/mutual-funds/diversification> (Diakses pada 10 Juni 2024).
- [4] Goel, A. 2024. "Best Time to Buy and Sell Stock IV (at most k transactions allowed)". <https://www.geeksforgeeks.org/maximum-profit-by-buying-and-selling-a-share-at-most-k-times/> (Diakses pada 10 Juni 2024).
- [5] Munir, Rinaldi. 2024. "Algoritma Brute Force bagian 1". [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2021-2022/Algoritma-Brute-Force-\(2022\)-Bag1.pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2021-2022/Algoritma-Brute-Force-(2022)-Bag1.pdf) (Diakses pada 10 Juni 2024).
- [6] Munir, Rinaldi. 2024. "Algoritma Runut Balik (Backtracking) bagian 1". <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2021-2022/Algoritma-backtracking-2021-Bagian1.pdf> (Diakses pada 10 Juni 2024).
- [7] OJK. 2024. "Saham". <https://sikapiuangmu.ojk.go.id/FrontEnd/CMS/Category/64> (Diakses pada 10 Juni 2024).
- [8] Tardi, Carla. 2024. "Financial Portfolio and How to Create and Manage One". [Financial Portfolio: What It Is, and How to Create and Manage One \(investopedia.com\)](https://www.investopedia.com/terms/f/financial-portfolio/) (Diakses pada 10 Juni 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



Immanuel Sebastian Girsang 13522058