

Pembentukan Portofolio Saham Melalui Proses Clustering Kurva Harga Saham Hasil Spline Kuadratik

Andhika Rama Putra¹, Deni Saepudin², Annisa Aditsania³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

¹andhikaramaputra@students.telkomuniversity.ac.id, ²denisaepudin@telkomuniversity.ac.id,

³aaditsania@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam investasi saham seorang investor perlu mengerti strategi mengelola portofolio saham yang baik untuk membantu membuat keputusan kapan waktu yang tepat untuk membeli, menjual serta mempertahankan sahamnya, salah satu caranya adalah dengan menjaga diversifikasi pada portofolio saham. Tujuan diterapkannya konsep diversifikasi yaitu agar terhindar dari resiko kerugian yang dapat diperoleh.

Salah satu cara untuk menjaga diversifikasi portofolio saham adalah dengan menerapkan spline kuadratik pada data harga saham. Dalam penelitian ini, dilakukan pengelompokan saham melalui proses clustering kurva harga saham hasil spline kuadratik agar dimensinya tereduksi. Kegunaan spline kuadratik adalah agar pergerakan harga saham dapat dipelajari, jika pergerakan harga sahamnya sama, maka koefisien dari spline juga tidak akan jauh berbeda sehingga pergerakan harga saham yang relatif sama akan berada dalam cluster yang sama, kemudian tujuannya agar saham yang masuk ke dalam portofolio pergerakan harga sahamnya benar-benar berbeda satu sama lain. Nilai return dan risiko portofolio dapat dihitung dengan teknik pembobotan *Equal Weight*.

Dalam penelitian ini, hasil analisis portofolio yang paling efisien dalam konteks diversifikasi portofolio adalah ketika data harga saham direduksi menjadi 24 bagian dan dikelompokkan menjadi 4 *cluster*, dengan risiko portofolio minimum sebesar 0,0625 dan return portofolio sebesar 0,0020.

Kata kunci : K-Means, spline kuadratik, saham

Abstract

In stock investment, an investor needs to understand the strategy of managing a stock portfolio to help make decisions when it's the right time to buy, sell and retain its shares, one way is to maintain diversification in the stock portfolio. The purpose of applying the concept of diversification is to avoid the risk of loss that can be obtained.

One way to maintain a diversified stock portfolio is to apply a quadratic spline to stock price data. In this research, grouping of shares is done through the process of clustering the stock price curve of the quadratic spline results so that their dimensions are reduced. The use of quadratic spline is so that stock price movements can be studied, if the share price movements are the same, then the coefficients of the spline will not be much different so that relatively similar stock price movements will be in the same cluster, then the goal is the stock price is completely different from each other. Portfolio return and risk values can be calculated by *Equal Weight* techniques.

In this study, the most efficient portfolio analysis results in the context of portfolio diversification is when the stock price data is reduced to 24 parts and grouped into 4 clusters, with a minimum portfolio risk of 0.0625 and a portfolio return of 0.0020.

Keywords: K-Means, quadratic spline, Stock

1. Pendahuluan

Investasi adalah komitmen atas sejumlah dana atau sumber daya lainnya yang dilakukan pada saat ini, dengan tujuan memperoleh sejumlah keuntungan di masa mendatang [8]. Seorang investor membeli sejumlah saham saat ini dengan harapan memperoleh keuntungan dari kenaikan harga saham ataupun sejumlah dividen di masa yang akan datang, sebagai imbalan atas waktu risiko yang terkait dengan investasi tersebut.

Saham adalah produk dalam pasar modal yang harga naik turunnya tidak dapat dipastikan. Investor perlu memiliki suatu sistem yang dapat menampilkan atau merepresentasikan pergerakan data historis harga saham pada satu portofolio yang kemudian dapat membantu investor untuk memahami pola pergerakan harga sahamnya dan menentukan pilihan kapan harus membeli, menjual atau mempertahankan sahamnya.

Pola pergerakan data historis harga saham dapat direpresentasikan dengan menerapkan interpolasi. Jika dibuat kurva menggunakan interpolasi standar, kurva akan terlihat kaku dan tidak *smooth*, dan masih ada kemungkinan data harga saham mengalami *missing value*, maka perlu dibuat kurva-kurva yang mencerminkan pergerakan harga saham sebagai kurva yang *smooth* dan tidak ada *missing value* dengan menerapkan spline.

Spline kuadrat melakukan interpolasi data antara dua titik data berurutan dan menghasilkan $3n$ koefisien yang merepresentasikan pola harga saham untuk setiap dua titik data yang dilewatinya, setiap $3n$ koefisien yang dihasilkan tersebut perlu dikelompokkan menggunakan teknik *clustering* dengan metode K-Means agar data yang memiliki kesamaan pola atau pergerakan harga saham yang mirip dimasukkan ke dalam satu *cluster* yang sama, karena pada prinsipnya *clustering* adalah metode mengelompokkan data ke dalam beberapa *cluster* sehingga data dalam satu *cluster* memiliki tingkat pola kemiripan yang tinggi dan tingkat kemiripan antar *cluster* yang rendah [1].

Diversifikasi adalah sebuah teknik manajemen portofolio yang mencampur beberapa investasi seperti saham, obligasi, *real estate* ke dalam satu portofolio, dimana semua investasi tersebut tidak bergerak ke arah yang sama. Dalam dunia usaha, diversifikasi membawa keuntungan yang kompetitif yang memungkinkan perusahaan untuk mengurangi risiko bisnis. Namun, implementasinya memerlukan pengetahuan yang mendalam dan penilaian awal yang menyeluruh dari perusahaan dan lingkungannya. Agar menjaga diversifikasi, pembentukan portofolio dapat diambil dari wakil masing-masing *cluster* saham. Dalam usaha menjaga portofolio saham terdiversifikasi pola data saham hasil perhitungan spline kuadrat kemudian di *cluster* menggunakan metode K-Means.

Topik dan Batasannya

Dalam penelitian ini topik yang dianalisis yaitu bagaimana cara menginterpolasi harga saham untuk mengetahui pola pergerakan data saham, bagaimana cara menerapkan metode *clustering* untuk mengelompokkan saham, serta bagaimana cara membentuk portofolio saham yang diversifikasi. Batasan masalah pada penelitian ini yaitu 20 data saham LQ45 yang diteliti diperoleh dari finance.yahoo.com dan data yang digunakan adalah harga penutupan saham data mingguan / *weekly* dalam kurun waktu selama 10 tahun (2005-2015).

Tujuan

Tujuan pada penelitian ini yaitu mengimplementasikan spline kuadrat pada dataset harga saham untuk mengetahui pola pergerakan data harga saham, mengimplementasikan metode K-Means untuk mengelompokkan hasil spline kuadrat sehingga data yang memiliki karakteristik mirip akan di kelompokkan dalam satu *cluster* yang sama namun berbeda antar *cluster* satu dan lainnya, kemudian membentuk portofolio saham yang diversifikasi dengan mempertimbangkan return portofolio dan risiko portofolio.

2. Studi Terkait

Model untuk menciptakan portofolio yang efisien dikembangkan oleh Markowitz (1952). Dalam model Markowitz, return saham adalah rata-rata return, risiko saham adalah standar deviasi dari return saham dan return portofolio adalah return saham yang diberi bobot. Portofolio yang efisien adalah portofolio yang menawarkan nilai return tertinggi dengan risiko terendah. Investor mengukur pengurangan risiko dengan diversifikasi investasi [6].

Diversifikasi adalah teknik manajemen risiko yang meminimalisir kerugian investor atas jatuhnya nilai saham/perusahaan, diversifikasi sangat cocok digunakan untuk investasi jangka panjang.

Portofolio *Equal Weight* adalah contoh pendekatan yang digunakan untuk diversifikasi. *Equal weight* adalah pendekatan yang paling sederhana dan mudah. Cara kerja dari portofolio *equal weight* adalah dengan memberi bobot yang sama kepada semua perusahaan. Portofolio *equal weight* telah dipraktekkan secara luas oleh Bernartzi dan Thaler (2001), Windcliff dan Boyle (2004), dan telah terbukti efisien pada penelitian diluar sampel oleh DeMiguel et al. (2009).

Menurut William F. Sharpe (1964) alokasi aset bergantung pada teori Capital Asset Pricing Model (CAPM). Teori CAPM menyimpulkan bahwa sistem bobot kapitalisasi pasar efisien untuk alokasi aset, dimana tidak ada portofolio lain dengan risiko yang sama akan memiliki ekspektasi return yang lebih tinggi [9].

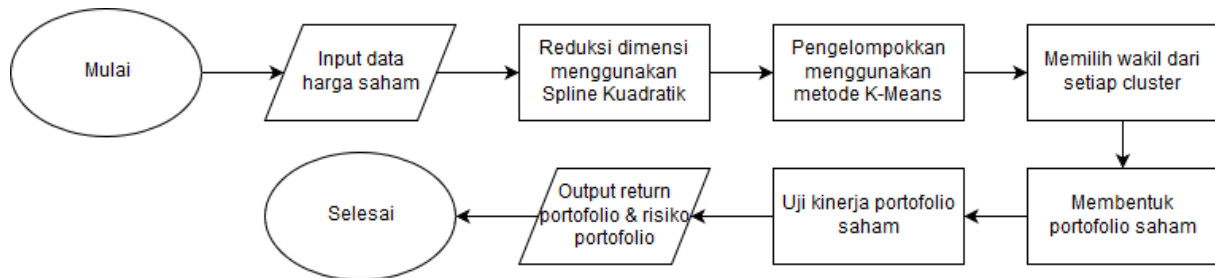
Selama bertahun-tahun teknik statistik dan pembelajaran mesin telah digunakan untuk membangun dan memilih portofolio. Untuk membangun portofolio saham, Nanda, Mahanty, dan Tiwari (2010) melakukan tiga teknik pengelompokan yang terkenal (K-Means, SOM, Fuzzy C-Means) pada nilai return saham.

Untuk merepresentasikan pola pergerakan harga saham, perlu dilakukan interpolasi. Spline kuadrat merupakan teknik interpolasi yang dapat merepresentasikan pergerakan pola harga saham, keuntungan melakukan spline adalah menghindari *noise* pada data, sehingga sangat cocok diimplementasikan pada data *time series* / data yang berurutan. Fungsi polinomial spline kuadrat pertama kali digunakan oleh Loscalzo dan Talbot (1967), teori interpolasi spline kuadrat juga dikembangkan oleh Marsden (1974).

polinomial interpolasi digunakan untuk menghitung hampiran nilai suatu fungsi $f(x)$, karena nilai polinomial mudah dihitung, polinomial mudah diturunkan dan diintegrasikan. Polinomial digunakan dalam penentuan kurva mulus yang melalui sekumpulan titik data [10].

3. Sistem yang Dibangun

Penulisan penelitian ini bertujuan untuk membangun portofolio saham melalui proses *clustering* kurva harga saham hasil spline kuadratik, metode *clustering* yang digunakan yaitu K-Means. Berikut adalah flowchart dari perancangan sistem secara umum dari awal hingga akhir :



Gambar 1. Perancangan Sistem

a. Input dataset saham

Saham adalah surat berharga yang merupakan tanda kepemilikan seseorang atau badan terhadap suatu perusahaan. Pengertian saham ini sendiri adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh sebuah perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT) atau yang biasa disebut emiten. Dengan memiliki saham suatu perusahaan, maka investor akan mempunyai hak terhadap pendapatan dari kekayaan perusahaan, setelah dikurangi dengan pembayaran semua kewajiban perusahaan. Saham merupakan salah satu jenis sekuritas yang cukup populer diperjualbelikan di pasar modal.

Saham merupakan surat berharga yang memberikan peluang keuntungan yang tinggi namun juga berpotensi risiko tinggi. Saham memungkinkan pemodal mendapatkan keuntungan dalam jumlah besar dalam waktu singkat. Namun seiring dengan berfluktuasinya harga saham, saham juga dapat membuat investor mengalami kerugian besar dalam waktu singkat. Untuk itu investor membutuhkan preferensi yang dapat membantunya dalam mengambil keputusan investasi pembelian saham [2].

Data yang digunakan adalah harga penutupan/*close* saham data mingguan/*weekly* dari 20 data saham yang tergabung dalam saham LQ45 didapatkan dari yahoo.finance dalam kurun waktu selama 10 tahun (2005-2015).

Tabel 3.1 Dataset saham yang digunakan

No.	Kode	Nama Saham
1.	AALI	AALI [ASTRO AGRO LESTARI]
2.	ADHI	ADHI [ADHI KARYA]
3.	ASII	ASII [ASTRA MOTOR]
4.	BBCA	BBCA [BANK CENTRAL ASIA]
5.	BBNI	BBNI [BANK NEGARA INDONESIA]
6.	BBRI	BBRI [BANK RAKYAT INDONESIA]
7.	BMRI	BMRI [BANK MANDIRI]
8.	DOID	DOID [DELTA DUNIA MAKMUR]
9.	GGRM	GGRM [GUDANG GARAM]
10.	HMSP	HMSP [HANJAYA MANDALA SAMPOERNA]
11.	ICBP	ICBP [INDOFOOD CBP SUKSES MAKMUR]
12.	IMAS	IMAS [INDOMOBIL SUKSES INTERNASIONAL]
13.	INDF	INDF [INDOFOOD SUKSES MAKMUR]
14.	INTP	INTP [INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA]

15.	LSIP	LSIP [PP LONDON SUMATERA INDONESIA]
16.	PGAS	PGAS [PERUSAHAAN GAS NEGARA]
17.	PTBA	PTBA [BUKIT ASAM]
18.	SCMA	SCMA [SURYA CITRA MEDIA]
19.	TINS	TINS [TIMAH]
20.	UNTR	UNTR [UNITED TRACTORS]

- b. Reduksi dimensi dan noise pada data serta merepresentasikan pola harga saham

Pada penelitian ini dianalisis pengaruh proses reduksi dimensi data. dimensi data aktual saham adalah 573 kemudian dibagi rata 4 bagian dengan fungsi yang dibangun adalah 5 persamaan, dibagi rata 8 bagian dengan fungsi yang dibangun adalah 9 persamaan dan dibagi rata 24 bagian dengan fungsi yang dibangun adalah 25 persamaan.

Interpolasi spline kuadrat dilakukan pada data harga saham yang telah di bagi rata, spline kuadrat juga menghasilkan 3 variabel yang merepresentasikan pola pergerakan suatu data harga saham untuk tiap 2 data harga saham yang berurut.

Spline kuadrat bertujuan mencari polinomial tingkat 2 untuk setiap interval titik-titik data. Spline kuadrat melakukan pendekatan data antara dua titik data berurut $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_{n-1}, y_{n-1}), (x_n, y_n)$, [4]. Fungsi spline polinomial tingkat 2 :

$$f(x) = \begin{cases} a_1x^2 + b_1x + c_1 & ; x_0 \leq x \leq x_1 \\ a_2x^2 + b_2x + c_2 & ; x_1 \leq x \leq x_2 \\ \vdots & \\ a_nx^2 + b_nx + c_n & ; x_{n-1} \leq x \leq x_n \end{cases} \quad (1)$$

Dimana $a_i, b_i, c_i \in \mathbb{R} \ i = 1 : n$

Keterangan:

x_n = data saham ke- n

a_n, b_n, c_n = variabel a ke- n , variabel b ke- n , variabel c ke- n

- c. Pengelompokan dengan metode K-Means

Saham dikelompokkan berdasarkan representasi hasil perhitungan kuadrat splinnya masing-masing saham.

K-Means merupakan jenis metode *clustering* atau pengelompokan data. K-Means termasuk struktur partisi (partitioning). Metode pengelompokan partisi membagi set data ke dalam sejumlah kelompok yang tidak tumpang tindih (tidak overlap) antara satu kelompok dengan kelompok yang lain, artinya setiap data hanya menjadi anggota satu kelompok [3].

Dalam statistik dan mesin pembelajaran, pengelompokan K-Means merupakan metode analisis kelompok yang mengarah pada pemartisian N objek pengamatan ke dalam K kelompok (*cluster*) di mana setiap objek pengamatan dimiliki oleh sebuah kelompok dengan mean (rata-rata) terdekat, mirip dengan algoritma Expectation Maximization untuk Gaussian Mixture di mana keduanya mencoba untuk menemukan pusat dari kelompok dalam data sebanyak iterasi perbaikan yang dilakukan oleh kedua algoritma [3].

K-Means merupakan salah satu metode pengelompokan data nonhierarki (sekatan) yang berusaha mempartisi data yang ada ke dalam bentuk dua atau lebih kelompok. Metode ini mempartisi data ke dalam kelompok sehingga data berkarakteristik sama dimasukkan ke dalam satu kelompok yang sama dan data yang berkarakteristik berbeda dikelompokkan ke dalam kelompok yang lain. Adapun tujuan pengelompokan data ini adalah untuk meminimalkan fungsi objektif yang diset dalam proses pengelompokan, yang pada umumnya berusaha meminimalkan variasi di dalam suatu kelompok dan memaksimalkan variasi antarkelompok[5].

Algoritma K-Means :

1. Tentukan jumlah kelompok
2. Alokasikan data ke dalam kelompok secara acak
3. Hitung pusat kelompok (centroid/rata-rata) dari data yang ada di masing-masing kelompok
4. Alokasikan masing-masing data ke centroid atau rata-rata terdekat

5. Kembali ke langkah-3 apabila masih ada data yang berpindah kelompok, atau apabila ada perubahan nilai centroid diatas nilai ambang yang ditentukan, atau apabila perubahan nilai pada fungsi objektif yang digunakan masih diatas nilai ambang yang ditentukan

Pada langkah 3, lokasi centroid setiap kelompok diambil dari rata-rata semua nilai data pada setiap fiturnya. Untuk menghitung centroid fitur ke i digunakan formula:

$$C_i = \frac{1}{N_i} \sum_{q=1}^{N_i} x_q \quad (2)$$

Keterangan :

C_i = centroid dari *cluster* ke- i

N_i = banyaknya data pada *cluster* ke- i

x_q = data ke- q pada *cluster* ke- i

Untuk mengukur jarak data ke centroid digunakan formula Euclidean Distance :

$$D(x_i, x_{i-1}) = \sqrt{\sum_{i=1}^p |x_i - x_{i-1}|^2} \quad (3)$$

Keterangan :

D = jarak antara data x_i dan x_{i-1}

p = dimensi data

$|\cdot|$ = nilai mutlak

Pada langkah 4 pengalokasian kembali data ke dalam masing-masing kelompok kedalam K-Means didasarkan pada perbandingan jarak antara data dengan centroid setiap kelompok yang ada. Pengalokasian ini dapat dirumuskan sbb:

$$a_{ik} = \begin{cases} 1 & d = \min\{D(x_i, C_K)\} \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \quad (4)$$

Keterangan :

a_{ik} = nilai keanggotaan titik x_i ke centroid C_K

d = jarak terpendek dari data x_i ke K kelompok setelah dibandingkan

C_K = nilai centroid *cluster* ke- K

Fungsi objektif yang digunakan untuk K-Means ditentukan berdasarkan jarak dan nilai keanggotaan data dalam kelompok. Fungsi Objektif yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$J = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K a_{ik} D(x_i, C_K)^2 \quad (5)$$

Keterangan :

N = jumlah data

K = jumlah *cluster*

a_{ik} = nilai keanggotaan titik data x_i ke pusat kelompok C_K

C_l = nilai centroid *cluster* ke- K

$D(x_i, C_K)$ = adalah jarak titik x_i ke kelompok C_K yang diikuti

a_{ik} mempunyai nilai 0 atau 1, apabila suatu data merupakan anggota suatu kelompok, nilai $a_{ik} = 1$.

Jika tidak nilai $a_{ik} = 0$.

- d. Membentuk portofolio saham

Portofolio saham merupakan modal utama untuk seorang investor yang akan melakukan investasi. Portofolio saham ini terdiri dari berbagai saham yang dimiliki oleh berbagai sektor untuk menjadi

bukti kepemilikan para investor. Bila salah satu dari saham tersebut mengalami penurunan harga, kemudian pada saham yang lain mengalami peningkatan, maka investasi yang dilakukan tidak akan mengalami kerugian [7]. Dalam pembelian saham, investor berhak untuk mendapatkan keuntungan atas pembelian yang sudah dilakukan.

Saham dikelompokkan berdasarkan representasi hasil perhitungan kuadratik splinnya masing-masing, lalu dari setiap masing-masing *cluster* diambil satu wakil saham dengan return tertinggi dan kemudian dimasukkan dalam portofolio saham. Inisialisasi jumlah saham dalam portofolio adalah default 3 saham, sehingga nantinya portofolio saham akan berisi 3 data saham paling unggul dalam *clusternya* masing-masing. Saham dalam satu *cluster* dapat dikatakan unggul apabila data saham tersebut memiliki nilai rata-rata return tertinggi dibandingkan saham lainnya.

$$R_T = \frac{P_T - P_{T-1}}{P_{T-1}} \quad (6)$$

Keterangan :

R_T = Return saham periode ke-t

P_T = harga saham periode pengamatan

P_{T-1} = harga saham periode sebelum pengamatan

Kemudian nilai return suatu saham dihitung rata-ratanya untuk dijadikan bahan pertimbangan menjadi *winning cluster*. *Winning cluster* adalah saham dengan rata-rata return tertinggi di *cluster* masing-masing. *Winning cluster* berfungsi untuk menentukan saham mana yang akan dimasukkan dalam portofolio saham.

e. Menguji kinerja portofolio saham

Untuk menguji kinerja portofolio saham, perlu dihitung nilai portofolio return dan nilai portofolio variansinya dengan menggunakan teknik *equal weight*. *Equal weight* adalah teknik pendekatan yang paling sederhana dan mudah. Teknik *equal weight* juga dikenal dengan $\frac{1}{n}$ yaitu memberi bobot yang sama kepada semua perusahaan.

Untuk menghitung resiko portofolio maka

Kovarian dari tiap saham dapat dicari dengan rumus berikut :

$$\sum \frac{(x_i - x_{avg})(y_i - y_{avg})}{(n - 1)} \quad (7)$$

Keterangan :

x_i = return saham x hari ke- i

x_{avg} = rata-rata return saham x

y_i = return saham y ke- i

y_{avg} = rata-rata return saham y

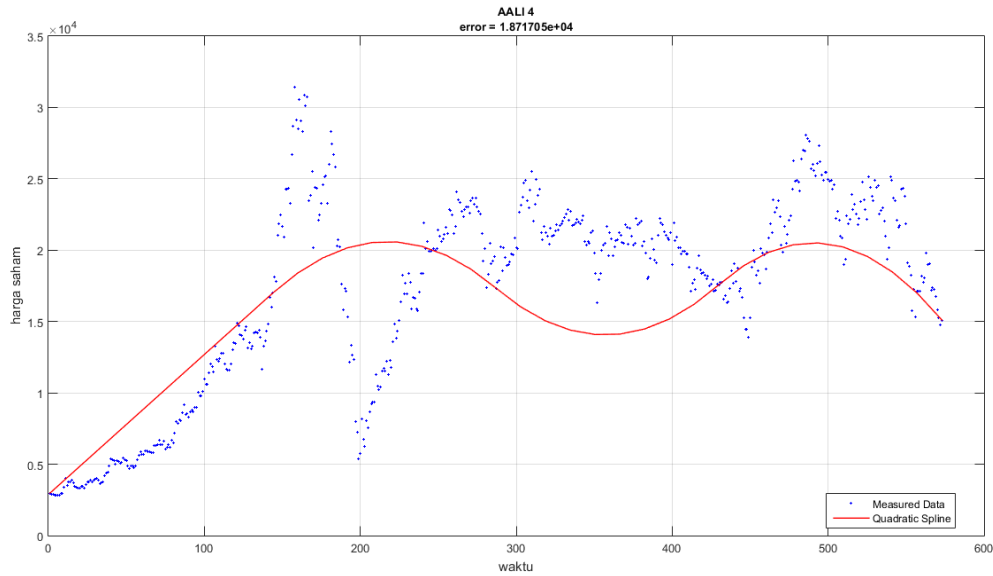
n = jumlah data

Kemudian Return portofolio dapat dihitung dengan perkalian matriks *bobot* \times *rerata harga saham* dan variansi portofolio didapat dari perkalian matriks *bobot*^(T) \times *kovarian* saham, dimana bobot dibagi dengan teknik *equal weight*.

4. Evaluasi

Dimensi data aktual saham adalah 573. Karena dimensi pada data aktual sangat besar maka perlu dilakukan reduksi dimensi data. Reduksi dimensi data dilakukan dengan cara membagi rata dimensi data saham menjadi 4 bagian dengan fungsi yang dibangun adalah 5 persamaan, dibagi 8 bagian dengan fungsi yang dibangun adalah 9 persamaan dan dibagi 24 bagian dengan fungsi yang dibangun adalah 25 persamaan. Pengujian spline kuadratik pada data harga saham AALI dengan reduksi dimensi data 4 8 dan 24 bagian memperoleh hasil sebagai berikut :

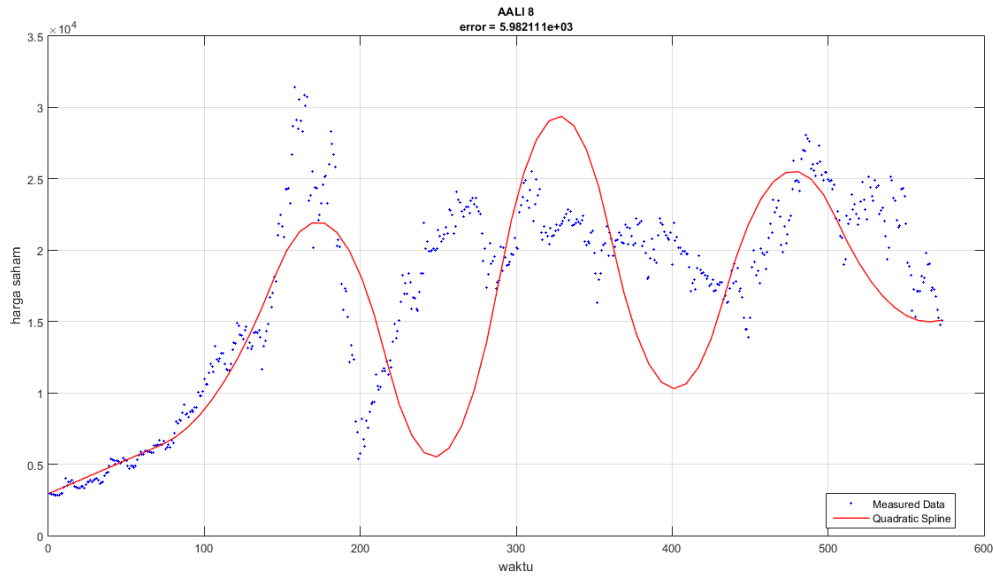
4.1 Spline Kuadrat



Gambar 4.1 Kurva hasil spline kuadrat (merah) dengan data saham AALI reduksi dimensi 4 bagian dan pergerakan data aktual harga saham (biru)

Spline kuadrat dilakukan pada data saham AALI yang data sahamnya dibagi rata dengan 4 bagian sehingga terdapat 5 fungsi yang dibangun harus diselesaikan pada titik data ke (1, 144, 287, 430, 573) adalah titik data yang akan dilewati oleh spline kuadrat.

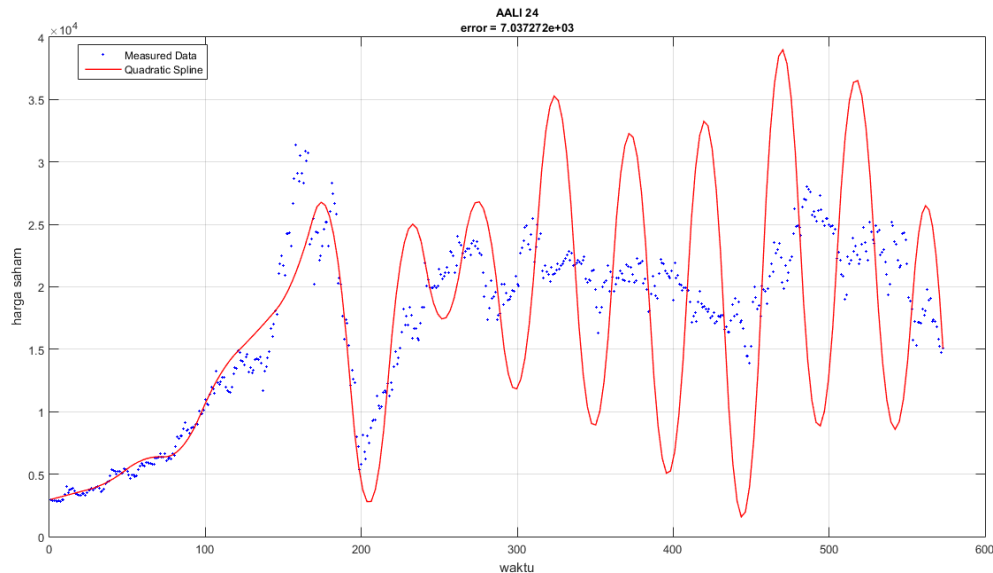
$$f(x) = \begin{cases} 0x^2 + 981,1x + 287,9 & ; 1 \leq x \leq 144 \\ -0,669x^2 + 291x - 110 & ; 145 \leq x \leq 287 \\ 0,665x^2 - 475,2x + 989,5 & ; 288 \leq x \leq 430 \\ -0,797x^2 + 783x - 171,5 & ; 431 \leq x \leq 573 \end{cases} \quad (8)$$



Gambar 4.2 Kurva hasil spline kuadrat (merah) dengan data saham AALI reduksi dimensi 8 bagian dan pergerakan data aktual harga saham (biru)

Spline kuadrat dilakukan pada data saham AALI yang data sahamnya dibagi rata dengan 8 bagian sehingga terdapat 9 fungsi yang dibangun harus diselesaikan pada titik data ke (1, 73, 145, 217, 289, 361, 433, 505, 573) adalah titik data yang akan dilewati oleh spline kuadrat.

$$f(x) = \begin{cases} 0x^2 + 473,1x + 293 & ; 1 \leq x \leq 73 \\ 160,3x^2 - 186,8x + 114,7 & ; 74 \leq x \leq 145 \\ -499,4x^2 + 172,6x - 127,2 & ; 146 \leq x \leq 217 \\ \vdots & \\ 202x^2 - 228,3x + 660,1 & ; 506 \leq x \leq 573 \end{cases} \quad (9)$$



Gambar 4.3 Kurva hasil spline kuadrat (merah) dengan data saham AALI reduksi dimensi 24 bagian dan pergerakan data aktual harga saham (biru)

Spline kuadrat dilakukan pada data saham AALI yang data sahamnya dibagi rata dengan 24 bagian sehingga terdapat 25 fungsi yang dibangun harus diselesaikan pada titik data ke (1, 25, 49, 73, ..., 529, 553, 573) adalah titik data yang akan dilewati oleh spline kuadrat.

$$f(x) = \begin{cases} 0x^2 + 327,5x + 294,4 & ; 1 \leq x \leq 25 \\ 136,7x^2 - 354,8x + 379,7 & ; 26 \leq x \leq 49 \\ -227,4x^2 + 321,1x - 494 & ; 50 \leq x \leq 73 \\ \vdots & \\ -978,7x^2 + 110x - 309 & ; 554 \leq x \leq 573 \end{cases} \quad (10)$$

Dari hasil bagi data sama rata dan penerapan spline kuadratik pada data harga saham menunjukkan bahwa kurva spline kuadratik yang paling mendekati data aktual adalah data reduksi dimensi 24 bagian, sehingga kelanjutan penelitian ini akan dilakukan pada data saham yang direduksi bagi sama rata dengan 24 bagian.

4.2 Pengelompokan menggunakan metode K-Means

20 saham yang tergabung dalam LQ45 dibagi ke dalam sejumlah *cluster*, kemudian untuk menentukan *winning cluster*, masing-masing *cluster* perlu dihitung rata-rata return sahamnya, saham dengan rata-rata return tertinggi akan mewakili *cluster* tersebut. Dalam penelitian ini akan dianalisis 3 skenario pengelompokan saham, yaitu pengelompokan dengan 2 *cluster*, 3 *cluster* dan 4 *cluster*.

Skenario 1 :

Pengelompokan pada data hasil spline kuadratik menggunakan metode K-Means dengan 2 *cluster*.

Tabel 4.1 Hasil pengelompokan saham ke dalam 2 *cluster* dan rata-rata return tiap saham

No.	Kode	Cluster	Rata-rata return saham
1.	AALI	1	0,0051
2.	ADHI	2	0,0050
3.	ASII	2	0,0047
4.	BBCA	2	0,0047
5.	BBNI	2	0,0039
6.	BBRI	2	0,0052
7.	BMRI	2	0,0042
8.	DOID	2	0,0073
9.	GGRM	1	0,0043
10.	HMSP	2	0,0053
11.	ICBP	2	0,0064
12.	IMAS	2	0,0078
13.	INDF	2	0,0047
14.	INTP	1	0,0049
15.	LSIP	2	0,0051
16.	PGAS	2	0,0052
17.	PTBA	1	0,1917
18.	SCMA	2	0,0083
19.	TINS	2	0,0049
20.	UNTR	2	0,0055

Tabel 4.2 *Winning cluster* dengan rata-rata return saham tertinggi

Saham	Cluster	Rata-rata return saham
PTBA	1	0,1917
SCMA	2	0,0083

2 Saham pada Tabel 4.2 merupakan saham yang dipilih untuk dibentuk ke dalam portofolio saham.

Skenario 2 :

Pengelompokkan pada data hasil spline kuadratik menggunakan metode K-Means dengan 3 *cluster*.

Tabel 4.3 Hasil pengelompokkan saham ke dalam 3 *cluster* dan rata-rata return tiap saham

No.	Kode	<i>Cluster</i>	Rata-rata return saham
1.	AALI	1	0,0051
2.	ADHI	2	0,0050
3.	ASII	3	0,0047
4.	BBCA	2	0,0047
5.	BBNI	3	0,0039
6.	BBRI	3	0,0052
7.	BMRI	2	0,0042
8.	DOID	3	0,0073
9.	GGRM	1	0,0043
10.	HMSP	3	0,0053
11.	ICBP	2	0,0064
12.	IMAS	2	0,0078
13.	INDF	2	0,0047
14.	INTP	2	0,0049
15.	LSIP	3	0,0051
16.	PGAS	3	0,0052
17.	PTBA	2	0,1917
18.	SCMA	3	0,0083
19.	TINS	3	0,0049
20.	UNTR	3	0,0055

Tabel 4.4 *Winning cluster* dengan rata-rata return saham tertinggi

Saham	<i>Cluster</i>	Rata-rata return saham
AALI	1	0,0051
PTBA	2	0,1917
SCMA	3	0,0083

3 Saham pada Tabel 4.4 merupakan saham yang dipilih untuk dibentuk ke dalam portofolio saham.

Skenario 3 :

Pengelompokkan pada data hasil spline kuadratik menggunakan metode K-Means dengan 4 *cluster*.

Tabel 4.5 Hasil pengelompokkan saham ke dalam 4 *cluster* dan rata-rata return tiap saham

No.	Kode	Cluster	Rata-rata return saham
1.	AALI	1	0,0051
2.	ADHI	3	0,0050
3.	ASII	2	0,0047
4.	BBCA	3	0,0047
5.	BBNI	2	0,0039
6.	BBRI	2	0,0052
7.	BMRI	3	0,0042
8.	DOID	2	0,0073
9.	GGRM	1	0,0043
10.	HMSP	2	0,0053
11.	ICBP	3	0,0064
12.	IMAS	3	0,0078
13.	INDF	3	0,0047
14.	INTP	3	0,0049
15.	LSIP	2	0,0051
16.	PGAS	2	0,0052
17.	PTBA	3	0,1917
18.	SCMA	2	0,0083
19.	TINS	2	0,0049
20.	UNTR	4	0,0055

Tabel 4.6 *Winning cluster* dengan rata-rata return saham tertinggi

Saham	Cluster	Rata-rata return saham
AALI	1	0,0051
SCMA	2	0,0083
PTBA	3	0,1917
UNTR	4	0,0055

4 Saham pada Tabel 4.6 merupakan saham yang dipilih untuk dibentuk ke dalam portofolio saham.

4.3 Uji Portofolio Saham

Portofolio saham berisi n data saham yang menjadi *winner cluster*. Portofolio saham dapat diamati dan dijadikan preferensi bagi investor untuk menjaga diversifikasi portofolio saham dengan menghitung portofolio return dan nilai portofolio variansinya. Portofolio return dihitung dengan teknik pembobotan *equal weight* atau yang sering dikenal dengan teknik $\frac{1}{n}$.

Pada proses uji portofolio saham, akan ditambahkan 1 skenario dimana saham tidak akan melalui proses clustering sehingga seluruh saham yang ada masuk ke dalam portofolio saham untuk dihitung nilai return portofolio dan variansi portofolionya.

Skenario 1 :

Dari tabel 4.2 dapat diketahui bahwa di dalam portofolio terdapat 2 saham, maka bobot tiap saham adalah $\frac{1}{2}$.

Tabel 4.7 Pembagian bobot dengan teknik *equal weight*.

saham	bobot
PTBA	$\frac{1}{2}$
SCMA	$\frac{1}{2}$
sum	1

Untuk menghitung return portofolio maka dilakukan perkalian matriks *bobot* \times *rerata return saham* dan variansi portofolio adalah perkalian matriks *bobot*^(T) \times *kovariansi*.

Tabel 4.8. Kovariansi saham SCMA & PTBA

Kovarian	SCMA	PTBA
SCMA	0,0062	-0,0089
PTBA	-0,0089	0,9525

Tabel 4.9. hasil perhitungan return portofolio dan variansi portofolio dengan menggunakan teknik pembobotan *equal weight*.

portofolio return	0,0041
portofolio variansi	0,2352

Return portofolio untuk data saham yang direduksi 24 bagian dan dikelompokkan menjadi 2 *cluster* adalah 0,0041 dengan risiko portofolio minimumnya adalah 0,2352.

Skenario 2 :

Dari tabel 4.4 dapat diketahui bahwa di dalam portofolio terdapat 3 saham, maka bobot tiap saham adalah $\frac{1}{3}$.

Tabel 4.10 Pembagian bobot dengan teknik *equal weight*.

saham	bobot
SCMA	$\frac{1}{3}$
PTBA	$\frac{1}{3}$
AALI	$\frac{1}{3}$
sum	1

Untuk menghitung return portofolio maka dilakukan perkalian matriks *bobot* \times *rerata return saham* dan variansi portofolio adalah perkalian matriks *bobot*^(T) \times *kovariansi*.

Tabel 4.11. Kovariansi saham SCMA, PTBA & AALI

Kovarian	SCMA	PTBA	AALI
----------	------	------	------

SCMA	0,0062	-0,0089	0,0005
PTBA	-0,0089	0,9525	0,0001
AALI	0,0011	0,0111	0,0057

Tabel 4.12. hasil perhitungan return portofolio dan variansi portofolio dengan menggunakan teknik pembobotan *equal weight*.

portofolio return	0,0027
portofolio variansi	0,1078

Return portofolio untuk data saham yang direduksi 24 bagian dan dikelompokkan menjadi 3 *cluster* adalah 0,0027 dengan risiko portofolio minimumnya adalah 0,1078.

Skenario 3 :

Dari tabel 4.6 dapat diketahui bahwa di dalam portofolio terdapat 4 saham, maka bobot tiap saham adalah $\frac{1}{4}$.

Tabel 4.10 Pembagian bobot dengan teknik *equal weight*.

saham	bobot
SCMA	$\frac{1}{4}$
PTBA	$\frac{1}{4}$
AALI	$\frac{1}{4}$
UNTR	$\frac{1}{4}$
Sum	1

Untuk menghitung return portofolio maka dilakukan perkalian matriks *bobot* \times *rerata return saham* dan variansi portofolio adalah perkalian matriks *bobot*^(T) \times *kovariansi*.

Tabel 4.11. Kovariansi saham SCMA, PTBA & AALI

Kovarian	SCMA	PTBA	AALI	UNTR
SCMA	0,0062	-0,0089	0,0005	0,0008
PTBA	-0,0089	0,9525	0,0001	0,0099
AALI	0,0011	0,0111	0,0057	0,0019
UNTR	0,0008	0,0099	0,0019	0,0041

Tabel 4.12. hasil perhitungan return portofolio dan variansi portofolio dengan menggunakan teknik pembobotan *equal weight*.

Return portofolio	0,0020
Variansi portofolio	0,0625

Return portofolio untuk data saham yang direduksi 24 bagian dan dikelompokkan menjadi 4 *cluster* adalah 0,0020 dengan risiko portofolio minimumnya adalah 0,0625.

Skenario 4 :

Apabila setiap saham dimasukkan ke dalam portofolio tanpa dilakukan proses *clustering*, maka perhitungan return portofolio dan variansi portofolio saham dengan teknik pembobotan *Equal Weight* sehingga bobot tiap saham adalah $\frac{1}{20}$:

Tabel 4.13. hasil perhitungan return portofolio dan variansi portofolio dengan menggunakan teknik pembobotan *equal weight*.

Portofolio Return	0,0004
Variansi portofolio	0,0036

5. Kesimpulan

Spline kuadrat dengan reduksi dimensi pembagian sama rata 8 bagian lebih baik karena RMSE-nya lebih kecil dibandingkan reduksi dimensi 4 dan 24 bagian. Pada proses pengelompokan menggunakan K-Means, pengelompokan hasil spline kuadrat dengan partisi 4 *cluster* lebih baik dibandingkan 3 dan 2 cluster karena risiko portofolionya paling minimum.

Portofolio saham hasil reduksi dimensi 24 bagian dan pengelompokan dengan metode K-Means 4 *cluster* menggunakan teknik pembobotan *equal weight* memiliki return portofolio sebesar 0,0020 dan risiko portofolio minimumnya sebesar 0,0625, jika dibandingkan dengan portofolio saham tanpa proses *clustering*, maka return portofolio dengan proses *clustering* terlebih dahulu lebih baik yaitu 0,0020, namun risiko portofolio tanpa *clustering* lebih baik yaitu 0,0036, hal ini dapat terjadi karena bobot yang diberikan untuk setiap saham tanpa proses *clustering* terlebih dahulu lebih kecil yaitu $\frac{1}{20}$.

Daftar Pustaka

- [1] C. Iorio, G. Frasso, A. D'Ambrosio, and R. Siciliano, "A P-spline based clustering approach for portfolio selection," *Expert Syst. Appl.*, vol. 95, pp. 88–103, 2018.
- [2] D. Prisita Anggriningrum, P. Hendikawati, and Z. Abidin, "Perbandingan Prediksi Harga Saham Dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Dan ARIMA", *Unnes J. Math.*, 2013.
- [3] Eko Prasetyo, "Data Mining Konsep dan Aplikasi menggunakan Matlab", Penerbit Andi, 2012.
- [4] A. Kaw and M. Keteltas, "Spline Method of Interpolation," vol. 05.05, 2009.
- [5] Y. Darmi and A. Setiawan, "Penerapan Metode Clustering K-Means Dalam Pengelompokan Penjualan Produk," *Jurnal Media Infotama*, vol. 12.02, 2019.
- [6] S. Nanda, B. Mahanty, M. Tiwari, "Clustering Indian stock market data for portofolio management" *Expert Systems with Applications*, 2010.
- [7] Zalmi Zubir, "Manajemen Portofolio Penerapannya dalam Investasi Saham", Jakarta: Salemba Empat, 2011.Hal.2.
- [8] Tandelilin Eduardus, "Analisis Investasi dan Manajemen Portofolio", Yogyakarta: Universitas Gajah Mada, 2001
- [9] P. Demey, S. Maillard, T. Roncalli, "Risk-Based Indexation", SSRN Electronic Journal, 2010
- [10] S. Sahid, "Pengantar Komputasi Numerik dengan MATLAB", Andi Yogyakarta, 2005