



Prediksi Model Rantai Markov dalam Perubahan Indeks Harga Saham Sektor Energi menggunakan Persamaan Chapman Kolmogorov (Studi Kasus PT Bayan Resources Tbk)

Markov Chain Model Prediction in Changes of the Energy Sector Stock Price Index using the Chapman Kolmogorov Equation (Case Study of PT Bayan Resources Tbk)

Kadek Deni Candra, Prodi Matematika FMIPA UNY
Caturiyati*, Prodi Matematika FMIPA UNY
*e-mail: caturiyati@uny.ac.id

Abstrak

Saham merupakan salah satu produk investasi yang cukup populer di tahun 2022. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi besarnya peluang berinvestasi saham dimasa yang akan datang. Data yang digunakan adalah data historis perubahan indeks saham sektor energi yang kemudian dimodelkan dengan menggunakan rantai Markov dan dilakukan proses prediksi sampai mencapai titik ekuilibrium dengan menggunakan Persamaan Chapman Kolmogorov. Hasil penelitian menunjukkan bahwa saham PT Bayan Resources Tbk (BYAN) diprediksi peluang naik drastis adalah 7,96%, peluang naiknya adalah 49,43%, peluang tetapnya adalah 8,72%, peluang turunnya adalah 30,79%, dan peluang turun drastisnya adalah 3,10%.

Kata kunci: Rantai Markov, Persamaan Chapman Kolmogorov, prediksi, saham.

Abstract

Stocks are one of the most popular investment products in 2022. This study aims to predict the magnitude of the opportunity to invest in stocks in the future. The data used is historical data on changes in the energy sector stock index, which is then modeled using the Markov chain and the prediction process is carried out until it reaches an equilibrium point using the Chapman Kolmogorov Equation. The results of the study show that PT Bayan Resources Tbk (BYAN) shares are predicted to have a drastic increase of 7.96%, a 49.43% chance of an increase, an 8.72% chance of a steady increase, a 30.79% chance of a drastic decline, and a drastic drop of 3.10%.

Keywords: Markov Chain, Chapman Kolmogorov Equation, predictions, stocks.

PENDAHULUAN

Pasar Modal merupakan salah satu platform investasi yang berbentuk digital. Pasar modal memiliki beberapa produk investasi yaitu saham, reksadana dan obligasi. CNBC Indonesia yang merupakan media informasi digital yang menyajikan informasi tentang pasar modal, investasi, perbankan dan informasi terbaru lainnya menginformasikan bahwa di bulan juni 2022 jumlah investor di pasar modal meningkat sebesar 21% dari tahun sebelumnya dan sebanyak 81,74% investor tersebut berinvestasi di saham. Hal ini menunjukkan bahwa saham merupakan produk investasi yang paling populer di pasar modal dan semua masyarakat umum yang mempunyai dana lebih dapat menjadi investor saham.

Saham yang ada di pasar modal dikategorikan ke dalam sebelas sektor dan salah satu sektor saham yang *go public* adalah saham sektor energi. Saham sektor energi sendiri mempunyai berbagai jenis saham dan beberapa saham yang *go public* yang ada di sektor energi antara lain Bayan Resources Tbk, Adaro Energy Tbk, Adaro Minerals Indonesia Tbk, PT Transcoal Pacifik Tbk, Bukit Asam Tbk, Indo Tambangraya Megah Tbk, Perusahaan Gas Negara Tbk, Golden Energy Mines Tbk, Dian Swastatika Sentosa Tbk, PT Prima Andalan Mandiri Tbk, dan lain-lain.

Saham merupakan salah satu produk investasi yang risikonya cukup tinggi karena tingkat penurunannya bisa mencapai lebih dari 5%. Namun, produk saham juga bisa mengalami kenaikan lebih dari 5%. Dengan tingkat penurunan yang tinggi maka investor diharuskan melakukan analisis dan prediksi agar mendapatkan saham yang mempunyai peluang kenaikannya tinggi atau peluang turunnya yang rendah. Menurut Handayani & Adri, (2015) salah satu langkah memperkecil risiko kerugian yang akan terjadi di masa depan adalah dengan melakukan prediksi dengan akurasi yang tinggi.

Prediksi berkaitan erat dengan peluang-peluang kejadian dimasa yang akan datang. Untuk memprediksi indeks harga saham sektor energi maka dapat dilakukan dengan mencari nilai peluang di setiap keadaan yang terjadi pada setiap jenis saham. Langkah pertama yang dapat dilakukan adalah dengan memodelkan permasalahan tersebut ke dalam bentuk matematika. Salah satu model matematika yang dapat digunakan untuk memodelkan perubahan indeks harga saham sektor energi adalah Rantai Markov. Rantai Markov adalah suatu proses pemodelan yang menggunakan sifat-sifat peubah dimasa lalu untuk memperkirakan sifat-sifat peubah dimasa yang akan datang (Oktaviyani et al., 2018)

Dengan adanya permasalahan yang ada maka penelitian ini bertujuan untuk memodelkan indeks harga saham sektor energi dengan menggunakan Rantai Markov lima *state*. Selain itu, dengan menggunakan persamaan Chapman Kolmogorov maka akan dilakukan prediksi perubahan indeks harga saham sektor energi sampai mencapai titik ekuilibrium.

METODE

a. Jenis Penelitian.

Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian studi kasus. Studi kasus adalah salah satu jenis penelitian yang mengangkat suatu kasus atau permasalahan yang kemungkinan menghasilkan akibat buruk atau akibat baik bagi suatu individu atau suatu instansi dimasa yang akan datang. Pada penelitian ini, peneliti melakukan penelitian pada kasus saham sektor energi yang harganya mengalami perubahan setiap harinya. Saham tersebut kemungkinan mengalami penurunan yang mengakibatkan kerugian bagi investor atau mengalami kenaikan yang mengakibatkan keuntungan bagi investor. Perubahan indeks harga saham sektor energi dimodelkan dengan menggunakan Rantai Markov yang digunakan sebagai dasar memprediksi harga saham di masa yang akan datang.

b. Sumber data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sumber data sekunder yang bersumber dari Bursa Efek Indonesia. Data sekunder adalah data yang disajikan dan

dipublikasikan oleh pihak lain. Data yang digunakan adalah data historis perubahan indek harga saham sektor energi saham PT Bayan Resources Tbk (BYAN) bulan Januari-Juli 2022 yang harga cenderung mengalami perubahan setiap harinya.

c. Metode Pengumpulan data

Berdasarkan sumber data maka metode pengumpulan data yang digunakan oleh peneliti adalah dokumentasi. Metode dokumentasi adalah suatu metode pengumpulan data yang diperoleh dari publikasi, internet, website, dan lain sebagainya sesuai dengan data yang dibutuhkan dalam proses penelitian.

d. Model Rantai Markov

Berdasarkan Oktaviyani et al., (2018) dalam proses pemodelan Perubahan Indeks Harga Saham Sektor Energi menggunakan Rantai Markov, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan *state*. Proses penentuan *state* dilakukan sesuai dengan data yang sudah didapatkan yang kemudian dilanjutkan dengan mencari interaksi antar *state*.

Definisi 1 (Anton & Rorres, 2014)

Jika sebuah Rantai Markov memiliki m *state* yang mungkin, maka probabilitas sebuah sistem berada pada keadaan i pada suatu pengamatan setelah mengalami keadaan j dilambangkan dengan P_{ij} dan disebut dengan probabilitas transisi dari keadaan i menuju keadaan j dan Probabilitas transisi dapat dinyatakan dalam bentuk matriks transisi rantai markov.

$$P_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^T n_{ij}(t)}{\sum_{i=1}^m n_i(t)} \quad (1)$$

$$n_i(t) = \sum_{j=i}^m n_{ij}(t) \quad (2)$$

P_{ij} = probabilitas perpindahan dari *state* i ke *state* j .

T = jumlah periode pengamatan.

$n_{ij}(t)$ = jumlah perpindahan dari *state* i ke *state* j selama periode t .

$n_i(t)$ = jumlah *state* i pada periode t .

m = jumlah *state*.

Berdasarkan Definisi 1 maka probabilitas transisi dapat dinyatakan dalam bentuk Matriks.

$$P = \begin{matrix} & \text{State} & 0 & 1 & \dots & m \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ m \end{matrix} & \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & \dots & P_{0m} \\ P_{10} & P_{11} & \dots & P_{1m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{m0} & P_{m1} & \dots & P_{mm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3)$$

dengan syarat:

$0 < P_{ij} < 1$ untuk semua i dan j .

$\sum_{j=0}^m P_{ij} = 1$ untuk semua i .

Jika model Rantai Markov Matriks Probabilitas Transisi bersifat *Irreducible* dan Ergodik maka model tersebut mempunyai Peluang *Steady State*.

Definisi 2 (Hillier & Lieberman, 2008)

Rantai Markov dikatakan *Irreducible* jika hanya memiliki satu kelas komunikasi. Karena hanya memiliki satu kelas komunikasi maka semua *state* saling berkomunikasi. Jika terdapat *state* yang tidak berkomunikasi dengan *state* lainnya dan memiliki lebih dari satu kelas komunikasi maka Rantai Markov tersebut bersifat *reducible*.

Definisi 2.20 (Grimmett & Stirzaker, 2001)

Rantai Markov yang bersifat *recurrent*, *positive recurrent* dan aperiodik disebut sebagai ergodik.

e. Persamaan Chapman Kolmogorov.

Persamaan Chapman Kolmogorov adalah suatu metode yang digunakan untuk mencari perpindahan suatu keadaan i ke keadaan j sebanyak $n - step$ sehingga didapatkan keadaan m setelah $k - step$ (Haberman, S & Pitacco, 1967).

Teorema 1 (Ross, 1998)

$$P_{ij}^{n+m} = \sum_{k=0}^{\infty} P_{ik}^n P_{kj}^m \quad (4)$$

Untuk $n, m = 0, 1, 2, \dots$ dan $i, j \geq 0$

Jika P^n menyatakan matriks peluang transisi P_{ij}^n maka didapatkan $P^{n+m} = P^n P^m$ Jadi $P^2 = P^{(1+1)} = P P = P^2$ Sehingga Didapatkan bentuk umum $P^n = P^{n-1+1} = P^{n-1} P = P^{n-2} P^2 = \dots = P^{n-n} P^n = P^n$

Sehingga matriks transisi $n-step$ bisa ditentukan dengan mengalikan matriks P dengan dirinya sendiri sebanyak n kali. Proses perkalian matriks probabilitas transisi sampai $n - step$ hingga $state j$ tidak bergantung lagi pada $state i$ maka proses tersebut sudah mencapai titik ekuilibrium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

2.1 Data dan Model Rantai Markov

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data perubahan indeks harga saham sektor energi. Saham sektor energi terdiri dari berbagai jenis saham dan saham yang digunakan dalam penelitian ini adalah saham Bayan Resources Tbk (BYAN) yang merupakan jenis saham sektor energi yang tergolong *go public* di tahun 2022. Perubahan indeks harga saham yang sudah terjadi di kategorikan ke dalam lima *state* dan pengkategorian dari masing-masing *state* dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. State Saham Sektor Energi

NO	Nama State	Rentang Persentase	Simbol
1	Naik Drastis	$[x \geq 5\%]$	0
2	Naik	$[0\% < x < 5\%]$	1
3	Tetap	$[x = 0\%]$	2
4	Turun	$[-5\% < x < 0\%]$	3
5	Turun drastis	$[x \leq -5\%]$	4

Setelah penentuan *state* maka matriks probabilitas transisi Rantai Markov akan berbentuk sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & P_{03} & P_{04} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{30} & P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \\ P_{40} & P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} \end{bmatrix}$$

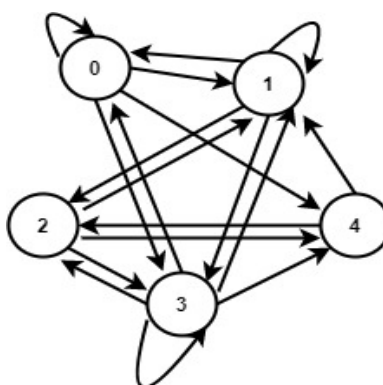
Setelah itu, berdasarkan persamaan 1 maka akan dicari P_{ij} untuk $i = 0, 1, 2, 3, 4$ dan $j = 0, 1, 2, 3, 4$. Setelah dilakukan analisis data maka didapatkan interaksi antar state sebagai berikut:

Table 2. Interaksi Antar State

State	0	1	2	3	4
0	2	6	0	1	1
1	7	25	7	23	0
2	0	8	0	3	1
3	1	21	3	12	2
4	0	3	1	0	0

Sehingga dari Tabel 2 didapatkan matriks probabilitas transisi Rantai Markov saham Bayan Resources Tbk (BYAN) adalah sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} 0,2 & 0,6 & 0 & 0,1 & 0,1 \\ 0,1129 & 0,4032 & 0,1129 & 0,3710 & 0 \\ 0 & 0,6667 & 0 & 0,25 & 0,8333 \\ 0,0256 & 0,5385 & 0,0769 & 0,3077 & 0,0513 \\ 0 & 0,75 & 0,25 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



Gambar 1. Interaksi Saham BYAN

Pembuktian Irreducible

Gambar 1 menunjukkan bahwa matriks probabilitas transisi saham BYAN mempunyai satu kelas komunikasi yaitu $\{0, 1, 2, 3, 4\}$ maka akan dibuktikan bahwa setiap state $0 \leftrightarrow 1, 1 \leftrightarrow 2, 2 \leftrightarrow 3, 3 \leftrightarrow 4$ saling berkomunikasi.

$0 \leftrightarrow 1$ saling berkomunikasi jika $0 \rightarrow 1$ dan $1 \rightarrow 0$ dapat diakses:

Untuk $0 \rightarrow 1$ $P_{01}^1 = 0,2 > 0$ maka dapat diakses

Untuk $1 \rightarrow 0$ $P_{10}^1 = 0,1129 > 0$ maka dapat diakses

Karena $0 \rightarrow 1$ dan $1 \rightarrow 0$ dapat diakses maka $0 \leftrightarrow 1$ saling berkomunikasi.

$1 \leftrightarrow 2$ saling berkomunikasi jika $1 \rightarrow 2$ dan $2 \rightarrow 1$ dapat diakses

Untuk $1 \rightarrow 2$ $P_{12}^1 = 0,1129 > 0$ maka dapat diakses

Untuk $2 \rightarrow 1$ $P_{21}^1 = 0,6667 > 0$ maka dapat diakses

Karena $1 \rightarrow 2$ dan $2 \rightarrow 1$ dapat diakses maka $1 \leftrightarrow 2$ saling berkomunikasi

$2 \leftrightarrow 3$ saling berkomunikasi jika $2 \rightarrow 3$ dan $3 \rightarrow 2$ dapat diakses

Untuk $2 \rightarrow 3$ $P_{23}^1 = 0,25 > 0$ maka dapat diakses

Untuk $3 \rightarrow 2$ $P_{32}^1 = 0,0769 > 0$ maka dapat diakses

Karena $2 \rightarrow 3$ dan $3 \rightarrow 2$ dapat diakses maka $2 \leftrightarrow 3$ saling berkomunikasi.

$3 \leftrightarrow 4$ saling berkomunikasi jika $3 \rightarrow 4$ dan $4 \rightarrow 3$ dapat diakses

Untuk $3 \rightarrow 4$ $P_{34}^1 = 0,0513 > 0$ maka dapat diakses

Untuk $4 \rightarrow 3$ $P_{43}^1 = 0$ maka tidak dapat diakses pada 1 –langkah

$$\begin{aligned} P_{43}^2 &= P_{40}P_{03} + P_{41}P_{13} + P_{42}P_{23} + P_{43}P_{33} + P_{44}P_{43} \\ &= 0(0,75)(0,3710) + (0,25)(0,25) + 0 + 0 \\ &= 0,3407 > 0 \text{ maka dapat diakses pada 2 –langkah} \end{aligned}$$

Karena $3 \rightarrow 4$ dan $4 \rightarrow 3$ dapat diakses maka $3 \leftrightarrow 4$ saling berkomunikasi

Matriks probabilitas transisi Rantai Markov Saham BYAN terbukti hanya mempunyai satu kelas komunikasi yaitu $\{0, 1, 2, 3, 4\}$ dan $state\ 0 \leftrightarrow 1, 1 \leftrightarrow 2, 2 \leftrightarrow 3, 3 \leftrightarrow 4$ saling berkomunikasi maka semua $state$ pada matriks probabilitas transisi Rantai Markov saham BYAN saling berkomunikasi. Sehingga terbukti, matriks probabilitas transisi Rantai Markov saham BYAN bersifat *irreducible*.

Pembuktian Ergodik

Pada Gambar 1 $state\ 0$ dapat di kunjungi sebanyak tak hingga kali yaitu $0 \rightarrow 0, 0 \rightarrow 1 \rightarrow 0, 0 \rightarrow 1 \rightarrow 1 \rightarrow 1 \rightarrow 0, 0 \rightarrow 1 \rightarrow 0 \rightarrow 0, 0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 0, \dots\dots\dots$ maka $state\ 0$ mempunyai sifat *recurrent*. Dalam Rantai Markov yang mempunyai $state$ hingga, suatu $state$ yang *recurrent* adalah *positive recurrent* sehingga $state\ 0$ bersifat *positive recurrent*. Periode yang dihasilkan dari $state\ 0$ adalah

$$d(0) = \text{gcd}\{1, 2, 3, 4, 5 \dots\} = 1.$$

$State\ 0$ berada dikelas yang sama dengan $state\ 1, state\ 2, state\ 3$ dan $state\ 4$ maka ke lima $state$ tersebut mempunyai sifat yang sama yaitu *Positive recurrent* dan masing-masing $state$ juga bersifat aperiodik karena mempunyai periode yang sama yaitu 1. Oleh karena itu, karena matriks probabilitas transisi saham BYAN mempunyai sifat *recurrent, positive recurrent*, dan aperiodik maka terbukti bersifat ergodik.

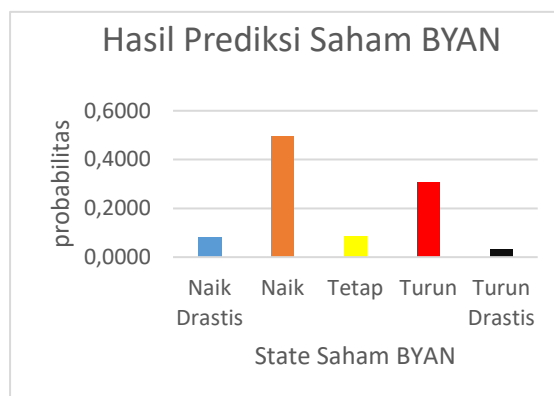
Hasil pembuktian menunjukkan bahwa saham BYAN terbukti bersifat *Irreducible* dan Ergodik sehingga dapat dipastikan bahwa saham BYAN mempunyai peluang *steady state*.

2.2 Hasil Prediksi

Berdasarkan Persamaan 4 maka diprediksi model Matriks probabilitas transisi Rantai Markov saham BYAN adalah sebagai berikut:
Bayan Resources Tbk (BYAN).

$$\begin{aligned} P^2 &= PP \\ &= \begin{bmatrix} 0,1103 & 0,4908 & 0,1004 & 0,2734 & 0,0251 \\ 0,0776 & 0,5054 & 0,0741 & 0,3032 & 0,0397 \\ 0,0817 & 0,4659 & 0,1153 & 0,3242 & 0,0128 \\ 0,0738 & 0,4879 & 0,0973 & 0,3162 & 0,0248 \\ 0,0847 & 0,4691 & 0,0847 & 0,3408 & 0,0208 \end{bmatrix} \\ P^3 &= P^2P \\ &= \begin{bmatrix} 0,0845 & 0,4971 & 0,0827 & 0,3023 & 0,0334 \\ 0,0803 & 0,4928 & 0,0903 & 0,3071 & 0,0295 \\ 0,0772 & 0,4980 & 0,0807 & 0,3096 & 0,0344 \\ 0,0779 & 0,4947 & 0,0856 & 0,3100 & 0,0317 \\ 0,0786 & 0,4955 & 0,0844 & 0,3085 & 0,033 \end{bmatrix} \\ &\vdots \\ P^7 &= P^6P \\ &= \begin{bmatrix} 0,0796 & 0,4943 & 0,0872 & 0,3079 & 0,0310 \\ 0,0796 & 0,4943 & 0,0872 & 0,3079 & 0,0310 \\ 0,0796 & 0,4943 & 0,0872 & 0,3079 & 0,0310 \\ 0,0796 & 0,4943 & 0,0872 & 0,3079 & 0,0310 \\ 0,0796 & 0,4943 & 0,0872 & 0,3079 & 0,0310 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan, saham BYAN mencapai titik ekuilibrium pada periode periode ke-7. Jika divisualisasikan dalam bentuk diagram maka hasil prediksi saham BYAN adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Hasil Prediksi Saham BYAN

Sehingga berdasarkan hasil yang didapat maka diprediksi indeks harga saham sektor energi saham Bayan Resources Tbk (BYAN) dan PT Prima Andalan Mandiri Tbk (MCOL) dimasa yang akan datang menunjukkan bahwa peluang naik drastis saham BYAN adalah 0,0796 atau 7,96%. peluang naik saham BYAN adalah 0,4943 atau 49,43%. peluang tetap saham BYAN adalah 0,0872 atau 8,72%. peluang turun saham BYAN adalah 0,3079 atau 30,79%. Dan peluang turun drastis saham BYAN adalah 0,0310 atau 3,10%.

SIMPULAN

Simpulan

Dari hasil pemodelan perubahan indeks saham sektor energi menggunakan Rantai Markov dan perhitungan nilai prediksi menggunakan persamaan Chapman Kolmogorov maka dapat disimpulkan bahwa Saham PT Bayan Resources Tbk (BYAN) diprediksi peluang naik drastis adalah 7,96% dan peluang naiknya adalah 49,43%, peluang tetapnya adalah 8,72%, peluang turunnya adalah 30,79%, dan peluang turun drastisnya adalah 3,10%. Disarankan untuk peneliti selanjutnya menggunakan data historis yang lebih dari 1 tahun serta melakukan prediksi dan analisis pada saham yang bergerak di sektor lain atau melakukan prediksi dan analisis pada produk pasar modal selain saham.

DAFTAR PUSTAKA

- Agbam, A. S., & Udo, E. O. (2020). Application of Markov Chain (MC) Model to the Stochastic Forecasting of Stocks Prices in Nigeria: The Case Study of Dangote Cement. *International Journal of Applied Science and Mathematical Theory*, 6(1), 14–33.
- Anton, H., & Rorres, C. (2014). *Elementary Linear Algebra* (11th ed.). Florida: John Wiley & Sons, Inc.
- Doubleday, K. J., & Esunge, J. N. (2011). Application of Markov chains to stock trends. *Journal of Mathematics and Statistics*, 7(2), 103–106. <https://doi.org/10.3844/jmssp.2011.103.106>
- Grimmett, G., & Stirzaker, D. (2001). *Probability and Random Processes* (3rd ed). New York: Oxford University press.
- Haberman, S & Pitacco, E. (1967). *Actuarial Models for Disability Insurance* (1st ed). London: Chapman & Hall.
- Handayani, L., & Adri, M. (2015). Penerapan JST (Backpropagation) untuk Prediksi Curah Hujan (Studi Kasus: Kota Pekanbaru). *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi Dan Industri (SNTIKI) 7, November*, 238–247.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2008). *Introduction to Operations Research* (9rd ed). New York: Mcgraw Hill.

- Oktaviyani, Dwijanto, & S. (2018). Optimasi Penjadwalan Produksi Dan Perencanaan Persediaan Bahan Baku Menggunakan Rantai Markov (Studi Kasus Kinken Cake & Bakery Kutoarjo). *UNNES Journal of Mathematics*, 7(2), 165–180.
- Padi, T. R., Dar, G. F., & Rekha, S. (2022). Stock Market Trend Analysis and Prediction using Markov Chain Approach in the Context of Indian Stock Market. *IOSR Journal of Mathematics*, 18(4), 40–45. <https://doi.org/10.9790/5728-1804014048>
- Purwanti, T. (2022). Jumlah Investor Aktif di Pasar Modal RI. *CNBC Indonesia*. <https://www.cnbcindonesia.com/market/20220628200623-17-351201/jumlah-investor-pasar-modal-ri-9-juta-berapa-yang-aktif>
- Ross, S. M. (1998). *Introduction to Probability Models* (10th ed). California: Academic Press is an imprint of Elsevier
<https://doi.org/10.2307/2669658>
- Vasanthi, D., Subha, D., & Nambi, M. (2011). an Empirical Study on Stock Index Trend Prediction Using Markov Chain Analysis. *Journal of Banking Financial ...*, 1(1), 72–91. [http://www.skirec.com/images/download/JBFSIR/JBFSIR APRIL 1 _ 2011_ ABSTRACTS/5 s vasanthi Paper.pdf](http://www.skirec.com/images/download/JBFSIR/JBFSIR%20APRIL%201%20_2011_ABSTRACTS/5%20s%20vasanthi%20Paper.pdf)
- Yavuz, M. (2018). A Markov chain analysis for BIST participation index. *Balikesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 1–8. <https://doi.org/10.25092/baunfbed.433310>