

**OPTIMASI ESTIMASI PARAMETER REGRESI COX *TIME-DEPENDENT*
VARIABLES MENGGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION*
(STUDI KASUS: ANALISIS *SURVIVAL* SAHAM PADA INDEKS LQ45)**



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika

Oleh:

Felicitia Ifianasa Lathifah

NIM. 2106715

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

LEMBAR HAK CIPTA

**OPTIMASI ESTIMASI PARAMETER REGRESI COX *TIME-DEPENDENT*
VARIABLES MENGGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION*
(STUDI KASUS: ANALISIS *SURVIVAL* SAHAM PADA INDEKS LQ45)**

Oleh
Felicitia Ifianasa Lathifah

Diajukan untuk memnuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika
pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Felicitia Ifianasa Lathifah 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian dengan dicetak ulang,
difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

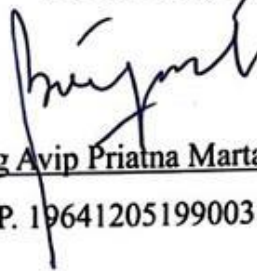
LEMBAR PENGESAHAN

FELICITIA IFIANASA LATHIFAH

OPTIMASI ESTIMASI PARAMETER REGRESI *COX TIME-DEPENDENT* *VARIABLES* MENGGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (STUDI KASUS: ANALISIS *SURVIVAL* SAHAM PADA INDEKS LQ45)

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Dr. Bambang Avip Priatna Martadiputra, M.Si.

NIP. 196412051990031001

Pembimbing II



Fitriani Agustina, S.Si., M.Si.

NIP. 198108142005012001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.

NIP. 198207282005012001

ABSTRAK

Pasar modal adalah instrumen keuangan penting bagi perusahaan dengan indeks LQ45 sebagai acuan 45 saham paling likuid dan berkapitalisasi besar di Indonesia. Status keanggotaan LQ45 membawa dampak signifikan, seperti meningkatkan daya tarik investor dan nilai transaksi. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi durasi sebuah saham bertahan di indeks, baik untuk stabilitas portofolio investor maupun reputasi perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi probabilitas kelangsungan hidup emiten yang terdaftar di indeks LQ45. Menggunakan *survival analysis*, penelitian ini memodelkan risiko *event* (keluarnya emiten dari indeks) berdasarkan rasio keuangan terpilih dan metrik nilai pasar dengan mempertimbangkan efek yang berubah seiring waktu (*time-dependent variables*). Estimasi parameter model dilakukan menggunakan algoritma optimasi *Particle Swarm Optimization* (PSO). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio DAR (HR = 1,94) dan GPM (HR = 1,98) secara signifikan meningkatkan risiko kegagalan, sementara rasio DER (HR = 0,43), OCF (HR = 0,10), dan MC (HR = 0,05) secara signifikan berfungsi sebagai faktor perlindungan yang menurunkan risiko. Penelitian ini juga menemukan tantangan metodologis berupa stagnasi algoritma PSO saat mengoptimasi fungsi *log-likelihood* yang cenderung datar. Oleh karena itu, disarankan bagi penelitian selanjutnya untuk menguji algoritma optimasi lain dan memperluas periode observasi untuk mendapatkan hasil yang lebih stabil.

Kata Kunci: Analisis *Survival*, *Hazard Ratio*, Indeks LQ45, *Particle Swarm Optimization*, Rasio Keuangan, *Time-Dependent Variables*.

ABSTRACT

The capital market is a vital financial instrument for companies, with the LQ45 index serving as a key benchmark for the 45 most liquid and largest-capitalized stocks in Indonesia. Membership in the LQ45 index has a significant impact, such as increasing investor appeal and transaction value. Therefore, it is important to analyze the factors influencing a stock's duration within the index, both for investor portfolio stability and for a company's reputation. This study aimed to analyze the factors affecting the survival probability of issuers listed on the LQ45 Index. Using survival analysis, the research modeled the risk of an event (the delisting of an issuer from the index) based on selected financial ratios and market value metrics while considering time-dependent effects. The model's parameters were estimated using the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm. The results show that the DAR ratio ($HR = 1.94$) and GPM ratio ($HR = 1.98$) significantly increase the risk of failure, whereas the DER ratio ($HR = 0.43$), OCF ratio ($HR = 0.10$), and MC ratio ($HR = 0.05$) serve as significant protective factors that reduce risk. The study also found a methodological challenge in the form of PSO algorithm stagnation when optimizing the log-likelihood function. Therefore, it is suggested that future research test other optimization algorithms and extend the observation period to obtain more stable results.

Keywords: *Financial Ratios, LQ45 Index, Hazard Ratio, Particle Swarm Optimization, Survival Analysis, Time-Dependent Variables.*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Analisis <i>Survival</i>	6
2.2. Data Tersensor	6
2.3. Fungsi-Fungsi dalam Analisis <i>Survival</i>	7
2.3.1. Fungsi Densitas	7
2.3.2. Fungsi Distribusi Kumulatif.....	7
2.3.3. Fungsi <i>Survival</i> (Fungsi Kelangsungan Hidup)	8

2.3.4. Fungsi <i>Hazard</i> (Fungsi Kegagalan).....	8
2.4. Kurva <i>Survival</i> Kaplan-Meier.....	8
2.5. Uji Log-Rank	9
2.6. Model Cox <i>Proportional Hazard</i> (Cox PH)	10
2.7. Uji Asumsi Proportional Hazard.....	11
2.7.1. Pendekatan Grafik	11
2.7.2. Uji <i>Goodness of Fit</i>	12
2.7.3. Pendekatan <i>Time-Dependent Variables</i>	12
2.8. Estimasi Parameter <i>Maximum Partial Likelihood Estimation</i> (MPLE)	13
2.9. Uji Signifikansi Parameter	14
2.9.1. Uji Maximum Likelihood Ratio	15
2.9.2. Uji Wald	15
2.10. <i>Hazard Ratio</i>	16
2.11. Model <i>Extended Cox</i> untuk <i>Time-Dependent Variables</i>	17
2.12. <i>Particle Swarm Optimization</i>	19
2.13. Indeks Saham LQ45.....	22
2.14. Klasifikasi Perusahaan Tercatat	22
2.15. Rasio Keuangan	24
2.15.2. Rasio Solvabilitas.....	26
2.15.3. Rasio Profitabilitas	26
2.15.4. Rasio Aktivitas	26
2.15.5. Rasio Arus Kas	27
BAB III METODE PENELITIAN	28

3.1. Jenis Penelitian.....	28
3.2. Jenis Sumber Data.....	28
3.3. Variabel Penelitian.....	28
3.4. Tahapan Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1. Gambaran Umum Data	40
4.2. Analisis Statistika Deskriptif	46
4.3. Uji Multikolinearitas	49
4.4. Analisis Kurva Kaplan Meier dan Uji Log-Rank	52
4.5. Pengujian Asumsi <i>Proportional Hazard</i>	54
4.6. Formulasi Regresi Cox <i>Time-Dependent</i> dan Seleksi Variabel.....	56
4.7. Optimasi Parameter Model Final dengan <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO).....	60
4.8. <i>Hazard Ratio</i> dan Interpretasi Model.....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Pendekatan Grafik	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	38
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	39
Gambar 4.1 Distribusi Proporsi Sektor Perusahaan di Indeks LQ45 (Periode 2022-1)	45
Gambar 4.2 Matriks Korelasi Antarvariabel Bebas	50
Gambar 4.3 Kurva Survival Kaplan-Meier untuk Saham pada Indeks LQ45 (Periode 2022-1 s.d. 2024-2)	52
Gambar 4.4 Kurva Survival Kaplan-Meier berdasarkan Sektor Perusahaan.....	53
Gambar 4.5 Kode Program Fungsi Objektif.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variabel dalam Penelitian.....	34
Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian	35
Tabel 4.1 Daftar Saham pada Indeks LQ45 (Periode 2022-1).....	40
Tabel 4.2 Data Awal Penelitian	42
Tabel 4.3 Data Waktu Survival Saham pada Indeks LQ45 (Periode 2022–2024).....	43
Tabel 4.4 Distribusi Jumlah Saham pada Indeks LQ45 berdasarkan Waktu Survival (Periode 2022–2024).....	44
Tabel 4.5 Statistika Deskriptif untuk Variabel dalam Penelitian.....	47
Tabel 4.6 Hasil Uji VIF	51
Tabel 4.7 Hasil Uji Log-Rank berdasarkan Sektor Perusahaan	54
Tabel 4.8 Hasil Uji Goodness of Fit.....	54
Tabel 4.9 Hasil Transformasi Variabel Time-Dependent	55
Tabel 4.10 Hasil Standardisasi Data	56
Tabel 4.11 Hasil Uji Likelihood Ratio Model Awal.....	57
Tabel 4.12 Hasil Uji Wald Model Awal	58
Tabel 4.13 Hasil Seleksi Variabel dengan Backward Elimination.....	59
Tabel 4.14 Hasil Uji Likelihood Ratio Model Final	59
Tabel 4.15 Estimasi Parameter Model Final (Newton-Raphson)	60
Tabel 4.16 Hasil Uji Hyperparameter PSO untuk Train Data.....	61
Tabel 4.17 Hasil Estimasi Parameter untuk Model Final.....	63
Tabel 4.18 Perbandingan Hasil Metode PSO dan Newton-Raphson untuk Model Final	64
Tabel 4.19 Nilai Hazard Ratio untuk Model Final.....	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Saham pada Indeks LQ45 Periode 2022 s.d. 2024	75
Lampiran 2. Data Waktu Survival Saham pada Indeks LQ45 (Periode 2022–2024)	80

DAFTAR PUSTAKA

- Abualigah, L. (2025). Particle Swarm Optimization: Advances, Applications, and Experimental Insights. *Computers, Materials and Continua*, 82(2), 1539-1592. doi:10.32604/cmc.2025.060765
- Aliviando, M. (2022). Pengaruh Rasio Likuiditas, Rasio Solvabilitas dan Profitabilitas Terhadap Harga Saham (Studi Kasus Pada Perusahaan Yang Terdaftar di LQ45 Bursa Efek Indonesia Periode 2018 - 2020).
- Arianthi, P. M. (2025). Analisis Survival Saham Pada Indeks IDX30 Menggunakan Regresi Cox Time Dependent Covariates. Diambil kembali dari <https://repository.its.ac.id/116287/>
- Budastara, M. A. (2023). Rasio Keuangan dan Harga Saham: Bukti Empiris dari Indonesia. *JAIM: Jurnal Akuntansi Manado*, 4(1), 38-51.
- Bursa Efek Indonesia. (2021, Januari 25). *IDX Industrial Classification - Perusahaan Tercatat di Bursa Efek Indonesia*. Dipetik 7 2, 2025, dari IDX Go Public: https://gopublic.idx.co.id/media/1401/daftar-sektor_web-go-public_id.pdf
- Bursa Efek Indonesia. (2024, Maret 27). *Panduan dan Metodologi Indeks IDX80, LQ45 dan IDX30*. Diambil kembali dari Bursa Efek Indonesia: <https://www.idx.co.id/media/3lvd1yk1/lampiran-panduan-metodologi-indeks-idx80-lq45-dan-idx30.pdf>
- Cook, R. J., & Lawless, J. F. (2007). *The Statistical Analysis of Recurrent Events*. Springer.
- Cox, D. R. (1972). Regression Models and Life-Tables. *Journal of the Royal Statisttical Society: Series B (Methodological)*, 187-220.
- Ernawati, Y., & Purwaningsih, E. (2022). Pengaruh Total Arus Kas, Debt to Equity Ratio, dan Return on Assets terhadap Harga Saham. *Jurnal Ilmiah MEA (Manajemen, Ekonomi, dan Akuntansi)*, 6(2), 1708-1726.
- Fabozzi, F. J., Modigliani, F., & Jones, F. J. (2019). *Foundations of Financial Markets and Institutions*. London: MIT Press.

- Fajrin, N. A., & Ahmad, I. S. (2022). Pemodelan Ketahanan Emiten Indeks Lq45 Menggunakan Metode Bayesian Cox Proportional Hazard. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 11(6), D427-D432. Diambil kembali dari <https://repository.its.ac.id/115822/>
- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Twenty-Eighth Annual Meeting of the American Finance Association New York*. 25, hal. 384-417. New York: Wiley. doi:doi.org/10.2307/2325486
- Gujarati, D. N. (2004). *Basic Econometrics*. New York: McGraw-Hill .
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data Mining: Concepts and Techniques* (3rd ed.). Waltham: Morgan Kaufmann (Elsevier).
- Harahap, S. S. (2018). *Analisis Kritis atas Laporan Keuangan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Hosmer, D., Lemeshow, S., & May, S. (2008). *Applied Survival Analysis: Regression Modelling of Time-to-Event Data*. John Wiley & Sons, Inc.
- Kalbfleisch, J. D., & Prentice, R. L. (2002). *The Statistical Analysis of Failure Time Data* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Kasmir. (2019). *Analisis Laporan Keuangan*. Depok: Rajawali Pers.
- Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995). Particle Swarm Optimization. *ICNN'95 - International Conference on Neural Networks*, (hal. 1942-1948). Perth. doi:10.1109/ICNN.1995.488968
- Klein, J. P., & Moeschberger, M. L. (2003). *Survival Analysis: Techniques for Censored and Truncated Data* (2nd ed.). New York: Springer Science & Business Media.
- Kleinbaum, D. G., & Klein, M. (2012). *Survival Analysis: A Self-Learning Text* (3rd ed.). New York: Springer.
- Kurniawan, R., & Nursiam. (2025). Pengaruh Likuiditas, Profitabilitas, Dan Solvabilitas terhadap Harga Saham (Studi Empiris pada perusahaan LQ45 yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia pada tahun 2020-2022). *Community Engagement & Emergence Journal*, VI(1), 302-316.
- Le, C. T. (1997). *Applied Survival Analysis*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

- Lee, E. T., & Wang, J. W. (2003). *Statistical Methods for Survival Data Analysis* (3rd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Mardhiah, K., Wan-Arfah, N., Naing, N. N., Hassan, M. R., & Keat-Chan, H. (2022). Comparison of Cox proportional hazards model, Cox proportional hazards with time-varying coefficients model, and lognormal accelerated failure time model: Application in time to event analysis of melioidosis patients. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 15(3), 128-134. doi:10.4103/1995-7645.340568
- Park, J., Shao, S., & Wong, W. K. (2024). *Particle swarm optimization with Applications to Maximum Likelihood Estimation and Penalized Negative Binomial Regression*. Los Angeles: University of California.
- Putri, N. S. (2024). Perbandingan Metode Analisis Survival dengan Pendekatan Parametrik, Semiparametrik, dan Random Survival Forest dalam Menganalisis Ketahanan Perusahaan Terdaftar di Indeks LQ45. Diambil kembali dari <https://repository.its.ac.id/110372/>
- Putri, R. S., & Hendriyani, R. M. (2024). Pengaruh Rasio Profitabilitas Terhadap Harga Saham Entitas Perbankan Yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia Tahun 2019 - 2022. *JRAK (Jurnal Riset Akuntansi Dan Bisnis)*, 10(2), 204-211. doi:doi.org/10.38204/jrak.v10i2.1918
- Rani, K. S., & Diantini, N. N. (2015). Pengaruh Kinerja Keuangan Perusahaan terhadap Harga Saham dalam Indeks LQ45 di BEI. *E-Jurnal Manajemen Unud*, 1504-1524.
- Rondonuwu, D. I., & Kalangi, J. B. (2020). The Effect Analysis of Stock Market and Stock's Financial Indicators to In/Out Shares in LQ-45 Index. *Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, 8(4), 278-287. doi:10.35794/emba.v8i4.30761
- Ross, S. A. (1977). The Determination of Financial Structure: The Incentive-Signalling Approach. *The Bell Journal of Economics*, 8(1), 23-40. doi:doi.org/10.2307/3003485

- Ross, S. A., Westerfield, R. W., & Jordan, B. D. (2024). *Fundamentals of Corporate Finance*. New York: McGraw Hill.
- Spence, M. (1973). Job Market Signaling. *The Quarterly Journal of Economic*, 87(3), 355-374.
- Statman, M. (1998). What Do Investors Want? *Journal of Portfolio Management*, 24(2), 7-19.
- Subramanyam, K. R. (2014). *Financial Statement Analysis*. New York: McGraw-Hill Education.
- Sutapa, I. N. (2018). Pengaruh Rasio dan Kinerja Keuangan terhadap Harga Saham pada Indeks LQ45 di Bursa Efek Indonesia (BEI) Periode 2015-2016. *KRISNA: Kumpulan Riset Akuntansi*, IX(2), 11-19. doi:doi.org/10.22225/kr.9.2.2018.11-19
- Therneau, T. M., & Grambsch, P. M. (2000). *Modelling Survival Data: Extending the Cox Model*. (1st, Penyunt.) New York: Springer Science+Business Media. doi:10.1007/978-1-4757-3294-8
- Tuegeh, M., Soeprijanto, & Purnomo, M. H. (2009). Modified Improved Particle Swarm Optimization for Optimal Generator Scheduling. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*. Yogyakarta.