

**MODEL REGRESI *COX PROPORTIONAL* HAZARD BERDISTRIBUSI
RAYLEIGH DENGAN FUNGSI SPASIAL GEOSTATISTIK UNTUK
PERHITUNGAN PREMI ASURANSI JIWA**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar sarjana Matematika



Disusun oleh:

Muhamad Alyas

NIM. 2009123

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

2024

LEMBAR HAK CIPTA

**MODEL REGRESI *COX PROPORTIONAL HAZARD* BERDISTRIBUSI
RAYLEIGH DENGAN FUNGSI SPASIAL GEOSTATISTIK UNTUK
PERHITUNGAN PREMI ASURANSI JIWA**

Oleh

Muhamad Alyas

2009123

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Matematika pada
Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

©Muhamad Alyas 2024

Universitas Pendidikan Indonesia

April 2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

MUHAMAD ALYAS

MODEL REGRESI *COX PROPORTIONAL HAZARD* BERDISTRIBUSI
RAYLEIGH DENGAN FUNGSI SPASIAL GEOSTATISTIK UNTUK
PERHITUNGAN PREMI ASURANSI JIWA

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing :

Pembimbing I,



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

NIP. 198108142005012001

Pembimbing II,

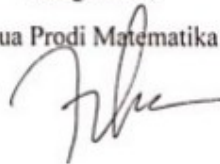


Dr. Bambang Ayip Priatna Martadiputra, M.Si.

NIP. 196412051990031001

Mengetahui,

Ketua Prodi Matematika



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

NIP. 199207282005012001

ABSTRAK

Perusahaan asuransi memiliki peranan penting dalam melindungi keuangan dan kesejahteraan finansial pemegang polis serta keluarganya. Salah satu tujuan perusahaan asuransi adalah memprediksi risiko sehingga dapat memberikan harga premi yang kompetitif kepada pemegang polis dengan risiko kecil, dan harga premi yang lebih tinggi kepada pemegang polis dengan risiko tinggi. Penerapan distribusi Rayleigh pada regresi *Cox Proportional Hazard* dapat digunakan untuk melihat bertahan hidup individu pada suatu wilayah tertentu dengan memperhatikan efek acak (*frailty*) spasial geostatistik. Estimasi nilai parameter diperoleh dari model log-likelihood dengan menggunakan metode Estimasi Maksimum Likelihood (MLE) dan dilanjutkan dengan metode optimisasi Newton-Raphson. Penelitian ini diterapkan khusus pada kasus AML di Barat Laut Inggris tahun 1982 hingga 1998. Faktor-faktor yang signifikan memengaruhi ketahanan hidup pemegang polis adalah usia, jenis kelamin, jumlah sel darah putih, dan tingkat ketidakmakmuran daerah. Hasil dari nilai premi asuransi jiwa menunjukkan bahwa model survival dengan efek acak spasial $\phi = 3$ cocok digunakan untuk pemegang polis dengan risiko kecil dan model survival dengan efek acak spasial $\phi = 1$ cocok digunakan untuk pemegang polis dengan risiko tinggi.

Kata Kunci: Distribusi Rayleigh, Regresi Cox Proportional Hazard, Spasial Geostatistik, Model Survival, Premi Asuransi Jiwa.

ABSTRACT

Insurance companies play a vital role in protecting the financial security and well-being of policyholders and their families. One of the goals of insurance companies is to predict risk to offer competitive premium rates to policyholders with low risk and higher premium rates to policyholders with high risk. The application of the Rayleigh distribution in Cox Proportional Hazard regression can be used to examine individual survival in a specific region, taking into account spatial geostatistical random effects (frailty). Parameter estimation values are derived from a log-likelihood model using the Maximum Likelihood Estimation (MLE) method, followed by the Newton-Raphson optimization method. This study is specifically applied to cases of AML in Northwest England from 1982 to 1998. Significant factors affecting policyholder survival include age, gender, white blood cell count, and the level of deprivation in the area. The results of life insurance premium values indicate that the survival model with spatial random effects $\phi = 3$ is suitable for policyholders with low risk, while the survival model with spatial random effects $\phi = 1$ is suitable for policyholders with high risk.

Keywords: *Rayleigh Distribution, Cox Proportional Hazard Regression, Spatial Geostatistics, Survival Model, Life Insurance Premiums.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Model Regresi *Cox Proportional Hazard* Berdistribusi Rayleigh dengan Fungsi Spasial Geostatistik untuk Perhitungan Premi Asuransi Jiwa” untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar sarjana Matematika di Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis berharap bahwa penelitian skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis ataupun bagi pembaca.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan motivasi, arahan, dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini. Bagi penulis, segala motivasi, arahan, dan dukungan sangat berarti dan bermanfaat. Semoga segala hal yang dikeluarkan semua pihak dapat dijadikan amal yang baik.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini jauh dari sempurna karena masih memiliki kekurangan baik dalam keterbatasan ilmu ataupun keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang dapat membangun agar skripsi ini dapat lebih baik.

Bandung, 26 April 2024



Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Teori Dasar Asuransi	6
2.2 Asuransi Jiwa	14
2.3 Data Spasial.....	15
2.4 Analisis Survival	19
2.5 Fungsi Survival.....	19
2.6 Fungsi Hazard.....	20
2.7 Regresi <i>Cox Proportional Hazard</i>	22
2.8 Pemodelan Spasial Geostatistik dalam Regresi <i>Cox Proportional Hazard</i>	22

2.9	Distribusi Rayleigh 2 parameter.....	24
2.10	Estimasi Maksimum Likelihood	26
2.11	Metode Newton Rapshon.....	27
2.12	Uji Signifikansi Parameter	30
2.13	Perhitungan Premi Asuransi Jiwa Berjangka n Tahun	30
2.14	Acute Myeloid Leukemia.....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		34
3.1	Jenis Sumber Data	34
3.2	Variabel Penelitian	34
3.3	Metode Analisis Data.....	36
3.4	Model Survival Spasial.....	36
3.5	Estimasi Parameter dengan Optimisasi Menggunakan Metode Maximum Likelihood.....	37
3.3.1	Menentukan Fungsi Likelihood dari Model Regresi Cox.....	37
3.3.2	Menentukan Fungsi log-Likelihood dari Model Regresi Cox	37
3.3.3	Menentukan Turunan Pertama Fungsi log-Likelihood terhadap Parameter β_k	38
3.3.4	Menentukan Turunan kedua Fungsi log-Likelihood terhadap Parameter β_k	39
3.6	Tahapan Penelitian	40
BAB IV PEMBAHASAN		43
4.1	Data	43
4.2	Analisis Statistika Deskriptif	44
4.3	Uji Distribusi Waktu Survival dengan <i>Anderson-Darling</i>	45
4.4	Efek Acak (Frailty) Data Geostatistik	45
4.5	Estimasi Parameter β_k	48
4.6	Uji Signifikansi Parameter dengan Uji Wald	52

4.7	Faktor-faktor yang memengaruhi ketahanan hidup (survival) penderita AML59	
4.8	Interpretasi Fungsi Survival dan Peluang Hidup Individu	63
4.9	Premi Asuransi Berjangka n-tahun	68
BAB V KESIMPULAN		72
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA		74
LAMPIRAN		78

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variabel kovariat Data sampel.....	35
Tabel 4. 1 Data Survival Penyakit AML di <i>Northwest England</i>	43
Tabel 4. 2 Statistika Deskriptif Variabel Prediktor	44
Tabel 4. 3 Persentase Jenis Kelamin Penderita	44
Tabel 4. 4 Uji Distribusi Waktu Survival	45
Tabel 4. 5 Statistika Deskriptif Waktu Survival Individu.....	45
Tabel 4. 6 Nilai Tebakan Awal Parameter.....	48
Tabel 4. 7 Nilai Estimasi Parameter Tanpa Frailty	49
Tabel 4. 8 Nilai Estimasi Dengan Frailty ($\sigma^2 = 1, \phi = 1$)	50
Tabel 4. 9 Nilai Estimasi Dengan Frailty ($\sigma^2 = 1, \phi = 3$)	51
Tabel 4. 10 Nilai AIC dari tiap model	62
Tabel 4. 11 Nilai Survival Dengan Frailty $\phi = 1$	65
Tabel 4. 12 Peluang Hidup Individu 5 Tahun Kedepan Dengan Frailty $\phi = 1$	66
Tabel 4. 13 Nilai Survival Dengan Frailty $\phi = 3$	67
Tabel 4. 14 Peluang Hidup Individu 5 Tahun Kedepan Dengan Frailty $\phi = 3$	67
Tabel 4. 15 Peluang Bertahan Hidup Individu Usia 20 tahun Tanpa Frailty...	69
Tabel 4. 16 Peluang Bertahan Hidup Individu Usia 20 tahun dengan frailty $\phi = 1$	69
Tabel 4. 17 Peluang Bertahan Hidup Individu Usia 20 tahun dengan frailty $\phi = 3$	70
Tabel 4. 18 Premi Asuransi Jiwa Berjangka 5 Tahun.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gambar Spasial Geostatistik	16
Gambar 2. 2 Gambar Spasial Areal	17
Gambar 2. 3 Gambar Data Spasial <i>Point pattern</i>	18
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	42
Gambar 4. 1 Plot Optimisasi Parameter ($\sigma^2 = 1, \phi = 1$)	50
Gambar 4. 2 Plot Optimisasi Parameter ($\sigma^2 = 1, \phi = 3$)	51
Gambar 4. 3 Grafik Peluang Hidup Individu Berusia 20 tahun tanpa frailty ..	65
Gambar 4. 4 Grafik Peluang Hidup Individu Berusia 20 tahun dengan frailty $\phi = 1$	66
Gambar 4. 5 Grafik Peluang Hidup Individu Berusia 20 tahun dengan frailty $\phi = 3$	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Syntax R Membangkitkan Frailty W_i data Geostatistik	78
Lampiran 2 Syntax R Estimasi Parameter Model Tanpa Frailty	79
Lampiran 3 Syntax R Estimasi Parameter Model Dengan Frailty $\phi = 1$	80
Lampiran 4 Syntax R Estimasi Parameter Model Dengan Frailty $\phi = 3$	82
Lampiran 5 Jarak Euclidian d Wilayah Individu	84
Lampiran 6 Matriks Kovariansi Z dengan $\sigma^2 = 1$ dan $\phi = 1$	85
Lampiran 7 Matriks Kovariansi Z dengan $\sigma^2 = 1$ dan $\phi = 3$	86
Lampiran 8 Vektor Nilai Frailty dengan $\sigma^2 = 1$ dan $\phi = 1$	87
Lampiran 9 Vektor Nilai Frailty dengan $\sigma^2 = 1$ dan $\phi = 3$	88
Lampiran 10 Fungsi Survival Tanpa Frailty	89
Lampiran 11 Fungsi Survival Dengan Frailty $\sigma^2 = 1$ dan $\phi = 1$	90
Lampiran 12 Fungsi Survival Dengan Frailty $\sigma^2 = 1$ dan $\phi = 3$	91

DAFTAR PUSTAKA

- Amalliyah, Nor., (2020). Analisis Cox Proportional hazard untuk Perhitungan Premi Asuransi Jiwa. FMIPA, Universitas Jember, Jawa Timur.
- Amron, (2018). *Prinsip Asuransi dan Strategi Pemasaran Hubungan*. Pustaka Magister, Demak, Jawa Tengah.
- Annisa, F.U., (2021). *Model Asuransi Jiwa dengan Regresi Cox Proportional Hazard Dipengaruhi oleh Fungsi Spasial Geostatistik*. Prodi Aktuaria S2, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Banerjee, S., Carlin, B. P., & Gelfand, A. E. (2003). *Hierarchical Modeling and Analysis for Spatial Data*. CRC Press, London.
- Chumaida, Z.V., (2013). *Risiko dalam Perjanjian Asuransi Jiwa*. Revka Petra Media, Surabaya.
- Cox, D.R. (1972). *Regression Models and Life Tables (with Discussion)*. Journal of the Royal Statistical Society: Series B, 34, 187-220.
- Cressie, N., Moores, M.T. (2021). Spatial Statistics. In: Daya Sagar, B.S., Cheng, Q., McKinley, J., Agterberg, F. (eds) Encyclopedia of Mathematical Geosciences. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-26050-7_31-1.
- Dukalang, H., (2019). *Analisis Regresi COX Proportional Hazard pada Pemodelan Waktu Tunggu Mendapatkan Pekerjaan*. Jurnal Matematika, 1(1), 36-42, Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam, IAIN Sultan Amai Gorontalo, Gorontalo. doi: <https://doi.org/10.34312/jjom.v1i1.1744>
- Fajarini, F.A., Fatekurohman, M., (2018). *Analisis Premi Asuransi Jiwa Menggunakan Model Cox Proportional Hazard*. Indonesian Journal of Applied Statistics, 1(2). FMIPA, Universitas Jember, Jawa Timur. doi:<https://doi.org/10.13057/ijas.v1i2.25280>.
- Fauzi, W., (2019). *Hukum Asuransi di Indonesia*. Andalas University Press, Padang.
- Ganie, A.J., (2011). *Hukum Asuransi Indonesia*. Sinar Grafika, Jakarta.

- Guntara, D., (2016). *Asuransi dan Ketentuan-Ketentuan yang Mengaturnya*. Jurnal Justisi Ilmu Hukum, 1(1). Universitas Buana Perjuangan Karawang
- Hermawan, T., dkk., (2019). *Estimasi Fungsi Survival dan Fungsi Hazard Kumulatif Pada Data Survival Penderita Multiple Myeloma Serta Faktor-faktor yang Mempengaruhi Waktu Survivalnya*. Jurnal Intersections, 4(2) Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan, Universitas Cokroaminoto Yogyakarta, Yogyakarta.
- Kleinbaum, D. G., & Klein, M. (2012). *Survival Analysis: A Self-Learning Text*. Springer.
- Maruddani, D.A.I., (2021). *Survival analysis*. UNDIP Press, Semarang.
- Maryam., (2018). *Estimasi parameter model analisis ketahanan (Survival) dengan data sensor tersembunyi menggunakan metode Newton-Raphson*. Fakultas Sains dan Teknologi, UIN SGD Bandung, Bandung.
- Mutiah, H.A., Purwadi, J., (2019). *Analisis Survival dengan Pendekatan Multivariate Adaptive Regression Splines pada Kasus Penyakit Ginjal Kronis*. Fakultas Sains dan Teknologi terapan, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Nuraya, W.J., Mutaqin, A.K., (2021). *Uji Kecocokan Distribusi Rayleigh Bivariat Menggunakan Uji Kolmogorov-Smirnov Bivariat pada Data Hasil Pertandingan Persib Bandung*. FPMIPA, Universitas Islam Bandung, Bandung, Jawa Barat.
doi:<https://doi.org/10.30598/PattimuraSci.2021.KNMXX.517-522>.
- Republik Indonesia, (2014). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 40 tahun 2014 tentang perasuransian*. Lembaran Negara RI, No.40, Sekretariat Negara. Jakarta.
- Rohmaniah, S.A., Chandra, N.E., (2018). *Perhitungan Premi Asuransi Jiwa Menggunakan Generalized Linear Mixed Models*. Jurnal Ilmiah teknoains, Universitas Islam Darul Ulum Lamongan, 4(2). Lamongan, Jawa Timur.
- Salim, Abbas (2003). *Asuransi dan Manajemen Resiko edisi ke-2*. PT. Rajagrafindo persada, Jakarta.

- Savitri, N.A., (2019). *Perlindungan Tertanggung pada Asuransi Jiwa Berdasarkan Undang-Undang No. 40 Tahun 2014 tentang Perasuransian*. Jurnal Hukum Magnum Opus, 2(2). Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya.
- Sembiring, S., (2014). *Hukum Asuransi*. Nuansa Aulia, Bandung.
- Simbolon, R.U., (2021). *Pendugaan Parameter Distribusi Rayleigh Menggunakan Metode Maximum Likelihood dan Metode Bayes pada Data Sensor Tipe II*. FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Sirait, Y.O., Manullang, S., (2021). *Analisis Survival Regresi Cox Proportional Hazard Lama Waktu Sembuh Pasien Covid-19 dengan Metode Efron R_{sud} Dr. Pirngadi Medan*. FMIPA, Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara. doi:<https://doi.org/10.24114/jmk.v7i3.32451>.
- Subagiyo, D.T., Salviana F.M., (2016). *Hukum Asuransi*. PT Revka Petra Media, Surabaya.
- Sudana, I.G.A., dkk., (2013). *Penerapan Regresi Cox Proportional Hazard untuk Menduga Faktor-Faktor yang Memengaruhi Lama Mencari Kerja*. Jurnal Matematika, 2(3), 7-10. FMIPA, Universitas Udayana, Jimbaran, Bali. doi:<https://doi.org/10.24843/MTK.2013.v02.i03.p041>
- Susilowati, E., dkk., (2020). *Pembelajaran Mesin: Teori dan Kasus*. Canting Mas Anyar, Yogyakarta.
- Syavitri, R., (2018). *Pemodelan Klaim Agregasi dengan Jumlah Klaim Berdistribusi Poisson dan Klaim Berdistribusi Rayleigh*. FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Vaupel, J.W., Manton, K.G., dan Stallard, E. (1979). *The Impact of Heterogeneity in Individual Frailty On The Dynamics of Mortality*. *Demography* (16)3. 439-454.
- Wasita, A., (2020). *Perlindungan Hukum Terhadap Pemegang Polis asuransi Jiwa*. Jurnal Business Economic, Communication, and Social Sciences, 2(1), 105-113. Universitas Bina Nusantara, Jakarta. doi:<https://doi.org/10.21512/becossjournal.v2i1.6131>

Wibowo, A.E., (2021). *Asuransi Jiwa Konvensional dan Syariah*. Gava Media, Yogyakarta.

Wikantari, M.A., (2014). *Asuransi Jiwa: Teori Dan Tantangan Perusahaan Asuransi Jiwa Di Indonesia*. Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta.