

**ESTIMASI PARAMETER MODEL REGRESI *COX PROPORTIONAL*
HAZARD MENGGUNAKAN METODE *EFRON* DAN *EXACT* TERHADAP
WAKTU KAMBUH PASIEN ENDOMETRIOSIS**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Matematika**



Oleh :

Mila Aprili Yanti

NIM.08011181722067

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

ESTIMASI PARAMETER MODEL REGRESI *COX PROPORTIONAL HAZARD* MENGGUNAKAN METODE *EFRON* DAN *EXACT* TERHADAP WAKTU KAMBUH PASIEN ENDOMETRIOSIS

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Matematika

Oleh

**MILA APRILI YANTI
NIM 08011181722067**

Indralaya, 31 Agustus 2021

Pembimbing Kedua

**Dra. Ning Elivati, M.Pd
NIP. 195911201991022001**

Pembimbing Utama

**Sri Indra Maiyanti, M.Si
NIP. 197207042000032001**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika**

**Drs. Sugandi Yalidin, M.M
NIP. 195807271986031003**

LEMBAR PERSEMBAHAN

Motto :

**“ Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan
kesanggupannya “**

(QS Al-Baqarah:286)

Skripsi ini kupersembahkan kepada :

- 1. Allah SWT**
- 2. Nabi Muhammad SAW**
- 3. Kedua Orang Tua serta Adik-adikku**
- 4. Keluarga besarku**
- 5. Semua Dosen dan Guruku**
- 6. Sahabat dan Orang terdekat**
- 7. Almamaterku**

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur atas segala rahmat dan karunia Allah Subhanahu Wa Ta'ala, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Estimasi Parameter Model Regresi *Cox Proportional Hazard* Menggunakan Metode *Efron* dan *Exact* Terhadap Waktu Kambuh Pasien Endometriosis**" dengan baik. Shalawat serta salam yang selalu senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wa Sallam beserta keluarga, para sahabat, dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Serta sebagai sarana dalam menuangkan ilmu yang telah diperoleh selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi.

Selama melakukan penelitian hingga selesainya skripsi ini, dengan penuh rasa hormat penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta, Bapak **Sudiono**, Ibu **Heryani** atas semua cinta, kasih sayang, dukungan dan doa yang selalu diberikan selama ini. Skripsi ini juga tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak lainnya, baik itu secara langsung maupun secara tidak langsung. Untuk ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M** selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

2. Ibu **Dian Cahyawati Sukanda, S.Si, M.Si** selaku Sekretaris Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Ibu **Sri Indra Maiyanti, S.Si, M.Si** selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan arahan, nasehat, bimbingan, saran, motivasi, ilmu serta meluangkan waktunya dalam pengerjaan skripsi ini.
4. Ibu **Dra. Ning Eliyati, M.Pd** selaku Dosen Pembimbing Pembantu yang bersedia meluangkan waktunya serta memberikan arahan, nasehat, bimbingan, saran, motivasi, dan ilmu dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Bapak **Drs.Sugandi Yahdin, M.M** selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah mengarahkan dan memberikan banyak bimbingan serta nasehat selama belajar di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
6. Bapak **Drs. Robinson Sitepu, M.Si** selaku Dosen Pembahas Skripsi yang telah memberikan tanggapan, arahan, saran yang sangat bermanfaat dalam pengerjaan skripsi ini.
7. Seluruh **Dosen** dan **Staff** di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya atas bimbingan, ilmu serta didikannya kepada penulis selama menempuh belajar di perguruan tinggi.
8. Saudari tersayang **Mita Dwi Handayani** dan **Sulis Fitri Yani** atas dukungan, semangat dan doa.
9. Teman-teman yang selalu mendukung yaitu **Monica, Muflihika, Dwi, Filda, Oktanza, Deasty, Septi, Elsa V, Annabil, Fathona, Risky, Nurkholisah,**

dan **Indri**. Terima kasih telah menjadi keluarga kedua yang selalu ada disaat suka maupun duka. Dan juga begitu banyak semangat, nasehat, serta doa yang tak henti-hentinya.

10. Teman-teman angkatan **2017**, kakak-kakak tingkat angkatan **2016,2015,2014**, serta adik-adik angkatan **2018,2019,2020**.
11. **Para Pasien Endometriosis** yang telah meluangkan waktunya untuk membantu penelitian ini.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan saran dalam penulisan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam menambah pengetahuan, serta motivasi bagi mahasiswa/ mahasiswi Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Wassalammu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Indralaya, Agustus 2021

Penulis

**PARAMETER ESTIMATION OF COX PROPORTIONAL HAZARD
REGRESSION MODEL USING THE EFRON AND EXACT METHODS
ON THE RELAPSE TIME OF ENDOMETRIOSIS PATIENTS**

By:

**MILA APRILI YANTI
08011181722067**

ABSTRACT

Survival analysis is a collection of statistical procedures for data analysis for which the outcome variable of interest is time until an event occurs. In survival analysis, ties are sometimes found. Ties can cause problems in establishing the partial likelihood when determining the component of the risk set. Ties can be overcome by using the breslow, efron, and exact. The purpose of this study was to form a cox proportional hazard regression model with parameter estimation using the efron and exact methods on data on the relapse time endometriosis patients. Several factors of food intake that are thought to affect the relapse time of postoperative endometriosis patients used are fruit, milk, soybean, seafood, bean sprouts, garlic, butter, wheat, cheese, mustard greens, red meat, caffeine, soda, green tea. The results of the analysis show that based on the cox proportional hazard regression model, the exact method is the best method for dealing with ties of data on relapse time of postoperative endometriosis patients. Food intake factors that can reduce the risk of endometriosis are consumption of fruit 1-4 times a week. Consumption of bean sprouts 3-7 times a week, and consumption of mustard greens 1-7 times a week. While food intake factors that can increase the risk of relapse in endometriosis patients are seafood consumption 1-2 times a week which has a risk of relapse 70 times compared to those who consume seafood 1-3 times a month, milk consumption 3-4 times a week which has 34 times risk of relapse compared to those who consume milk 1-3 times a month, soybean consumption 1-3 times a week with 47 times the risk of relapse and consumption of soybean 4-7 times a week with 69 times the risk of relapse compared to those who consume soybean 1-3 times a month.

Keywords : Cox Proportional Hazard, Efron, Endometriosis, Exact, Survival analysis, Ties

**ESTIMASI PARAMETER MODEL REGRESI COX PROPORTIONAL
HAZARD MENGGUNAKAN METODE EFRON DAN EXACT TERHADAP
WAKTU KAMBUH PASIEN ENDOMETRIOSIS**

Oleh :

**MILA APRILI YANTI
08011181722067**

ABSTRAK

Analisis *survival* adalah kumpulan prosedur statistika untuk analisis data dimana peubah yang diperhatikan berupa waktu sampai terjadi suatu peristiwa. Pada analisis *survival* terkadang ditemukan kejadian bersama (*ties*). *Ties* dapat menyebabkan permasalahan dalam pembentukan *partial likelihood* saat menentukan anggota dari himpunan risiko. *Ties* dapat diatasi dengan menggunakan metode *Breslow*, *Efron*, dan *Exact*. Penelitian ini bertujuan untuk membentuk model regresi *cox proportional hazard* dengan estimasi parameter menggunakan metode *Efron* dan *Exact* terhadap waktu kambuh pasien endometriosis ditinjau dari asupan makanan. Beberapa faktor asupan makanan yang diduga mempengaruhi waktu kambuh pasien endometriosis pasca operasi yang digunakan adalah buah, susu, kedelai, *seafood*, tauge, bawang putih, mentega, keju, gandum, daging merah, sawi, kafein, soda, dan teh hijau. Hasil analisis menunjukkan bahwa berdasarkan model regresi *cox proportional hazard* yang terbentuk, metode *Exact* merupakan metode terbaik dalam mengatasi kejadian bersama (*ties*) terhadap data waktu kambuh pasien endometriosis pasca operasi. Faktor asupan makanan yang dapat menurunkan risiko kambuh pasien endometriosis yaitu konsumsi buah 1-4 kali/minggu, konsumsi tauge 3-7 kali/minggu, dan konsumsi sawi 1-7 kali/minggu. Sedangkan faktor asupan makanan yang dapat meningkatkan risiko kambuh pasien endometriosis yaitu konsumsi *seafood* 1-2 kali/minggu yang berisiko kambuh 70 kali dibandingkan dengan yang mengkonsumsi *seafood* 1-3 kali/bulan, konsumsi susu 3-4 kali/minggu yang berisiko kambuh 34 kali dibandingkan dengan yang mengkonsumsi susu 1-3 kali/bulan, konsumsi kedelai 1-3 kali/minggu yang berisiko kambuh 47 kali dan konsumsi kedelai 4-7 kali/minggu yang berisiko kambuh 69 kali dibandingkan dengan yang mengkonsumsi kedelai 1-3 kali/bulan.

Kata Kunci : *Analisis Survival, Cox Proportional Hazard, Endometriosis, Efron, Exact, Ties*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSEMBAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Survival	6
2.2 Penyensoran Data.....	6
2.3 Fungsi Survival	7
2.4 Fungsi Kepadatan Peluang.....	7
2.5 Fungsi <i>Hazard</i>	8
2.6 Asumsi <i>Proportional Hazard</i>	11
2.7 Model Regresi <i>Cox Proportional Hazard</i>	14
2.8 Estimasi Parameter	14
2.9 Estimasi Parameter dengan Kejadian Bersama.....	19
2.9.1 Metode <i>Efron</i>	19
2.9.2 Metode <i>Exact</i>	21

2.10 Pengujian Parameter.....	22
2.10.1 Uji Serentak (Uji Rasio Likelihood)	22
2.10.2 Uji Parsial (Uji Wald)	23
2.11 Model Terbaik.....	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat.....	25
3.2 Waktu	25
3.3 Metode Penelitian.....	25
3.3.1 Jenis dan Sumber Data	25
3.3.2 Variabel Penelitian	26
3.3.3 Analisis Data	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data.....	28
4.2 Pengujian Asumsi <i>Proportional Hazard</i>	30
4.3 Pemodelan Regresi <i>Cox Proportional Hazard</i> dengan Metode <i>Efron</i> ...31	
4.3.1 Pemodelan Awal <i>Cox Proportional Hazard</i>	31
4.3.2 Pengujian Signifikansi Parameter	32
4.3.2.1 Uji Serentak (Uji Rasio Likelihood)	32
4.3.2.2 Uji Parsial (Uji Wald)	33
4.3.3 Pemodelan Akhir <i>Cox Proportional Hazard</i>	34
4.4 Pemodelan Regresi <i>Cox Proportional Hazard</i> dengan Metode <i>Exact</i> ...36	
4.4.1 Pemodelan Awal <i>Cox Proportional Hazard</i>	36
4.4.2 Pengujian Signifikansi Parameter	37
4.4.2.1 Uji Serentak (Uji Rasio Likelihood)	37
4.4.2.2 Uji Parsial (Uji Wald)	38
4.4.3 Pemodelan Akhir <i>Cox Proportional Hazard</i>	39

4.5 Perbandingan Model Regresi <i>Cox Proportional Hazard</i> dengan Metode <i>Efron</i> dan <i>Exact</i>	40
4.6 Interpretasi Parameter Regresi <i>Cox Proportional Hazard</i>	41
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh data survival untuk ilustrasi <i>partial likelihood</i>	18
Tabel 2.2 Contoh data survival untuk ilustrasi kejadian bersama (<i>Ties</i>)	20
Tabel 3.1 Variabel Dependen.....	26
Tabel 3.2 Variabel Independen	26
Tabel 4.1 Status Pasien Endometriosis Pasca Operasi.....	28
Tabel 4.2 Frekuensi dan Persentase Faktor Asupan Makanan.....	29
Tabel 4.3 Uji Asumsi <i>Proportional Hazard</i>	30
Tabel 4.4 Estimasi Parameter Model <i>Cox Proportional Hazard</i> Metode <i>Efron</i> ..	31
Tabel 4.5 Estimasi Model Terbaik Regresi <i>Cox Proportional Hazard</i>	35
Tabel 4.6 Estimasi Parameter Model <i>Cox Proportional Hazard</i> Metode <i>Exact</i> ...	36
Tabel 4.7 Estimasi Model Terbaik Regresi <i>Cox Proportional Hazard</i>	40
Tabel 4.8 Perbandingan Nilai AIC.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Waktu Survival dan Konsumsi Asupan Makanan Pasien Endometriosis	48
Lampiran 2 Syntax dan Output pada Aplikasi Rstudio.....	49
Lampiran 3 Asumsi Proportional Hazard	50
Lampiran 4 Model Awal Regresi <i>Cox Proportional Hazard</i> dengan Metode <i>Efron</i>	51
Lampiran 5 Eliminasi <i>Backward</i> untuk Menentukan Model Akhir <i>Cox</i> <i>Proportional Hazard</i> dengan Metode <i>Efron</i>	52
Lampiran 6 Model Awal Regresi <i>Cox Proportional Hazard</i> dengan Metode <i>Exact</i>	57
Lampiran 7 Eliminasi <i>Backward</i> untuk Menentukan Model Akhir <i>Cox</i> <i>Proportional Hazard</i> dengan Metode <i>Exact</i>	58

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 latar Belakang

Analisis *survival* adalah kumpulan prosedur statistika untuk analisis data dimana peubah yang diperhatikan berupa waktu sampai terjadi suatu peristiwa. Waktu yang dimaksud merujuk pada tahun, bulan, minggu, atau hari dari awal pengamatan dilakukan pada suatu individu sampai suatu peristiwa terjadi pada individu tersebut (Kleinbaum & Klein, 2005). Menurut Lee & Wang (2003), waktu *survival* dapat diartikan secara luas sebagai waktu terjadinya peristiwa. Peristiwa ini bisa berupa perkembangan penyakit, respon terhadap pengobatan, waktu kambuh, atau kematian. Dalam menentukan waktu *survival* ada tiga cara yaitu waktu awal pencatatan, waktu akhir pencatatan, dan skala pengukuran.

Menurut Hafid *et al.* (2020) metode yang dapat digunakan untuk menganalisis data *survival* yaitu metode parametrik, nonparametrik, dan semiparametrik. Metode parametrik digunakan jika suatu data mengikuti suatu distribusi tertentu, misalnya distribusi *Gamma*, *Weibull*, *Eksponensial*. Metode nonparametrik digunakan jika suatu data tidak mengikuti suatu distribusi tertentu yang telah ada, yaitu *Kaplan Meier* dan *Nelson Aalen*. Sedangkan metode semiparametrik tidak memerlukan asumsi tentang distribusi waktu *survival*.

Salah satu tujuan dari analisis *survival* yaitu untuk mengetahui hubungan antara waktu *survival* dengan variabel yang diduga mempengaruhi waktu *survival*.

Hubungan tersebut dapat dimodelkan dengan model regresi *Cox proportional hazard*. Model regresi *Cox proportional hazard* merupakan metode semiparametrik (Lee & Wang, 2003).

Pada analisis *survival* terkadang ditemukan *ties*. *Ties* merupakan suatu keadaan yang terjadi ketika terdapat dua atau lebih individu yang mengalami kejadian pada waktu yang bersamaan (Setiani *et al.*, 2019). *Ties* dapat menyebabkan permasalahan dalam pembentukan *partial likelihood* saat menentukan anggota dari himpunan risiko. *Ties* dapat diatasi dengan menggunakan metode *Breslow*, *Efron*, dan *Exact* (Prabawati *et al.*, 2018).

Prabawati *et al.* (2018) menyatakan bahwa metode *Efron* lebih cepat dan akurat terutama pada data yang banyak mengandung *ties*. Sedangkan menurut Isnaeni *et al.* (2018), metode yang paling akurat dan dominan dalam memodelkan variabel dan mendapatkan nilai residual yang kecil adalah metode *Exact*.

Untuk mengetahui metode mana yang lebih baik dalam mengatasi data yang terdapat *ties*, dapat dengan melakukan perbandingan metode seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Silmi *et al.* (2020) yaitu melakukan perbandingan model regresi *cox proportional hazard* dengan metode *Efron* dan *Exact* dengan membandingkan nilai *Akaike's Information Criterion* (AIC) yang lebih kecil diperoleh bahwa metode *Exact* lebih baik dalam memodelkan data pasien penderita DBD di RS Haji Sukolilo Surabaya. Dan juga Setiani *et al.* (2019) melakukan perbandingan terhadap metode *Breslow* dan *Efron* terhadap model regresi *cox*, menyatakan bahwa metode *Efron* lebih baik dalam memodelkan data pasien stroke di RSUD Tugurejo.

Penelitian ini menggunakan kasus kekambuhan yang terjadi pada pasien endometriosis setelah dilakukan tindakan operasi. Endometriosis merupakan kondisi dimana ketika jaringan yang membentuk lapisan dinding rahim tumbuh di luar rahim. Gejala yang paling sering ditemukan pada penderita endometriosis biasanya berupa nyeri parah pada sekitar panggul, pendarahan parah saat menstruasi, dan keluhan saat buang air kecil dan besar terutama ketika haid. Penyebab pasti endometriosis belum diketahui, tetapi ada beberapa hal yang meningkatkan resiko mengalami kondisi tersebut (Anggraini, 2016).

Salah satu penanganan endometriosis biasanya dengan tindakan operasi, tetapi terkadang masih ada pasien yang kambuh kembali setelah melakukan operasi. Kekambuhan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah faktor asupan makanan (Eliyati *et al.*, 2021). Waktu pasien endometriosis sejak operasi hingga waktu kambuhnya disebut juga dengan waktu *survival*.

Berdasarkan latar belakang, penelitian ini menggunakan model regresi *Cox proportional hazard* untuk mengetahui variabel konsumsi asupan makanan yang diduga mempengaruhi waktu *survival* dengan menggunakan metode *Efron* dan *Exact* pada data waktu kambuh pasien Endometriosis.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana mengestimasi parameter model regresi *Cox proportional hazard* terhadap waktu kambuh endometriosis ditinjau dari asupan makanan jika terdapat waktu *survival* yang *ties* dengan menggunakan metode *Efron* dan *Exact* ?

2. Bagaimana perbandingan hasil estimasi parameter model regresi *Cox proportional hazard* terhadap waktu kambuh endometriosis ditinjau dari asupan makanan jika terdapat waktu survival yang *ties* dengan menggunakan metode *Efron* dan *Exact* ?

1.3 Pembatasan Masalah

1. Hanya menggunakan metode *Efron* dan *Exact* untuk mengatasi waktu survival yang terdapat kejadian bersama (*Ties*).
2. Menggunakan faktor asupan makanan yang diduga berpengaruh terhadap waktu kambuh pasien Endometriosis.
3. Analisis yang digunakan adalah regresi *Cox proportional hazard*.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengestimasi parameter model regresi *Cox proportional hazard* terhadap waktu kambuh endometriosis ditinjau dari asupan makanan jika terdapat waktu survival yang *ties* dengan menggunakan metode *Efron* dan *Exact*.
2. Membandingkan hasil estimasi parameter model regresi *Cox proportional hazard* jika terdapat waktu survival yang *ties* dengan menggunakan metode *Efron* dan *Exact*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah pengetahuan mengenai analisis survival tentang model regresi *Cox Proportional Hazard* jika terdapat waktu survival yang *ties* dengan

metode *Efron* dan *Exact* terhadap faktor asupan makanan pada pasien Endometriosis.

2. Dapat mengetahui informasi tentang faktor asupan makanan yang berpengaruh signifikan berdasarkan waktu kambuh setelah operasi bagi pasien Endometriosis.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, I., Suyitno, & Wahyuningsih, S. (2020). Model Regresi Cox Weibull Dengan Metode Penaksiran Parameter Efron Partial Likelihood (Studi Kasus : Lama Perawatan Pasien Penderita Tuberkulosis Di Puskesmas Loa Ipuh Tenggara Tahun 2017). *Eksponensial*, 11, 1–8.
- Anggraini, M. (2016). Karakteristik Penderita Endometriosis Di Ruang Rawat Inap RSUD Dr . H . Abdul Moeloek Bandar Lampung. *Medika Malahayati*, 3(1), 50–54.
- Collett, D. (2014). *Modelling Survival Data in Medical Research* (Third). Bristol, UK: CRC Press.
- Eliyati, N., S. I. Maiyanti., & O. Dwipurwani. (2020). Model Regresi Cox Untuk Menganalisis Pengaruh Faktor Asupan Makanan Terhadap Resiko Kekambuhan Endometriosis. *Barekeng Ilmu Matematika Dan Terapan*, 14(1), 49–59.
- Hafid, H., Bustan, M. N., & Aidid, M. K. (2020). Penanganan Ties Event dalam Regresi Cox Proportional Hazard Menggunakan Metode Breslow (Kasus : Pasien Rawat Inap DBD di RSAL Jala Ammari Makassar). *Statistics and Its Application on Teaching and Research*, 5(2), 13–19. <https://doi.org/10.35580/variasiunm12897>
- Harlan, J. (2017). *Analisis Survival*. Depok: Gunadarma.
- Isnaeni, R., Nasution, Y. N., & Wahyuningsih, S. (2018). Analisis Survival pada Data Kejadian Bersama Menggunakan Metode Exact Partial Likelihood (Studi Kasus: Kecelakaan Lalu Lintas di Kota Samarinda Tahun 2016). *Eksponensial*, 9, 145–152.
- Istuti, D. M. (2019). Analisis Ketahanan Hidup Data Ties Pasien Tuberkulosis dengan Metode Exact Likelihood pada Model Regresi Cox Proportional Hazard. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 7(2), 104–110.
- Jawani, Satyahadewi, N., & Perdana, H. (2020). Analisis Regresi Cox Proportional Hazard Pada Pemodelan Waktu Tunggu Memperoleh Pekerjaan Pertama. *Buletin Ilmiah Math. Stat. Dan Terapannya (Bimaster)*, 09(4), 579–588.
- Kleinbaum, D. G., & Klein, M. (2005). *Statistics for Biology and Health*. Springer Science & Business Media.
- Lee, E. T., & Wang, J. W. (2003). *Statistical Methods for Survival Data Analysis*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Maiyanti, S.I. dan O. Dwipurwani. (2019). Deskripsi dan Pemodelan Data Waktu

Daya Tahan (Survival Time) Pasien Endometriosis Dengan Analisis Daya Tahan (Survival Analysis). Laporan Penelitian Sains, Teknologi dan Seni. LPPM Unsri. Tidak dipublikasikan.

Prabawati, S., N.Y. Nasution., & Wahyuningsih, S. (2018). *Survival Analysis Ties Event Data Using Efron Partial Likelihood Approach (Case Study : Duration Study of Student of Faculty of Mathematics and Natural Science*. 9(2016), 75–84.

Radjab, E., & Andi, J. (2017). *Metodologi Penelitian Bisnis*. Universitas Muhammadiyah Makassar.

Setiani, E., Sudarno, & Santoso, R. (2019). Perbandingan Model Regresi Cox Proportional Hazard Menggunakan Metode Breslow dan Efron (Studi Kasus: Penderita Stroke di RSUD Tugurejo Kota Semarang) 1, 2, 3. *Gaussian*, 8, 93–105.

Silmi, A. L., Sudarno, & Kartikasari, P. (2020). Perbandingan model regresi kegagalan proporsional dari cox menggunakan metode efron dan exact. *Gaussian*, 9, 474–485.