



TUGAS AKHIR – KM184801

**ANALISIS KETAHANAN HIDUP TANAMAN
TEMPAKAU MENGGUNAKAN
STRATIFIED COX
DAN *EXTENDED COX*
(STUDI KASUS: PETANI TEMPAKAU DI
KABUPATEN PAMEKASAN)**

**VINA MAULINA SOFYANI
NRP. 0611164000023**

**Dosen Pembimbing
Dr. Valeriana Lukitosari, S.Si, MT**

**DEPARTEMEN MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh November
Surabaya 2020**



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT – KM184801

**ANALYSIS FACTORS OF SURVIVAL
TOBACCO PLANT USING
STRATIFIED COX AND EXTENDED COX
(CASE STUDY: TOBACCO FARMERS IN
PAMEKASAN REGION)**

**VINA MAULINA SOFYANI
NRP. 0611164000023**

**Supervisors:
Dr. Valeriana Lukitosari, S.Si, MT**

**MATHEMATICS DEPARTMENT
Faculty of Sains and Data Analytic
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KETAHANAN HIDUP TANAMAN TEMBAKAU
MENGUNAKAN *STRATIFIED COX* DAN *EXTENDED COX*
(STUDI KASUS: PETANI DI KABUPATEN PAMEKASAN)

*ANALYSIS FACTORS OF SURVIVAL TOBACCO PLANT USING
STRATIFIED COX AND EXTENDED COX
(CASE STUDY: FARMERS IN PAMEKASAN REGION)*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika
Pada bidang studi Matematika Industri dan Keuangan
Program Studi S1 Departemen Matematika
Fakultas Sains dan Analitik Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

VINA MAULINA SOFYANI
NRP. 061116400023
Dosen Pembimbing

Valeriana

Dr. Valeriana Lukitosari, S.Si, MT
NIP. 19710928 199802 2 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Matematika ITS



Subhani, Ph.D

NIP. 19710517 199702 1 001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**ANALISIS KETAHANAN HIDUP TANAMAN
TEBAKAU MENGGUNAKAN *STRATIFIED COX*
DAN *EXTENDED COX*
(STUDI KASUS : PETANI DI KABUPATEN
PAMEKASAN)**

Nama : Vina Maulina Sofyani
NRP : 0611164000023
Jurusan : Matematika FSAD ITS
Pembimbing : Dr. Valeriana Lukitosari, S.Si, MT

ABSTRAK

Analisis *survival* merupakan salah satu prosedur dalam statistika untuk menganalisis data dimana variabel yang diperhatikan adalah waktu sampai terjadinya suatu peristiwa (*event*) dan variabel-variabel lain yang diduga mempengaruhi waktu *survival*. Beberapa metode analisis tersedia untuk mendapatkan informasi dari data *survival*. Ada tiga macam pendekatan untuk analisis data *survival* yaitu pendekatan non parametric, parametric, dan semi parametric. Salah satu metode semi parametric yang seringkali digunakan untuk menganalisis data *survival* yaitu regresi Cox. Penggunaan regresi Cox harus memenuhi asumsi *proportional hazard*, jika asumsi ini tidak terpenuhi dalam memodelkan regresi Cox, berarti komponen linear yang membentuk model dalam berbagai waktu tidak sesuai akibatnya pemodelan regresi Cox tidak tepat dan disebut sebagai *non proportional hazard*. Oleh karena itu, perlu mencari solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut, yaitu dengan membentuk model regresi *stratified Cox* dan *extended Cox*. Dalam penelitian ini, sebagai aplikasinya diterapkan untuk kasus ketahanan hidup tanaman tembakau di Kabupaten Pamekasan. Berdasar hasil analisis yang telah dilakukan, model regresi *stratified Cox* lebih baik dibandingkan model *extended Cox*. Variabel yang signifikan mempengaruhi ketahanan hidup

tanaman tembakau pada model *stratified* Cox adalah variabel pupuk kandang, dan untuk model *extended* Cox adalah variabel pupuk kandang dan jenis lahan sawah tadah hujan dengan fungsi *heaviside*.

Kata kunci: *tanaman tembakau, non proportional hazard, stratified Cox, extended Cox.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**SURVIVAL ANALYSIS OF TOBACCO PLANTS
USING STRATIFIED COX AND EXTENDED COX
(CASE STUDY : FARMERS IN PAMEKASAN
REGION)**

Name : Vina Maulina Sofyani
Student's Number : 0611164000023
Department : Mathematics
Supervisor : Dr. Valeriana Lukitosari, S.Si, MT

ABSTRACT

Survival analysis is a statistical procedure to analyze data in which variable to consider is the time to occurrence of an event and other variables that may have influenced the survival time. Several analysis methods are available to obtain information from the survival data. There are three kinds of approaches, non parametric, parametric, and semi parametric. One of the semi parametric method often is used to analyze the survival data is Cox regression. Using Cox regression must meet the assumption of proportional hazard, if this assumption is no met in modeling Cox regression, it means the linear component established the model in a variety of time does not match so the result of modelling Cox regression is not appropriate and it is referred to as non proportional hazard. For it is necessary to find a solution to overcome these problems namely by forming a stratified Cox and extended Cox regression model. In this study, as the application is applied to the case of tobacco plant survival in Region Pamekasan. Base on the results of the analysis that has been done, the regression model stratified Cox is better than extended Cox. The significant variables affecting tobacco plant survival in model stratified Cox are manure, and for

model extended Cox in variable manure and rainfed lowland type with heaviside function.

Keyword: *tobacco plant, non proportional hazard, stratified Cox, extended Cox.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Ketahanan Hidup Tanaman Tembakau Menggunakan *Stratified Cox* dan *Extended Cox***” ini tepat pada waktunya

Penulisan laporan Tugas Akhir ini tidak akan berjalan dengan lancar tanpa bantuan dan dukungan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Subchan, Ph.D selaku Kepala Departemen Matematika FSAD ITS yang telah memberikan fasilitas hingga selesainya Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dr. Valeriana Lukitosari, S. Si, MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama menyusun Tugas Akhir.
3. Bapak Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si, Bapak Dr. Darmaji, S.Si., M.T., dan Ibu Dra. Nur Asiyah, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir.
4. Bapak dan Ibu dosen selaku pengajar di jurusan Matematika ITS atas ilmu yang telah diberikan selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Matematika ITS.
5. R. Yulianto Hendri Atmoko dan R. Ayu Lilik Farida selaku orang tua, Kakak R. Moh. Khoiril Anam dan Erika Dwi Ratna Sari, serta keluarga penulis lainnya yang telah memberikan doa, dukungan, bantuan, serta motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
6. Atik, terimakasih atas waktu yang telah disempatkan selama kuliah, dan terimakasih atas bantuannya selama

ini yang tidak bisa aku sebut satu persatu, semoga kita bisa sukses.

7. Teman-teman satu dosen pembimbing (Dian, Aufa, dan Rizal) yang sudah membantu selama ini, semoga kita sukses

Penulis berharap hasil Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Semoga bantuan yang telah diberikan kepada penulis dibalas oleh Allah SWT.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	x
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
DAFTAR NOTASI	xxvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Analisis Survival	7
2.2 Fungsi <i>Survival</i> dan Fungsi <i>Hazard</i>	7
2.3 Pengujian Kaplan-Meier dan Uji Log-Rank	9
2.4 Asumsi <i>Proportional Hazard</i>	11
2.5 Model Cox <i>Proportional Hazard</i>	12
2.6 Model Cox Stratifikasi	12
2.6.1 Pengujian interaksi pada model Cox stratifikasi	12
2.6.2 Model cox stratifikasi tanpa interaksi	13
2.6.2.1 Estimasi parameter	13
2.6.2.2 <i>Hazard ratio</i>	14
2.6.2.3 Uji signifikansi parameter.....	15
2.6.3 Model Cox stratifikasi dengan interaksi.....	15
2.7 Regresi <i>Extended Cox</i>	16
2.8 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Rusaknya Tembakau ...	18
BAB III SUMBER DATA	22
3.1 Sumber Data	22
3.2 Variabel Penelitian	22
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	28

4.1	Data Penelitian	28
4.2	Karakteristik Tembakau Berdasarkan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ketahanan Hidup Tanaman Tembakau	28
4.2.1	Faktor luas lahan yang ditanami	29
4.2.2	Faktor jenis lahan	29
4.2.3	Faktor benih	30
4.2.4	Faktor pupuk NPK	30
4.2.5	Faktor pupuk kandang	31
4.2.6	Faktor pupuk ZA	31
4.2.7	Faktor pestisida	32
4.3	Kurva <i>Survival</i> Kaplan-Meier dan Uji Log-Rank	32
4.3.1	Faktor luas lahan yang ditanami	32
4.3.2	Faktor jenis lahan	34
4.3.3	Faktor benih	35
4.3.4	Faktor pupuk NPK	36
4.3.5	Faktor pupuk kandang	37
4.3.6	Faktor pupuk ZA	38
4.3.7	Faktor pestisida	39
4.4	Pengujian Asumsi <i>Proportional Hazard</i> dengan <i>Goodness of Fit</i> (GOF)	41
4.5	Pembentukan Model Cox Stratifikasi	43
4.5.1	Uji interaksi	43
4.5.2	Estimasi parameter	44
4.5.3	Interpretasi model Cox stratifikasi	47
4.6	Pemodelan Regresi Extended Cox	48
4.6.1	Model extended Cox dengan fungsi <i>heaviside</i>	50
4.7	Pemilihan Model Terbaik dari Model Cox Stratifikasi dan Extended Cox	54
	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	57
	DAFTAR PUSTAKA	59
	LAMPIRAN	62

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Luas Areal dan Produktivitas Tembakau di Pamekasan ...2
Tabel 2.1	Bentuk Model dan <i>Hazard Ratio</i> dengan Satu Fungsi <i>Heaviside</i> 18
Tabel 3.1	Variabel Dependen Penelitian 22
Tabel 3.2	Struktur Data Penelitian..... 23
Tabel 4.1	Statistika Deskriptif Luas Lahan yang Ditanami 29
Tabel 4.2	Tabulasi Silang Jenis Lahan yang Ditanami 29
Tabel 4.3	Statistika Deskriptif Jumlah Benih 30
Tabel 4.4	Statistika Deskriptif Jumlah Pupuk NPK..... 30
Tabel 4.5	Statistika Deskriptif Jumlah Pupuk Kandang 31
Tabel 4.6	Statistika Deskriptif Jumlah Pupuk ZA 31
Tabel 4.7	Statistika Deskriptif Jumlah Pestisida 32
Tabel 4.8	Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Luas Lahan Yang Ditanami..... 33
Tabel 4.9	Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Jenis Lahan.... 34
Tabel 4.10	Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Jumlah Benih . 36
Tabel 4.11	Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Jumlah Pupuk NPK..... 37
Tabel 4.12	Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Jumlah Pupuk Kandang 38
Tabel 4.13	Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Jumlah Pupuk ZA 39
Tabel 4.14	Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Jumlah Pestisida 40
Tabel 4.15	Hasil Uji <i>Goodness of Fit</i> 42
Tabel 4.16	Hasil Pengujian Interaksi 44
Tabel 4.17	Estimasi Parameter Model Cox Stratifikasi Tanpa Interaksi 45
Tabel 4.18	<i>Hazard Ratio</i> Model Cox Stratifikasi 47
Tabel 4.19	Estimasi Parameter Model <i>Extended Cox</i> Dengan Fungsi Waktu 48
Tabel 4.20	Estimasi Parameter Model <i>Extended Cox</i> Signifikan Dengan Fungsi Waktu 49
Tabel 4.21	<i>Hazard Ratio</i> Variabel Signifikan 50

Tabel 4.22	Bentuk Model Pada Masing-Masing Interval Waktu	51
Tabel 4.23	Estimasi Parameter Model <i>Cox Extended</i> Dengan Fungsi <i>Heaviside</i>	52
Tabel 4.24	Estimasi Parameter Model <i>Extended Cox</i> Signifikan Fungsi <i>Heaviside</i>	53
Tabel 4.25	<i>Hazard Ratio</i> Model <i>Heaviside</i>	54
Tabel 4.26	Perbandingan Akurasi Model <i>Extended Cox</i>	54
Tabel 4.27	Perbandingan Akurasi Model.....	54

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Tahapan Penelitian	26
Gambar 4.1	Kurva <i>Survival</i> Kaplan-Meier Berdasarkan Faktor Luas Lahan yang Ditanami	33
Gambar 4.2	Kurva <i>Survival</i> Kaplan-Meier Berdasarkan Faktor Jenis Lahan	34
Gambar 4.3	Kurva <i>Survival</i> Kaplan-Meier Berdasarkan Faktor Jumlah Benih	35
Gambar 4.4	Kurva <i>Survival</i> Kaplan-Meier Berdasarkan Faktor Jumlah Pupuk NPK	36
Gambar 4.5	Kurva <i>Survival</i> Kaplan-Meier Berdasarkan Faktor Jumlah Pupuk Kandang	37
Gambar 4.6	Kurva <i>Survival</i> Kaplan Meier Berdasarkan Faktor Jumlah Pupuk ZA	38
Gambar 4.7	Kurva <i>Survival</i> Kaplan-Meier Berdasarkan Faktor Jumlah Pestisida	40

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Waktu <i>Survival</i> Tanaman Tembakau Beserta 7 Faktor yang Diduga Mempengaruhi Ketahanan Hidup Tanaman Tembakau	62
Lampiran 2	Data Olahan Waktu <i>Survival</i> Tanaman Tembakau Beserta 7 Faktor yang Diduga Mempengaruhi Ketahanan Hidup Tanaman Tembakau.....	67
Lampiran 3	Syntax SAS Untuk Uji Kaplan-Meier dan Uji Log-Rank.....	68
Lampiran 4	Syntax SAS Pengujian Asumsi <i>Proportional Hazard</i> Menggunakan Metode <i>Goodness of Fit</i>	70
Lampiran 5	Syntax SAS Pemodelan Stratifikasi Cox Tanpa Interaksi..	71
Lampiran 6	Syntax SAS Pemodelan Stratifikasi Dengan Interaksi....	72
Lampiran 7	Syntax SAS Uji Interaksi Pada Pemodelan Cox Stratifikasi	73
Lampiran 8	Syntax SAS Pemodelan Cox <i>Extended</i> Menggunakan Fungsi waktu.....	74
Lampiran 9	Syntax SAS Fungsi Waktu Variabel Signifikan....	74
Lampiran 10	Syntax SAS Pemodelan Cox <i>Extended</i> Menggunakan Fungsi <i>Heaviside</i>	75
Lampiran 11	Syntax SAS Fungsi <i>Heaviside</i> Variabel Signifikan	75
Lampiran 12	Parsial <i>Residual Schoenfeld</i>	76
Lampiran 13	Hasil Output Uji GOF	76
Lampiran 14	Hasil Output Uji Interaksi	76
Lampiran 15	Hasil Output Cox Stratifikasi Tanpa Interaksi	77
Lampiran 16	Hasil Output Cox Stratifikasi Dengan Interaksi	78
Lampiran 17	Hasil Output <i>Extended</i> Cox Dengan Fungsi Waktu....	80
Lampiran 18	Hasil Output <i>Extended</i> Cox Fungsi Waktu Untuk Variabel Signifikan	81
Lampiran 19	Hasil Output <i>Extended</i> Cox Dengan Fungsi <i>Heaviside</i> ...	81
Lampiran 20	Hasil Output <i>Extended</i> Cox Dengan Fungsi <i>Heaviside</i> Untuk Variabel Signifikan	82

Lampiran 21	Tabel Perbedaan Faktor-Faktor Penelitian Terdahulu dan Faktor-Faktor yang Dilakukan Dalam Penelitian Analisis Ketahanan Hidup Tanaman Tembakau Menggunakan <i>Stratified Cox</i> dan <i>Extended Cox</i> ..	83
Lampiran 22	Perhitungan Manual	85

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR NOTASI

X_1	Luas lahan yang ditanami (m^2 /masatanam)
X_2	Jenis lahan (0= sawah tadah hujan, 1=gunung, 2=tegal)
X_3	Benih (kg/masatanam)
X_4	Pupuk NPK (kg/masatanam)
X_5	Pupuk kandang (kg/masatanam)
X_6	Pupuk ZA (kg/masatanam)
X_7	Pestisida (liter/masatanam)
T	Waktu <i>survival</i> tembakau (hari)
d	Status tembakau (0= terjadi kerusakan, 1= terjadi panen)
$S(t)$	Fungsi <i>survival</i>
$F(t)$	Distribusi kumulatif
$h(t)$	Fungsi <i>hazard</i>
O_i	Nilai observasi individu kelompok ke- i
E_i	Nilai ekspektasi individu kelompok ke- i
m_{if}	Jumlah objek yang mengalami event pada waktu ke- t dan kelompok ke- i
n_{if}	Jumlah objek yang masih bertahan pada waktu ke- t dan kelompok ke- i
e_{if}	Nilai ekspektasi pada waktu ke- i dan kelompok ke- i
n	Banyaknya observasi
G	Banyaknya kelompok
f	<i>Failure event</i> (1, 2, ..., h)
$h_0(t)$	Fungsi <i>hazards</i> dasar (<i>baseline hazards function</i>).
L_R	Likelihood tanpa interaksi
L_F	Likelihood dengan interaksi
k^*	Jumlah kategori dalam variabel stratifikasi
n_s	Banyak individu dalam kategori variabel stratifikasi
r_s	Banyak individu yang mengalami <i>failure event</i>
$n_s r_s$	Waktu <i>survival</i> yang tersensor
HR	<i>Hazard ratio</i>
W^2	Uji serentak

x_{wald}^2 Uji wald
 Z^* Variabel stratifikasi atau variabel yang tidak memenuhi
asumsi *proportional hazard*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal negara agraris karena sebagian penduduk Indonesia bekerja sebagai petani. Sebagai negara agraris, Indonesia dikenal dengan sektor pertanian dan sub sektor perkebunan yang memiliki peran penting dalam pertumbuhannya. Perkebunan merupakan subsektor yang berperan penting dalam perekonomian Indonesia, salah satunya dari penerimaan ekspor. Penerimaan ekspor yang berasal dari komoditas perkebunan mengalami peningkatan dari Rp. 341, 7 T menjadi Rp. 432, 4 T pada tahun 2016-2017. Penerimaan ekspor yang meningkat berasal dari 8 komoditas utama perkebunan, salah satunya adalah tembakau [3].

Tembakau merupakan tanaman musiman karena merupakan tanaman yang ditanam pada musim kemarau. Daerah di Indonesia yang banyak membudidayakan tanaman tembakau adalah di Pamekasan, Madura. Tembakau Madura yang disebut *Nicotiana Tabacum* termasuk dalam famili *Solanaceae*. Tembakau Madura yang ditanam dilahan pemerintah merupakan tembakau yang paling banyak dicari pabrik rokok, khususnya pabrik rokok dalam negeri. Tembakau Madura dicari karena memiliki kualitas khusus yaitu aromanya yang khas membuat pabrik rokok tertarik untuk menjadikannya sebagai bahan baku utama dalam pembuatan rokok [3]. Rokok merupakan salah satu produk tembakau yang banyak diminati oleh para perokok. Meningkatnya jumlah perokok yang ada di Indonesia mempengaruhi tingginya permintaan tembakau sampai ke tingkat Internasional [1]. Permintaan tembakau yang semakin meningkat dapat dilihat dari data ekspor tembakau tahun 2016-2017 yang mengalami peningkatan dari 28.005 menjadi 29.135 [13].

Permintaan tembakau yang meningkat membuat luas areal tanah tembakau mengalami peningkatan. Meningkatnya luas areal

tanah tembakau berdampak pada meningkatnya produktivitas tembakau yang semakin bertambah. Pada tahun 2016-2019 luas areal dan produktivitas tembakau mengalami peningkatan secara terus menerus. Namun, luas areal tanah dari tahun 2015-2016 mengalami penurunan drastis yang mengakibatkan produktivitas tembakau juga semakin menurun. Penurunan dan peningkatan produktivitas tembakau yang terdapat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Luas Areal dan Produktivitas Tembakau di Pamekasan

Tahun	Luas Areal (Ha)	Produktivitas (ton/ha)
2015	22.917	0.630
2016	14.806	0.385
2017	25.038	0.540
2018	27.508	0.690
2019	29.875	0.698

Sumber: Dinas Perkebunan Pamekasan

Produktivitas tembakau yang menurun terjadi karena adanya beberapa faktor. Faktor-faktor yang dihadapi petani pada saat menanam tembakau dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor eksternal dipengaruhi oleh keadaan iklim yang tidak menentu dan intensitas hujan yang tinggi menyebabkan tanaman tembakau rentan terserang penyakit [5]. Faktor internal yang mempengaruhi ketahanan hidup tembakau diduga berasal dari pupuk, bibit, pestisida, dan fungisida [3]. Dari faktor-faktor yang terduga, akan dicari beberapa faktor yang mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau. Oleh karena itu, dibutuhkan analisis faktor internal melalui data primer untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau serta untuk melakukan pencegahan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau ke depannya.

Analisis ketahanan hidup merupakan hal yang mendapat perhatian penting di bidang bisnis, manufaktur, dan kesehatan. Analisis ketahanan hidup dilakukan pada awal penelitian sampai munculnya suatu kejadian atau peristiwa. Hal terpenting pada analisis ketahanan hidup adalah memodelkan waktu kegagalan yang berkaitan dengan

variabel independen [7]. Ada 3 macam pendekatan dalam analisis *survival* yaitu pendekatan parametric, non parametric, dan semi parametric. Pada pendekatan parametric biasanya menggunakan Kaplan-Meier, tetapi Kaplan-Meier hanya dapat melihat waktu *survival* saja dan tidak bisa mengetahui keberadaan informasi dari pengukuran lain. Sedangkan dalam metode parametric dilakukan dengan mencari distribusi statistik terlebih dahulu seperti distribusi Eksponensial, Weibull, Normal, dan Lognormal. Jika distribusi sudah diketahui maka sudah dapat mengestimasi parameter nya. Untuk metode semi parametric tidak perlu mencari distribusi. Pada metode semi parametric biasanya menggunakan regresi Cox untuk menganalisis data *survival*. Regresi Cox sering digunakan walaupun *baseline hazard* tidak diketahui tetapi regresi Cox dapat memberikan informasi yang berguna yaitu berupa *hazard ratio* (HR) yang tidak bergantung pada *baseline hazard* [9]. Regresi Cox bersifat semi parametric karena tidak ada asumsi yang mendasari distribusi peluang waktu *survival* [9]. Asumsi yang dibutuhkan hanya *proportional hazard* yaitu bahwa fungsi *hazard* suatu individu terhadap fungsi *hazard* individu lain bersifat *proportional* [14].

Apabila asumsi *proportional hazard* (PH) tidak terpenuhi dalam memodelkan regresi Cox, berarti komponen linier yang membentuk model dalam waktu yang berbeda tidak sesuai akibatnya pemodelan regresi Cox tidak tepat [11]. Jika asumsi tidak terpenuhi berarti komponen linier berubah-ubah tergantung waktu dan dikatakan *non proportional hazard* [10]. Ada 3 cara untuk mengatasi *non proportional hazard* yaitu mengeluarkan variabel bebas yang tidak memenuhi asumsi *proportional hazard*, menggunakan model *stratified Cox*, dan menggunakan model *extended Cox*.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian terhadap tembakau di Desa Tegalroso dan faktor-faktor yang mempengaruhi produksi tembakau tersebut diduga dari pupuk ZA, pupuk SP 36, dan pestisida [15]. Penelitian sebelumnya juga pernah terhadap produktivitas usaha tani tembakau yang diduga faktor-faktor yang mempengaruhinya berasal dari luas lahan,

bibit, tenaga kerja, pupuk ZK, pupuk NPK, pupuk ZA, pupuk TSP, pupuk urea, pupuk kandang, pestisida, dan fungisida [3]. Pada penelitian sebelumnya menggunakan *stratified Cox* dan *extended Cox* dengan studi kasus lama pasien kanker paru-paru dapat bertahan hidup [9]. Pentingnya mengetahui lama pasien kanker paru-paru dapat bertahan hidup dapat mencegah tingkat kematian yang tinggi pada penderita kanker paru-paru. Dengan adanya penelitian tersebut dapat mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi lama bertahan hidup pada penderita kanker paru-paru. Seperti halnya pada lama pasien kanker dapat sembuh, waktu panen pada tanaman tembakau dan waktu terjadinya kerusakan tembakau sangat penting untuk diketahui karena akan berpengaruh pada kualitas tembakau yang dapat menyebabkan turunnya nilai jual pada tembakau tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan pencegahan dengan adanya penelitian faktor-faktor yang mempengaruhi budidaya tembakau dengan memperhatikan waktu terjadinya panen dan waktu terjadinya kerusakan yang terjadi pada tembakau dengan menggunakan *stratified Cox* dan *extended Cox*.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana model dan estimasi parameter yang sesuai digunakan untuk di terapkan pada ketahanan hidup tanaman tembakau dengan membandingkan antara regresi *stratified Cox* dan *extended Cox*?
- b. Berdasarkan model *stratified Cox* dan *extended Cox*, faktor apa saja yang mempengaruhi ketahanan hidup tembakau?

1.3 Batasan Penelitian

- a. Data didapat dari 3 desa di Pamekasan.
- b. Faktor-faktor yang akan diteliti yaitu luas lahan yang ditanami, jenis lahan, banyaknya bibit, pupuk ZA, pupuk NPK, pupuk kandang, pestisida, status tembakau, dan waktu *survival* pada tembakau.

1.4 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui perbandingan *stratified Cox* dan *extended Cox* yang sesuai untuk diaplikasikan pada ketahanan hidup tanaman tembakau dengan pemilihan model terbaik berdasarkan nilai AIC terkecil.
- b. Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau

1.5 Manfaat Penelitian

- a. Memperluas wawasan tentang model *stratified Cox* dan model *extended Cox* yang digunakan untuk menganalisis ketahanan hidup tanaman tembakau.
- b. Membantu peneliti dalam mengaplikasikan ilmu statistika mengenai analisis *survival* dengan *stratified Cox* dan *extended Cox* pada ilmu pertanian khususnya tembakau
- c. Memberikan informasi kepada petani tembakau yang ada di Kabupaten Pamekasan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau agar dapat diantisipasi untuk melakukan penanaman tembakau di tahun-tahun berikutnya agar tidak mudah mengalami kerusakan

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Survival

Analisis *survival* digunakan untuk menganalisis data waktu antar kejadian mulai dari waktu awal penelitian sampai terjadinya suatu peristiwa. Peristiwa tersebut berupa kematian, munculnya suatu penyakit, atau terjadinya suatu peristiwa lain yang dijadikan penelitian [11]. Analisis *survival* banyak diterapkan dalam bidang biologi, kedokteran, kesehatan umum seperti daya hidup pasien, sosiologi, teknik seperti menganalisa masa hidup lampu pijar, ekonomi, demografi dan epidemiologi [10]. Ada tiga elemen yang harus diperhatikan dalam menentukan analisis *survival* [11]:

1. Waktu awal terjadinya suatu peristiwa
2. Waktu akhir terjadinya suatu peristiwa
3. Skala pengukuran waktu misalnya dalam hari, bulan ataupun tahun

Dalam analisis ketahanan hidup terdapat 3 tipe sensor yaitu sensor kanan, sensor kiri, dan sensor interval. Disebut sensor kanan apabila yang diteliti keluar dari penelitian atau penelitian berhenti sebelum terjadinya peristiwa. Disebut sensor kiri apabila waktu awal dari subjek pengamatan tidak teramati namun kejadian (*failure event*) secara penuh dapat diamati sebelum penelitian berakhir. Sensor interval adalah sensor yang waktu *survival* nya berada pada selang waktu tertentu.

2.2 Fungsi Survival dan Fungsi Hazard

Fungsi *survival*, $S(t)$, merupakan analisis data terjadinya suatu peristiwa pada waktu awal atau waktu ketahanan hidup (T) sampai waktu tertentu atau sampai terhentinya suatu peristiwa tersebut (t). Misal pada tembakau yaitu dari awal masa tanam sampai terjadinya kerusakan pada tembakau.

$$S(t) = P(T > t) \tag{2.1}$$

Berdasarkan definisi dari fungsi distribusi kumulatif $F(t)$, fungsi *survival* dapat juga dinyatakan dengan persamaan (2.2).

$$\begin{aligned} S(t) &= 1 - P(T \leq t) \\ &= 1 - F(t) \end{aligned} \quad (2.2)$$

Fungsi *hazard* $h(t)$ dapat dinyatakan pada persamaan (2.3).

$$\begin{aligned} h(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{1}{\Delta t} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t)}{P(T \geq t)} \right] \end{aligned} \quad (2.3)$$

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(u) du$$

Jika dikaitkan dengan teori peluang, hubungan antara fungsi *survival* dengan fungsi *hazard* dinyatakan dalam persamaan (2.4).

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \quad (2.4)$$

A merupakan fungsi *hazard* dan B merupakan fungsi *survival*. Apabila T merupakan variabel acak yang melambangkan waktu *survival*, maka didapat persamaan (2.5).

$$\begin{aligned} h(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} \\ \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{1}{\Delta t} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t)}{P(T \geq t)} \right] &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t S(t)} \right] = \frac{f(t)}{S(t)} \\ &= \frac{1}{S(t)} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t)}{\Delta t} \\ &= \frac{1}{S(t)} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(T < t + \Delta t) - P(T < t)}{\Delta t} \\ &= \frac{1}{S(t)} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t} \\ &= \frac{f(t)}{S(t)} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Apabila $F(t) = 1 - S(t)$, maka $f(t) = \frac{d(F(t))}{dt} = \frac{d(1 - S(t))}{dt}$

Oleh karena itu, fungsi *hazard* juga dapat dinyatakan dengan persamaan (2.6).

$$h(t) = \frac{\left(\frac{d(1-S(t))}{dt}\right)}{S(t)} \quad (2.6)$$

$$= \frac{\left(\frac{-d(S(t))}{dt}\right)}{S(t)}$$

$$-h(t)dt = \frac{1}{S(t)} d(S(t))$$

Sehingga hubungan antara fungsi *survival* dan fungsi *hazard* dapat dinyatakan dalam persamaan (2.7) dengan $t = u$

$$-\int_0^t h(u)du = \int_0^t \frac{1}{S(u)} d(S(u)) \quad (2.7)$$

$$-\int_0^t h(u)du = \ln S(t) \Big|_0^t$$

$$-\int_0^t h(u)du = \ln S(t) - \ln S(0)$$

$$-\int_0^t h(u)du = \ln S(t)$$

$$-H(t) = \ln S(t)$$

$$H(t) = -\ln S(t)$$

2.3 Pengujian Kaplan-Meier dan Uji Log-Rank

Metode Kaplan-Meier didasarkan pada waktu kelangsungan hidup individu dan mengasumsikan bahwa data sensor adalah independen berdasarkan waktu ketahanan hidup [11]. Kelebihan metode Kaplan-Meier dibandingkan metode *life table* (pengelompokan waktu) dapat memberikan proporsi ketahanan hidup yang pasti karena menggunakan waktu ketahanan hidup secara tepat bukan kelas interval. Persamaan umum dari fungsi *survival* yang digunakan untuk membentuk kurva *survival* Kaplan-Meier terdapat pada persamaan (2.8).

$$\hat{S}(T_{(f)}) = \hat{S}(t_{(f-1)}) \times \hat{P}_r(T > t_{(f)} | T \geq t_{(f)}) \quad (2.8)$$

Dimana,

$$\hat{S}(t_{(f-1)}) = \prod_{i=1}^{f-1} \hat{P}_r(T > t_{(i)} | T \geq t_{(i)}) \quad (2.9)$$

Uji Log-Rank merupakan uji statistik yang sesuai yang digunakan ketika data tidak simetris yaitu data miring ke kanan. Uji Log-Rank digunakan dalam uji klinis untuk melihat efisiensi dari suatu peristiwa baru yang dibandingkan dengan perawatan lama apabila yang diukur adalah waktu awal hingga terjadinya suatu peristiwa. Uji Log-Rank digunakan untuk membandingkan Kaplan-Meier dalam kondisi yang berbeda [11].

Berikut ini adalah hipotesis yang digunakan dalam uji Log-Rank.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan pada kurva *survival* antara kelompok yang berbeda

H_1 : Terdapat perbedaan kurva *survival* antara kelompok yang berbeda.

Statistik Uji:

$$\chi_{hitung}^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.10)$$

Dimana,

$$O_i - E_i = \sum_{f=1}^h (m_{if} - e_{if}) \quad (2.11)$$

$$e_{if} = \left(\frac{n_{if}}{\sum_{i=1}^G n_{if}} \right) (\sum_{i=1}^G m_{if}) \quad (2.12)$$

Keterangan:

O_i : Nilai observasi individu kelompok ke- i

E_i : Nilai ekspektasi individu kelompok ke- i

m_{if} : Jumlah objek yang mengalami event pada waktu ke- t dan kelompok ke- i

n_{if} : Jumlah objek yang masih bertahan pada waktu ke- t dan kelompok ke- i

e_{if} : Nilai ekspektasi pada waktu ke- i dan kelompok ke- i

n : Banyaknya observasi

G : Banyaknya kelompok

h : failure event (1, 2, ... , h)
 i : 1, 2, ... , G
 H_0 ditolak apabila $\chi_{hitung}^2 > \chi_{(\alpha(i-1))}^2$

2.4 Asumsi *Proportional Hazard*

Suatu keadaan memenuhi asumsi *proportional hazard* apabila keadaan tersebut memiliki nilai *hazard ratio* yang konstan terhadap waktu [11]. Untuk mengetahui apakah suatu keadaan memenuhi asumsi *proportional hazard* atau tidak dapat dilihat melalui pendekatan dengan uji *Goodness of Fit* (GOF) seperti berikut. Uji GOF dilakukan karena menggunakan pendekatan statistik dan menghasilkan *p-value*. Dalam uji GOF ada 3 langkah yang digunakan.

1. Menggunakan model Cox *proportional hazard* untuk mendapatkan *Schoenfeld* residual pada setiap variabel prediktor.
2. Mencari korelasi antara variabel residual *Schoenfeld* dan waktu *survival* (diurutkan dari kecil ke besar).
3. Melakukan pengujian korelasi antara residual *Schoenfeld* dan waktu *survival* yang telah diurutkan dari kecil ke besar dengan rumus korelasi pada persamaan (2.13).

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n \sum(X)^2 - (\sum X)^2)(n \sum(Y)^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (2.13)$$

Uji statistik: $t_{hit} = \frac{r_{RT,PR_h} \sqrt{k-2}}{\sqrt{1-r_{RT,PR_h}^2}}$ (2.14)

Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

Tolak H_0 apabila $|t_{hit}| > t_{\frac{\alpha}{2}, k-2}$ atau *p-value* > taraf signifikan (α) yang digunakan, artinya terdapat korelasi antara *Schoenfeld* residual dengan waktu *survival* yang telah diurutkan dari kecil ke besar. Selanjutnya, uji asumsi *proportional hazard* dapat terpenuhi ketika uji korelasi tidak signifikan [11].

2.5 Model Cox *Proportional Hazard*

Model regresi Cox *proportional hazard* merupakan model yang digunakan untuk menentukan antara hubungan variabel dependen dan variabel independen dimana waktu ketahanan hidup sebagai variabel dependennya. Persamaan umum regresi Cox *proportional hazard* dapat dilihat pada persamaan (2.15).

$$h(t; x) = h_0(t) \cdot r_i(t) \quad (2.15)$$

Dengan $r_i(t) = \exp(\beta_p X_p(t))$, sebagai skor risiko untuk individu ke- i , β adalah vektor koefisien regresi berdimensi p , dan $h_0(t)$ merupakan fungsi *hazard* dasar (*baseline hazard function*). Bentuk umum dari regresi Cox dapat dilihat pada persamaan (2.16).

$$h(t; x) = h_0(t) \cdot \exp(\beta_1(t) \cdot X_1(t) + \dots + \beta_p(t) \cdot X_p(t)) \quad (2.16)$$

2.6 Model Cox Stratifikasi

Model Cox stratifikasi merupakan modifikasi dari model Cox *proportional hazard* untuk mengatasi variabel independen yang tidak memenuhi asumsi *proportional hazard*. Modifikasi dilakukan dengan men stratifikasi variabel independen yang memenuhi asumsi *proportional hazard* (PH) masuk dalam model, sedangkan variabel independen yang tidak memenuhi asumsi *proportional hazard* tidak masuk dalam model dan menjadi variabel stratifikasi Z^* [11].

2.6.1 Pengujian interaksi pada model Cox stratifikasi

Untuk menguji ada tidaknya interaksi pada model Cox stratifikasi digunakan Uji *Likelihood Ratio* (LR) yaitu dengan membandingkan statistik Log-Likelihood untuk model interaksi dan model tanpa interaksi [11]. Berikut adalah hipotesis dari Uji *Likelihood Ratio* (LR).

H_0 : Tidak terdapat interaksi antara variabel stratifikasi dengan variabel independen yang tidak masuk dalam model

H_1 : Terdapat interaksi antara variabel stratifikasi dengan variabel independen yang masuk dalam model

Statistik uji:

$$LR = -2 \ln L_r - (-2 \ln L_F) \sim \chi_{p(k^*-1)}^2 \quad (2.17)$$

Keterangan:

L_R = Likelihood tanpa interaksi

L_F = Likelihood dengan interaksi

H_0 ditolak jika $LR > \chi_{p(k^*-1)}^2$ atau $p\text{-value} < \alpha$

2.6.2 Model Cox stratifikasi tanpa interaksi

Model Cox stratifikasi tanpa interaksi merupakan bentuk umum dari model Cox stratifikasi yang menunjukkan tidak ada interaksi antara variabel stratifikasi dengan variabel independen yang masuk dalam model seperti pada persamaan (2.18).

$$h_g(t, x) = h_{0g}(t) \exp(\beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p) \quad (2.18)$$

Dimana,

$g = 1, 2, \dots, k^*$

k^* = jumlah kategori dalam variabel stratifikasi

$h_{0g}(t)$ = fungsi *baseline hazard*

2.6.2.1 Estimasi parameter

Estimasi parameter Cox stratifikasi model menggunakan metode *Maximum Partial Likelihood Estimation* (MPLE), seperti halnya pada model Cox *proportional hazard*. Apabila terdapat n_s individu di setiap kategori dalam variabel stratifikasi, dan terdapat r_s individu yang mengalami *failure event*, sehingga $n_s r_s$ adalah waktu *survival* yang ter sensor. Waktu survival terurut dari r_s individu yang mengalami *failure event* pada setiap kategori yaitu $t_{(gj)}$. Himpunan dari individu yang hidup dan tidak ter sensor lebih dari sama dengan waktu $t_{(gj)}$ ditandai dengan $R(t_{(gj)})$, sehingga fungsi *partial likelihood* untuk model Cox stratifikasi adalah hasil perkalian fungsi *partial likelihood* dari setiap kategori seperti yang disajikan dalam persamaan (2.19).

$$L(\beta) = \prod_{g=1}^{k^*} L_g(\beta) \quad (2.19)$$

$$\ln L(\beta) = \ln \prod_{g=1}^{k^*} L_g(\beta)$$

$$\ln L(\beta) = \ln \left[\prod_{g=1}^{k^*} \left[\prod_{j=1}^{r_s} \frac{\exp(\beta' x_{gj})}{\sum_{l \in R(t_{gj})} \exp(\beta' x_{gl})} \right] \right]$$

$$\ln L(\beta) = \sum_{g=1}^{k^*} [\sum_{j=1}^{r_s} \beta^T x_{gj} - \ln(\sum_{j \in R(t_{si})} \exp[\beta^T x_{gl}])] \quad (2.20)$$

Turunan pertama dan kedua dari persamaan (2.20) terdapat dalam persamaan (2.21) dan (2.22).

$$\frac{\partial \ln L(\beta)}{\partial \beta_p} = \sum_{g=1}^{k^*} [\sum_{j=1}^{r_s} (x_{gjp} - \frac{\sum_{l \in R(t_{gj})} x_{glp} \exp \sum_{i=1}^p (\beta_i x_{gli})}{\sum_{l \in R(t_{gj})} \exp \sum_{i=1}^p (\beta_i x_{gli})})] \quad (2.21)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \ln L(\beta)}{\partial \beta_n \partial \beta_n^*} = & \sum_{g=1}^{k^*} [-\sum_{j=1}^{r_s} \frac{\sum_{l \in R(t_{gj})} x_{gln} x_{gln^*} \exp \sum_{i=1}^p (\beta_i x_{gli})}{\sum_{l \in R(t_{gj})} \exp \sum_{i=1}^p (\beta_i x_{gli})}] + \\ & \sum_{g=1}^{k^*} [\sum_{j=1}^{r_s} (\frac{\sum_{l \in R(t_j)} x_{gln} \exp \sum_{i=1}^p (\beta_i x_{gli})}{\sum_{l \in R(t_{gj})} \exp \sum_{i=1}^p (\beta_i x_{gli})} \frac{\sum_{l \in R(t_{gj})} x_{gln^*} \exp \sum_{i=1}^p (\beta_i x_{gli})}{\sum_{l \in R(t_{gj})} \exp \sum_{i=1}^p (\beta_i x_{gli})})] \end{aligned} \quad (2.22)$$

Iterasi numerik dengan metode Newton-Raphson digunakan karena turunan pertama implisit atau tidak *close form* [10]. Jika $g(\beta)$ adalah vektor berukuran $p \times 1$ yang merupakan turunan pertama fungsi $\ln L(\beta)$ terhadap parameter β . $H(\beta)$ adalah matrik hessian berukuran $p \times p$ yang berisi turunan kedua dari fungsi $\ln L(\beta)$, maka estimasi parameter pada iterasi ke $(c+1)$ adalah sebagai berikut.

1. Menetapkan nilai awal $\hat{\beta}^{(0)} = 0$
2. Menghitung $\hat{\beta}^{(1)} = \hat{\beta}^{(0)} - H^{-1}(\hat{\beta}^{(0)})g(\hat{\beta}^{(0)})$
3. Iterasi dilakukan hingga memperoleh nilai yang konvergen: $\|\hat{\beta}^{c+1} - \hat{\beta}^c\| \leq \varepsilon$, dimana ε merupakan suatu bilangan yang sangat kecil.

2.6.2.2 Hazard ratio

Pada model Cox stratifikasi nilai *hazard ratio* bernilai sama pada setiap kategori variabel stratifikasi. Hal ini disebabkan karena koefisien dari x_1, \dots, x_p bernilai sama. Nilai *hazard ratio*

pada model Cox stratifikasi dapat didefinisikan sebagaimana pada model Cox *proportional hazard* yaitu *hazard* untuk individu kategori satu dibagi dengan *hazard* untuk individu yang berbeda, seperti pada persamaan (2.23).

$$HR = \frac{\hat{h}(t, x^*)}{\hat{h}(t, x)} = \frac{\hat{h}_0(t) e^{\sum_{i=1}^p \beta_1 x_i^*}}{\hat{h}_0(t) e^{\sum_{i=1}^p \beta_1 x_i}} \quad (2.23)$$

Misal x adalah variabel prediktor dengan kategori 0 dan 1 maka nilai *hazard ratio* adalah e^β kali tingkat kecepatan terjadinya risiko peristiwa *failure event* (laju kegagalan) pada individu dengan kategori $x = 1$ [11].

2.6.2.3 Uji signifikansi parameter

1. Uji Serentak

$$\begin{aligned} \text{Hipotesis} \quad & : H_0: \beta_j = 0 \\ & H_1: \beta_j \neq 0 \end{aligned}$$

Statistik Uji :

$$W^2 = 2 \log L_v - 2 \log L_0 \quad (2.24)$$

Tolak H_0 ketika $x_{LR}^2 > x_{p;a}^2$ atau $p - value < a < 5\%$

1. Uji Parsial

$$\begin{aligned} \text{Hipotesis} \quad & : H_0: \beta_j = 0 \\ & H_1: \beta_j \neq 0 \text{ dengan } j = 1, 2, \dots, p \end{aligned}$$

Statistik Uji :

$$x_{wald}^2 = \left[\frac{\hat{B}_j}{SE \hat{B}_j} \right]^2 \quad (2.25)$$

Tolak H_0 ketika $x_{Wald}^2 > x_{1;a}^2$ atau $p - value < a < 5\%$

2.6.3 Model Cox stratifikasi dengan interaksi

Model Cox stratifikasi dengan interaksi antara variabel Z^* dengan variabel x dalam model terdapat pada persamaan (2.26).

$$h_g(t, x) = h_{0g}(t) \exp(\beta_{1g} x_1 + \dots + \beta_{pg} x_p) \quad (2.26)$$

Dimana $g = 1, 2, \dots, k^*$

Persamaan (2.26) dapat dituliskan oleh persamaan berikut.

1. Menggunakan perkalian yang melibatkan Z^*
2. Mendefinisikan variabel dummy yaitu $Z_1^*, \dots, Z_{k^*-1}^*$ dan variabel Z^*
3. Membuat perkalian $Z_i^* \times x_j$, dimana $i=1, 2, \dots, k^* - 1$ dan $j=1, 2, \dots, p$

Sehingga alternatif untuk model Cox stratifikasi dengan interaksi dapat dituliskan sebagai pada persamaan (2.27).

$$h_g(t, x) = h_{0g}(t) \exp[\beta_i x_1 + \dots + \beta_p x_p] \quad (2.27)$$

$$+ \beta_{11}(Z_1^* \times x_1) + \dots + \beta_{p1}(Z_2^* \times x_p)$$

$$+ \dots + \beta_{p,k^*-1}(Z_{k^*-1}^* \times x_1) + \dots +$$

$$\beta_{p,k^*-1}(Z_{k^*-1}^* \times x_p)]$$

Dimana $g=1, 2, \dots, k$

2.7 Regresi *Extended Cox*

Salah satu metode dapat digunakan jika terdapat variabel independen yang bergantung pada variabel waktu sehingga asumsi *proportional hazard* tidak dipenuhi adalah dengan menggunakan *extended Cox*. Variabel tersebut akan berubah bergantung waktu [11]. Dalam *extended Cox* model, variabel yang bergantung terhadap waktu harus di interaksi dengan fungsi waktu. Fungsi waktu yang digunakan bisa menggunakan fungsi t , $\ln(t)$ dan fungsi lain yang mengandung t . Pemilihan fungsi waktu yang digunakan berdasarkan *p-value* yang dihasilkan dari variabel yang tidak memenuhi asumsi *proportional hazard* yang di interaksi dengan fungsi waktu. Jika terdapat q variabel prediktor yang tidak memenuhi asumsi *proportional hazard*, maka sebanyak q variabel tersebut harus di interaksi dengan fungsi waktu $g(t)$ maka persamaan umum *extended Cox* terdapat pada persamaan (2.28).

$$h(t, x(t)) = h_0(t) \exp[\sum_{k=1}^p \beta_k x_k + \sum_{m=1}^q \delta_m x_m g_m(t)] \quad (2.28)$$

Hazard ratio pada *extended Cox* model tidak memerlukan terpenuhinya asumsi *proportional hazard*. Rumus untuk *hazard ratio* terdapat pada persamaan (2.29).

$$\widehat{HR}(t) = \frac{\widehat{h}(t, x^*(t))}{\widehat{h}(t, x(t))} \quad (2.29)$$

Seperti halnya pendugaan parameter model *Cox proportional hazard*, pendugaan parameter pada *extended Cox* model menggunakan *Maximum Partial Likelihood Estimation* (MPLE) seperti dibawah ini [10].

$$LnL(\beta) = \sum_{j=1}^n d_j \{ \beta' x_j(t_j) \} - \ln \sum_{f \in R(t_{(j)})} \exp(\beta' x_f(t_j)) \quad (2.30)$$

Persamaan 2.30 kemudian dimaksimumkan dengan metode Newton-Raphson untuk mendapatkan pendugaan parameter *extended Cox* model. Nilai *hazard function* untuk *Cox extended* model dapat di estimasi dengan menggunakan persamaan (2.31).

$$\widehat{h}_0(t) = - \ln \widehat{s}_0(t) = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\sum_{f \in R(t_{(j)})} \exp\{\widehat{\beta}' x_f(t_j)\}} \quad (2.31)$$

Dimana $j=1, 2, \dots, n$ merupakan individu yang diamati dan $x_f(t)$ adalah vektor yang berisi variabel prediktor pada individu ke- j pada waktu t_j . Dalam *extended Cox* model dikenal juga istilah fungsi *heaviside*. Fungsi *heaviside* atau fungsi tangga satuan digunakan jika *hazard ratio*-nya berubah pada waktu tertentu atau bernilai konstan pada interval tertentu namun berbeda antar selang waktu. Fungsi *heaviside* digunakan untuk melihat perbedaan *hazard ratio* pada interval waktu yang berbeda, namun di setiap interval waktu *hazard ratio* nya bernilai sama. Persamaan umum *extended Cox* dengan satu fungsi *heaviside* terdapat pada persamaan (2.32).

$$h(t, x(t)) = h_0(t) \exp[\sum_{k=1}^p \beta_k x_k + \sum_{m=1}^q \delta_m x_m g_m(t)] \quad (2.32)$$

Fungsi *heaviside*-nya adalah sebagai berikut:

$$g_m(t) = \begin{cases} 1, & t \geq t_0 \\ 0, & t < t_0 \end{cases}$$

Apabila $t \geq t_0$ maka $g_m(t) = 1$ sehingga $x_m \times g_m(t) = x_m$ namun jika $t < t_0$ maka $g_m(t) = 0$ sehingga untuk kedua interval tersebut tersebut memiliki model *hazard ratio* yang terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Bentuk Model dan *Hazard Ratio* dengan Satu Fungsi *Heaviside*

Interval	Model	<i>Hazard Ratio</i>
$t \geq t_0$	$h(t, x(t)) = h_0(t) \exp \left[\sum_{k=1}^p \beta_k x_k + \sum_{m=1}^q \delta_m x_m g_m(t) \right]$	$\widehat{HR} = \exp[\hat{\beta} + \hat{\delta}]$
$t < t_0$	$(t, x(t)) = h_0(t) \exp \left[\sum_{k=1}^p \beta_k x_k \right]$	$\widehat{HR} = \exp[\hat{\beta}]$

2.8 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Rusaknya Tembakau

Pada penelitian sebelumnya meneliti faktor-faktor pupuk NPK, pupuk kandang, pupuk ZA, bibit, dan pupuk TSP [3]. Dari penelitian sebelumnya meneliti faktor-faktor luas lahan, jumlah benih, tenaga kerja, pupuk kandang, pupuk ZA, pupuk NPK fertila, pupuk KNO₃, dan pestisida [1]. Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, pada penelitian ini meneliti faktor-faktor luas lahan yang ditanami, jenis lahan, benih, pupuk NPK, pupuk kandang, pupuk ZA, dan pestisida. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing variabel independen yang diduga mempengaruhi waktu rusaknya tembakau.

a. Luas Lahan Yang Ditanami

Proses budidaya tembakau dimulai dari proses pengolahan lahan. Keadaan lahan sangat penting karena pertumbuhan dan perkembangan tanaman tembakau sangat dipengaruhi oleh pengakaran yang aktif. Pertumbuhan perakaran dipengaruhi oleh aerosol tanah yang baik dan kelembapan yang cukup. Untuk memaksimalkan pertumbuhan tembakau dibutuhkan aerasi tanah yang baik, kecukupan air, dan nutrisi tanaman.

b. Jenis Lahan

Terdapat tiga jenis lahan yang ditanami tembakau yaitu jenis lahan sawah tadah hujan, gunung, dan tegal. Pada lahan sawah tadah hujan untuk pengembangan tembakau tersedia air pengairan, oleh karena itu proses pertumbuhan tanaman lebih terjamin. Namun demikian, tembakau yang dihasilkan di lahan sawah mutunya lebih rendah dan kurang aromatis daripada tembakau yang dihasilkan di lahan tegal maupun gunung/perbukitan. Pada lahan tegal, ketersediaan air untuk pengairan tembakau dalam kondisi terbatas. Kondisi keterbatasan air ini justru dapat menghasilkan produk tembakau dengan mutu tinggi dan aromatis dibandingkan mutu yang dihasilkan di lahan sawah. Lahan gunung untuk pengembangan tembakau memiliki topografi bergelombang. Kebutuhan air untuk pertumbuhan dan produksi tembakau dipenuhi dengan cara menyiram seperti halnya pada lahan tegal. Hal ini dikarenakan lokasi lahan gunung relatif lebih tinggi daripada curahan tenaga kerja pada lahan sawah maupun lahan tegal. Kondisi lahan gunung memiliki spesifikasi lokasi terhadap kesesuaian untuk pengembangan tembakau pada umumnya. Kondisi ini terlihat dari hasil tembakau yang memiliki mutu produk tinggi dan sangat aromatis. Oleh karena itu tembakau gunung di Madura lebih disukai di pasaran.

c. Benih

Persyaratan benih murni, unggul, dan bersertifikat merupakan salah satu persyaratan utama untuk mendukung peningkatan mutu dan produksi tembakau. Penanaman benih dilakukan dengan membuat jarak pola tanam yang tepat. Jarak yang tepat

untuk menabur benih tembakau bisa menghindari tembakau dari kerusakan. Oleh karena itu jumlah benih harus disesuaikan dengan luas lahan yang akan ditanami tembakau.

- d. Pupuk NPK dan pupuk ZA merupakan pupuk anorganik. Pupuk anorganik merupakan pupuk yang berasal dan terdiri dari bahan kimia aktif ini didapatkan dari rekayasa kimia yang melalui proses kimiawi dan terdiri dari beberapa unsur. Unsur-unsur dari pupuk anorganik, yaitu antara lain nitrogen, fosforus dan kalium. Pupuk NPK dan pupuk ZA merupakan pupuk yang pemberiannya berdasarkan jenis penyakit pada tembakau. Manfaat bagi tanaman dari pupuk anorganik ialah dapat mencukupi ketersediaan unsur hara di dalam tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman dengan cepat, sedangkan pupuk anorganik mempunyai kekurangan, yaitu apabila penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus dapat menyebabkan tanah menjadi padat dan keras, menurunkan pH tanah dan residu zat kimia tertinggal di hasil produksinya.
- e. Pupuk kandang adalah pupuk yang berasal dari kotoran hewan. Pupuk kandang mempunyai fungsi yaitu menyediakan unsur hara yang diperlukan bagi tanaman dan tanah. Pupuk kandang diperlukan untuk memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah. Pemberian pupuk kandang ke tanaman harus dilakukan secara tepat, karena
- f. Pestisida merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membasmi organisme pengganggu seperti ulat, tikus, dan serangga. Pestisida digunakan untuk membunuh atau mengendalikannya berbagai hama. Pestisida berpengaruh pada umur tembakau apabila pemakaiannya tidak sesuai. Pestisida yang berlebihan dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan membuat tembakau menjadi lebih cepat mengalami kerusakan sebelum sampai waktu panen.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Dalam penelitian ini menggunakan data primer. Data primer dilakukan dengan penyebaran kuesioner yang dilakukan di 3 desa di Pamekasan pada bulan Februari - April 2020.

3.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan variabel dependen dan variabel independen. Pada penelitian ini, variabel dependen yang digunakan adalah waktu *survival* tanaman tembakau (T) dan status tersensor yang menunjukkan apakah terjadi *failure* atau *event* pada saat penelitian berlangsung (d) yang terdapat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Dependen Penelitian

Variabel	Deskripsi
T	Umur tembakau pada waktu terjadinya kerusakan atau terjadinya masa panen
d	Status tembakau : 1 : Tembakau rusak 0 : Tembakau panen

Berikut skema yang dilakukan pada penelitian ini.

- a. Kejadian (*event*) yang diteliti dalam penelitian ini adalah kejadian pada saat tembakau mengalami kerusakan dari awal terjadinya masa tanam - masa panen berlangsung.
- b. Skala pengukuran yang digunakan dalam satuan hari.
- c. Tipe data sensor yang digunakan adalah data sensor kiri.

Tabel 3.2 berikut merupakan struktur data penelitian variabel. Struktur data penelitian berikut merupakan gambaran dari variabel yang akan digunakan.

Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian

Data ke-	T	D	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1	T_1	d_1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}
2	T_2	d_2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{25}	x_{26}	x_{27}
3	T_3	d_3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{35}	x_{36}	x_{37}
.
.
j	T_j	d_j	x_{j1}	x_{j2}	x_{j3}	x_{j4}	x_{j5}	x_{j6}	x_{j7}
.
.
n	T_n	d_n	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	x_{n4}	x_{n5}	x_{n6}	x_{n7}

Keterangan:

$j = 1, 2, 3, \dots, n$

T_j = waktu *survival* data ke-j

d_j = status data ke-j

x_{j1} = luas lahan yang ditanami ke-j

x_{j2} = jenis lahan ke-j

x_{j3} = banyak benih ke-j

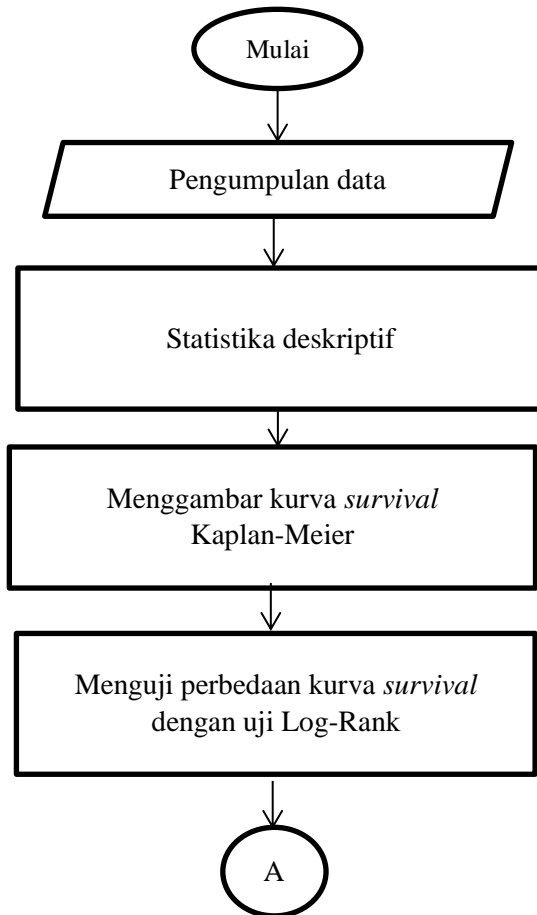
x_{j4} = banyak pupuk NPK ke-j

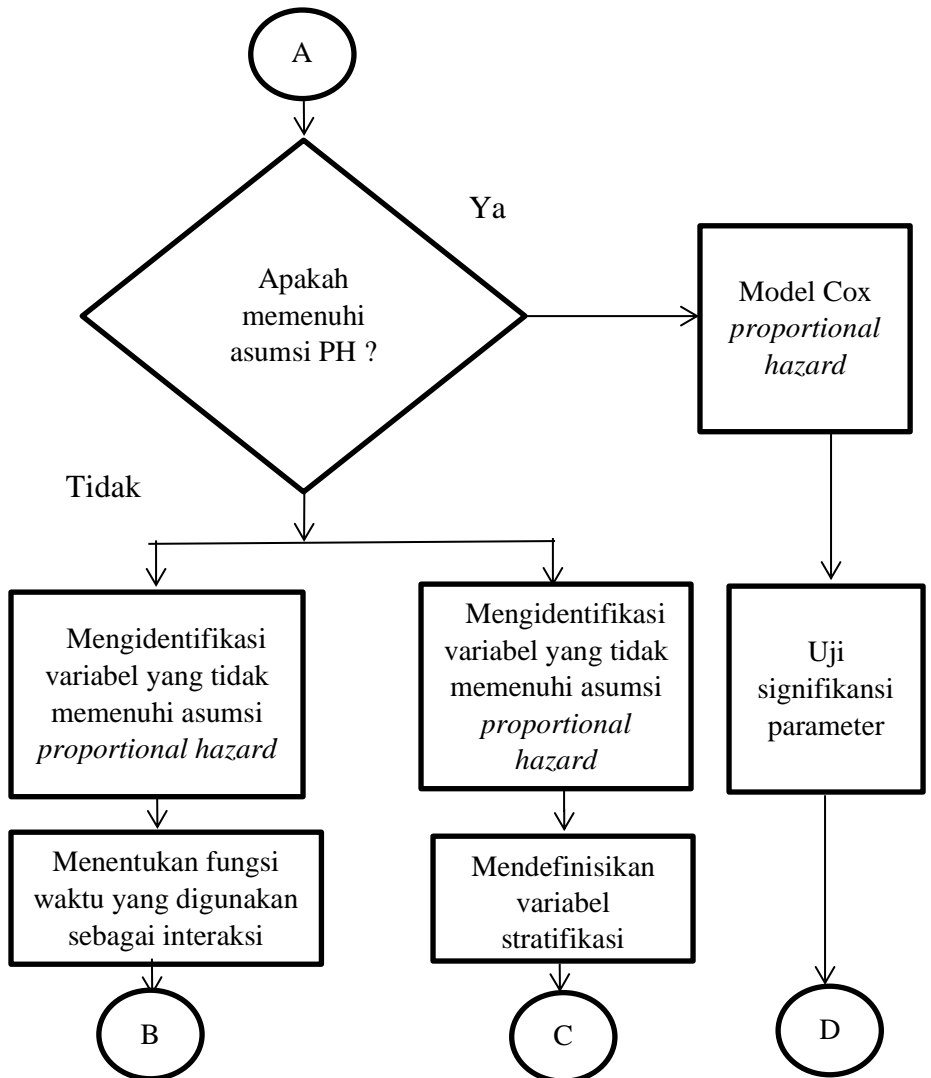
x_{j5} = banyak pupuk kandang ke-j

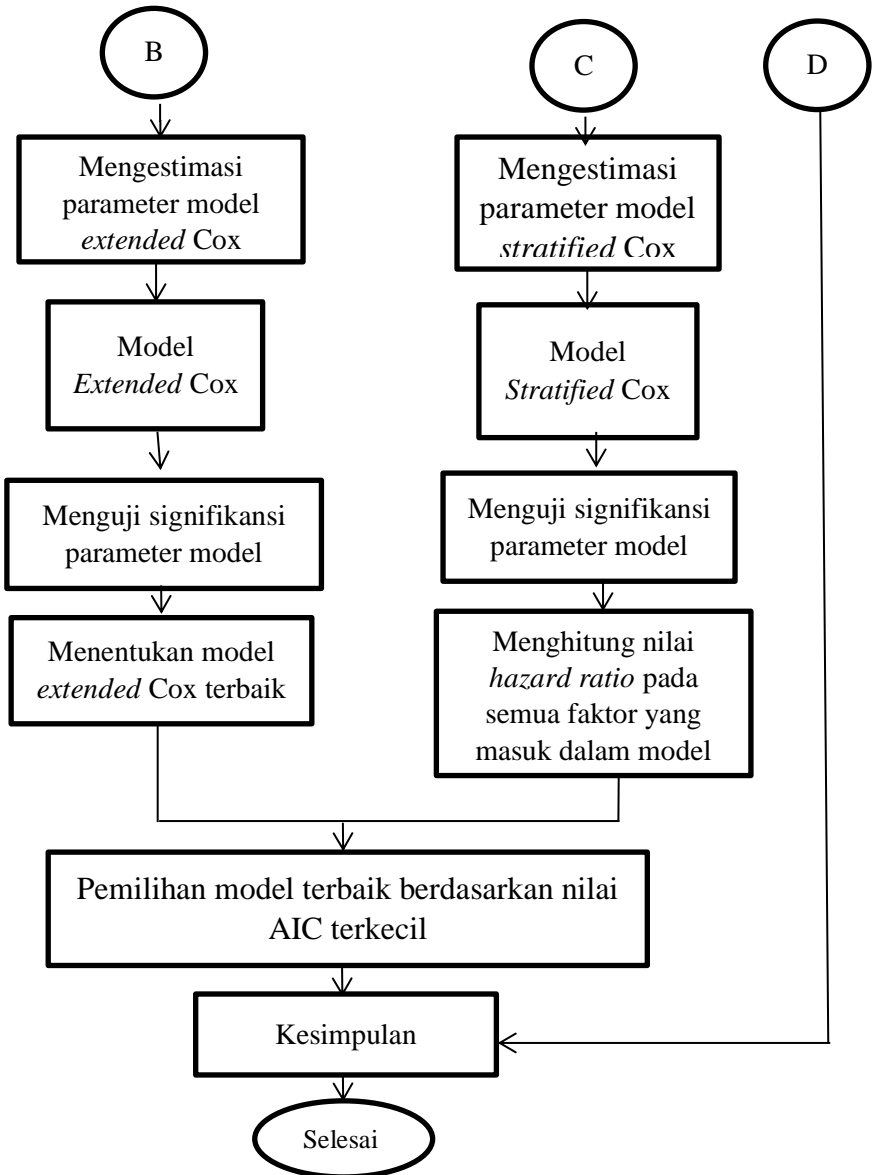
x_{j6} = banyak pupuk ZA ke-j

x_{j7} = banyak pestisida ke-j

Langkah Analisis







Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau di Pamekasan. Data tersebut adalah luas lahan yang ditanami (X_1), jenis lahan (X_2), benih (X_3), pupuk NPK (X_4), pupuk kandang (X_5), pupuk ZA (X_6), pestisida (X_7). Data lengkap disajikan dalam Lampiran 1 dan Lampiran 2. Pada Lampiran 1 merupakan data yang berisi jumlah lahan yang ditanami, jenis lahan, jumlah benih, jumlah pupuk NPK, jumlah pupuk kandang, jumlah pupuk ZA, dan jumlah pestisida. Data diperoleh dengan penyebaran kuesioner di 3 desa yaitu Pademawu, Waru, dan Galis di Kabupaten Pamekasan pada bulan Februari-April 2020. Data hasil kuesioner dapat dilihat pada Lampiran 1.

4.2 Karakteristik Tembakau Berdasarkan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tanaman Tembakau

Pada pembahasan awal, gambaran karakteristik tanaman tembakau yang mengalami kerusakan akan diberikan berdasarkan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau. Faktor yang memiliki skala nominal yaitu faktor jenis lahan (X_2), dan faktor yang memiliki skala rasio yaitu luas lahan yang ditanami (X_1), jumlah benih (X_3), jumlah pupuk NPK (X_4), jumlah pupuk kandang (X_5), jumlah pupuk ZA (X_6), dan jumlah pestisida (X_7) yang dapat dilihat pada Lampiran 1. Dari Lampiran 1, dihitung ukuran pemusatan data berupa nilai minimum, nilai maksimum, rata-rata (mean), dan standar deviasi tiap variabel independen yang dapat dilihat pada tabel di sub-sub bab 4.2.

4.2.1 Karakteristik tembakau berdasarkan luas lahan yang ditanami

Ketahanan hidup tembakau dapat di prediksi berdasarkan faktor luas lahan yang ditanami. Pada Tabel 4.1 akan ditunjukkan karakteristik tembakau secara deskriptif berdasarkan faktor luas lahan yang ditanami tembakau.

Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Luas Lahan yang Ditanami

	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	Mean	Std. Deviation
Luas Lahan yang Ditanami	15	8000	2155.943	2332.568

Berdasarkan tabel diatas, luas lahan yang ditanami tembakau rata-rata 2155.943 m^2 dengan luas lahan 15 m^2 dan 8000 m^2 merupakan luas lahan *minimum* dan *maximum* yang ditanami tanaman tembakau. Nilai deviasi standar 2332.568 m^2 menunjukkan variasi luas lahan yang ditanami tembakau.

4.2.2 Tabulasi silang tembakau berdasarkan faktor jenis lahan

Terdapat tiga kategori jenis lahan yang ditanami tembakau, diantaranya adalah jenis lahan sawah tadah hujan, gunung, dan tegal. Pada Tabel 4.2 akan ditunjukkan karakteristik tanaman tembakau secara deskriptif berdasarkan faktor jenis lahan.

Tabel 4.2 Tabulasi Silang Jenis Lahan yang Ditanami

		Jenis Lahan			Total
		0	1	2	
Status	0	24	22	24	45
	1	12	7	6	25
Total					70

Berdasarkan Tabel 4.2, jenis lahan dengan kategori 0 yang mengalami *event* berjumlah 12. Jenis lahan dengan kategori 1 yang mengalami *event* berjumlah 7, sedangkan jenis lahan yang memiliki kategori 2 yang mengalami *event* berjumlah 6.

4.2.3 Karakteristik tembakau berdasarkan jumlah benih

Ketahanan hidup tembakau dapat di prediksi berdasarkan jumlah benih. Pada Tabel 4.3 ditunjukkan karakteristik tembakau secara deskriptif berdasarkan faktor jumlah benih.

Tabel 4.3 Statistika Deskriptif Jumlah Benih

	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>
Benih	25	3575000	213744.5	445577

Berdasarkan Tabel 4.3, jumlah benih untuk menanam tembakau rata-rata 213744.5 kg/masatanam dengan jumlah benih 25 kg/masatanam dan 3575000 kg/masatanam merupakan jumlah benih *minimum* dan *maximum* untuk menanam tembakau. Nilai deviasi standar 445577 kg/masatanam menunjukkan variasi jumlah bibit untuk menanam tembakau.

4.2.4 Karakteristik tembakau berdasarkan jumlah pupuk NPK

Ketahanan hidup tembakau dapat di prediksi berdasarkan jumlah pupuk NPK. Pada Tabel 4.4 ditunjukkan karakteristik tembakau secara deskriptif berdasarkan faktor jumlah pupuk NPK yang digunakan.

Tabel 4.4 Statistika Deskriptif Jumlah Pupuk NPK

	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>
Pupuk NPK	0	3575000	787111.2	877263.7

Berdasarkan Tabel 4.4, jumlah pupuk NPK untuk menanam tembakau rata-rata 787111.2 kg/masatanam dengan jumlah pupuk NPK 0 kg/masatanam dan 3575000 kg/masatanam merupakan jumlah pupuk NPK *minimum* dan *maximum* untuk menanam tanaman tembakau. Nilai deviasi standar 877263.7 kg/masatanam yaitu menunjukkan variasi jumlah pupuk NPK yang digunakan untuk menanam tembakau.

4.2.5 Karakteristik tembakau berdasarkan jumlah pupuk kandang

Ketahanan hidup tembakau dapat di prediksi berdasarkan faktor jumlah pupuk kandang. Pada Tabel 4.5 akan ditunjukkan karakteristik tembakau secara deskriptif berdasarkan faktor jumlah pupuk kandang yang digunakan.

Tabel 4.5 Statistika Deskriptif Jumlah Pupuk Kandang

	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	Mean	Std. Deviation
Pupuk Kandang	0	7000000	1009643	1324527

Berdasarkan Tabel 4.5 jumlah pupuk kandang untuk menanam tembakau rata-rata 1009643 kg/masatanam dengan jumlah pupuk kandang 0 kg/masatanam dan 7000000 kg/masatanam merupakan jumlah pupuk kandang *minimum* dan *maximum* untuk tembakau. Nilai deviasi standar 1324527 kg/masatanam menunjukkan variasi jumlah pupuk kandang yang digunakan untuk menanam tembakau.

4.2.6 Karakteristik tembakau berdasarkan jumlah pupuk ZA

Ketahanan hidup tembakau dapat di prediksi berdasarkan faktor jumlah pupuk ZA. Pada Tabel 4.6 ditunjukkan karakteristik tembakau secara deskriptif berdasarkan faktor jumlah pupuk ZA yang digunakan.

Tabel 4. 6 Statistika Deskriptif Jumlah Pupuk ZA

	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	Mean	Std. Deviation
Pupuk ZA	0	400000	71871.4	100346.5

Berdasarkan Tabel 4.6 jumlah pupuk ZA untuk menanam tembakau rata-rata 71871.4 kg/ masatanam dengan jumlah pupuk ZA 0 kg/masatanam dan 400000 kg/masatanam merupakan jumlah pupuk ZA *minimum* dan *maximum* untuk menanam tembakau. Nilai deviasi standar tanaman tembakau 100346.5 kg/masatanam menunjukkan variasi jumlah pupuk ZA yang digunakan untuk menanam tembakau.

4.2.7 Karakteristik tembakau berdasarkan jumlah pestisida

Ketahanan hidup tembakau dapat di prediksi berdasarkan faktor jumlah pestisida. Pada tabel 4.7 ditunjukkan karakteristik tembakau secara deskriptif berdasarkan faktor jumlah pestisida yang digunakan.

Tabel 4.7 Statistika Deskriptif Jumlah Pestisida

	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>
Pestisida	1	160	42.41429	42.52552

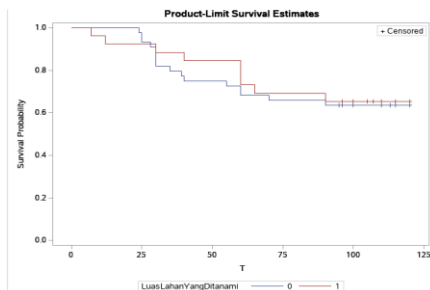
Berdasarkan tabel 4.7 jumlah pestisida untuk menanam tembakau rata-rata 42.41429 liter/masatanam dengan jumlah pestisida 1 liter/masatanam dan 160 liter/masatanam merupakan jumlah pestisida *minimum* dan *maximum* penanaman tembakau. Nilai deviasi standar 42.52552 liter/masatanam menunjukkan variasi jumlah pestisida yang digunakan untuk menanam tanaman tembakau.

4.3 Kurva *Survival* Kaplan-Meier dan Uji Log-Rank

Kurva Kaplan-Meier merupakan kurva yang digunakan untuk mengetahui karakteristik kurva *survival* tanaman tembakau berdasarkan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi ketahanan hidup tembakau yaitu luas lahan yang ditanami, jenis lahan, jumlah benih, pupuk NPK, pupuk kandang, pupuk ZA, dan pestisida, sedangkan uji Log-Rank adalah untuk membandingkan kurva *survival* dalam grup yang berbeda. Sebelum melakukan uji Kaplan-Meier dan uji Log-Rank, langkah pertama yang dilakukan yaitu dengan mengolah data yang ada pada Lampiran 1. Data diolah dengan cara pengelompokan berdasarkan mean tiap variabel independen untuk $X_{1,2,\dots,n} \leq \text{mean}$ diberi skala 0 dan skala 1 untuk $X_{1,2,\dots,n} > \text{mean}$ yang dapat dilihat pada Lampiran 2. Selanjutnya, data pada Lampiran 2 digunakan untuk uji Kaplan-Meier dan uji Log-Rank.

4.3.1 Faktor luas lahan yang ditanami tembakau

Faktor luas lahan yang ditanami diduga mempengaruhi ketahanan hidup tembakau. Kurva *survival* Kaplan-Meier untuk faktor luas lahan yang ditanami ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kurva *Survival* Kaplan-Meier Berdasarkan Faktor Luas Lahan yang Ditanami

Warna biru pada Gambar 4.1 menunjukkan kurva *survival* tanaman tembakau yang tergolong kedalam luas lahan yang ditanami $\leq 2155.943 m^2$, sedangkan kurva warna merah menunjukkan luas lahan yang ditanami $> 2155.943 m^2$. Terlihat kedua kurva tersebut saling berimpit pada akhir penelitian. Artinya luas lahan $\leq 2155.943 m^2$ dan luas lahan $> 2155.943 m^2$ memiliki probabilitas untuk bertahan hidup yang relatif sama yaitu diatas 0.6 hingga 1.

Untuk menguatkan kesimpulan bahwa luas lahan $\leq 2155.943 m^2$ dan luas lahan $> 2155.943 m^2$ memiliki probabilitas yang cenderung sama, maka dilakukan uji Log-Rank dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 4.8.

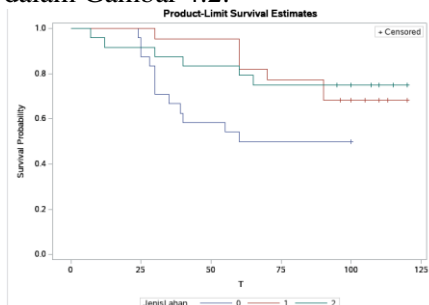
Tabel 4.8 Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Luas Lahan yang Ditanami

Log-Rank	Df	P-Value
0.0643	1	0.7998

Apabila digunakan α sebesar 0.05 maka dapat menghasilkan keputusan gagal tolak H_0 yang berarti tidak ada perbedaan antara kurva *survival* luas lahan $\leq 2155.943 m^2$ dan $> 2155.943 m^2$.

4.3.2 Faktor jenis lahan pada tanaman tembakau

Gambaran tentang karakteristik kurva *survival* (ketahanan hidup) berdasarkan variabel jenis lahan yang terdiri atas tiga kategori yaitu jenis lahan sawah tadah hujan yang berwarna biru, jenis lahan gunung yang berwarna merah, dan jenis lahan tegal yang berwarna hijau akan disajikan dengan kurva *survival* Kaplan-Meier dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kurva *Survival* Kaplan-Meier Berdasarkan Faktor Jenis Lahan

Pada Gambar 4.2 kurva untuk jenis lahan gunung dan tegal memiliki probabilitas ketahanan hidup antara 0.7 hingga 1, sedangkan kurva warna biru memiliki probabilitas lebih rendah dibandingkan kedua kurva. Kurva berwarna biru memiliki ketahanan hidup antara 0.5 hingga 1. Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa kurva berwarna biru, merah dan hijau tidak saling berimpit diduga tidak terdapat perbedaan antara waktu *survival* dengan faktor jenis lahan yang ditanami tembakau.

Untuk memastikan ada tidaknya perbedaan kurva antara ketiga kelompok berbeda dilakukan pengujian Log-Rank pada faktor jenis lahan untuk memperkuat dugaan yang didapat dari kurva Kaplan-Meier. Hasil uji Log-Rank dari faktor jenis lahan ditampilkan pada Tabel 4.9.

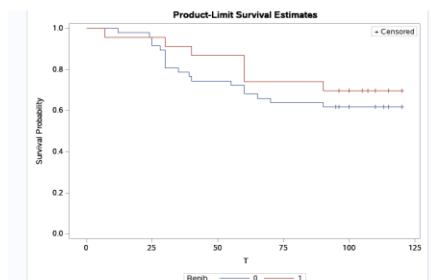
Tabel 4.9 Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Jenis Lahan

Log-Rank	Df	P-Value
4.8044	2	0.0905

Berdasarkan hasil pengujian Log-Rank yang terdapat pada Tabel 4.9, didapat nilai statistik uji sebesar 4.8044 dan nilai p -value sebesar 0.0905. Jika dibandingkan dengan nilai $\alpha=0.05$, maka p -value lebih besar dari $\alpha=0.05$. Sehingga keputusannya adalah terima H_0 yang artinya tidak ada perbedaan waktu *survival* dengan faktor jenis lahan.

4.3.3 Faktor jumlah benih pada tanaman tembakau

Gambar 4.3 menunjukkan bentuk kurva *survival* Kaplan-Meier pada kelompok jumlah benih yang diduga mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau.



Gambar 4.3 Kurva *Survival* Kaplan-Meier Berdasarkan Faktor Jumlah Benih

Dari Gambar 4.3, dapat dilihat bahwa garis biru merupakan kategori untuk jumlah benih ≤ 213744.5 dan garis merah untuk jumlah benih > 213744.5 kg/masatanam. Berdasarkan kurva Kaplan-Meier faktor jumlah benih, kategori jumlah benih ≤ 213744.5 kg/masatanam dengan kategori jumlah benih > 213744.5 kg/masatanam saling berimpit satu sama lain. Sehingga dari Gambar 4.3 diduga tidak ada perbedaan kurva *survival* antara kategori jumlah benih ≤ 213744.5 kg/masatanam dengan kategori jumlah benih > 213744.5 kg/masatanam dapat dilihat secara visual. Probabilitas ketahanan hidup tanaman tembakau dari kedua kategori tersebut berkisar antara 0.6 hingga 1. Selanjutnya untuk menguji dugaan tersebut, maka perlu dilakukan uji Log-Rank untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antara kurva *survival* tanaman tembakau berdasarkan faktor jumlah benih.

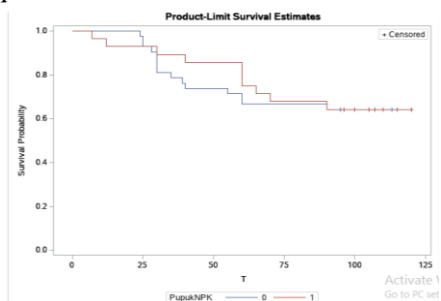
Tabel 4.10 Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Jumlah Benih

Log-Rank	Df	P-Value
0.5754	1	0.4481

Berdasarkan hasil uji Log-Rank yang disajikan pada Tabel 4.10 diperoleh nilai statistik uji 0.5754 dengan derajat bebas 1 didapatkan *p-value* uji ini sebesar 0.4481. Jika dibandingkan dengan nilai taraf signifikan (α) sebesar 0.05 maka nilai *p-value* $> \alpha$. Sehingga keputusannya adalah gagal tolak H_0 . Hal ini memberikan kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan waktu *survival* tanaman tembakau dengan faktor jumlah benih.

4.3.4 Faktor jumlah pupuk NPK pada tanaman tembakau

Bentuk kurva *survival* Kaplan-Meier pada jumlah pupuk NPK terdapat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Kurva *Survival* Kaplan-Meier Berdasarkan Faktor Jumlah Pupuk NPK

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa kurva untuk jumlah pupuk NPK ≤ 787111.2 kg/masatanam dan jumlah pupuk NPK > 787111.2 kg/masatanam saling berimpit pada awal dan akhir waktu *survival*. Sehingga diduga tidak ada perbedaan waktu *survival* diantara keduanya. Selanjutnya untuk menguji dugaan tersebut maka perlu dilakukan uji Log-Rank untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antara kurva *survival* tanaman tembakau berdasarkan jumlah pupuk NPK.

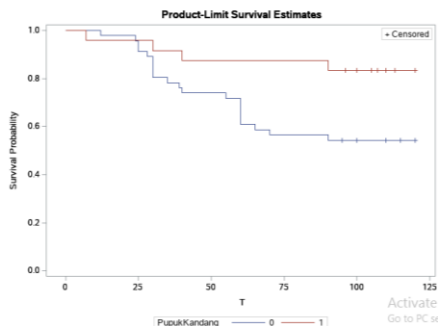
Tabel 4.11 Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Jumlah Pupuk NPK

Log-Rank	Df	P-Value
0.0308	1	0.8607

Berdasarkan hasil uji Log-Rank yang disajikan pada Tabel 4.11 diketahui p -value sebesar 0.8607. Nilai p -value lebih besar dari nilai $\alpha = 0.05$ dan dapat diputuskan bahwa terjadi gagal tolak H_0 yang artinya bahwa secara statistik tidak terdapat perbedaan kurva *survival* antara jumlah pupuk NPK ≤ 787111.2 kg/masatanam dan jumlah pupuk NPK >787111.2 kg/masatanam.

4.3.5 Faktor jumlah pupuk kandang pada tanaman tembakau

Jumlah pupuk kandang diduga mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau. Berikut merupakan kurva *survival* Kaplan-Meier pada jumlah pupuk kandang yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Kurva *Survival* Kaplan-Meier Berdasarkan Faktor Jumlah Pupuk Kandang

Kurva *survival* Kaplan-Meier untuk faktor jumlah pupuk kandang disajikan dalam Gambar 4.5, dimana garis berwarna biru merupakan jumlah pupuk kandang ≤ 1009643 kg/masatanam dan garis berwarna merah menunjukkan jumlah pupuk kandang >1009643 kg/masatanam. Hal ini menunjukkan probabilitas ketahanan hidup tanaman tembakau dengan jumlah pupuk

kandang ≤ 1009643 kg/masatanam lebih rendah dibandingkan jumlah pupuk kandang >1009643 kg/masatanam. Dari kedua kurva yang tidak saling berimpit dapat diduga bahwa terdapat perbedaan kurva *survival* antara jumlah pupuk kandang ≤ 1009643 kg/masatanam dengan jumlah pupuk kandang >1009643 kg/masatanam

Untuk membuktikan kebenaran dugaan tersebut, maka dilakukan uji Log-Rank yang disajikan dalam Tabel 4.12.

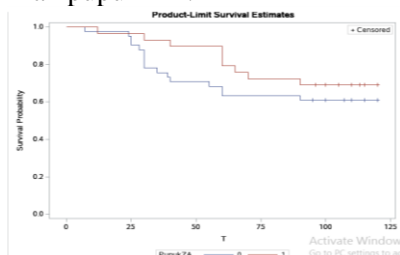
Tabel 4.12 Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Jumlah Pupuk Kandang

Log-Rank	Df	P-Value
5.2648	1	0.0218

Berdasarkan hasil uji Log-Rank yang disajikan pada Tabel 4.12, diperoleh nilai statistik uji sebesar 5.2648 dengan derajat bebas 1 dan nilai signifikan (*p-value*) sebesar 0.0218. Jika dibandingkan dengan nilai α sebesar 0.05, maka *p-value* kurang dari 0.05. Sehingga uji ini menghasilkan keputusan tolak H_0 . Hal ini memberikan kesimpulan bahwa terdapat perbedaan waktu *survival* antara jumlah pupuk kandang ≤ 1042500 dan jumlah pupuk kandang >1042500 .

4.3.6 Faktor jumlah pupuk ZA pada tanaman tembakau

Gambar 4.6 menunjukkan kurva *survival* Kaplan-Meier pada kelompok jumlah pupuk ZA.



Gambar 4.6 Kurva *Survival* Kaplan Meier Berdasarkan Faktor Jumlah Pupuk ZA

Gambaran tentang karakteristik kurva *survival* berdasarkan jumlah pupuk ZA disajikan dalam Gambar 4.6, dimana kurva dengan garis merah mewakili jumlah pupuk ZA > 71871.4 kg/masatanam dan kurva dengan garis biru untuk jumlah pupuk ZA ≤ 71871.4 kg/masatanam. Berdasarkan Gambar 4.6 garis berwarna biru dan merah saling berimpit. Hal ini menunjukkan bahwa secara grafis yang artinya tidak terdapat perbedaan antara waktu *survival* dengan banyaknya jumlah pupuk ZA yang digunakan untuk menanam tembakau. Selanjutnya untuk mengetahui kebenaran dugaan secara statistik bahwa tidak ada perbedaan kurva *survival* antara jumlah pupuk ZA > 71871.4 kg/masatanam dan jumlah pupuk ZA ≤ 71871.4 kg/masatanam. Berdasarkan Gambar 4.6, maka perlu dilakukan uji Log-Rank yang terdapat pada Tabel 4.13.

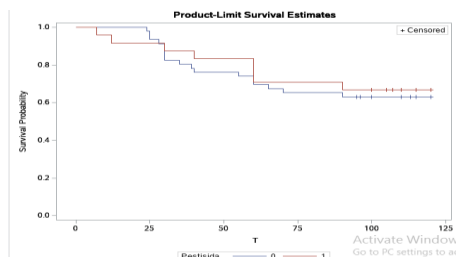
Tabel 4.13 Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Jumlah Pupuk ZA

Log-Rank	Df	P-Value
0.8641	1	0.3526

Hasil uji Log-Rank pada Tabel 4.13, diperoleh nilai statistik uji 0.8641 dengan derajat bebas 1 dan juga diketahui *p-value* sebesar 0.3526. Nilai *p-value* lebih besar dari nilai $\alpha=0.05$, sehingga dapat diputuskan bahwa terjadi gagal tolak H_0 yang artinya secara statistik tidak terdapat perbedaan kurva *survival* antara jumlah pupuk ZA ≤ 71871.4 kg/masatanam dengan jumlah pupuk ZA > 71871.4 kg/masatanam.

4.3.7 Faktor Jumlah Pestisida pada Tanaman Tembakau

Jumlah pestisida diduga mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau. Gambar 4.7 berikut merupakan kurva *survival* Kaplan-Meier untuk faktor jumlah pestisida.



Gambar 4.7 Kurva *Survival* Kaplan-Meier Berdasarkan Faktor Jumlah Pestisida

Gambar 4.7 merupakan kurva *survival* Kaplan-Meier berdasarkan faktor jumlah pestisida. Kurva warna merah mewakili jumlah pestisida > 42.41429 liter/masatanam memiliki peluang antara 0.7 hingga 1 dan kurva berwarna biru mewakili jumlah pestisida ≤ 42.41429 liter/masatanam memiliki peluang diatas 0.6 hingga 1. Berdasarkan pernyataan diatas probabilitas untuk tidak mengalami kerusakan pada tanaman tembakau lebih tinggi jumlah pestisida > 42.41429 liter/masatanam dibandingkan jumlah pestisida ≤ 42.41429 liter/masatanam.

Selanjutnya dilakukan uji Log-Rank untuk memperkuat dugaan yang didapat dari kurva Kaplan-Meier. Pendugaan ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara waktu *survival* pada tembakau berdasarkan jumlah pestisida.

Tabel 4.14 Hasil Uji Log-Rank Berdasarkan Faktor Jumlah Pestisida

Log-Rank	Df	P-Value
0.1185	1	0.7306

Berdasarkan hasil uji Log-Rank yang ditampilkan pada Tabel 4.14 diketahui nilai statistik uji 0.1185 dengan derajat bebas 1 dan juga diketahui *p-value* sebesar 0.7306. Nilai *p-value* lebih besar dari nilai $\alpha=0.05$, sehingga diputuskan bahwa terjadi gagal tolak H_0 yang artinya bahwa secara statistik tidak terdapat perbedaan kurva *survival* antara tanaman tembakau dengan jumlah pestisida ≤ 42.41429 liter/masatanam dengan jumlah pestisida > 42.41429 liter/masatanam

4.4 Pengujian Asumsi *Proportional Hazard* dengan *Goodness of Fit* (GOF)

Hasil analisa ketahanan hidup tanaman tembakau menggunakan Kaplan-Meier dan uji Log-Rank menunjukkan terjadi perbedaan waktu *survival* pada variabel pupuk kandang. Adapun syarat untuk membentuk model adalah dengan pengujian variabel untuk menguji terpenuhinya asumsi *proportional hazard* atau tidak. Oleh karena itu, dilakukan uji *Goodness of Fit* (GOF) pada faktor-faktor yang diduga mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau. Pengujian asumsi *proportional hazard* (PH) dilakukan untuk memeriksa apakah faktor yang diduga mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau independen terhadap waktu. Asumsi *proportional hazard* terpenuhi jika tidak terdapat korelasi antara *rank survival time* dengan *Schoenfeld residual* masing-masing variabel. Nilai *Schoenfeld residual* masing-masing variabel ditampilkan pada Lampiran 10.

Untuk menunjukkan tidak terdapat korelasi antara *rank survival time* dengan *Schoenfeld residual* dilakukan dengan pengujian hipotesis. Sebelum uji hipotesis dilakukan, terlebih dahulu mencari nilai koefisien korelasi *Pearson*. Uji korelasi *Pearson* antara *rank survival time* dengan *Schoenfeld residual* ditunjukkan pada Tabel 4.15. Berikut hasil perhitungan koefisien korelasi *Pearson* antara *rank survival time* dengan *Schoenfeld residual* sesuai dengan persamaan (2.13).

$$\begin{aligned}
 r_{RT,PR_4} &= \frac{n \sum_i^n RT_i PR_{1i} - (\sum_i^n RT_i)(\sum_i^n PR_{1i})}{\sqrt{n \sum_i^n RT_i^2 - (\sum_i^n RT_i)^2} \sqrt{n \sum_i^n PR_{1i}^2 - (\sum_i^n PR_{1i})^2}} \\
 &= \frac{25(12.29938) - (-0.0195)}{\sqrt{25(5503.5) - 105625} \sqrt{25(4.880554) - (3.6E-09)}} \\
 &= \frac{307.4845 - (-0.0195)}{\sqrt{31962.5} \sqrt{112.01385}} \\
 &= \frac{307.504}{1974.80802} \\
 &= 0.1557
 \end{aligned}$$

Dengan,

r_{RT,PR_4} : koefisien korelasi *Pearson* antara *rank survival time Schoenfeld residual* Pupuk NPK

n : banyak data yang tidak tersensor

RT : *rank survival time*

PR_4 : *Schoenfeld residual* Pupuk NPK

Statistik Uji yang digunakan adalah:

$$|t_{hitung}| = \frac{r_{RT,PR_4}\sqrt{k-2}}{\sqrt{1-(r_{RT,PR_4})^2}} = \frac{0.1557\sqrt{25-2}}{\sqrt{1-(0.1557)^2}} = \frac{0.1557\sqrt{23}}{\sqrt{1-0.02424249}} = 0.75593$$

Kriteria Uji:

Karena $|t_{hit}| < t_{tabel} = 0.75593 < 2.069$ dan $p\text{-value} > \alpha = 0.4573 > 0.05$ maka H_0 diterima, artinya tidak terdapat korelasi antara *rank survival time* dengan *Schoenfeld residual* pupuk NPK sehingga dapat disimpulkan bahwa asumsi *proportional hazard* untuk pupuk NPK terpenuhi.

Hasil pemeriksaan asumsi *proportional hazard* dengan pendekatan *Goodness of Fit* (GOF) dari semua variabel dapat ditunjukkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Uji *Goodness of Fit*

Variabel	Korelasi	P-value	Status
Luas Lahan yang Ditanami	0.12998	0.5358	Terima H_0
Jenis Lahan	0.55916	0.0037	Tolak H_0
Benih	-0.18060	0.3876	Terima H_0
Pupuk NPK	0.15571	0.4573	Terima H_0
Pupuk Kandang	0.23770	0.2526	Terima H_0
Pupuk ZA	-0.11555	0.5823	Terima H_0
Pestisida	0.39690	0.0495	Tolak H_0

Berdasarkan Tabel 4.15 terlihat bahwa faktor luas lahan yang ditanami, benih, pupuk NPK, pupuk kandang, pupuk ZA memiliki nilai *p-value* lebih dari $\alpha = 0.05$. Hal ini menandakan bahwa terjadi gagal tolak H_0 . Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa faktor luas lahan yang ditanami, benih, pupuk NPK, pupuk kandang, pupuk ZA telah memenuhi asumsi *proportional hazard*.

Akan tetapi, faktor jenis lahan dan pestisida memiliki nilai *p-value* $< \alpha$ yang artinya terjadi tolak H_0 . Jadi, dapat

disimpulkan bahwa faktor jenis lahan dan pestisida tidak memenuhi asumsi *proportional hazard* (PH). Karena terdapat variabel yang tidak memenuhi asumsi *proportional hazard* maka dalam penelitian ini digunakan model Cox stratifikasi dan *extended Cox* [11].

4.5 Pembentukan Model Cox Stratifikasi

Model Cox stratifikasi adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk pemodelan data ketahanan hidup jika terdapat satu atau lebih variabel yang tidak memenuhi asumsi *proportional hazard*. Model cox stratifikasi didapatkan dengan memodifikasi model cox *proportional hazard* (PH). Modifikasi dilakukan dengan mengontrol variabel yang tidak memenuh asumsi *proportional hazard* (PH) yaitu jenis lahan dan pestisida. Pengontrolan dilakukan dengan men stratifikasi variabel jenis lahan (X_2) dan pestisida (X_7) sebagai berikut:

Z_1^* = Jenis lahan 0

Z_2^* = Jenis lahan 1

Z_3^* = Jenis lahan 2

Z_4^* = Pestisida

Adapun variabel yang dimasukkan kedalam model adalah variabel yang memenuhi asumsi *proportional hazard* (PH), diantaranya sebagai berikut:

X_1 = Luas Lahan Yang Ditanami

X_3 = Benih

X_4 = Pupuk NPK

X_5 = Pupuk Kandang

X_6 = Pupuk ZA

4.5.1 Uji interaksi

Sebelum membentuk model Cox stratifikasi terlebih dahulu dilakukan pengujian apakah terdapat interaksi atau tidak dalam model. Disebut Cox stratifikasi dengan interaksi ketika terdapat interaksi antara variabel stratifikasi atau variabel yang tidak memenuhi asumsi *proportional hazard* dengan variabel yang masuk dalam model [11]. Begitupun sebaliknya, dikatakan Cox stratifikasi tidak

ada interaksi ketika variabel stratifikasi tidak di interaksikan dengan variabel yang masuk dalam model [11]. Pengujian asumsi dilakukan terhadap variabel stratifikasi yaitu jenis lahan dan pestisida dengan variabel-variabel yang masuk dalam model yang meliputi luas lahan yang ditanami (X_1), benih (X_3), pupuk NPK (X_4), pupuk kandang (X_5), pupuk ZA (X_6). Adapun hasil dari pengujiannya ditampilkan dalam Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Interaksi

Model	-2 ln L	AIC	Likelihood Ratio	Df	P-value
Tanpa Interaksi (R)	121.147	131.147	3.842	15	0.99821
Dengan Interaksi (F)	117.305	147.305			

Berikut hipotesis dari uji *Likelihood Ratio*

H_0 = tidak ada interaksi antara variabel stratifikasi dengan variabel yang masuk dalam model

H_1 = terdapat interaksi antara variabel stratifikasi dengan variabel yang masuk dalam model

$$\begin{aligned} \text{Statistik Uji: } LR &= -2 \ln L_R - (-2 \ln L_F) \\ &= 121.147 - 117.305 \\ &= 3.842 \end{aligned}$$

L_R = Likelihood tanpa interaksi

L_F = Likelihood dengan interaksi

Tolak H_0 jika $LR > \chi^2_{p(k^*-1)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$

Dari Tabel 4.16, ditunjukkan bahwa dengan derajat bebas 15 diperoleh nilai statistik uji *Likelihood Ratio* sebesar 3.842 dengan $p\text{-value}=0.99821$. Jika $p\text{-value}$ dibandingkan dengan nilai α sebesar 0.05 maka $p\text{-value} > \alpha$. Sehingga keputusannya adalah terima H_0 yang artinya tidak terdapat interaksi antara variabel stratifikasi dengan variabel yang masuk dalam model.

4.5.2 Estimasi parameter

Setelah melakukan pengujian ada tidaknya interaksi dan diketahui bahwa terdapat interaksi, maka dilakukan pemodelan

Cox stratifikasi tanpa interaksi. Dalam pemodelan ini akan digunakan satu variabel stratifikasi yaitu jenis lahan dan pestisida. Berikut merupakan hasil estimasi parameter model regresi Cox stratifikasi tanpa interaksi.

Tabel 4.17 Estimasi Parameter Model Cox Stratifikasi Tanpa Interaksi

Variabel	Estimasi Parameter	Chi-Square	P-Value
Luas Lahan yang Ditanami (X_1)	1.22556	0.8434	0.3584
Benih (X_3)	-0.90999	0.7009	0.4025
Pupuk NPK (X_4)	1.27724	1.6689	0.1964
Pupuk Kandang(X_5)	-1.88881	5.2645	0.0218
Pupuk ZA (X_6)	-0.96999	1.2736	0.2591
Likelihood Ratio		9.8594	0.0793

Berdasarkan pada Tabel 4.17 nilai estimasi parameter tersebut didapatkan model stratifikasi Cox tanpa interaksi yang terdapat pada persamaan (2.23).

$$\hat{h}_g(t, X) = h_{0g} \exp[\beta_1 X_1 + \beta_2 X_3 + \beta_3 X_4 + \beta_4 X_5 + \beta_5 X_6]$$

Untuk g=1: ($Z_1^* = Z_2^* = Z_3^* = Z_4^* = 0$), maka

$$h_1(t, x) = h_{01} \exp [1.22556 X_1 - 0.90999 X_3 + 1.27724 X_4 - 1.88881 X_5 - 0.96999 X_6]$$

Untuk g=2: ($Z_1^* = 1$ dan $Z_2^* = Z_3^* = Z_4^* = 0$), maka

$$h_2(t, x) = h_{02} \exp[\beta_1 X_1 + \beta_2 X_3 + \beta_3 X_4 + \beta_4 X_5 + \beta_5 X_6]$$

$$h_2(t, x) = h_{02} \exp [1.22556 X_1 - 0.90999 X_3 + 1.27724 X_4 - 1.88881 X_5 - 0.96999 X_6]$$

Untuk g=3: ($Z_2^* = 1$ dan $Z_1^* = Z_3^* = Z_4^* = 0$), maka

$$h_3(t, x) = h_{03} \exp[\beta_1 X_1 + \beta_2 X_3 + \beta_3 X_4 + \beta_4 X_5 + \beta_5 X_6]$$

$$h_3(t, x) = h_{03} \exp [1.22556 X_1 - 0.90999 X_3 + 1.27724 X_4 - 1.88881 X_5 - 0.96999 X_6]$$

Untuk g=4: ($Z_3^* = 1$ dan $Z_1^* = Z_2^* = Z_4^* = 0$), maka

$$h_4(t, x) = h_{04} \exp[\beta_1 X_1 + \beta_2 X_3 + \beta_3 X_4 + \beta_4 X_5 + \beta_5 X_6]$$

$$h_4(t, x) = h_{04} \exp [1.22556 X_1 - 0.90999 X_3 + 1.27724 X_4 - 1.88881 X_5 - 0.96999 X_6]$$

Untuk g=5: ($Z_4^* = 1$ dan $Z_1^* = Z_2^* = Z_3^* = 0$), maka

$$h_5(t, x) = h_{05} \exp[\beta_1 X_1 + \beta_2 X_3 + \beta_3 X_4 + \beta_4 X_5 + \beta_5 X_6]$$

$$h_5(t, x) = h_{05} \exp [1.22556 X_1 - 0.90999 X_3 + 1.27724 X_4 - 1.88881 X_5 - 0.96999 X_6]$$

Untuk $g=6$: ($Z_1^* = 1, Z_4^* = 1, \text{ dan } Z_2^* = Z_3^* = 0$), maka

$$h_6(t, x) = h_{06} \exp[\beta_1 X_1 + \beta_2 X_3 + \beta_3 X_4 + \beta_4 X_5 + \beta_5 X_6]$$

$$h_6(t, x) = h_{06} \exp [1.22556 X_1 - 0.90999 X_3 + 1.27724 X_4 - 1.88881 X_5 - 0.96999 X_6]$$

Untuk $g=7$: ($Z_2^* = 1, Z_4^* = 1, \text{ dan } Z_1^* = Z_3^* = 0$), maka

$$h_7(t, x) = h_{07} \exp[\beta_1 X_1 + \beta_2 X_3 + \beta_3 X_4 + \beta_4 X_5 + \beta_5 X_6]$$

$$h_7(t, x) = h_{07} \exp [1.22556 X_1 - 0.90999 X_3 + 1.27724 X_4 - 1.88881 X_5 - 0.96999 X_6]$$

Untuk $g=8$: ($Z_3^* = 1, Z_4^* = 1, \text{ dan } Z_1^* = Z_2^* = 0$), maka

$$h_8(t, x) = h_{08} \exp[\beta_1 X_1 + \beta_2 X_3 + \beta_3 X_4 + \beta_4 X_5 + \beta_5 X_6]$$

$$h_8(t, x) = h_{08} \exp [1.22556 X_1 - 0.90999 X_3 + 1.27724 X_4 - 1.88881 X_5 - 0.96999 X_6]$$

dengan,

$$g = 1, 2, 3, 4, \dots, 8$$

Setelah didapatkan model stratifikasi Cox, selanjutnya dilakukan pengujian parameter baik secara serentak maupun secara parsial. Uji serentak digunakan untuk mengetahui kesesuaian model. Pengujian ini dilakukan dengan melihat nilai *Likelihood Ratio*. Berdasarkan Tabel 4.17 dengan nilai statistik uji *Likelihood Ratio* (LR) 9.8594 didapatkan $p\text{-value} = 0.0793$. Apabila dibandingkan dengan nilai nilai $\alpha=0.10$, maka terjadi tolak H_0 . Berdasarkan keputusan ini, sehingga dapat disimpulkan bahwa minimal terdapat satu variabel berbeda yang signifikan atau berpengaruh dalam model stratifikasi Cox yang terbentuk. Dengan kata lain, bahwa model stratifikasi telah sesuai digunakan untuk memodelkan data ketahanan hidup tanaman tembakau.

Setelah didapatkan model stratifikasi Cox, maka selanjutnya akan dilakukan pengujian parameter secara parsial. Uji parsial dilakukan untuk mengetahui variabel yang berpengaruh signifikan terhadap model. Dapat dilihat pada Tabel 4.17 bahwa nilai $p\text{-value}$ untuk semua variabel lebih besar jika dibandingkan dengan nilai $\alpha = 0.05$ kecuali variabel X_5 yang memiliki

nilai p -value = 0.0218 yang menghasilkan keputusan tolak H_0 . Hal ini menunjukkan pada uji parsial menghasilkan kesimpulan bahwa variabel pupuk kandang berpengaruh signifikan pada ketahanan hidup tanaman tembakau.

4.5.3 Interpretasi model Cox stratifikasi

Model Cox stratifikasi yang terbentuk merupakan model stratifikasi tanpa interaksi, sehingga hanya memiliki satu nilai *hazard ratio*. Interpretasi model cox stratifikasi dilakukan dengan melihat nilai *hazard ratio* setiap variabel yang digunakan dalam model.

Tabel 4.18 Hazard Ratio Model Cox Stratifikasi

Variabel	Hazard Ratio
Luas Lahan yang Ditanami (X_1)	3.406
Benih (X_3)	0.403
Pupuk NPK (X_4)	3.587
Pupuk Kandang (X_5)	0.151
Pupuk ZA (X_6)	0.379

Berdasarkan Tabel 4.18 dapat dilihat bahwa nilai $HR > 1$ yang merupakan faktor risiko terjadinya kegagalan. Yang artinya menanam tembakau di lahan yang besar mengharapkan hasil tembakau yang akan dipanen menjadi semakin banyak, tetapi menanam tembakau di lahan besar memiliki risiko kegagalan 3.706 kali. Pada pupuk NPK juga memiliki nilai $HR > 1$ yang merupakan faktor risiko terjadinya kegagalan.

Pada variabel pupuk kandang memiliki nilai $HR < 1$ yang mengindikasikan bahwa faktor pupuk kandang merupakan faktor preventif terjadinya kegagalan. Yang dimaksud preventif adalah faktor yang dapat di cegah dengan mengurangi dosis pada pupuk kandang agar tidak terjadi kerusakan. Begitupun juga pada variabel benih dan pupuk ZA memiliki $HR < 1$ yang merupakan faktor preventif terjadinya kegagalan

4.6 Pemodelan Regresi *Extended Cox*

Model *extended Cox* dengan menggunakan fungsi waktu ($g(t)$) yaitu dengan menginteraksikan variabel jenis lahan dan pestisida yang tidak memenuhi asumsi *proportional hazard* dengan fungsi waktu yaitu $\log(T)$. Variabel interaksi tersebut dimasukkan kedalam model *extended Cox*. Estimasi parameter model *extended Cox* dengan fungsi waktu data ketahanan hidup tanaman tembakau terdapat pada Tabel 4.19.

Berdasarkan pada Tabel 4.19 nilai estimasi parameter tersebut didapatkan model *extended Cox* dengan fungsi waktu yang terdapat pada persamaan (2.23).

$$\begin{aligned}
 h(t, X(t)) &= h_0(t) \exp[\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \\
 &\quad \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 (X_2 \times t) + \\
 &\quad \beta_9 (X_7 \times t)] \\
 &= h_0(t) \exp[1.23249X_1 - 0.63406X_2(1) - 1.67700X_2(2) - \\
 &\quad 1.58553X_3 + 1.49732X_4 - 1.44235X_5 - 0.71633X_6 - \\
 &\quad 2.52922X_7 - 0.0008117B_1 - 0.49253B_2].
 \end{aligned}$$

Tabel 4.19 Estimasi Parameter Model *Extended Cox* dengan Fungsi Waktu

Variabel	Estimasi Parameter	Chi-Square	P-value
Luas Lahan Yang Ditanami (X_1)	1.23249	1.0684	0.3013
Jenis Lahan (1)(X_2)	-0.63406	0.0681	0.7942
Jenis Lahan (2)(X_2)	-1.67700	0.1490	0.6995
Benih (X_3)	-1.58553	2.0653	0.1509
Pupuk NPK (X_4)	1.49732	2.1063	0.1467
Pupuk Kandang (X_5)	-1.44235	4.0415	0.0444
Pupuk ZA (X_6)	-0.71663	0.7224	0.3953
Pestisida (X_7)	2.52922	0.4543	0.5003
Log (t) jenis lahan (B_1)	-0.0008117	0.0000	0.9989
Log (t) pestisida (B_2)	-0.49253	0.2446	0.6209
Likelihood Ratio		14.9762	0.1329

Setelah didapatkan model *extended* Cox dengan fungsi waktu, maka selanjutnya akan dilakukan pengujian parameter baik secara serentak maupun secara parsial. Uji serentak digunakan untuk mengetahui kesesuaian model. Pengujian ini dilakukan dengan melihat nilai *Likelihood Ratio*. Berdasarkan Tabel 4.17 dengan nilai statistik uji *Likelihood Ratio* (LR)= 14.9762 didapatkan *p-value*=0.1329. Apabila dibandingkan dengan nilai nilai $\alpha=0.25$, maka terjadi tolak H_0 . Berdasarkan keputusan ini, sehingga dapat disimpulkan bahwa minimal terdapat satu variabel berbeda yang signifikan atau berpengaruh dalam model *extended* Cox yang terbentuk. Dengan kata lain, bahwa model *extended* Cox telah sesuai digunakan untuk memodelkan data ketahanan hidup tanaman tembakau.

Tahap selanjutnya dilakukan uji parsial dengan uji Chi-Square untuk mengetahui variabel yang signifikan mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau. Diketahui *p-value* variabel pupuk kandang < 0.05 yang artinya signifikan mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau. Setelah itu variabel yang signifikan dikeluarkan dari model, estimasi parameter model *extended* Cox signifikan dengan interaksi fungsi waktu yang mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau ditampilkan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Estimasi Parameter Model *Extended* Cox Signifikan dengan Fungsi Waktu

Variabel	Estimasi Parameter	Chi-Square	P-Value
Pupuk Kandang (X_5)	1.16629	4.5568	0.0328
<i>Likelihood Ratio</i>		5.7862	0.0162

Pada Tabel 4.20 didapat model baru *extended* Cox yang melibatkan variabel yang signifikan mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau.

$$\hat{h}(t, x(t)) = \hat{h}_0(t) \exp(1.16629 X_5)$$

Dengan $\alpha=0.05$ maka diperoleh X_5 merupakan variabel yang signifikan mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau. Seberapa besar variabel tersebut dapat mempengaruhi ketahanan

hidup tanaman tembakau dapat dilihat dari nilai *hazard ratio*. Nilai *hazard ratio* tanaman tembakau yang berubah-ubah bergantung waktu dapat diketahui dengan menggunakan permisalan waktu.

Dengan menggunakan persamaan 2.25 didapat Tabel 4.20 yang menunjukkan nilai *hazard ratio* dari tanaman tembakau pada waku-waktu tertentu.

$$\widehat{HR} = e^{\beta_i} = e^{(1.16629)} = 3.210$$

Tabel 4.21 *Hazard Ratio* Variabel Signifikan

Variabel	<i>Hazard Ratio</i>
Pupuk Kandang(X_5)	3.210

Berdasarkan Tabel 4.21, dapat diketahui bahwa semakin bertambahnya jumlah pupuk kandang yang digunakan untuk menanam tembakau memiliki probabilitas rusak 3.210 kali lebih besar.

4.6.1 Model *extended Cox* dengan fungsi *heaviside*

Metode lain yang dapat digunakan untuk pemodelan data *survival* jika ada satu atau lebih variabel yang tidak memenuhi asumsi *proportional hazard* adalah dengan menggunakan model *extended Cox*. Dengan menggunakan model *extended Cox* berarti terdapat variabel *time dependent* dalam model. Variabel jenis lahan dan pestisida diduga mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau tidak memenuhi asumsi *proportional hazard* (PH), sehingga perlu diinteraksikan dengan waktu. Interaksi waktu yang digunakan adalah fungsi *heaviside*. Fungsi *heaviside* untuk melihat perbedaan *hazard ratio* pada interval waktu yang berbeda.

Jika dilihat dari Gambar 4.2, ketiga kurva Kaplan-Meier mengalami penurunan secara cepat pada waktu yang berbeda. Jenis lahan sawah tadah hujan turun cepat hingga sekitar hari ke-57, kemudian kurva menjadi konstan setelah hari ke-57, sehingga dicurigai *hazard ratio* pada tanaman tembakau sebelum hari ke-57 berbeda dengan sesudah hari ke-57. Begitupun kurva pada lahan tegal turun cepat sebelum hari ke-60 dan kurva pada lahan gunung turun cepat sebelum hari ke-90 sehingga dicurigai hari sebelumnya dan sesudahnya memiliki *hazard ratio* yang berbeda. Selain itu, kurva *survival* Kaplan-Meier berdasarkan jumlah

pestisida turun cepat sebelum hari ke-88 dan kurva konstan setelah hari ke-88 sehingga dicurigai hari sebelum dan sesudahnya memiliki *hazard ratio* yang berbeda, sehingga digunakan fungsi *heaviside*.

$$\begin{aligned}
 g_1(t) &= \begin{cases} 0 & \text{jika } T < 57 \\ 1 & \text{jika } T \geq 57 \end{cases} & g_2(t) &= \begin{cases} 1 & \text{jika } T < 57 \\ 0 & \text{jika } T \geq 57 \end{cases} \\
 g_3(t) &= \begin{cases} 0 & \text{jika } T < 90 \\ 1 & \text{jika } T \geq 90 \end{cases} & g_4(t) &= \begin{cases} 1 & \text{jika } T < 90 \\ 0 & \text{jika } T \geq 90 \end{cases} \\
 g_5(t) &= \begin{cases} 0 & \text{jika } T < 60 \\ 1 & \text{jika } T \geq 60 \end{cases} & g_6(t) &= \begin{cases} 1 & \text{jika } T < 60 \\ 0 & \text{jika } T \geq 60 \end{cases} \\
 g_7(t) &= \begin{cases} 0 & \text{jika } T < 88 \\ 1 & \text{jika } T \geq 88 \end{cases} & g_8(t) &= \begin{cases} 1 & \text{jika } T < 88 \\ 0 & \text{jika } T \geq 88 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Sehingga, untuk kedelapan interval tersebut, diperoleh model yang terdapat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Bentuk Model Pada Masing-Masing Interval Waktu

Interval	Model Heaviside 1 Step Function	Model Heaviside 2 Step Function
$T < 57$	$h(t, X) = h_0(t) \exp[\beta X_2(1)]$	$h(t, X) = h_0(t) \exp \delta_2 X_2(1)$
$T \geq 57$	$h(t, X) = h_0(t) \exp[(\beta + \delta_1) X_2(1)]$	$h(t, X) = h_0(t) \exp \delta_1 X_2(1)$
$T < 90$	$h(t, X) = h_0(t) \exp[\beta X_2(2)]$	$h(t, X) = h_0(t) \exp \delta_4 X_2(2)$
$T \geq 90$	$h(t, X) = h_0(t) \exp[(\beta + \delta_2) X_2(2)]$	$h(t, X) = h_0(t) \exp \delta_3 X_2(2)$
$T < 60$	$h(t, X) = h_0(t) \exp[\beta X_2(3)]$	$h(t, X) = h_0(t) \exp \delta_6 X_2(3)$
$T \geq 60$	$h(t, X) = h_0(t) \exp[(\beta + \delta_3) X_2(3)]$	$h(t, X) = h_0(t) \exp \delta_5 X_2(3)$
$T < 88$	$h(t, X) = h_0(t) \exp[\beta X_5]$	$h(t, X) = h_0(t) \exp \delta_8 X_7$
$T \geq 88$	$h(t, X) = h_0(t) \exp[(\beta + \delta_4) X_7]$	$h(t, X) = h_0(t) \exp \delta_7 X_7$

Estimasi parameter model dan pengujian model *extended* Cox ketahanan hidup tanaman tembakau dengan menggunakan fungsi *heaviside* ditunjukkan pada Tabel 4.23.

Berdasarkan pada Tabel 4.23 nilai estimasi parameter tersebut didapatkan model *extended* Cox dengan fungsi *heaviside* yang terdapat pada persamaan (2.28).

$$h(t, X(t)) = h_0(t) \exp \left[\sum_{k=1}^p \beta_k X_k + \sum_{m=1}^q \delta_m X_m g_m(t) \right]$$

$$h(t, X(t)) = h_0(t) \exp(1.08859 X_1 - 1.49144 X_3 + 1.53982 X_4 - 1.85267 X_5 - 0.75246 X_6 + 1.10999 X_7 + 16.78422 X_2(1) - 0.51984 X_2(2) + 3.56809 HV_1 - 15.66521 HV_3 + 2.16102 HV_5 - 0.09939 HV_7)$$

Tabel 4.23 Estimasi Parameter Model Cox *Extended* dengan Fungsi *Heaviside*

Variabel	Estimasi Parameter	Chi-Square	P-Value
Luas Lahan Yang Ditanami (X_1)	1.08859	0.7892	0.3743
Benih (X_3)	-1.49144	1.8326	0.1758
Pupuk NPK (X_4)	1.53982	2.2444	0.1341
Pupuk Kandang (X_5)	-1.85267	5.4739	0.0193
Pupuk ZA (X_6)	-0.75246	0.8298	0.3623
Pestisida (X_7)	1.10999	0.3494	0.5544
Jenis Lahan (1) (X_2)	16.78422	0.0001	0.9915
Jenis Lahan (2) (X_2)	-0.51984	0.1351	0.7132
HV_1	3.56809	5.3948	0.0202
HV_2	0	-	-
HV_3	-15.66521	0.0001	0.9921
HV_4	0	-	-
HV_5	2.16102	2.3118	0.1284
HV_6	0	-	-
HV_7	-0.09939	0.0038	0.9510
HV_8	0	-	-
Likelihood Ratio		28.795	0.0042

Pengujian serentak dengan *Likelihood Ratio* mendapatkan *p-value* kurang dari $\alpha=0.05$ didapatkan keputusan tolak H_0 yang artinya minimal terdapat satu variabel signifikan yang berpengaruh terhadap ketahanan hidup tanaman tembakau.

Untuk mengetahui variabel mana yang lebih signifikan mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau dilakukan uji parsial dengan menggunakan uji Chi-Square dan didapatkan hasil bahwa variabel pupuk kandang dan HV_1 mempengaruhi ketahanan hidup tembakau. Setelah didapat variabel yang signifikan, selanjutnya variabel tersebut dimodelkan kembali yang hanya berisi variabel signifikan. Estimasi parameter model *extended Cox* baru yang hanya mengandung variabel signifikan ditunjukkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Estimasi Parameter Model *Extended Cox* Signifikan Fungsi *Heaviside*

Variabel	Estimasi Parameter	Chi-Square	P-Value
Pupuk Kandang	0.72786	1.4973	0.2211
HV_1	1.28252	4.9185	0.0266
<i>Likelihood Ratio</i>		11.2796	0.0036

Berdasarkan Tabel 4.24, model *extended Cox* yang terdiri atas variabel signifikan mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau adalah sebagai berikut:

$$h(t, x(t)) = h_0(t) \exp (0.72786X_1 + 1.28252X_5)$$

Pada Tabel 4.24 terdapat variabel signifikan yang mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau pada $\alpha=0.05$. Besarnya pengaruh variabel pupuk kandang dan HV_1 pada probabilitas ketahanan hidup tanaman tembakau ditunjukkan dengan nilai *hazard ratio*. Tabel 4.23 dibawah ini merupakan *hazard ratio* untuk variabel signifikan yaitu pupuk kandang dan HV_1 yang mempengaruhi ketahanan hidup tanaman tembakau. Berdasarkan Tabel 4.24 diketahui bahwa setiap bertambahnya 1 kg/masatanam pada variabel pupuk kandang memiliki probabilitas kerusakan 2.071 kali lebih besar. Berdasarkan variabel jenis lahan sawah tadah hujan $x g(t)$ atau HV_1 memiliki nilai *hazard ratio* 3.606, artinya pada saat $T < 57$ hari memiliki

kemungkinan 3.606 kali lebih besar mengalami kerusakan dibandingkan jenis lahan tegal dan gunung.

Tabel 4.25 Hazard Ratio Model Heaviside

Variabel	Hazard Ratio
Pupuk Kandang	2.071
HV_1	3.606

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4.25 terdapat model Cox *extended* yang terbentuk menggunakan data kerusakan pada tanaman tembakau. Untuk mengetahui model mana yang yang terbaik digunakan untuk memodelkan ketahanan hidup tanaman tanaman tembakau dilakukan perbandingan nilai AIC model yang terdapat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.26 Perbandingan Akurasi Model Extended Cox

Model Cox Extended	Nilai AIC
Fungsi Waktu	208.464
Fungsi Heaviside	198.464

Berdasarkan Tabel 4.26 nilai AIC terkecil terdapat pada fungsi *heaviside*. Sehingga model terbaik yang dapat digunakan untuk memodelkan probabilitas ketahanan hidup tanaman tembakau adalah model *extended* Cox dengan fungsi *heaviside*.

4.7 Pemilihan Model Terbaik dari Model Cox Stratifikasi dan Extended Cox

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4.27 terdapat 4 model dari kedua metode yaitu Cox stratifikasi dan *extended* Cox. Untuk mengetahui model mana yang lebih baik digunakan untuk data ketahanan hidup tanaman tembakau maka akan dilakukan perbandingan dari setiap nilai AIC yang terdapat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.27 Perbandingan Akurasi Model

Metode Cox Stratifikasi	Tanpa Interaksi	131.147
	Dengan Interaksi	147.305
Metode Cox Extended	Fungsi Waktu	203.853
	Fungsi <i>Heaviside</i>	193.525

Berdasarkan Tabel 4.27 nilai AIC terkecil didapat pada model Cox stratifikasi tanpa interaksi. Nilai AIC terkecil menandakan bahwa

model Cox stratifikasi tanpa interaksi tepat digunakan untuk menganalisis ketahanan hidup tanaman tembakau. Berikut merupakan model Cox stratifikasi tanpa interaksi yang terdapat pada sub bab 4.5.2.

$$\begin{aligned}\hat{h}_g(t, X) &= h_{0g} \exp[\beta_1 X_1 + \beta_2 X_3 + \beta_3 X_4 + \beta_4 X_5 + \beta_5 X_6] \\ &= h_{0g} \exp [1.22556 X_1 - 0.90999 X_3 + \\ &\quad 1.27724 X_4 - 1.88881 X_5 - 0.96999 X_6]\end{aligned}$$

Dengan $g=1, 2, \dots, 8$

Dari model Cox stratifikasi yang didapat menandakan bahwa angka yang didapat merupakan hasil estimasi parameter menggunakan MPLE. Angka dan variabel yang masuk dalam model merupakan variabel yang telah memenuhi asumsi *proportional hazard* atau variabel yang memiliki nilai *hazard ratio* konstan dari waktu ke waktu. Dari model Cox stratifikasi tanpa interaksi, variabel yang berpengaruh pada kerusakan adalah variabel X_5 atau pupuk kandang. Tanda negatif menandakan bahwa variabel tersebut lebih cenderung mengalami kerusakan. Sebaliknya, tanda positif menandakan bahwa variabel tersebut cenderung berpengaruh mengalami panen.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut ini hasil analisis pada data kasus ketahanan hidup tembakau di Kabupaten Pamekasan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan mengestimasi parameter menggunakan MPLE didapatkan model Cox stratifikasi dan model *extended* Cox. Dengan melihat nilai AIC terkecil didapat model terbaik adalah model Cox stratifikasi tanpa interaksi yaitu sebagai berikut:

$$h_g(t, x) = h_{0g} \exp [1.22556 X_1 - 0.90999 X_3 + 1.27724 X_4 - 1.88881 X_5 - 0.96999 X_6]$$

2. Pada pengujian asumsi *proportional hazard* terdapat variabel jenis lahan dan pestisida. Untuk mengatasi variabel yang tidak memenuhi asumsi *proportional hazard* maka digunakan metode regresi *extended* Cox dan Cox stratifikasi. Pada model *extended* Cox berdasarkan fungsi waktu terdapat variabel signifikan berupa pupuk kandang, sedangkan pada model *extended* Cox dengan fungsi *heaviside* terdapat variabel signifikan berupa pupuk kandang dan HV_1 (jenis lahan sawah tadah hujan dengan $g(t)$). Variabel yang signifikan mempengaruhi model Cox stratifikasi tanpa interaksi adalah pupuk kandang. Pemberian pupuk kandang yang berlebihan tidak baik untuk pertumbuhan tanaman tembakau karena dapat menghambat kematangan daun. Lambatnya kematangan daun dikhawatirkan menyebabkan tembakau semakin lama untuk dipanen dan menyebabkan gagal panen.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis serta kesimpulan, terdapat beberapa hal yang disarankan untuk penelitian selanjutnya.

1. Melakukan diskusi lebih intens kepada para petani tembakau terkait faktor-faktor yang mempengaruhi rusaknya tembakau.
2. Pada penelitian selanjutnya disarankan ada penambahan variabel terhadap faktor yang mempengaruhi rusaknya tembakau.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hanifah, H., Setiawan, B.M., & Prasetyo, E. 2017. Analisis Efisiensi Ekonomi Penggunaan Faktor-Faktor Produksi Pada Usahatani Tembakau Di Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*. Vol 1, No 1, 54-62.
- [2] Suprpti, I. 2010. Analisis Ekonomi Regional Komoditas Tembakau di Kabupaten Pamekasan. *EMBRYO*, Vol 7, No 1, 8-14.
- [3] Fauziyah, E. 2010. Analisis Produktivitas Usahatani Tembakau di Kabupaten Pamekasan. *Jurnal Organisasi dan Manajemen*, Vol 6, No 2, 119-131.
- [4] Hasan, F & Darwonto, DH. 2013. Prospek Dan Tantangan Usahatani Tembakau Madura. *SEPA*, Vol 10, No 1, 63-70.
- [5] Efendi, Y. 2014. Kontribusi Usahatani Tembakau (*Nicotiana Tabacum*) Terhadap Pendapatan Rumah Tangga di Desa Tieng Kecamatan Kejajar Kabupaten Wonosobo Provinsi Jawa Tengah. Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [6] Pahlevi, M.R., Mustafid, & Wuryandari, T. 2016. Model Regresi *Cox Stratified* Pada Data Ketahanan. *Jurnal Gaussian*, Vol 5, No 3, 455-464.
- [7] Lee Elisa dan Wang John. 2003. *Statistical Method for Survival Data Analysis United States of America*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- [8] Qomaria, T., Fatekurrohman, M., & Anggraeni, D. 2019. Aplikasi Model *Cox Proportional Hazard* pada Pasien Stroke RSD Balung Kabupaten Jember. *Indonesian Journal of Applied Statistics*, Vol 2, No 2, 94-112.
- [9] Ata, N & Sozer, M.T. 2007. *Cox Regression Models with Non Proportional Hazards Applied To Lung Cancer Survival Data*. Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics, Vol 36, No 2, 157-167.

- [10] Collet, D. 2003. *Modelling Survival Data in Medical Research-A Self Learning Text Third Edition*. New York: Springer.
- [11] Kleinbaum, D.G dan Klein, M. 2012. *Survival Analysis-A Self Learning Text Third Edition*. New York: Springer.
- [12] Lawless, J.F. 1982. *Statistical Model and Methods for Lifetime Data*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- [13] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2018. Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Tembakau. Jakarta: Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan, Direktorat Jenderal Perkebunan & Kementerian Pertanian.
- [14] Guo, S. 2010. *Survival Analysis*. Oxford. New York: Oxford University Press.
- [15] Pertiwi, D.S. & Arianti, F. 2013. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Tembakau Rakyat (Studi Kasus di Desa Tegalroso Kecamatan Parakan Kabupaten Temanggung). *Diponegoro Journal Of Economis*, Vol 2, No 1, 1-6.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Waktu *Survival* Tanaman Tembakau Beserta 7 Faktor yang Diduga Mempengaruhi Ketahanan Hidup Tanaman Tembakau

No	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	T	d
1	25	0	5000	70	0	10	8	30	1
2	21	0	57	5	0	3	3	100	0
3	29	0	145	11	0	11	10	100	0
4	37	0	20000	10	0	16	12	100	0
5	22	0	38	7	0	7	3	30	1
6	27	0	65	9	0	8	5	25	1
7	30	0	8000	13	0	22	8	55	1
8	26	0	56	11	0	11	9	100	0
9	32	0	17000	15	0	13	10	100	0
10	15	0	31	6	0	6	1	60	1
11	25	0	8000	10	0	10	8	100	0
12	20	0	33	7	0	6	3	28	1
13	31	0	15000	12	0	9	7	100	0
14	19	0	3000	5	0	5	2	100	0
15	24	0	65	4	0	4	3	39	1

16	26	0	6500	8	0	7	5	24	1
17	30	0	12000	10	0	10	9	100	0
18	20	0	3000	7	0	6	4	25	1
19	23	0	4500	8	0	6	4	35	1
20	27	0	65	11	0	11	8	100	0
21	1500	1	120000	1600000	2500000	320000	30	100	0
22	3000	1	240000	1600000	2500000	320000	25	96	0
23	1000	1	80000	510000	2500000	80000	20	96	0
24	4000	1	320000	1600000	6000000	144500	80	100	0
25	1500	1	120000	900000	1000000	160000	30	96	0
26	800	1	6400	480000	300000	136000	75	60	1
27	3000	1	240000	2000000	500000	160000	60	60	1
28	1300	1	110000	800000	500000	127500	26	110	0
29	3000	1	240000	1600000	2500000	320000	60	120	0
30	1000	1	80000	570000	2500000	80000	20	113	0
31	1000	1	80000	400000	400000	170000	20	100	0
32	1000	1	80000	570000	2500000	80000	20	100	0
33	1000	1	80000	400000	1000000	85000	20	90	1
34	4000	1	320000	2700000	1000000	85000	80	60	1
35	1000	1	80000	570000	2500000	80000	20	120	0
36	3000	1	240000	1600000	250000	320000	60	105	0

37	1000	1	80000	480000	250000	85000	20	30	1
38	1000	1	8000	480000	2500000	80000	20	120	0
39	3000	1	240000	750000	7000000	320000	60	120	0
40	3000	1	240000	1125000	2000000	400000	60	120	0
41	3500	2	200000	787500	1000000	80000	50	12	1
42	2000	2	1600000	550000	300000	37500	40	120	0
43	2000	2	160000	0	500000	37500	40	115	0
44	2000	2	160000	550000	400000	37500	40	110	0
45	7000	2	560000	2200000	1750000	0	140	120	0
46	4000	2	320000	825000	1000000	85000	80	109	0
47	6000	2	480000	2200000	1500000	0	120	110	0
48	7000	2	560000	2200000	1750000	0	140	30	1
49	2000	2	160000	550000	500000	37500	40	95	0
50	6000	2	480000	1650000	1500000	225000	120	120	0
51	2000	2	160000	550000	500000	37500	40	120	0
52	8000	2	640000	3575000	2500000	0	160	100	0
53	6000	2	480000	2200000	1500000	0	120	107	0
54	4000	2	520000	825000	1125000	8000	80	40	1
55	8000	2	3575000	2500000	0	37000	20	60	1
56	2000	2	160000	550000	400000	37500	40	100	0
57	8000	2	640000	1925000		262500	160	110	0

58	3000	2	240000	825000	750000	112500	60	120	0
59	4000	2	320000	825000	1000000	85000	80	115	0
60	6000	2	480000	2200000	1500000	0	120	120	0
61	3000	1	240000	1125000	2000000	40800	60	90	1
62	1200	1	100000	800000	100000	127500	22	70	1
63	29	0	136	13	0	12	8	40	1
64	31	0	15000	14	0	14	10	100	0
65	20	0	25	4	0	3	1	100	0
66	2000	2	160000	550000	400000	37500	40	100	0
67	4000	2	120000	825000	1000000	80000	30	65	1
68	25000	2	200000	550000	750000	0	50	120	0
69	6000	2	480000	3025000	2500000	0	120	7	1
70	27	0	13000	13	0	12	10	30	1

Keterangan :

No : Nomer Responden

T : Umur Tembakau

D : Status Tembakau (1=terjadinya event/0=terjadi panen)

X_1 : Luas Lahan yang Ditanami (m^2 /masatanam)

X_2 : Jenis Lahan (0=sawah tadah hujan, 1=gunung, 2=tegal)

- X_3 : Jumlah benih (kg/masatanam)
- X_4 : Jumlah pupuk NPK (kg/masatanam)
- X_5 : Jumlah pupuk kandang (kg/masatanam)
- X_6 : Jumlah pupuk ZA (kg/masatanam)
- X_7 : Jumlah pestisida (liter/masatanam)

18	0	0	0	0	0	0	0	25	1
19									
20	0	0	0	0	0	0	0	100	0
21	0	1	0	1	1	1	0	100	0
22	1	1	1	1	1	1	0	96	0
23	0	1	0	0	1	1	0	96	0
24	1	1	1	1	1	1	1	100	0
25	0	1	0	1	1	1	0	96	0
26	0	1	0	0	0	1	1	60	1
27	1	1	1	1	0	1	1	60	1
28	0	1	0	1	0	1	0	110	0
29	1	1	1	1	1	1	1	120	0
30	0	1	0	0	1	1	0	113	0
31	0	1	0	0	0	1	0	100	0
32	0	1	0	0	1	1	0	100	0
33	0	1	0	0	0	1	0	90	1
34	1	1	1	1	0	1	1	60	1
35	0	1	0	0	1	1	0	120	0
36	1	1	1	1	1	1	1	105	0
37	0	1	0	0	0	1	0	30	1
38	0	1	0	0	1	1	0	120	0

39	1	1	1	0	1	1	1	120	0
40	1	1	1	1	1	1	1	120	0
41	1	2	0	1	0	1	1	12	1
42	0	2	0	0	0	0	0	120	0
43	0	2	0	0	0	0	0	115	0
44	0	2	0	0	0	0	0	110	0
45	1	2	1	1	1	0	1	120	0
46	1	2	1	1	0	1	1	100	0
47	1	2	1	1	1	0	1	110	0
48	1	2	1	1	1	0	1	30	1
49	0	2	0	0	0	0	0	95	0
50	1	2	1	1	1	1	1	120	0
51	0	2	0	0	0	0	0	120	0
52	1	2	1	1	1	0	1	100	0
53	1	2	1	1	1	0	1	107	0
54	1	2	1	1	1	1	1	40	1
55	1	2	1	1	0	0	0	60	1
56	0	2	0	0	0	0	0	100	0
57	1	2	1	1	1	1	1	110	0
58	1	2	1	1	0	1	1	120	0
59	1	2	1	1	0	1	1	115	0

60	1	2	1	1	1	0	1	120	0
61	1	1	1	1	1	0	1	90	1
62	0	1	0	1	0	1	0	70	1
63	0	0	0	0	0	0	0	40	1
64	0	0	0	0	0	0	0	100	0
65	0	0	0	0	0	0	0	100	0
66	0	2	0	0	0	0	0	100	0
67	1	2	0	0	0	1	0	65	1
68	1	2	0	0	0	0	1	120	0
69	1	2	1	1	1	0	1	7	1
70	0	0	0	0	0	0	0	30	1

Keterangan :

No : Nomer Responden

T : Umur Tembakau (hari)

d : Status Tembakau (1=terjadinya event/kerusakan, 0=terjadi panen)

X_1 : Luas Lahan yang Ditanami ($0 = X_1 \leq 71871.4 \text{ m}^2$ dan $1 = X_1 > 71871.4 \text{ m}^2$)

X_2 : Jenis Lahan (0=sawah tadah hujan, 1=gunung, 2=tegal)

X_3 : Jumlah benih

($0 = X_3 \leq 213744.5 \frac{\text{kg}}{\text{masatanam}}$ dan $1 = X_3 > 213744.5 \frac{\text{kg}}{\text{masatanam}}$)

X_4 : Jumlah pupuk NPK

$$(0 = X_4 \leq 787111.2 \frac{kg}{masatanam} \text{ dan } 1 = X_4 > 787111.2 \frac{kg}{masatanam})$$

X_5 : Jumlah pupuk kandang

$$(0 = X_5 \leq 1009643 \frac{kg}{masatanam} \text{ dan } 1 = X_5 > 1009643 \frac{kg}{masatanam})$$

X_6 : Jumlah pupuk ZA

$$(0 = X_6 \leq 71871.4 \frac{kg}{masatanam} \text{ dan } X_6 > 71871.4 \frac{kg}{masatanam})$$

X_7 : Jumlah pestisida

$$(0 = X_7 \leq 42.41429 \frac{liter}{masatanam} \text{ dan } 1 = X_7 > 42.41429 \frac{liter}{masatanam})$$

Lampiran 3 Syntax SAS Untuk Uji Kaplan-Meier dan Uji Log-Rank

1. Syntax SAS Kaplan-Meier dan Uji Log-Rank Variabel Luas Lahan Yang Ditanami

```
proc lifetest data=work.import5  
method=km plots=(s);  
time T*d(0);  
strata LuasLahanYangDitanami;  
run;
```

2. Syntax SAS Kaplan-Meier dan Uji Log-Rank Variabel Jenis Lahan

```
proc lifetest data=work.import5  
method=km plots=(s);  
time T*d(0);  
strata JenisLahan;  
run;
```

3. Syntax SAS Kaplan-Meier dan Uji Log-Rank Variabel Benih

```
proc lifetest data=work.import5  
method=km plots=(s);  
time T*d(0);  
strata Benih;  
run;
```

4. Syntax SAS Kaplan-Meier dan Uji Log-Rank Variabel Pupuk NPK

```
proc lifetest data=work.import5
method=km plots=(s);
time T*d(0);
strata PupukNPK;
run;
```

5. Syntax SAS Kaplan-Meier dan Uji Log-Rank Variabel Pupuk Kandang

```
proc lifetest data=work.import5
method=km plots=(s);
time T*d(0);
strata PupukKandang;
run;
```

6. Syntax SAS Kaplan-Meier dan Uji Log-Rank Variabel Pupuk ZA

```
proc lifetest data=work.import5
method=km plots=(s);
time T*d(0);
strata PupukZA;
run;
```

7. Syntax SAS Kaplan-Meier dan Uji Log-Rank Variabel Pestisida

```
proc lifetest data=work.import5
method=km plots=(s);
time T*d(0);
strata Pestisida;
run;
```

Lampiran 4 Syntax SAS Pengujian Asumsi *Proportional Hazard* Menggunakan Metode *Goodness of Fit*

```
proc phreg data=work.import5;
class LuasLahanYangDitanami JenisLahan
Benih PupukNPK PupukKandang PupukZA
Pestisida;
model T*d(0)=LuasLahanYangDitanami
JenisLahan Benih PupukNPK PupukKandang
PupukZA Pestisida;
output out=resid ressch=RLL RJL RBenih
RPupukNPK RPupukKandang RPupukZA
RPestisida;
run;
proc print data=resid;
run;
data events;
set resid;
if d=1;
run;
proc rank data=events out=ranked ties=mean;
var T;
ranks timerank;
run;
proc print data=ranked;
run;
proc corr data=ranked nosimple;
var RLuasLahan RJenisLahan RBenih RPupukNPK
RPupukKandang RPupukZA RPestisida;
WITH timerank;
RUN;
```

Lampiran 5 Syntax SAS Pemodelan Stratifikasi Cox Tanpa Interaksi

```
proc phreg data=work.import5;
class LuasLahanYangDitanami
JenisLahan Benih PupukNPK
PupukKandang PupukZA Pestisida;
model T*d(0)=LuasLahanYangDitanami
Benih PupukNPK PupukKandang
PupukZA;
strata JenisLahan Pestisida;
run;
```

Lampiran 6 Syntax SAS Pemodelan Stratifikasi Dengan Interaksi

```
proc phreg data=work.import5;
class LuasLahanYangDitanami JenisLahan Benih
PupukNPK PupukKandang PupukZA Pesticida;
model T*d(0)=LuasLahanYangDitanami Benih PupukNPK
PupukKandang PupukZA
A1 A2 A3 A4 A5
B1 B2 B3 B4 B5
C1 C2 C3 C4 C5
D1 D2 D3 D4 D5
E1 E2 E3 E4 E5
F1 F2 F3 F4 F5
G1 G2 G3 G4 G5;
strata JenisLahan Pesticida;
A1=(JenisLahan=0)*Pesticida*LuasLahanYangDitanami;
A2=(JenisLahan=0)*Pesticida*Benih;
A3=(JenisLahan=0)*Pesticida*PupukNPK;
A4=(JenisLahan=0)*Pesticida*PupukKandang;
A5=(JenisLahan=0)*Pesticida*PupukZA;
B1=(JenisLahan=1)*Pesticida*LuasLahanYangDitanami;
B2=(JenisLahan=1)*Pesticida*Benih;
B3=(JenisLahan=1)*Pesticida*PupukNPK;
B4=(JenisLahan=1)*Pesticida*PupukKandang;
B5=(JenisLahan=1)*Pesticida*PupukZA;
C1=(JenisLahan=2)*Pesticida*LuasLahanYangDitanami;
C2=(JenisLahan=2)*Pesticida*Benih;
C3=(JenisLahan=2)*Pesticida*PupukNPK;
C4=(JenisLahan=2)*Pesticida*PupukKandang;
C5=(JenisLahan=2)*Pesticida*PupukZA;
```

```

D1=(JenisLahan=0)*LuasLahanYangDitanami;
D2=(JenisLahan=0)*Benih;
D3=(JenisLahan=0)*PupukNPK;
D4=(JenisLahan=0)*PupukKandang;
D5=(JenisLahan=0)*PupukZA;
E1=(JenisLahan=1)*LuasLahanYangDitanami;
E2=(JenisLahan=1)*Benih;
E3=(JenisLahan=1)*PupukNPK;
E4=(JenisLahan=1)*PupukKandang;
E5=(JenisLahan=1)*PupukZA;
F1=(JenisLahan=2)*LuasLahanYangDitanami;
F2=(JenisLahan=2)*Benih;
F3=(JenisLahan=2)*PupukNPK;
F4=(JenisLahan=2)*PupukKandang;
F5=(JenisLahan=2)*PupukZA;
G1=Pestisida*LuasLahanYangDitanami;
G2=Pestisida*Benih;
G3=Pestisida*PupukNPK;
G4=Pestisida*PupukKandang;
G5=Pestisida*PupukZA;
run;

```

Lampiran 7 Syntax SAS Uji Interaksi Pada Pemodelan Cox Stratifikasi

```

data test;
reduced = 121.147;
full = 117.305;
df=15;
pvalue = 1-probchi(reduced-full,df);
run;
proc print data=test;
run;

```

Lampiran 8 Syntax SAS Pemodelan Cox *Extended*
Menggunakan Fungsi waktu

```
proc phreg data=work.import5;
class LuasLahanYangDitanami JenisLahan
Benih PupukNPK PupukKandang PupukZA
Pestisida;
model T*d(0)=LasLahanYangDitanami
JenisLahan Benih PupukNPK PupukKandang
PupukZA Pestisida logtjenislahan
logtpestisida;
logtjenislahan=JenisLahan*log(T);
logtpestisida=Pestisida*log(T);
run;
```

Lampiran 9 Syntax SAS Fungsi Waktu Variabel Signifikan

```
proc phreg data=work.import5;
class PupukKandang;
model T*d(0)=PupukKandang ;
RUN;
```


Lampiran 10 Syntax SAS Pemodelan Cox *Extended* menggunakan Fungsi *Heaviside*

```

proc phreg data=work.import5;
class LuasLahanYangDitanami JenisLahan Benih
PupukNPK PupukKandang PupukZA Pesticida;
model T*d(0)=LuasLahanYangDitanami Benih
PupukNPK PupukKandang PupukZA Pesticida
JenisLahan
HV1 HV2 HV3 HV4 HV5 HV6 HV7 HV8;
IF T<57 then HV1=(JenisLahan=0) ; else HV1=0;
IF T>=57 THEN HV2=(JenisLahan=0) ; else HV2=0;
IF T<90 THEN HV3=(JenisLahan=1) ; else HV3=0;
IF T>=90 THEN HV4=(JenisLahan=1) ; else HV4=0;
IF T<60 THEN HV5=(JenisLahan=2); else HV5=0;
IF T>=60 THEN HV6=(JenisLahan=2); else HV6=0;
IF T<88 THEN HV7=Pesticida; else HV7=0;
IF T>=88 THEN HV8=Pesticida; else HV8=0;
run;

```

Lampiran 11 Syntax SAS Fungsi *Heaviside* Variabel Signifikan

```

proc phreg data=work.import5;
class JenisLahan PupukKandang;
model T*d(0)=PupukKandang HV1;
if T<57 THEN HV1=(JenisLahan=0); else
HV1=0;
RUN;

```

Lampiran 12 Parsial *Residual Schoenfeld*

RLuasLahan	RJenisLahan	RBenih	RPupukNPK	RPupukKandang	RPupukZA	RPestisida	timerank
-0.34242	-0.27313	-0.21881	-0.27156	-0.38060	-0.14474	-0.34572	9.0
-0.34242	-0.27313	-0.21881	-0.27156	-0.38060	-0.14474	-0.34572	9.0
-0.31817	-0.25379	-0.20332	-0.25233	-0.35365	-0.13449	-0.32124	4.5
-0.39938	-0.32110	-0.25048	-0.31402	-0.44538	-0.16126	-0.40422	16.0
-0.41199	-0.33124	-0.25839	-0.32393	-0.45944	-0.16635	-0.41698	19.0
-0.33394	-0.26636	-0.21339	-0.26483	-0.37117	-0.14115	-0.33715	6.0
-0.37888	-0.30136	-0.23914	-0.29877	-0.42205	-0.15540	-0.38342	13.0
-0.31084	-0.24793	-0.19863	-0.24651	-0.34550	-0.13139	-0.31383	3.0
-0.31817	-0.25379	-0.20332	-0.25233	-0.35365	-0.13449	-0.32124	4.5
-0.36830	-0.29294	-0.23246	-0.29043	-0.41027	-0.15106	-0.37272	12.0
-0.41199	0.66876	-0.25839	-0.32393	-0.45944	-0.16635	0.58302	19.0
0.58801	0.66876	-0.25839	0.67607	0.54056	-0.16635	0.58302	19.0
-0.32393	0.77547	-0.26406	-0.26579	-0.33691	-0.22458	0.72045	24.5
0.58801	0.66876	-0.25839	0.67607	0.54056	-0.16635	0.58302	19.0
-0.34242	0.72687	-0.21881	-0.27156	-0.38060	-0.14474	0.65428	9.0
0.64295	-0.23131	0.74763	-0.22998	0.61061	-0.12258	0.64015	2.0
0.65758	-0.27313	0.78119	0.72844	0.61940	0.85526	-0.34572	9.0
0.60992	-0.31027	0.75379	0.69240	0.56547	0.84001	0.60524	14.5
0.58801	-0.33124	0.74161	0.67607	0.54056	-0.16635	-0.41698	19.0
0.67607	0.77547	-0.26406	0.73421	0.66309	0.77542	-0.27955	24.5
-0.30819	0.73779	-0.25123	-0.25287	0.63086	-0.21367	0.69544	23.0
-0.39008	-0.31027	-0.24621	-0.30760	-0.43453	-0.15999	-0.39476	14.5
0.65401	-0.24789	0.70787	-0.23906	0.59640	-0.20199	0.64799	22.0
0.63900	-0.22989	0.74304	0.76530	0.60687	0.87204	-0.35764	1.0
-0.34242	-0.27313	-0.21881	-0.27156	-0.38060	-0.14474	-0.34572	9.0

Lampiran 13 Hasil Output Uji GOF

Pearson Correlation Coefficients, N = 25 Prob > r under H0: Rho=0							
	RLuasLahan	RJenisLahan	RBenih	RPupukNPK	RPupukKandang	RPupukZA	RPestisida
timerank	0.12698	0.55916	-0.18060	0.15571	0.23770	-0.11555	0.39660
Rank for Variable T	0.5358	0.0037	0.3878	0.4573	0.2526	0.5823	0.0495

Lampiran 14 Hasil Output Uji Interaksi

Obs	reduced	full	df	pvalue
1	121.147	117.305	15	0.99821

Lampiran 15 Hasil Output Cox Stratifikasi Tanpa Interaksi

Model Fit Statistics		
Criterion	Without Covariates	With Covariates
-2 LOG L	131.007	121.147
AIC	131.007	131.147
SBC	131.007	137.242

Testing Global Null Hypothesis: BETA=0			
Test	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
Likelihood Ratio	9.8594	5	0.0793
Score	10.5347	5	0.0614
Wald	8.6371	5	0.1244

Analysis of Maximum Likelihood Estimates								
Parameter		DF	Parameter Estimate	Standard Error	Chi-Square	Pr > ChiSq	Hazard Ratio	Label
LuasLahanYangDitanam	1	1	1.22556	1.33452	0.8434	0.3584	3.406	LuasLahanYangDitanami 1
Benih	1	1	-0.90999	1.08093	0.7009	0.4025	0.403	Benih 1
PupukNPK	1	1	1.27724	0.98869	1.6889	0.1964	3.587	PupukNPK 1
PupukKandang	1	1	-1.88881	0.82321	5.2645	0.0218	0.151	PupukKandang 1
PupukZA	1	1	-0.96999	0.85952	1.2738	0.2591	0.379	PupukZA 1

Lampiran 16 Hasil Output Cox Stratifikasi Dengan Interaksi

Model Fit Statistics		
Criterion	Without Covariates	With Covariates
-2 LOG L	148.339	117.305
AIC	148.339	147.305
SBC	148.339	165.588

Testing Global Null Hypothesis: BETA=0			
Test	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
Likelihood Ratio	31.0341	15	0.0087
Score	37.3770	15	0.0011
Wald	6.3002	15	0.9743

Analysis of Maximum Likelihood Estimates								
Parameter	DF	Parameter Estimate	Standard Error	Chi-Square	Pr > ChiSq	Hazard Ratio	Label	
LuasLahanYangDitanam	0	1	-40.08302	10883	0.0000	0.9971	0.000	LuasLahanYangDitanami 0
Benih	0	1	21.08090	10283	0.0000	0.9984	1.4299E9	Benih 0
PupukNPK	0	1	0.34576	1.23537	0.0783	0.7796	1.413	PupukNPK 0
PupukKandang	0	1	19.37705	6452	0.0000	0.9976	2.6022E8	PupukKandang 0
PupukZA	0	1	21.40254	10283	0.0000	0.9983	1.9724E9	PupukZA 0
A1		0	0	-	-	-	-	
A2		0	0	-	-	-	-	
A3		0	0	-	-	-	-	
A4		0	0	-	-	-	-	
A5		0	0	-	-	-	-	
B1		1	0.01520	37582	0.0000	1.0000	1.015	
B2		0	0	-	-	-	-	
B3		1	0.79761	27699	0.0000	1.0000	2.220	
B4		1	-1.99950	12122	0.0000	0.9999	0.135	
B5		1	1.54371	1.51025	1.0448	0.3087	4.682	
C1		1	-38.99003	11626	0.0000	0.9973	0.000	
C2		1	2.86751	10482	0.0000	0.9998	17.593	
C3		1	19.27170	5484	0.0000	0.9972	2.342E8	
C4		1	34.87865	6795	0.0000	0.9999	1.405E15	
C5		1	21.47364	10283	0.0000	0.9983	2.1178E9	
D1		0	0	-	-	-	-	
D2		0	0	-	-	-	-	
D3		0	0	-	-	-	-	
D4		0	0	-	-	-	-	
D5		0	0	-	-	-	-	
E1		1	-19.46918	25628	0.0000	0.9994	0.000	
E2		0	0	-	-	-	-	
E3		0	0	-	-	-	-	
E4		0	0	-	-	-	-	
E5		0	0	-	-	-	-	
F1		0	0	-	-	-	-	
F2		0	0	-	-	-	-	
F3		0	0	-	-	-	-	
F4		0	0	-	-	-	-	
F5		0	0	-	-	-	-	
G1		0	0	-	-	-	-	
G2		0	0	-	-	-	-	
G3		0	0	-	-	-	-	
G4		0	0	-	-	-	-	
G5		0	0	-	-	-	-	

Lampiran 17 Hasil Output *Extended Cox* Dengan Fungsi Waktu

Model Fit Statistics		
Criterion	Without Covariates	With Covariates
-2 LOG L	203.440	188.464
AIC	203.440	208.464
SBC	203.440	220.652

Testing Global Null Hypothesis: BETA=0			
Test	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
Likelihood Ratio	14.9762	10	0.1329
Score	13.5053	10	0.1968
Wald	11.3043	10	0.3343

Analysis of Maximum Likelihood Estimates							
Parameter	DF	Parameter Estimate	Standard Error	Chi-Square	Pr > ChiSq	Hazard Ratio	Label
LuasLahanYangDitanam	1	1.23249	1.19236	1.0684	0.3013	3.430	LuasLahanYangDitanami 1
JenisLahan	1	-0.63406	2.43043	0.0681	0.7942	0.530	JenisLahan 1
JenisLahan	2	-1.67700	4.34454	0.1490	0.6995	0.167	JenisLahan 2
Benih	1	-1.58553	1.10395	2.0628	0.1509	0.205	Benih 1
PupukNPK	1	1.49732	1.03170	2.1063	0.1467	4.470	PupukNPK 1
PupukKandang	1	-1.44235	0.71746	4.0415	0.0444	0.236	PupukKandang 1
PupukZA	1	-0.71683	0.84314	0.7224	0.3953	0.468	PupukZA 1
Pestisida	1	2.52922	3.75285	0.4543	0.5003	12.544	Pestisida 1
logtjenislahan		1	-0.0008117	0.57102	0.0000	0.9989	0.999
logtpestisida		1	-0.49253	0.99579	0.2446	0.6209	0.611

Lampiran 18 Hasil Output Extended Cox Fungsi Waktu Untuk Variabel Signifikan

Model Fit Statistics		
Criterion	Without Covariates	With Covariates
-2 LOG L	203.440	197.654
AIC	203.440	199.654
SBC	203.440	200.873

Testing Global Null Hypothesis: BETA=0			
Test	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
Likelihood Ratio	5.7882	1	0.0182
Score	5.0951	1	0.0240
Wald	4.5586	1	0.0328

Type 3 Tests			
Effect	DF	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
PupukKandang	1	4.5586	0.0328

Analysis of Maximum Likelihood Estimates								
Parameter		DF	Parameter Estimate	Standard Error	Chi-Square	Pr > ChiSq	Hazard Ratio	Label
PupukKandang	0	1	1.19829	0.54625	4.5586	0.0328	3.210	PupukKandang 0

Lampiran 19 Hasil Output *Extended Cox* Dengan Fungsi *Heaviside*

Model Fit Statistics		
Criterion	Without Covariates	With Covariates
-2 LOG L	203.440	174.644
AIC	203.440	198.644
SBC	203.440	213.271

Testing Global Null Hypothesis: BETA=0			
Test	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
Likelihood Ratio	28.7954	12	0.0042
Score	25.1211	12	0.0143
Wald	18.9079	12	0.1531

Analysis of Maximum Likelihood Estimates								
Parameter		DF	Parameter Estimate	Standard Error	Chi-Square	Pr > ChiSq	Hazard Ratio	Label
LuasLahanYangDitanam	1	1	1.08859	1.22538	0.7892	0.3743	2.970	LuasLahanYangDitanami 1
Benih	1	1	-1.49144	1.10171	1.8328	0.1758	0.225	Benih 1
PupukNPK	1	1	1.53982	1.02782	2.2444	0.1341	4.664	PupukNPK 1
PupukKandang	1	1	-1.85267	0.79198	5.4739	0.0193	0.157	PupukKandang 1
PupukZA	1	1	-0.75246	0.82805	0.8298	0.3623	0.471	PupukZA 1
Pestisida	1	1	1.10999	1.87782	0.3494	0.5544	3.034	Pestisida 1
JenisLahan	1	1	16.78422	1576	0.0001	0.9915	19466816	JenisLahan 1
JenisLahan	2	1	-0.51984	1.41436	0.1351	0.7132	0.595	JenisLahan 2
HV1		1	3.56809	1.53619	5.3948	0.0202	35.449	
HV2		0	0	-	-	-	-	
HV3		1	-15.66521	1576	0.0001	0.9921	0.000	
HV4		0	0	-	-	-	-	
HV5		1	2.16102	1.42130	2.3118	0.1284	8.680	
HV6		0	0	-	-	-	-	
HV7		1	-0.06939	1.61825	0.0038	0.9510	0.905	
HV8		0	0	-	-	-	-	

Lampiran 20 Hasil Output *Extended Cox* Dengan Fungsi *Heaviside* Untuk Variabel Signifikan

Model Fit Statistics		
Criterion	Without Covariates	With Covariates
-2 LOG L	203.440	192.160
AIC	203.440	196.160
SBC	203.440	198.598

Testing Global Null Hypothesis: BETA=0			
Test	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
Likelihood Ratio	11.2798	2	0.0036
Score	11.7909	2	0.0028
Wald	9.5421	2	0.0085

Type 3 Tests			
Effect	DF	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
PupukKandang	1	1.4973	0.2211
HV1	1	4.9185	0.0266

Analysis of Maximum Likelihood Estimates								
Parameter		DF	Parameter Estimate	Standard Error	Chi-Square	Pr > ChiSq	Hazard Ratio	Label
PupukKandang	0	1	0.72786	0.59484	1.4973	0.2211	2.071	PupukKandang 0
HV1		1	1.28252	0.57830	4.9185	0.0266	3.606	

Lampiran 21 Tabel Perbedaan Faktor-Faktor Penelitian Terdahulu dan Faktor-Faktor yang Dilakukan Dalam Penelitian Analisis Ketahanan Hidup Tanaman Tembakau Menggunakan *Stratified Cox* dan *Extended Cox*

No.	Judul Penelitian Terdahulu	Faktor-Faktor Penelitian Terdahulu	Faktor-Faktor Penelitian Yang Dilakukan Peneliti
1.	Analisis Produktivitas Usahatani Tembakau di Kabupaten Pamekasan (Elyz Fauziyah)	Pada penelitian Elyz Fauziyah membahas faktor-faktor yang mempengaruhi produksi usahatani tembakau, menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi risiko produksi usahatani tembakau, dengan menggunakan variabel luas lahan, bibit, tenaga kerja, ZK, NPK, pestisida, dan fungisida.	Faktor yang diteliti pada penelitian ini adalah Luas lahan yang ditanami, jenis lahan, benih, pupuk NPK, pupuk kandang, pupuk ZA, pestisida yang diambil dalam penelitian terdahulu. Perbedaan dari penelitian tentang tembakau sebelumnya adalah terdapatnya faktor hari terjadinya kerusakan tembakau dan status tembakau apakah rusak atau tidak. Metode yang digunakan berbeda dari penelitian tentang
2.	Faktor-Faktor	Penelitian	

	Yang Mempengaruhi Produksi Tembakau Rakyat	tersebut mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi produksi tembakau dengan menggunakan variabel independen pupuk kandang, pupuk ZA, pupuk SP 36, dan variabel dependennya adalah produksi tembakau rakyat.	sebelumnya, yaitu dalam penelitian ini menggunakan analisis <i>survival</i> menggunakan <i>stratified Cox</i> dan <i>extended Cox</i>
3.	Analisis Efisiensi Ekonomi Penggunaan Faktor-Faktor Produksi Pada Usahatani Tembakau di Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang (H. Hanifah, B. M. Setiawan, dan E. Prasetyo)	Penelitian tersebut meneliti faktor-faktor luas lahan, jumlah benih, tenaga kerja, pupuk kandang, pupuk ZA, pupuk NPK fertila, pupuk KNO ₃ , dan pestisida.	

Lampiran 22 Perhitungan Manual

1. Statistika Deskriptif Pada Variabel Pupuk Kandang
(Subbab 4.2.5)

$$\begin{aligned}
 \text{Minimum} &= 0 \text{ kg/masatanam} \\
 \text{Maximum} &= 7000000 \text{ kg/masatanam} \\
 \text{Mean } (\bar{x}) &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{70} x_i}{70} = \frac{x_1+x_2+x_3+\dots+x_{69}+x_{70}}{70} \\
 &= \frac{0+0+0+\dots+2500000+0}{70} = 1009643 \\
 \text{Standar Deviasi} &= \sqrt{Var} = \sqrt{\frac{\sum(x_i-\bar{x})^2}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{(x_1-\bar{x})^2+(x_2-\bar{x})^2+\dots+(x_{69}-\bar{x})^2+(x_{70}-\bar{x})^2}{70}} \\
 &= \sqrt{\frac{(0-1009643)^2+(0-1009643)^2+\dots+(0-1009643)^2}{70}} \\
 &= 1324527
 \end{aligned}$$

2. Kaplan-Meier (Subbab 4.3.5)
Titik pada grup 1 (Pada saat $X_5 \leq 1009643$ / kurva berwarna biru)

$t_{(j)}$	n_j	m_j	q_j	$\hat{S}(t_{(j)})$
7	46	0	0	1
12	46	1	0	$1 \times 45/46 = 0.9782$
24	45	1	0	$0.9782 \times 44/45 = 0.9564$
25	44	2	0	$0.9564 \times 42/44 = 0.9129$
28	42	1	0	$0.9129 \times 41/42 = 0.8911$
30	41	4	0	$0.8911 \times 37/41 = 0.8041$
35	37	1	0	$0.8041 \times 36/37 = 0.7823$
39	36	1	0	$0.7823 \times 35/36 = 0.7605$
40	35	1	0	$0.7605 \times 34/35 = 0.7387$
55	34	1	0	$0.7387 \times 33/34 = 0.7169$
60	33	5	0	$0.7169 \times 28/33 = 0.6082$
65	28	1	0	$0.6082 \times 27/28 = 0.5864$
70	27	1	0	$0.5864 \times 26/27 = 0.5646$
90	26	1	0	$0.5646 \times 25/24 = 0.5881$

Titik pada grup 2 (Pada saat $X_5 > 1009643$ / kurva berwarna merah)

$t_{(j)}$	n_j	m_j	q_j	$\hat{S}_{(t_{(j)})}$
7	24	1	0	1
30	23	1	0	$0.8911 \times 22 / 23 = 0.8523$
40	22	1	0	$0.8523 \times 21 / 22 = 0.8135$
90	21	1	0	$0.8135 \times 20 / 21 = 0.7747$

Dimana

$t_{(j)}$: hari terjadinya event/kegagalan

n_j : jumlah individu yang masih bertahan hidup pada waktu ke $t_{(j)}$

m_j : jumlah terjadinya kegagalan pada waktu ke $t_{(j)}$

q_j : jumlah data tersensor pada waktu ke $t_{(j)}$

$\hat{S}_{(t_{(j)})}$: Peluang terjadinya event pada waktu ke $t_{(j)}$

3. Uji Log-Rank (Subbab 4.3.5)

Keterangan :

d_i : Jumlah kegagalan *observed* pada hari ke-i

n_i : Jumlah subjek *survive* sampai dengan awal hari ke-i

e_i : Jumlah *expected* pada hari ke-i

$$\chi_{hitung}^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = \frac{\sum_{m=1}^i (m_{1i} - e_{1i})}{E_i} = \frac{(5,461787)^2}{15,53821} + \frac{(-5,46179)^2}{9,461787}$$

$$= 5,072654 \quad (p\text{-value}=0,0218)$$

Log-Rank Statistics dengan 2 grup

$$= \frac{(O_2 - E_2)^2}{\text{Var}(O_2 - E_2)}$$

dengan

$$\text{Var}(O_2 - E_2) = \frac{n_{1j}n_{2j}(m_{1j}+m_{2j})(n_{1j}+n_{2j}-m_{1j}-m_{2j})}{(n_{1j}+n_{2j})^2(n_{1j}+n_{2j})}$$

$$\text{maka} = \frac{(O_2 - E_2)^2}{\text{Var}(O_2 - E_2)} = \frac{(5,461787)^2}{5,666097} = 5,2648$$

i	Kegagalan		Subjek		Expected		Obs-Exp	
	d_{1i}	d_{2i}	n_{1i}	n_{2i}	e_{1i}	e_{2i}	$d_{1i} - e_{1i}$	$d_{12} - e_{12}$
7	0	1	46	24	(46/70)x1	(24/70)x1	-0.65714	0.65714
12	1	0	46	23	(46/69)x1	(23/69)x1	0.33333	-0.33333
24	1	0	45	23	(45/68)x1	(23/68)x1	0.338235	-0.33824
25	2	0	44	23	(44/67)x2	(23/67)x2	0.686567	0.686567
28	1	0	42	23	(42/65)x1	(23/65)x1	0.353846	0.353846
30	4	1	41	23	(41/64)x5	(23/64)x5	0.796875	0.796875
35	1	0	37	22	(37/59)x1	(22/59)x1	0.372881	-0.37288
39	1	0	36	22	(36/58)x1	(22/58)x1	0.37931	-0.37931
40	1	1	35	22	(35/57)x2	(22/57)x2	-0.22807	0.22807
55	1	0	34	21	(34/55)x1	(21/55)x2	0.381818	-0.38182
60	5	0	33	21	(33/54)x1	(21/54)x5	1.944444	-1.94444
65	1	0	28	21	(28/49)x1	(21/49)x1	0.428571	-0.42857
70	1	0	27	21	(27/48)x1	(21/48)x1	0.4375	-0.4375
90	1	1	26	21	(26/47)x2	(21/47)x1	-0.10638	0.106383
					15.53821	9.461787	5.461787	-5.46179

4. Uji Goodness Of Fit (Subbab 4.4)

$$\begin{aligned}
 \tau_{RT,PR_4} &= \frac{n \sum_i^n RT_i PR_{1i} - (\sum_i^n RT_i)(\sum_i^n PR_{1i})}{\sqrt{n \sum_i^n RT_i^2 - (\sum_i^n RT_i)^2} \sqrt{n \sum_i^n PR_{1i}^2 - (\sum_i^n PR_{1i})^2}} \\
 &= \frac{25(12.29938) - (-0.0195)}{\sqrt{25(5503.5) - 105625} \sqrt{25(4.880554) - (3.6E-09)}} \\
 &= \frac{307.4845 - (-0.0195)}{\sqrt{31962.5} \sqrt{112.01385}} \\
 &= \frac{307.504}{1974.80802} \\
 &= 0.1557
 \end{aligned}$$

5. Estimasi Parameter

Karena jumlah sampel besar maka digunakan data lain untuk menghitung estimasi parameter menggunakan MPLE

ID	Time	Status	X ₁
01	2	1	1
02	3	1	0
03	5	0	0
04	8	1	1

Fungsi *partial likelihood* hanya untuk data yang mengalami *event*, penghitungannya sebagai berikut, dimana R adalah banyaknya *event*

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^R L_g(\beta)$$

$$L(\beta) = \frac{e^{\beta_0}}{e^{\beta_0} + e^0 + e^0 + e^{\beta_0}} \times \frac{e^{\beta_0}}{e^0 + e^0 + e^{\beta_1}} \times \frac{e^{\beta_0}}{e^{\beta_0}}$$

$$L(\beta) = \frac{e^{\beta_0}}{2 + 2e^{\beta_0}} \times \frac{e^{\beta_0}}{2 + e^{\beta_0}} \times 1$$

$$\ln L(\beta) = \ln(e^{\beta_0})^2 - \ln((2 + 2e^{\beta_0})(2 + e^{\beta_0}))$$

$$\ln L(\beta) = \ln(e^{\beta_0})^2 - \ln(2 + 2e^{\beta_0}) - \ln(2 + e^{\beta_0})$$

$$\frac{\partial \ln L(\beta)}{\partial \beta_0} = 2 \ln(e^{\beta_0}) \ln(e) - \frac{2e^{\beta_0} \ln(e)}{2e^{\beta_0} + 2} - \frac{e^{\beta_0} \ln(e)}{e^{\beta_0} + 2}$$

$$\frac{\partial^2 \ln L(\beta)}{\partial \beta_1} = 2 \ln(e)^2 - \frac{2e^{\beta_0} \ln(e)^2}{2e^{\beta_0} + 2} + \frac{4(e^{\beta_0})^2 \ln(e)^2}{(2e^{\beta_0} + 2)^2}$$

$$- \frac{e^{\beta_0} \ln(e)^2}{e^{\beta_0} + 2} + \frac{(e^{\beta_0})^2 \ln(e)^2}{(e^{\beta_0} + 2)^2}$$

$U(\hat{\beta}_c)$ merupakan. $I(\beta)$ adalah Matriks Hessian berukuran $p \times p$ dari turunan partial kedua $\ln L(\beta)$. Karena pada contoh hanya menggunakan 1 variabel independen maka Matriks Hessian-nya berukuran 1×1 seperti berikut.

$$I(\beta) = \left[\frac{\partial^2 \ln L(\beta)}{\partial \beta_j} \right]$$

Setelah didapat Matriks Hessian ($I(\beta)$), Matriks tersebut di inverskan menjadi $(I(\beta))^{-1} = 1 / \left[\frac{\partial^2 \ln L(\beta)}{\partial \beta_j} \right]$. Setelah itu langkah-langkah dalam Newton-Raphson sebagai berikut:

- a. Nilai awal $\hat{\beta}_0=0$
- b. $\hat{\beta}_{c+1} = \hat{\beta}_c - (I(\hat{\beta}_c))^{-1}U(\hat{\beta}_c)$
- c. Iterasi berhenti sampai nilai $\hat{\beta}_{c+1} \cong \hat{\beta}_c$

Berikut adalah iterasi dari Newton-Raphson dengan nilai awal $\hat{\beta}_0 = 0$

Iterasi (c)	$\hat{\beta}_c$	$I(\hat{\beta}_c)^{-1}$	$U(\hat{\beta}_c)$	$\hat{\beta}_{c+1}$
0	0	0.6545	-0.8333	0.5453
1	0.5453	0.6583	-0.0021	0.5466
2	0.5466	0.6582	-0.005	0.549891
.	.			
n	$\hat{\beta}_n$	$I(\hat{\beta}_n)^{-1}$	$U(\hat{\beta}_n)$	$\hat{\beta}_{n+1}$

Iterasi dilanjutkan sampai mendapatkan nilai $\hat{\beta}_{n+1} \cong \hat{\beta}_n$. Apabila terdapat $\hat{\beta}_{n+1} \cong \hat{\beta}_n$ maka nilai tersebut merupakan estimasi parameternya

6. Uji Serentak (Subbab 4.5.2)

$$\begin{aligned} \text{LR} &= -2 \log L (\text{tanpa covariate}) - (-2 \log L (\text{dengan covariate})) \\ &= 131.007 - 121.147 \\ &= 9.86 \end{aligned}$$

7. Uji Chi-Square (Subbab 4.5.2)

Variabel	Chi-Square
X_1	$\left(\frac{SE_1}{\beta_1}\right)^2 = \frac{1.22556}{1.33452} = 0.8434$
X_3	$\left(\frac{SE_3}{\beta_3}\right)^2 = \frac{-0.90999}{1.08693} = 0.7009$
X_4	$\left(\frac{SE_4}{\beta_4}\right)^2 = \frac{1.27724}{0.98869} = 1.6689$
X_6	$\left(\frac{SE_6}{\beta_6}\right)^2 = \frac{-1.88881}{0.82321} = 5.2645$
X_7	$\left(\frac{SE_7}{\beta_7}\right)^2 = \frac{-0.96999}{0.85952} = 1.2736$

8. Hazard Ratio (Pada Subbab 4.5.3)

Variabel	Penghitungan Hazard Ratio
X_1	$e^{\beta_1} = e^{1.22556} = 3.406$
X_3	$e^{\beta_3} = e^{-0.90999} = 0.403$
X_4	$e^{\beta_4} = e^{1.27724} = 3.587$
X_6	$e^{\beta_6} = e^{-1.88881} = 0.151$
X_7	$e^{\beta_7} = e^{-0.96999} = 0.379$

BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Vina Maulina Sofyani, lahir di Pamekasan 17 Februari 1998. Anak kedua dari R. Yulianto Hendri Atmoko dan R. Ayu Lilik Farida serta adik dari R. Moh. Khoiril Anam. Penulis mulai menempuh pendidikan di TK Trisula pada tahun 2003-2004, SDN Barkot III Pamekasan pada tahun 2004-2010, SMPN 2 Pamekasan tahun 2010-2013, SMAN 1 Pamekasan 2013-2016.

Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan kuliah di S1 di Departemen Matematika ITS tahun 2016. Pada tahun kedua perkuliahan, penulis aktif sebagai staff SW di HIMATIKA ITS 2017-2018. Pada tahun 2018-2019, penulis diamanahi sebagai salah satu Kadiv di SW HIMATIKA ITS. Penulis juga mengikuti kepanitiaan OMITS dan penulis juga aktif di Forum Mahasiswa ITS, PENS, PPNS Pamekasan (FORKAMP). Untuk informasi maupun saran dari Tugas Akhir ini, pembaca dapat menghubungi penulis di email vinamaulinasofyani17@gmail.com atau instagram penulis yaitu vinasofyani.