



**ANALISIS REGRESI COX *NON PROPORTIONAL HAZARD* PADA
TINGKAT KEBERHASILAN PENETASAN TELUR PENYU**

SKRIPSI

Oleh

**Veniola Forestryani
141810101035**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**ANALISIS REGRESI COX *NON PROPORTIONAL HAZARD* PADA
TINGKAT KEBERHASILAN PENETASAN TELUR PENYU**

SKRIPSI

diajukan guna memenuhi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Matematika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

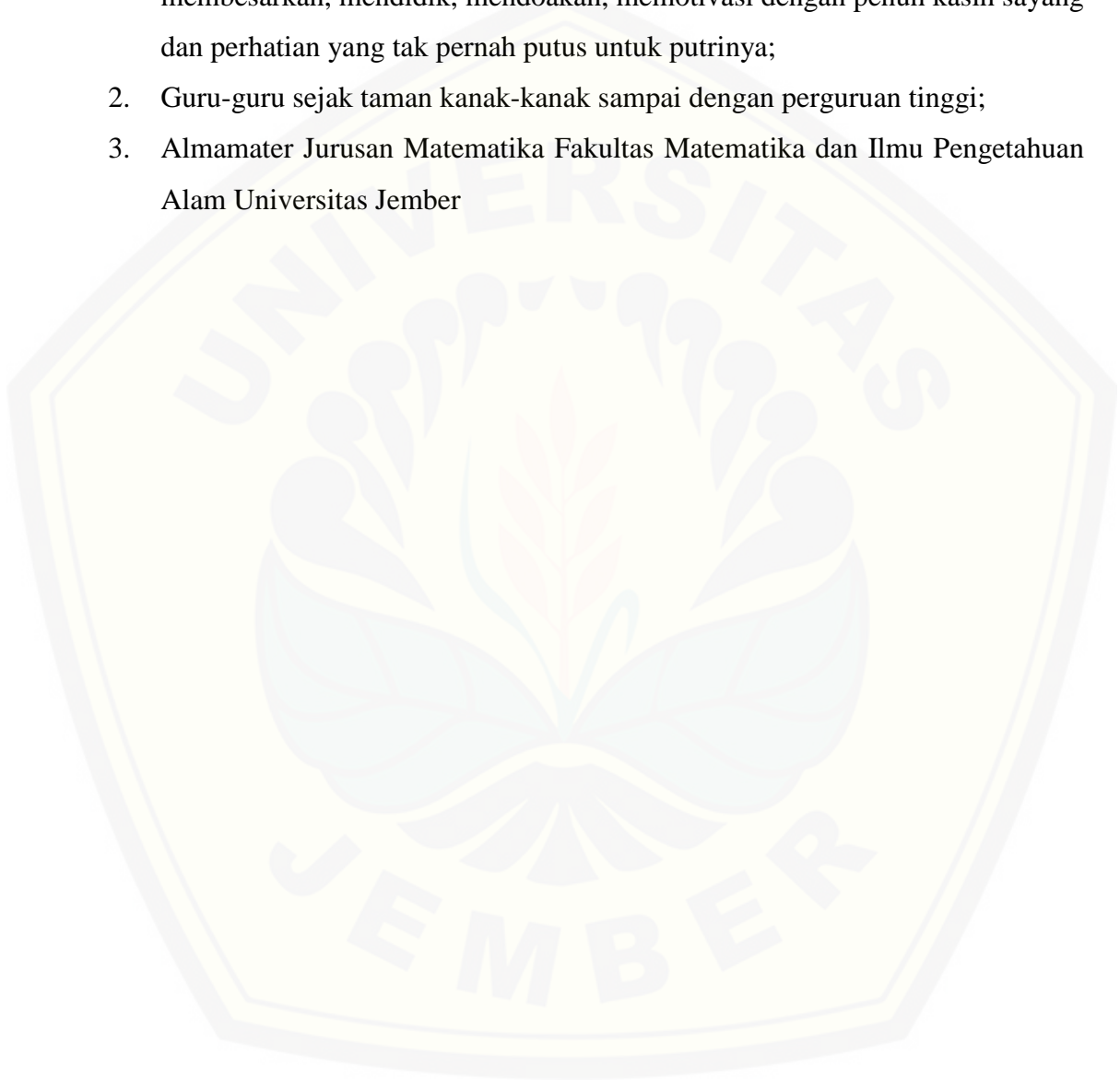
Veniola Forestryani
141810101035

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Made Arin Widjajati dan Ayahanda Sumarsono tercinta, yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan, memotivasi dengan penuh kasih sayang dan perhatian yang tak pernah putus untuk putrinya;
2. Guru-guru sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember



MOTTO

"When you were born you were crying and everyone else was smiling. Live your life so at the end, you're the one who is smiling and everyone else is crying."

(Ralph Waldo Emerson)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

nama : Veniola Forestryani

NIM : 141810101035

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Regresi Cox non Proportional Hazard pada Tingkat Keberhasilan Penetasan Telur Penyus” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Januari 2018
Yang menyatakan,

Veniola Forestryani
NIM 141810101035

SKRIPSI

**ANALISIS REGRESI COX *NON PROPORTIONAL HAZARD*
PADA TINGKAT KEBERHASILAN PENETASAN TELUR
PENYU**

Oleh

Veniola Forestryani
NIM 141810101035

Pembimbing;

Dosen Pembimbing Utama : Dr.Mohamat Fatekurohman, S.Si., M.Si
Dosen Pembimbing Anggota : Dr.Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si

PENGESAHAN

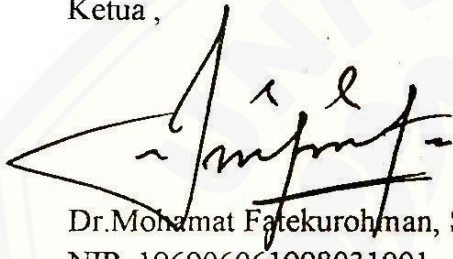
Skripsi berjudul “Analisis Regresi *Cox Non Proportional Hazard* pada Tingkat Keberhasilan Penetasan Telur Penyu” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : **SELASA 06 FEB 2018**

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua ,



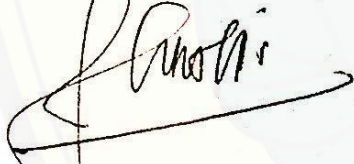
Dr. Mohamat Fatekurohman, S.Si., M.Si.
NIP. 196906061998031001

Anggota I,



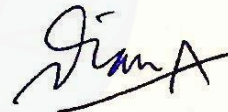
Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si.
NIP. 197407192000121001

Anggota II,



Prof. Drs. I Made Tirta, M.Sc., Ph.D
NIP. 195912201985031002

Anggota III,



Dian Anggraeni, S.Si., M.Si.
NIP. 198202162006042002

Mengesahkan
Dekan,


Prof. Drs. I Made Tirta, Ph.D
NIP. 195912201985031002

RINGKASAN

Analisis Regresi Cox Non Proportional Hazard pada Tingkat Keberhasilan Penetasan Telur Penyu; Veniola Forestryani; 141810101035; 2018; 68 Halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Meskipun Indonesia merupakan negara yang memiliki keanekaragaman jenis hayati yang tinggi di dunia, Indonesia memiliki jumlah terbanyak untuk keanekaragaman hayati terancam punah, salah satunya yaitu penyu. Penyu merupakan reptil yang hidup di laut serta mampu bermigrasi dalam jarak yang jauh di sepanjang kawasan Samudera Hindia, Samudra Pasifik dan Asia Tenggara. Sejauh ini berbagai upaya terkait pengelolaan penyu sudah banyak dilakukan, baik oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan maupun Departemen Kelautan dan Perikanan. Namun, pemberian status perlindungan tidak cukup untuk memulihkan dan mempertahankan populasi penyu di Indonesia. Keberhasilan dalam penetasan telur penyu dipengaruhi oleh berbagai faktor. Dalam ilmu statistika tingkat keberhasilan penetasan telur penyu dapat diprediksi menggunakan analisis *survival*.

Analisis *survival* (*survival analysis*) merupakan serangkaian proses statistika untuk menganalisis data berupa respons yang diamati adalah waktu sampai terjadinya suatu peristiwa atau bisa disebut dengan durasi. Waktu bisa berarti tahun, bulan, minggu, atau hari dimulainya pengamatan (*time origin*) sampai terjadinya suatu peristiwa atau usia individu ketika terjadinya peristiwa (*end point*) (Kleinbaum dan Klein 2012). Dalam *cox proportional hazard* terdapat asumsi penting yang harus dipenuhi yaitu model dalam berbagai waktu selalu konstan atau membentuk kurva yang paralel. Jika asumsi tersebut tidak terpenuhi maka model berubah-ubah tergantung waktu dan dikatakan *non proportional hazard*. Penelitian kali ini dilakukan pemodelan dengan regresi *Cox non proportional hazard* dan regresi log-logistik, kemudian pendekatan estimasi parameter kedua model dibandingkan dengan mempertimbangkan nilai AIC dan *mean squared error* (MSE). Perbandingan dari model regresi *Cox Extended* dan log-logistik berdasarkan pertimbangan nilai AIC dan *mean squared error* (MSE) menunjukkan bahwa model regresi log-logistik lebih baik dibandingkan dengan model *Cox Extended*.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Regresi Cox *Non Proportional Hazard* pada Tingkat Keberhasilan Penetasan Telur Penyu”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

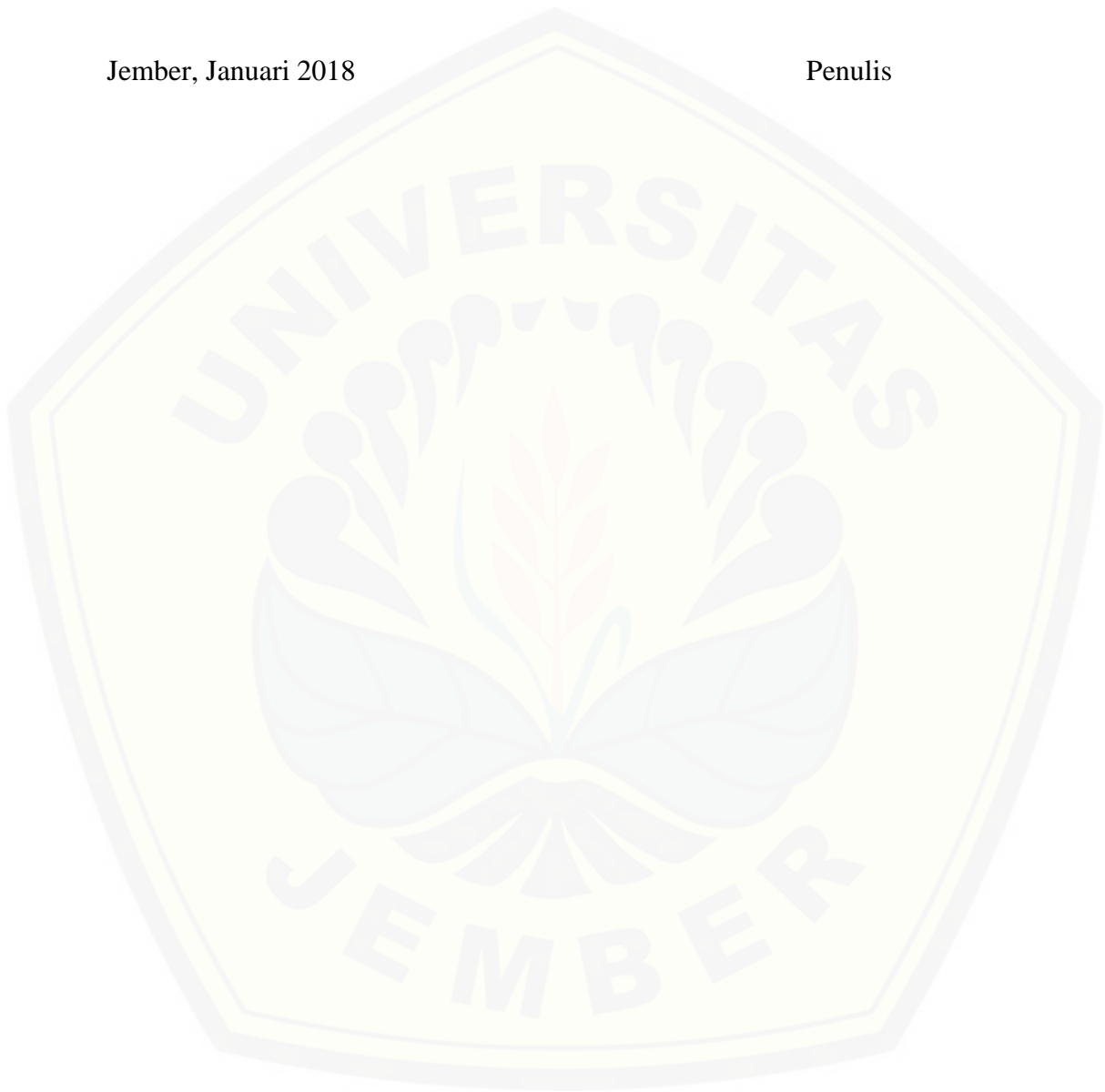
Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari perhatian, bimbingan, motivasi, dan petunjuk dari beberapa pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Mohamat Fatekurohman, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Dr.Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang dengan penuh kesabaran membimbing, mengarahkan, memberikan saran dan petunjuk dalam penyusunan skripsi ini;
2. Bapak Prof. Drs. I Made Tirta, M.Sc., Ph.D dan Ibu Dian Anggraeni, S.Si., M.Si, selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyusunan skripsi;
3. Seluruh staf pengajar Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember yang telah memberikan ilmu serta bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
4. Ibu Ika Hesti Agustin, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik;
5. Ibu Made Arin Widjajati, Bapak Sumarsono yang telah memberikan doa dan motivasi;
6. Sahabat dan teman-temanku Intan Septian Wulansari, Deby Chikita Arwikana, An Nisa Dejand Farahone, Mohammad Iqbal Maulana, dan Rhemayzita Nur Istiqlaliyah yang telah membantu, memberikan saran, memberikan motivasi, mendoakan, memberikan canda tawa, dan keceriaan;
7. Teman-teman Matematika 2014 yang telah menemani selama menjadi mahasiswa dan berbagi canda tawa;
8. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat dan bisa dikembangkan lagi agar lebih sempurna.

Jember, Januari 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Analisis Survival	5
2.2 Distribusi Waktu Survival	6
2.2.1 Fungsi Ketahanan	6
2.2.2 Fungsi Kepadatan Peluang	6
2.2.3 Fungsi Kegagalan (<i>Fungsi Hazard</i>) dan Hubungannya terhadap Fungsi-fungsi Tahan Hidup	7
2.3 Tipe-tipe Penyensoran	8
2.4 Metode Kaplan-Meier(<i>Product Limit</i>)	11
2.5 Model Cox <i>Proportional Hazard</i>	11
2.6 Pendugaan Koefisien Kovariat (Parameter)	12
2.7 Pengujian Keberartian Koefisien Kovariat (<i>Uji Log-Rank</i>)	14

2.8	Hazard Ratio	16
2.9	Menaksir Asumsi Hazard Proportional	16
2.9.1	Metode Grafis	16
2.9.2	<i>Goodness of Fit</i> (GOF)	18
2.10	Model Cox Non Proportional Hazard	19
2.11	Lifereg Procedure pada SAS	21
2.12	Akaike's Information Criterion (AIC)	21
2.13	Penyu	21
2.13.1	Habitat dan Penyebaran	22
2.13.2	Reproduksi Penyu	22
2.14	Telur Penyu	26
2.14.1	Periode Bertelur	26
2.14.2	Aspek Penetasan Telur Penyu	26
BAB 3. METODE PENELITIAN		28
3.1	Data	28
3.2	Langkah-langkah Penelitian	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Hasil	31
4.1.1	Pengumpulan Data.....	31
4.1.2	Analisis Deskriptif	31
4.1.3	Nilai dan plot fungsi <i>survival</i> dan <i>hazard</i> tiap variabel.....	34
4.1.4	Uji <i>Log-rank</i>	57
4.1.5	Pengujian Asumsi <i>Proportional Hazard</i>	57
4.1.6	Pemodelan <i>Cox Extended</i>	59
4.1.7	Pemodelan Log-logistik.....	61
4.2	Pembahasan	62
BAB 5. PENUTUP		66
5.1	Kesimpulan	66
5.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN		69

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Contoh data tersensor tipe I	9
2.2 Contoh data tersensor tipe II	9
2.3 Contoh data tersensor tipe III	10
2.4 Perkawinan penyu.....	23
2.5 Tahapan telur bertelur	24
2.6 Proses penetasan telur penyu	25
3.1 Skema metode penelitian	31
4.1 Plot fungsi survival variabel curah hujan	39
4.2 Plot fungsi <i>hazard</i> kumulatif variabel curah hujan	39
4.3 Plot fungsi <i>survival</i> variabel lokasi.....	42
4.4 Plot fungsi <i>hazard</i> kumulatif variabel lokasi.....	43
4.5 Plot fungsi survival variabel suhu.....	47
4.6 Plot fungsi <i>hazard</i> kumulatif variabel suhu.....	48
4.7 Plot fungsi <i>survival</i> variabel kelembaban.....	52
4.8 Plot fungsi <i>hazard</i> kumulatif variabel kelembaban	52
4.9 Plot fungsi survival variabel lama penyinaran.....	56
4.10 Plot fungsi <i>hazard</i> kumulatif variabel lama penyinaran.....	56
4.11 Plot $\log[-\log(S(t))]$ terhadap waktu dari setiap variabel yang diamati.....	58

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Banyak kegagalan waktu ke- <i>j</i> pada masing-masing sampel	15
4.1 Analisis deskriptif variabel curah hujan	33
4.2 Analisis deskriptif variabel lokasi	33
4.3 Analisis deskriptif variabel suhu	34
4.4 Analisis deskriptif variabel kelembaban.....	34
4.5 Analisis deskriptif variabel lama penyinaran	35
4.6 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan $0 \leq$ curah hujan < 6	35
4.7 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan $6 \leq$ curah hujan < 12	36
4.8 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan $12 \leq$ curah hujan < 18	37
4.9 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan $18 \leq$ curah hujan < 24	38
4.10 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu di Kuta.....	40
4.11 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu di Legian	41
4.12 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu di Seminyak	41
4.13 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan $25,5 \leq$ suhu $< 26,5$	43
4.14 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan $26,5 \leq$ suhu $< 27,5$	44
4.15 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan $27,5 \leq$ suhu $< 28,5$	45
4.16 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan $28,5 \leq$ suhu $< 29,5$	46
4.17 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan $29,5 \leq$ suhu $< 30,5$	46

4.18 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan 68 ≤ kelembaban ≤ 73	49
4.19 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan 74 ≤ kelembaban ≤ 79	49
4.20 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan 80 ≤ kelembaban ≤ 85	50
4.21 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan 86 ≤ kelembaban ≤ 91	51
4.22 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan 0,8 ≤ lama penyinaran < 3,3	53
4.23 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan 3,3 ≤ lama penyinaran < 5,8	54
4.24 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan 5,8 ≤ lama penyinaran < 8,3	54
4.25 Fungsi <i>survival</i> dan fungsi <i>hazard</i> telur penyu dengan 8,3 ≤ lama penyinaran < 10,8	55
4.26 Statistik uji <i>log-rank</i> lima variabel	57
4.27 Uji asumsi <i>proportional hazard</i>	59
4.28 <i>Output</i> penduga parameter model <i>Cox Extended</i> program SAS	60
4.29 <i>Output</i> penduga parameter model Log-logistik program SAS	61
4.30 Nilai <i>standard error</i> (SE) dan MSE model log-logistik dan Cox <i>Extended</i>	61

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang



Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di kawasan tropis d

PENGESAHAN

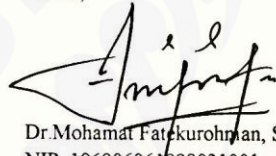
Skripsi berjudul “Analisis Regresi Cox *Non Proportional Hazard* pada Tingkat Keberhasilan Penetasan Telur Penyu” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember.

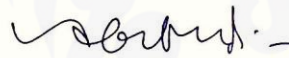
Tim Penguji:

Ketua ,




Dr. Mohamat Fatékurohman, S.Si., M.Si.
NIP. 196906061998031001

Anggota I,



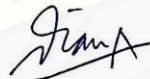
Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si.
NIP. 197407192000121001

Anggota II,



Prof. Drs. I Made Tirta, M.Sc., Ph.D
NIP. 195912201985031002

Anggota III,



Dian Anggraeni, S.Si., M.Si.
NIP. 198202162006042002

Mengesahkan
Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D
NIP196102041987111001

an dikenal sebagai salah satu negara “megadiversitas” di dunia. Hal tersebut merupakan keuntungan dari letak geografis Indonesia yang berada pada garis

khatulistiwa dengan diapit dua samudera dan dua benua, serta iklim musim yang silih berganti dua kali dalam setahun. Meskipun Indonesia merupakan negara yang memiliki keanekaragaman jenis hayati yang tinggi di dunia, ternyata Indonesia memiliki jumlah terbanyak untuk keanekaragaman hayati terancam punah, sehingga kelestariannya perlu dijaga untuk modal pembangunan secara berkelanjutan. Indonesia memiliki kewajiban untuk melaksanakan program pelestarian dan perlindungan terhadap keanekaragaman hayati baik melalui perlindungan secara in-situ atau ex-situ agar jenis flora-fauna terlindung dari kepunahan (Noerdjito dan Maryanto, 2011).

Bertentangan dengan kewajiban tersebut, tuntutan hidup yang semakin meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk telah menyebabkan meningkatnya *over fishing*, pencemaran, dan perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali. Kondisi tersebut mengancam keberadaan keanekaragaman hayati yang berada baik di hutan, pesisir, maupun lautan, sehingga banyak dari jenis keanekaragaman hayati, flora maupun fauna yang susah untuk ditemukan atau langka, bahkan dalam keadaan terancam punah, salah satunya yaitu penyu.

Penyu merupakan reptil yang hidup di laut serta mampu bermigrasi dalam jarak yang jauh di sepanjang kawasan Samudera Hindia, Samudra Pasifik dan Asia Tenggara. Sejauh ini berbagai upaya terkait pengelolaan penyu sudah banyak dilakukan, baik oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan maupun Departemen Kelautan dan Perikanan. Namun, pemberian status perlindungan tidak cukup untuk memulihkan dan mempertahankan populasi penyu di Indonesia. Semua jenis penyu di Indonesia diberikan status dilindungi oleh Negara sebagaimana tertuang dalam PP Nomor 7 tahun 1999 tentang Pengawetan Jenis-jenis Tumbuhan dan Satwa yang Dilindungi karena pergeseran fungsi lahan, kegiatan perikanan, pengelolaan teknik-teknik konservasi yang tidak memadai, perubahan iklim, penyakit, pengambilan penyu dan telurnya serta ancaman predator menyebabkan penurunan populasi penyu. Selain itu, karakteristik siklus hidup penyu sangat panjang (terutama penyu hijau, penyu sisik dan penyu tempayan) dan untuk mencapai kondisi “stabil” (kelimpahan populasi konstan selama 5 tahun

terakhir) dapat memakan waktu cukup lama sekitar 30–40 tahun, maka sudah seharusnya pelestarian terhadap satwa langka ini menjadi hal yang mendesak.

Keberhasilan dalam penetasan telur penyu dipengaruhi oleh faktor – faktor ekologi, seperti suhu pasir dalam sarang, struktur pasir yang meliputi ukuran partikel dan tekstur pasir, kadar air atau kelembapan pasir, kehadiran laguna, panjang dan ketinggian pantai, dan pasang surut air laut (Parinding *et al.*, 2015). Faktor lain yang mempengaruhi yaitu kedalaman sarang, kerapatan telur dalam sarang, yang meliputi jumlah telur dalam sarang, lamanya waktu pemindahan telur dan lama penyinaran yang akan diteliti keberartiannya pada penelitian ini.

Pengelolaan konservasi yang sesuai, sistematis dan terukur mesti segera dilaksanakan dengan cara memberikan pengetahuan mengenai pengelolaan konservasi penyu bagi pihak-pihak terkait khususnya pelaksana di lapang, agar tidak terjadi kegagalan dalam penetasan telur penyu. Berkaitan dengan hal tersebut, mengetahui faktor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhi keberhasilan penetasan telur penyu merupakan cara yang tepat dalam melakukan upaya perlindungan penyu. Telur penyu yang dijadikan objek pada penelitian dikhususkan di wilayah Pantai Kuta, Legian, dan Seminyak. Dalam ilmu statistika tingkat keberhasilan penetasan telur penyu dapat diprediksi menggunakan analisis *survival*.

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan analisis tingkat keberhasilan penetasan telur penyu dilakukan oleh Zakyah (2016) tentang pengaruh struktur pasir terhadap tingkat keberhasilan penetasan telur penyu hijau (*Chelonia mydas L.*) di Sukamade Taman Nasional Meru Betiri dengan ANOVA dan hasil yang diperoleh yaitu struktur pasir tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keberhasilan penetasan telur penyu atau *hatching success*. Untuk itu peneliti tertarik untuk memodelkan variabel-variabel lain, yaitu curah hujan, suhu, lokasi, kelembaban dan lama penyinaran dengan salah satu metode dalam analisis *survival*, yaitu model *Cox non proportional hazard* dan log-logistik. Southey (2000) juga pernah melakukan penelitian dengan memodelkan data kematian domba menggunakan model *Cox proportional hazard* dan Weibull untuk mengestimasi fungsi *hazard*. Penelitian tersebut menjadikan *sex* (jantan dan betina), tipe kelahiran

(tunggal, kembar, banyak), grup kontemporer (18 grup), umur induk (1,2,3, dan 4 tahun), dan status domba (dibesarkan di peternakan atau tidak) sebagai variabel penjelas. Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil yang didapatkan dengan menggunakan analisis survival dibandingkan dengan analisis logistik mengenai efek-efek tetap (*sex*, tipe kelahiran dan grup kontemporer) adalah identik, namun nilai estimasi mengenai sifat yang diturunkan induk domba kepada anaknya (umur induk) menggunakan analisis logistik lebih rendah daripada analisis survival. Interpretasi keseluruhan dari hasil tersebut yaitu pertimbangan usia asli kematian domba mengindikasikan produktifitas dan keuntungan pemanfaatan domba yang lebih baik.

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan regresi *Cox non proportional hazard*, sekalipun distribusi dari waktu ketahanan tidak dapat diketahui dan regresi log-logistik. Dalam beberapa kasus, asumsi proporsional pada *Cox proportional hazard*, yaitu *hazard ratio* (risiko mengalami peristiwa) bernilai konstan dari waktu ke waktu atau membentuk kurva yang paralel. Jika asumsi tersebut tidak terpenuhi maka komponen dari model berubah-ubah tergantung waktu dan dikatakan *non proportional hazard*. Beberapa metode yang dapat digunakan pada *non proportional hazard* yaitu *time dependent variable*, *stratified Cox regression* dan *hazard ratio*.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana curah hujan, suhu, lokasi, kelembaban dan lama penyinaran dapat mempengaruhi tingkat keberhasilan penetasan telur penyu dengan cara mengkaji model *Cox non proportional hazard* dan model regresi log-logistik. Model terbaik akan dipilih berdasarkan nilai *Akaike's Information Criterion* dan perbandingan nilai *standard error*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan yang diuraikan pada latar belakang, maka diperoleh permasalahan sebagai berikut:

- a. Faktor-factors apa saja yang mempengaruhi tingkat keberhasilan penetasan telur penyu?

- b. Bagaimana model terbaik untuk tingkat keberhasilan penetasan telur penyu di Pantai Kuta, Legian dan Seminyak Bali?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian adalah:

- a. Mendapatkan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat keberhasilan penetasan telur penyu.
- b. Mendapatkan model terbaik untuk tingkat keberhasilan penetasan telur penyu di Pantai Kuta, Legian dan Seminyak Bali.

1.4 Manfaat

Selain menjawab permasalahan yang ada, penulis berharap penelitian ini dapat berguna dikemudian hari. Adapun manfaat penelitian ini adalah mengetahui peranan matematika khususnya statistika dalam menganalisis tingkat keberhasilan penetasan telur penyu. Selain itu hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan masukan kepada pelaku konservasi penyu dalam mengelola konservasi penyu di lapangan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Survival

Analisis survival (*survival analysis*) merupakan serangkaian proses statistika untuk menganalisis data berupa respons yang diamati adalah waktu sampai terjadinya suatu peristiwa atau bisa disebut dengan durasi. Waktu bisa berarti tahun, bulan, minggu, atau hari dimulainya pengamatan (*time origin*) sampai terjadinya suatu peristiwa atau usia individu ketika terjadinya peristiwa (*end point*). Peristiwa tersebut bisa merupakan berkembangnya suatu penyakit, respons terhadap suatu pengobatan, kambuh/keadaan sakit kembali setelah sembuh, juga kematian (*failure event*) atau sesuatu lain yang menarik dari suatu individu (Kleinbaum dan Klein 2012).

Salah satu karakteristik dari data ketahanan adalah sangat memungkinkan bahwa beberapa individu tidak bisa diamati sampai terjadinya peristiwa yang dikenal sebagai data tersensor. Kleinbaum dan Klein (2012) menyebutkan bahwa terdapat tiga alasan yang menyebabkan terjadinya sensor, yaitu:

1. Objek tidak mengalami peristiwa sampai penelitian berakhir,
2. Objek hilang/tidak mengontak lagi (*lost to follow-up*) ketika masa penelitian,
3. Objek dikeluarkan dari penelitian karena kematian (jika kematian bukan peristiwa yang diamati) atau karena alasan lainnya.

Sensor terdiri dari sensor kanan, sensor kiri, dan sensor interval. Pada sensor kanan, waktu ketahanan individu lebih lama daripada waktu sensor sedangkan sensor kiri, peristiwa yang diamati sudah terjadi sebelum individu tersebut diteliti, artinya waktu ketahanan individu yang sebenarnya kurang dari atau sama dengan waktu ketahanan individu saat diteliti dan pada sensor interval, peristiwa terjadi pada suatu interval karena biasanya pengamatan dilakukan secara periodik.

Fungsi-fungsi pada distribusi waktu survival merupakan suatu fungsi yang menggunakan variabel random waktu survival. Variabel random waktu *survival* biasanya dinotasikan dengan huruf T . Selanjutnya akan dibentuk suatu distribusi yang disebut distribusi waktu survival. Distribusi waktu *survival* terdiri dari tiga fungsi yaitu :

1. Fungsi *survival*
2. Fungsi densitas peluang
3. Fungsi *hazard*

2.2 Distribusi Waktu Survival

Misalkan T merupakan peubah acak non-negatif yang menyatakan waktu ketahanan individu dalam suatu populasi, juga misalkan bahwa T adalah kontinu. Distribusi waktu ketahanan dijelaskan dalam tiga fungsi berikut, yaitu fungsi ketahanan, fungsi kepekatan peluang, dan fungsi *hazard*. Jika salah satu fungsi diketahui maka kedua fungsi lainnya dapat diturunkan.

2.2.1 Fungsi Ketahanan

Fungsi ketahanan adalah peluang individu bertahan sampai waktu t (mengalami kejadian setelah waktu t) yang dilambangkan:

$$\begin{aligned} S(t) &= P(T > t) \\ &= 1 - P(T \leq t) \\ &= 1 - F(t). \end{aligned} \tag{2.1}$$

Fungsi $S(t)$ merupakan fungsi tak naik dengan nilai $S(0) = 1$ dan $S(\infty) = 0$. Fungsi $F(t)$ biasa disebut fungsi kumulatif dari T . Selain itu terdapat kurva ketahanan yang digunakan untuk menentukan median atau persentil lainnya dari waktu ketahanan, juga untuk membandingkan distribusi ketahanan dari dua kelompok atau lebih. Data tersensor dan distribusi data tidak diketahui diduga menggunakan metode non-parametrik yaitu metode Kaplan-Meier.

2.2.2 Fungsi Kepadatan Peluang

Fungsi kepadatan peluang didefinisikan sebagai limit dari peluang individu mengalami kejadian dalam interval t sampai $t + \Delta t$.

$$\begin{aligned} f(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} P \{ \text{individu mengalami kejadian dalam selang } (t, t + \Delta t) \} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t)}{\Delta t} \end{aligned} \tag{2.2}$$

Karena $S(t) = 1 - F(t)$ maka dengan menurunkan kedua ruas terhadap t diperoleh:

$$\begin{aligned}\frac{dS(t)}{dt} &= 0 - \frac{dF(t)}{dt} \\ \Leftrightarrow \frac{dS(t)}{dt} &= 0 - f(t) \\ \Leftrightarrow f(t) &= -\frac{dS(t)}{dt}.\end{aligned}\quad (2.3)$$

Fungsi densitas atau fungsi kepadatan mempunyai 2 sifat yaitu:

1. $f(t)$ adalah fungsi tidak negatif (*nonnegative*)

$$\begin{aligned}f(t) &\geq 0, \forall t \geq 0 \\ f(t) &= 0, t < 0\end{aligned}$$

2. Luas antara kurva densitas dengan sumbu t adalah 1

2.2.3 Fungsi Kegagalan (*Fungsi Hazard*) dan Hubungannya terhadap Fungsi-fungsi Tahan Hidup

Fungsi *hazard* merupakan peluang individu mengalami kejadian dalam selang waktu yang singkat yaitu t sampai $t + \Delta t$ jika diketahui individu telah bertahan sampai waktu t .

$$\begin{aligned}h(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P\{\text{individu pada } t \text{ mengalami kejadian dalam selang } (t, t + \Delta t) | \text{individu bertahan sampai } t\}}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t)}{P(T \geq t) \Delta t} \\ &= \frac{\left(\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t)}{\Delta t} \right)}{1 - F(t)} \\ &= \frac{f(t)}{1 - F(t)}\end{aligned}\quad (2.4)$$

Kurva fungsi *hazard* bisa naik, turun, konstan atau kurva lainnya yang lebih rumit. Menurut Lee dan Wang (2002), jika persamaan (2.1) dan (2.3) disubstitusikan ke persamaan (2.4) maka diperoleh

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} = -\frac{S'(t)}{S(t)} = -\frac{d}{dt} \log S(t).\quad (2.5)$$

Kemudian persamaan (2.5) diintegrasikan dari 0 sampai t dengan $S(0) = 1$ yaitu

$$\begin{aligned} -\int_0^t h(x)dx &= \log S(t) \\ \Leftrightarrow H(t) &= -\log S(t) \\ \Leftrightarrow S(t) &= \exp[-H(t)] \end{aligned} \quad (2.6)$$

Berdasarkan persamaan (2.5) maka

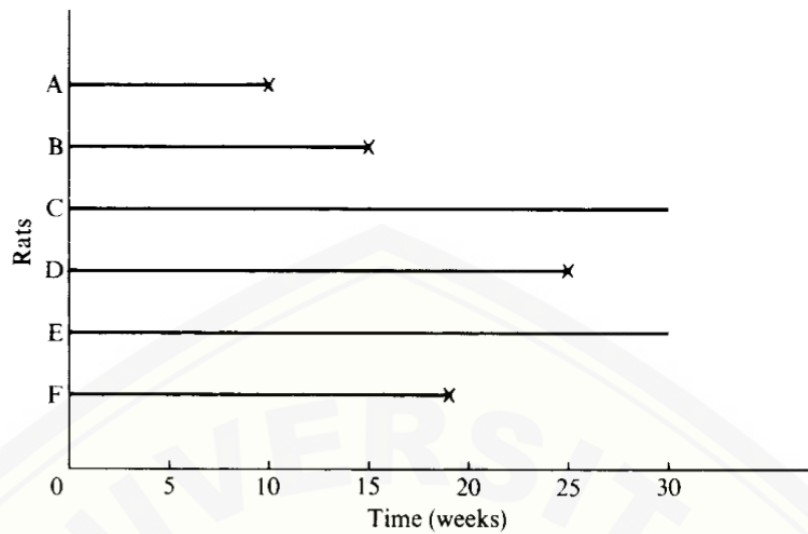
$$f(t) = h(t)\exp[-H(t)] \quad (2.7)$$

2.3 Tipe-Tipe Penyensoran

Data uji waktu tahan hidup dapat diperoleh dari penelitian yang dilakukan, dalam penelitian kali ini yaitu telur penyu. Penelitian dilakukan terhadap telur penyu dimulai dari kondisi sesaat setelah diletakkan pada sarang telur semi alami hingga menetas atau gagal menetas. Namun karena adanya batas waktu dilakukan penyensoran, pengujian dapat dihentikan sebelum semua penyu gagal menetas atau meninggal. Menurut Lee dan Wang (2002) terdapat 3 tipe penyensoran yaitu :

1. Tipe I

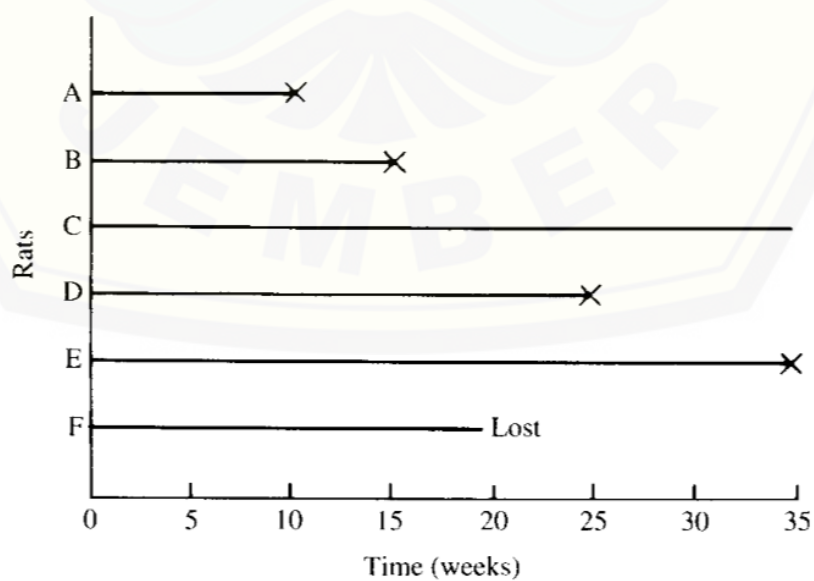
Tersensor tipe I yaitu dilakukan pengamatan terhadap objek-objek selama waktu tertentu yang telah ditentukan untuk mengakhiri semua individu yang masuk pada waktu yang sama. Sering terdapat objek yang mengalami kejadian setelah masa pengamatan selesai dan sebagian lagi mengalami kejadian di luar waktu yang ditetapkan dalam penelitian. Sehingga individu tersebut belum mengalami kejadian hingga akhir periode penelitian, sedangkan waktu awal dari objek penelitian dapat diamati secara penuh.



Gambar 2.1 Contoh data tersensor tipe I

2. Tipe II

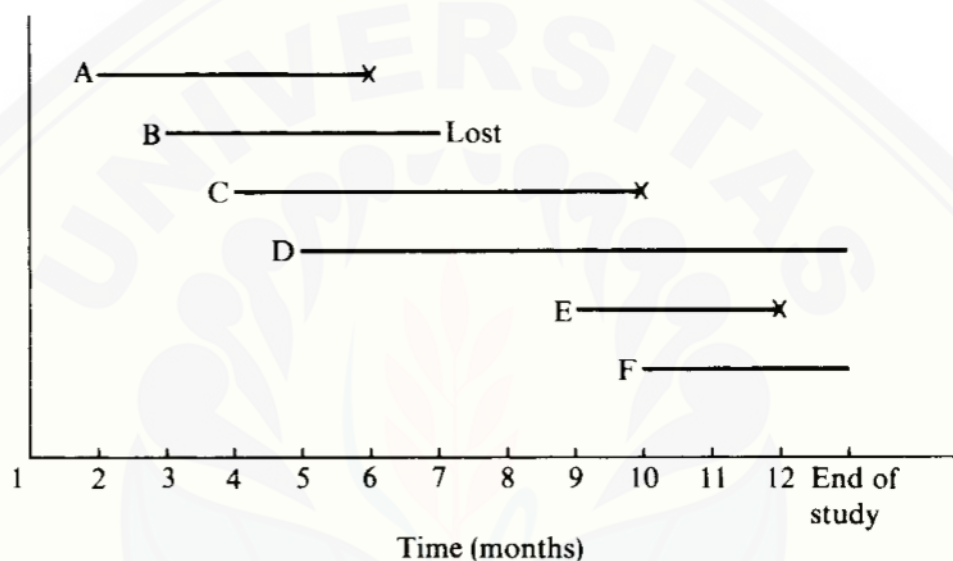
Tersensor tipe II adalah tipe penyensoran dimana sampel ke- r merupakan penelitian terkecil dalam sampel acak berukuran n ($1 \leq r \leq n$). Total sampel berukuran n dengan n berlanjut sampai mengalami kejadian meninggal atau gagal maka percobaan akan dihentikan sampai r dari n unit penelitian yang mengalami kejadian. Semua objek yang masih hidup atau belum mengalami kejadian setelah diperoleh r kegagalan maka dikatakan tersensor. Semua unit penelitian masuk pada waktu yang sama.



Gambar 2.2 Contoh sensor data tipe II

3. Tipe III

Tersensor tipe III yaitu individu atau objek masuk ke dalam penelitian pada waktu yang berlainan selama periode waktu tertentu. Beberapa objek memiliki kemungkinan gagal atau meninggal sebelum pengamatan berakhir sehingga waktu tahan hidupnya dapat diketahui secara pasti. Kemungkinan kedua adalah objek keluar sebelum pengamatan berakhir dan kemungkinan ketiga adalah objek tetap hidup hingga batas berakhirnya penelitian.



Gambar 2.3 Contoh sensor data tipe III

Penyensoran data survival dapat disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya adalah

1. *Lost to follow up* (hilang dari pengamatan)

Pengamatan dikatakan *lost to follow up* apabila objek yang diamati meninggal, pindah atau menolak untuk ikut berpartisipasi.

2. *Drop out*

Pengamatan dikatakan *drop out* apabila objek yang diamati dilakukan penghentian perlakuan dengan alasan tertentu.

3. *Termination of study*

Pengamatan dikatakan *termination of study* apabila penelitian berakhir sedangkan objek yang diamati belum mencapai kejadian yang diinginkan (Kleinbaum dan Klein, 2012).

2.4 Metode Kaplan-Meier (*Product Limit*)

Metode Kaplan-Meier merupakan salah satu metode non-parametrik untuk menduga fungsi ketahanan dari sekumpulan data yang mengandung data tersensor. Metode ini dikembangkan oleh Kaplan dan Meier. Misalkan $\hat{S}(t_{(j)})$ adalah estimasi fungsi survival, maka

$$\hat{S}(t_{(j)}) = \prod_{i=1}^j \hat{Pr}(T > t_{(i)} | T \geq t_{(i)}) \quad (2.8)$$

2.5 Model Cox *Proportional Hazard*

Model Cox *proportional hazard* diperkenalkan oleh seorang statistikawan Inggris, David Cox. Model tersebut merupakan regresi semiparametrik dalam analisis ketahanan untuk mengetahui peubah penjelas/kovariat yang berpengaruh secara signifikan terhadap waktu ketahanan, dengan asumsi bahwa *hazard* individu terhadap individu lainnya bernilai konstan dari waktu ke waktu. Untuk membangun model Cox *proportional hazard*, misalkan risiko kematian individu ke- i pada saat t yaitu $h_i(t)$ bergantung pada nilai x_1, x_2, \dots, x_p dari kovariat X_1, X_2, \dots, X_p . Kovariat itu sendiri terbagi ke dalam dua macam, yaitu variat dan faktor. Variat merupakan peubah yang bernilai numerik/ kontinu seperti umur sedangkan faktor ialah peubah yang mempunyai level/ tipe seperti jenis kelamin (Collet, 2003). Himpunan nilai kovariat direpresentasikan dalam vektor \mathbf{x} dengan $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_p)'$ dan $h_0(t)$ yang disebut fungsi *baseline hazard*, merupakan fungsi *hazard* untuk individu dengan nilai kovariat \mathbf{x} adalah $\mathbf{0}$. Fungsi *hazard* untuk individu ke- i adalah

$$h_i(t) = \psi(\mathbf{x}_i)h_0(t) \quad (2.9)$$

dengan $\psi(\mathbf{x}_i)$ merupakan fungsi dari vektor kovariat untuk individu ke- i . Fungsi $\psi(\mathbf{x}_i)$ dapat pula diinterpretasikan sebagai fungsi *hazard* untuk individu dengan kovariat \mathbf{x}_i relatif terhadap fungsi *hazard* individu dengan kovariat. Karena $\psi(\mathbf{x}_i)$ menyatakan *hazard* relatif maka tidak mungkin bernilai negatif sehingga bisa ditulis $\psi(\mathbf{x}_i) = \exp(\eta_i)$. Peubah η_i adalah kombinasi linier dari p kovariat \mathbf{x}_i yaitu

$\eta_i = \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi} = \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ji}$ Vektor β adalah koefisien dari kovariat x_1, x_2, \dots, x_p dalam model, sehingga bentuk umum dari model Cox *proportional hazard* adalah:

$$h_i(t) = h_0(t)e^{(\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi})} \quad (2.10)$$

Model Cox *proportional hazard* dapat dipandang sebagai model linier logaritma dari *hazard ratio* yaitu:

$$\begin{aligned} \frac{h_i(t)}{h_0(t)} &= e^{(\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi})} \\ \Leftrightarrow \log \frac{h_i(t)}{h_0(t)} &= (\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi}) \end{aligned} \quad (2.11)$$

Besaran $e^{(\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi})}$ mengandung kovariat yang bebas terhadap waktu, yang berarti bahwa nilai peubah tersebut tidak berubah dari waktu ke waktu (selama penelitian) serta β adalah koefisien kovariat yang merepresentasikan pengaruh dari masing-masing kovariat secara langsung terhadap $\log hazard$. *Hazard* yang lebih besar secara langsung berkaitan dengan waktu ketahanan yang lebih singkat (khususnya kejadian berupa kematian) (Collet, 2003).

2.6 Pendugaan Koefisien Kovariat (Parameter)

Dalam menduga parameter $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$, Cox menggunakan prosedur *maximum likelihood estimation* (penduga kemungkinan maksimum) dengan hanya mempertimbangkan peluang individu yang mengalami kejadian saja yang disebut *partial likelihood* (Kleinbaum dan Klein, 2012). Pendugaan β_j menggunakan *partial likelihood* yaitu memaksimalkan fungsi *partial likelihood*. Fungsi *partial likelihood* merupakan fungsi peluang bersama dari data ketahanan tak tersensor berupa fungsi dari parameter yang tidak diketahui nilainya. Collet (1994) menyatakan bahwa pendugaan parameter β dapat dibuktikan dengan mengambil kasus individu bertahan hidup hingga kejadian berupa kematian. Misalkan terdapat n individu dengan r individu yang mengalami kematian maka $(n - r)$ individu tersensor. Asumsikan bahwa hanya terdapat satu individu yang meninggal pada waktu kematian tertentu (tidak terdapat *ties*). Misalkan pula $t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_r$ merupakan waktu ketahanan terurut tak tersensor. Peluang kematian individu ke-

i pada saat t_j dengan syarat satu-satunya waktu kematian dari dan kovariat untuk individu yang meninggal pada saat $t_{(j)}$ adalah $\mathbf{x}_{(j)}$ dinotasikan dengan:

$$\begin{aligned} & P(\text{individu dengan kovariat } \mathbf{x}_{(j)} \text{ meninggal saat } t_{(j)} | \text{kematian tunggal saat } t_{(j)}) \\ &= \frac{P(\text{individu dengan kovariat } \mathbf{x}_{(j)} \text{ meninggal saat } t_{(j)})}{P(\text{kematian tunggal saat } t_{(j)})} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Pembilang merupakan risiko kematian individu ke- i pada saat $t_{(j)}$, dinotasikan $h_i(t_{(j)})$, sedangkan penyebut merupakan jumlah risiko kematian saat $t_{(j)}$ untuk semua individu yang mempunyai risiko kematian saat $t_{(j)}$ atau penjumlahan $h_i(t_{(j)})$ dalam $R(t_{(j)})$, dengan $R(t_{(j)})$ merupakan himpunan individu yang berisiko mengalami kematian saat $t_{(j)}$ yaitu individu-individu yang hidup dan tak tersensor sesaat sebelum $t_{(j)}$, sehingga $R(t_{(j)})$ disebut *risk set*. Misalkan A adalah individu ke- i dengan kovariat $\mathbf{x}_{(j)}$ meninggal saat $t_{(j)}$ dan B adalah kematian tunggal saat $t_{(j)}$. Persamaan (2.12) menjadi

$$P(A|B) = \frac{h_i(t_{(j)})}{\sum_{l \in R(t_{(j)})} h_l(t_{(j)})} \quad (2.13)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2.10) ke persamaan (2.13) maka diperoleh

$$P(A|B) = \frac{h_0(t)e^{(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_{(j)})}}{\sum_{l \in R(t_{(j)})} h_0(t)e^{(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_{(l)})}} = \frac{e^{(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_{(j)})}}{\sum_{l \in R(t_{(j)})} e^{(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_{(l)})}} \quad (2.14)$$

dengan demikian fungsi *likelihood* dari peluang bersyarat persamaan (2.14) adalah

$$L(\boldsymbol{\beta}) = \prod_{j=1}^r \frac{e^{(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_{(j)})}}{\sum_{l \in R(t_{(j)})} e^{(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_{(l)})}} \quad (2.15)$$

dengan $\mathbf{x}_{(j)}$ merupakan vektor kovariat untuk individu yang meninggal saat $t_{(j)}$. Besaran $\sum_{l \in R(t_{(j)})} e^{(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_{(l)})}$ merupakan penjumlahan nilai $e^{(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_{(l)})}$ untuk setiap individu anggota $R(t_{(j)})$. Perkalian pada fungsi *likelihood* hanya untuk individu yang tak tersensor. Individu yang tersensor tidak termasuk dalam pembilang tetapi terdapat pada penyebut yaitu penjumlahan $e^{(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_{(l)})}$ untuk setiap anggota $R(t_{(j)})$.

Misalkan data terdiri dari pengamatan waktu ketahanan yaitu $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ dan δ_i adalah indikator kejadian dengan nilai

$$\delta_i = \begin{cases} 0, & \text{individu ke } - i \text{ tersensor kanan} \\ 1, & \text{lainnya} \end{cases}$$

persamaan (2.15) dapat dinyatakan sebagai

$$L(\boldsymbol{\beta}) = \prod_{i=1}^r \left\{ \frac{e^{(\boldsymbol{\beta}'x_{(i)})}}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} e^{(\boldsymbol{\beta}'x_{(l)})}} \right\}^{\delta_i} \quad (2.16)$$

dan log dari persamaan (2.16) adalah

$$\begin{aligned} \log L(\boldsymbol{\beta}) &= \log \prod_{i=1}^r \left\{ \frac{e^{(\boldsymbol{\beta}'x_{(i)})}}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} e^{(\boldsymbol{\beta}'x_{(l)})}} \right\}^{\delta_i} \\ &= \sum_{i=1}^n \left(\log \left\{ \frac{e^{(\boldsymbol{\beta}'x_{(i)})}}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} e^{(\boldsymbol{\beta}'x_{(l)})}} \right\}^{\delta_i} \right) \\ &= \sum_{i=1}^n \delta_i \left(\log \frac{e^{(\boldsymbol{\beta}'x_{(i)})}}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} e^{(\boldsymbol{\beta}'x_{(l)})}} \right) \\ &= \sum_{i=1}^n \delta_i \left(\boldsymbol{\beta}'x_{(i)} - \log \sum_{l \in R(t_{(i)})} e^{(\boldsymbol{\beta}'x_{(l)})} \right) \end{aligned} \quad (2.17)$$

2.7 Pengujian Keberartian Koefisien Kovariat (Parameter)

Pengujian keberartian koefisien kovariat bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dari suatu kovariat terhadap peubah respons. Pengujian keberartian koefisien dalam penelitian ini menggunakan uji *Log-Rank*.

Uji *Log-Rank* sering digunakan untuk melihat ketahanan hidup dalam suatu kelompok yaitu menganalisis data pada dua kelompok yang berkaitan, dengan subjek yang diamati pada dua kondisi yang berbeda. Langkah pertama ialah menentukan hipotesis, hipotesis untuk mengetahui perbedaan peluang kumulatif lama waktu pengeraman (inkubasi) telur penyu. Misalkan untuk telur penyu yang menetas pada Pantai Kuta yaitu $S_1(t)$ dan telur penyu yang menetas pada Pantai Legian $S_2(t)$ yaitu:

$$H_0: S_1(t) = S_2(t)$$

(tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara peluang kumulatif lama waktu pengeraman (inkubasi) telur penyu yang menetas pada Pantai Kuta dan Pantai Legian).

$$H_0: S_1(t) \neq S_2(t)$$

(terdapat perbedaan yang signifikan antara peluang kumulatif lama waktu pengeraman (inkubasi) telur penyu yang menetas pada Pantai Kuta dan Pantai Legian).

Menurut Armitage *et,al* (2002), langkah selanjutnya dalam uji *Log-Rank* adalah menyusun waktu tahan hidup, baik data tersensor maupun tidak tersensor. Misalkan terdapat dua kelompok, yaitu telur penyu untuk telur penyu yang menetas pada Pantai Kuta dan telur penyu yang menetas pada Pantai Legian. Jika t_j menyatakan waktu dan d_j menyatakan banyaknya objek yang mengalami kejadian dan n_A, n_B masing-masing menyatakan jumlah objek yang memiliki risiko namun masih bertahan dari telur penyu yang menetas pada Pantai Kuta dan telur penyu yang menetas pada Pantai Legian, maka dapat digambarkan dalam tabel berikut :

Tabel 2.1 Banyak kegagalan waktu ke- j pada masing-masing sampel

	Tidak Tersensor	Tersensor	Total
Telur penyu yang menetas pada Pantai Kuta	d_{jA}	$n_{jA} - n_{jB}$	n_{jA}
Telur penyu yang menetas pada Pantai Legian	d_{jB}	$n_{jB} - n_{jB}$	n_{jB}
Total	d_j	$n_j - d_j$	n_j

Ekspetasi dan varians banyaknya objek yang mengalami peristiwa dirumuskan sebagai berikut:

$$E(d_{jA}) = n_{jA}d_j/n_j \quad (2.18)$$

$$X^2 = \sum d_{jA} - \sum (E(d_{jA}))^2 \quad (2.19)$$

dengan kriteria keputusan adalah H_0 ditolak jika $X_{hitung}^2 > X_{\alpha(db)}^2$.

2.8 Hazard Ratio

Hazard ratio merupakan *hazard* relatif dari individu ke- i dengan kovariat mengalami peristiwa dibandingkan individu ke- i dengan kovariat yang konstan atau bebas terhadap waktu (Kleinbaum dan Klein, 2012). *Hazard ratio* juga menunjukkan adanya peningkatan atau penurunan risiko individu yang dikenai perlakuan tertentu (Lee, 1992). Misalkan terdapat dua individu dengan karakteristik tersebut maka dari model umum *Cox proportional hazard* diperoleh formula untuk menduga *hazard ratio*, yaitu:

$$\begin{aligned}\widehat{HR} &= \frac{h_i(t)}{h_j(t)} \\ &= \frac{h_0(t)e^{(\beta_1x_{1i}+\beta_2x_{2i}+\dots+\beta_px_{pi})}}{h_0(t)e^{(\beta_1x_{1j}+\beta_2x_{2j}+\dots+\beta_px_{pj})}} \\ &= \exp\{\beta_1(x_{1i} - x_{1j}) + \dots + \beta_p(x_{pi} - x_{pj})\}\end{aligned}\quad (2.20)$$

Untuk kovariat yang bersifat kategorik dengan variabel *dummy* bernilai 1 dan 0 maka *hazard ratio* dapat diinterpretasikan sebagai *ratio* dari penduga *hazard* untuk individu yang bernilai 1 terhadap penduga *hazard* untuk individu yang bernilai 0. Sedangkan untuk kovariat yang bersifat kuantitatif, lebih bermakna jika *hazard ratio* dikurangi 1 lalu dikalikan dengan 100% yang menyatakan perubahan persentase *hazard* penduga untuk penambahan 1 unit peubah tersebut (Allison, 2010).

2.9 Menaksir Asumsi Hazard Proportional

Terdapat tiga metode yang dapat digunakan untuk menaksir asumsi *hazard* proporsional yaitu metode grafis (untuk kovariat yang bersifat kategorik), *goodness of fit* (GOF), dan *time dependent variable* (model *Cox extended*).

2.9.1 Metode Grafis

Salah satu metode grafis yang sering digunakan adalah membandingkan kurva $-\log(-\log \hat{S})$ atau *log-minus-log survival curve* antar kategori dalam suatu

faktor. Jika antar kurva sejajar maka asumsi proporsional untuk faktor tersebut terpenuhi. Kuantitas \hat{S} adalah dugaan peluang individu bertahan sampai waktu tertentu. Nilai \hat{S} dapat diperoleh dari penduga Kaplan-Meier (tidak didasarkan pada model *Cox proportional hazard*) atau penduga yang didasarkan pada model *Cox proportional hazard* dengan mengasumsikan kovariat memenuhi asumsi proporsional kecuali faktor yang akan diperiksa keproporsionalannya, dengan rumus:

$$\hat{S}(t, \mathbf{x}) = [\hat{S}_0(t)]^{\exp(\sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i x_i)} \quad (2.22)$$

Nilai $\hat{S}(t, \mathbf{x})$ diantara 0 sampai 1 sehingga $\ln \hat{S}(t, \mathbf{x})$ bernilai negatif.

$$\begin{aligned} \log \hat{S}(t, \mathbf{x}) &= \log [\hat{S}_0(t)]^{\exp(\sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i x_i)} \\ &= \log \hat{S}_0(t) \times \exp(\sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i x_i) < 0 \end{aligned} \quad (2.23)$$

karena $\ln \hat{S}(t, \mathbf{x})$ bernilai negatif, maka $\ln \hat{S}(t, \mathbf{x})$ harus dikalikan dengan -1 sebelum di logaritman, sehingga

$$\begin{aligned} -\log(-\log \hat{S}(t, \mathbf{x})) &= -\log\left(-\log \hat{S}_0(t) \times \exp\left(\sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i x_i\right)\right) \\ &= -\log(-\log \hat{S}_0(t) - (\sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i x_i)) \end{aligned} \quad (2.24)$$

Misalkan dua individu dengan kovariat $\mathbf{x}_1 = x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1p}$ dan $\mathbf{x}_2 = x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2p}$, sehingga

$$-\log(-\log \hat{S}(t, \mathbf{x}_1)) = -\log(-\log \hat{S}_0(t)) - \sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i x_{1i} \quad (2.25)$$

$$-\log(-\log \hat{S}(t, \mathbf{x}_2)) = -\log(-\log \hat{S}_0(t)) - \sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i x_{2i} \quad (2.26)$$

Jika $\log(-\log \hat{S}(t, \mathbf{x}_1))$ dikurangi $\log(-\log \hat{S}(t, \mathbf{x}_2))$ maka diperoleh

$$\begin{aligned} &-\log(-\log \hat{S}_0(t)) - \sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i x_{1i} - \left[-\log(-\log \hat{S}_0(t)) - \sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i x_{2i} \right] \\ &= \sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i x_{2i} - \sum_{i=1}^p \hat{\beta}_i x_{1i} \end{aligned} \quad (2.27)$$

Persamaan (2.25) menunjukkan bahwa jika model *Cox proportional hazard* digunakan untuk memodelkan waktu ketahanan kemudian memplot kurva $-\log(-\log \hat{S})$ untuk dua individu pada grafik yang sama maka kedua kurva

tersebut akan sejajar yaitu jarak (vertikal) antara kedua kurva adalah konstan. Itulah yang menjadi alasan metode grafis dapat digunakan untuk memeriksa asumsi keproporsionalan suatu faktor. Namun metode ini memiliki beberapa kekurangan di antaranya dalam hal pengelompokan peubah kontinu (variat). Jika terdapat banyak data yang dikelompokkan maka dikhawatirkan data untuk masing-masing kelompok menjadi sedikit sehingga sulit untuk menentukan perbedaan antar kurva, dan kategori yang berbeda juga dapat menyebabkan perbedaan kurva. Selain itu cukup subjektif dalam memutuskan apakah kurva tersebut sejajar atau tidak sehingga disarankan untuk tidak menggunakan metode ini sebagai satu-satunya cara yang digunakan untuk memeriksa asumsi keproporsionalan faktor (Kleinbaum dan Klein, 2012).

2.9.2 Goodness of Fit (GOF)

Metode penaksiran GOF menggunakan uji statistik dalam memeriksa asumsi proporsional suatu peubah sehingga lebih objektif dibandingkan dengan metode grafis. GOF memiliki beberapa macam uji statistik, salah satunya Schoenfeld *residuals*. Schoenfeld *residuals* merupakan sekumpulan nilai untuk masing-masing individu pada setiap kovariat dalam model *Cox proportional hazard*. Schoenfeld *residuals* dari kovariat ke- j , untuk individu ke- i adalah

$$r_{Pji} = \delta_i \{x_{ji} - \hat{a}_{ji}\} \quad (2.28)$$

dengan $\hat{a}_{ji} = \frac{\sum_{l \in R(t_i)} x_{jl} \exp \hat{\beta}_l x_{il}}{\sum_{l \in R(t_i)} \exp \hat{\beta}_l x_{il}}$,

δ_i menyatakan status individu yaitu bernilai 0 jika individu tersensor dan 1 selainnya, x_{ji} merupakan nilai dari peubah penjelas ke- j , $j = 1, 2, \dots, p$ untuk individu ke- i , dan \hat{a}_{ji} menyatakan rata-rata terboboti dari peubah penjelas ke- j untuk individu dalam $R(t_i)$, serta $R(t_i)$ adalah himpunan individu yang berisiko mengalami peristiwa pada saat t_i .

Ide yang mendasari adalah jika asumsi proporsional terpenuhi untuk suatu kovariat maka Schoenfeld *residuals* untuk kovariat tersebut tidak akan berkorelasi dengan peringkat waktu ketahanan. Berikut langkah-langkah pengujian asumsi proporsional menggunakan Schoenfeld *residuals*:

1. Membangun model *Cox proportional hazard* dan *Schoenfeld residuals* untuk masing-masing individu pada setiap kovariat,
2. Membuat peubah yang menyatakan peringkat dari waktu ketahanan,
3. Menguji korelasi antara peubah pada langkah ke-2 dengan *Schoenfeld residuals*, dengan hipotesis . Tolak jika nilai- $p < 0.05$ yang berarti asumsi proporsional tidak terpenuhi.

Kleinbaum dan Klein (2012) menyatakan bahwa ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi asumsi proporsional adalah nilai-p. Nilai-p tidak signifikan yaitu nilai- $p > 0.1$ yang menyatakan asumsi proporsional terpenuhi sedangkan nilai-p yang kecil (nilai- $p < 0.05$) menyatakan bahwa kovariat yang diuji tidak memenuhi asumsi proporsional.

2.10 Model Cox Non Proportional Hazard

Menurut Collet (2003), jika asumsi regresi Cox tidak terpenuhi yaitu adanya komponen linier dari model berubah-ubah tergantung waktu maka model regresi *Cox Proportional Hazard* dikatakan *non proportional hazard*. Adapun metode yang dapat digunakan untuk mengatasi *non proportional hazard* ada dua yaitu *time-dependent variable* dan *stratified proportional hazard*. Adapun model dari *time-dependent non proportional hazard* yaitu

$$h(t, X(t)) = \exp(\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \beta_m X_m W_1) \quad (2.29)$$

dengan :

$\beta_1 X_1, \beta_2 X_2, \dots, \beta_n X_n$ = bagian *cox proportional*

$\beta_m X_m W_1$ = kovariat *time-dependent*

Dalam menentukan model regresi Cox dengan *time-dependent variable* dibutuhkan estimasi koefisien variabel prediktor X_1, X_2, \dots, X_n yaitu $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ dan koefisien variabel tergantung waktu $X(t)_{n1+1}, X(t)_{n1+2}, \dots, X(t)_n$ yaitu $\gamma_{n1+1}, \gamma_{n1+2}, \dots, \gamma_n$. Adapun fungsi kesesuaian *log-likelihood* adalah

$$\log L(\alpha) = \sum_{i=1}^n \delta_i \{\alpha W_i\} - \log \sum_{i \in R(t_i)} \exp(\alpha W_i) \quad (2.30)$$

Adapun model *hazard ratio* dengan asumsi *proportional hazard* tidak terpenuhi (*nonproportional hazard*) yaitu:

$$h(t, x(t)) = h_0(t) \exp \left[\sum_{i=1}^{p_1} \beta_i x_i + \sum_{j=1}^{p_2} \delta_j x_j(t) \right] \quad (2.31)$$

dengan $x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_{p_1}, x_1(t), x_2(t), \dots, x_{p_2}(t))$, peubah x_1, x_2, \dots, x_{p_1} merupakan peubah yang bebas waktu sedangkan $x_1(t), x_2(t), \dots, x_{p_2}(t)$ merupakan peubah yang terikat waktu. Notasi δ merupakan vektor parameter dari peubah bebas terikat waktu yang berlaku untuk setiap t dan β merupakan vektor parameter dari peubah bebas yang tidak terikat waktu. Adapun fungsi waktu yaitu $g(t) = t$, sehingga model ini dapat dituliskan sebagai berikut :

$$h(t, x(t)) = h_0(t) \exp \left[\sum_{i=1}^{p_1} \beta_i x_i + \sum_{j=1}^{p_2} \delta_j x_j g_j(t) \right] \quad (2.32)$$

Hazard ratio dalam model tersebut ditunjukkan dengan perbandingan dua kelompok peubah bebas x^* dan x ditambahkan dengan pengaruh waktu sehingga $x_i^*(t)$ dan $x_i(t)$ secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \widehat{HR} &= \frac{\hat{h}(t, x^*(t))}{\hat{h}(t, x(t))} \\ &= \frac{h_0(t) \exp \left[\sum_{i=1}^{p_1} \beta_i x_i^* + \sum_{j=1}^{p_2} \delta_j x_j^* g_j(t) \right]}{h_0(t) \exp \left[\sum_{i=1}^{p_1} \beta_i x_i + \sum_{j=1}^{p_2} \delta_j x_j g_j(t) \right]} \\ &= \exp \left[\sum_{i=1}^{p_1} \beta_i (x_i^* - x_i) + \sum_{j=1}^{p_2} \delta_j (x_j^* g_j(t) - x_j g_j(t)) \right] \end{aligned} \quad (2.33)$$

Dengan nilai parameter $\hat{\delta}_j$ akan berbeda-beda pada setiap peubah bebas yang terikat oleh waktu. Apabila $\hat{\delta}_j < 0$ maka *hazard ratio* akan turun bersamaan dengan naiknya waktu, yang akan mengakibatkan tidak konstannya *hazard ratio* yang berarti asumsi *proportional hazard* tidak terpenuhi.

2.11 *Lifereg Procedure pada SAS*

Misalkan diketahui ukuran sampel dari suatu populasi adalah n . Untuk subyek i ($i = 1, 2, \dots, n$), nilai kovariatnya adalah $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}$ dan waktu *survival* adalah T_i . Prosedur Proc Lifereg pada SAS dimodelkan sebagai berikut.

$$\log(T_i) = \beta_0 + \beta_1 z_{i1} + \dots + \beta_p z_{ip} + \sigma \varepsilon_i \quad (2.34)$$

Dimana β_0, \dots, β_p adalah koefisien regresi yang dicari, σ adalah parameter skala dan ε_i adalah sebarang bentuk gangguan/error yang biasanya diasumsikan bebas dan terdistribusi secara identik dengan sebarang fungsi densitas $f(\varepsilon)$. Alasan mengapa T_i di kenai fungsi log adalah karena waktu *survival* selal bernilai positif (dengan peluang maksimal adalah 1).

Untuk ε dengan distribusi logistik, fungsi *hazard* untuk T yaitu

$$h(t, x) = \frac{\alpha t^{\alpha-1} \exp[-x^T \beta / \sigma]}{1 + t^\alpha \exp[-x^T \beta / \sigma]} \quad (2.35)$$

dimana $\alpha = 1/\sigma$

Sedangkan fungsi *survival* untuk T yaitu

$$S(t, x) = \frac{1}{1 + t \exp[-x^T \beta]^{1/\sigma}} \quad (2.36)$$

Sehingga didapatkan model regresi logistiknya adalah

$$\log \left[\frac{S(t, x)}{1 - S(t, x)} \right] = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p - \alpha \log(t),$$

dimana $\beta_j^* = \beta_j / \sigma$ untuk $j = 0, 1, \dots, p$.

2.12 *Akaike's Information Criterion (AIC)*

AIC merupakan salah satu ukuran untuk pemilihan model regresi terbaik yang diperkenalkan oleh Hirotugu Akaike pada tahun 1973. Metode tersebut didasarkan pada *maximum likelihood estimation* (Fathurahman, 2009), dengan persamaan

$$AIC = -2 \log \hat{L} + \alpha q \quad (2.37)$$

dengan \hat{L} merupakan fungsi *likelihood*, q jumlah parameter β , α konstanta yang ditentukan. Nilai α yang sering digunakan yaitu antara 2 dan 6. Fathurahman (2009) menyatakan bahwa kelebihan AIC terletak pada pemilihan model regresi

terbaik untuk tujuan (*forecasting*) yaitu dapat menjelaskan kecocokan model dengan data yang ada. Menurut metode AIC, model regresi terbaik adalah model yang mempunyai nilai AIC terkecil (Collet,2003).

2.13 Penyu

Penyu merupakan reptil yang hidup di laut serta mampu bermigrasi dalam jarak yang jauh di sepanjang kawasan Samudera Hindia, Samudra Pasifik dan Asia Tenggara. Dari tujuh jenis penyu di dunia, tercatat enam jenis penyu yang hidup di perairan Indonesia yaitu penyu hijau (*Chelonia mydas*), penyu sisik (*Eretmochelys imbricata*), penyu abu-abu atau penyu lekang (*Lepidochelys olivacea*), penyu pipih (*Natator depressus*), penyu belimbing (*Dermochelys coriacea*), serta penyu tempayan (*Caretta caretta*) (Limpus *et al.* 1992, Charuchinda *et al.* 2002).

2.13.1 Habitat dan Penyebaran

Sebaran Penyu hijau terdapat di Indo-Pasifik, Samudera Atlantik, Teluk Meksiko, sepanjang pesisir Argentina, di Laut Mediterania. Habitat Penyu hijau ini hidup di perairan tropis dan sub-tropis di sekitar pesisir benua dan kepulauan. Hewan ini baru bisa mencapai usia dewasa sekitar 30-50 tahun. Jadi, penyu memiliki siklus kehidupan yang panjang, namun tingkat kehidupannya rendah (Ali, 2004).

Beberapa wilayah yang dikenal karena penyu laut yang melimpah adalah Teluk Thailand, Malaysia (Serawak, Sabah), Filifina, Indonesia (Sumatera, Kepulauan Riau, Kalimantan, Sulawesi, Jawa, Madura, Sumbawa, Flores, Irian Jaya, Kepulauan Obi, Ambon, Banda, Maluku), Papua Nugini, Australia (Northern Territory, Queensland), Wake Island, Guam, Northern Mariana Islands, Palau, Micronesia, Masr-shall Island, Line Island (Jervis), Kiribati, Tuvalu, Samoa, Cook Island, Solomon Island, Vanuatu, New Caledonia, Fiji, Tonga, Franch Polynesia (Society Islands, Tuamotu Archipelego, dan Marquesas) (Karnan, 2008).

Untuk tujuan bertelur penyu menginginkan tempat yang memiliki butiran pasir tertentu yang mudah digali dan secara naluri dianggap aman untuk bertelur. Susunan tekstur daerah peneluran berupa pasir tidak kurang dari 90% dan sisanya

adalah debu maupun liat (Nuitja, 1992 dan Hatasura, 2004).

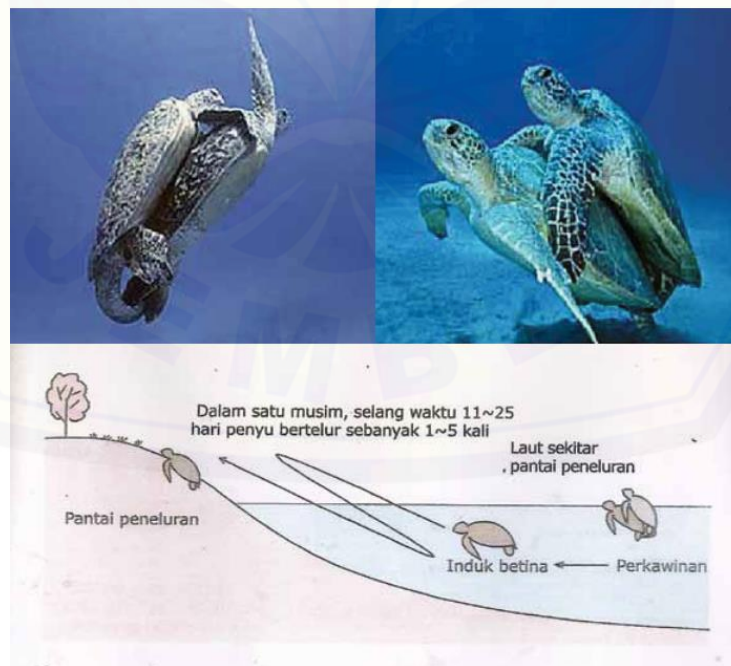
2.13.2 Reproduksi Penyu

Menurut Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut (2009), reproduksi penyu adalah proses regenerasi yang dilakukan penyu dewasa jantan dan betina melalui tahapan perkawinan, peneluran sampai menghasilkan generasi baru (tukik). Tahapan reproduksi penyu yaitu sebagai berikut:

1. Perkawinan

Penyu melakukan perkawinan dengan cara penyu jantan bertengger di atas punggung penyu betina. Tidak banyak regenerasi yang dihasilkan seekor penyu, dari ratusan butir telur yang dikeluarkan oleh seekor penyu betina, paling banyak 1–3% yang berhasil mencapai dewasa.

Perkawinan biasanya dilakukan pagi hari, pada saat matahari terbit kurang lebih 4-6 jam. Saat kawin, penyu jantan berada di punggung penyu betina dengan mencengkram bahu penyu betina menggunakan kuku yang terdapat pada kaki depan. Kopulasi dilakukan dengan pasangan yang berbeda-beda selama musim kawin.



Gambar 2.4 Perkawinan penyu

(Sumber: Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut, 2009)

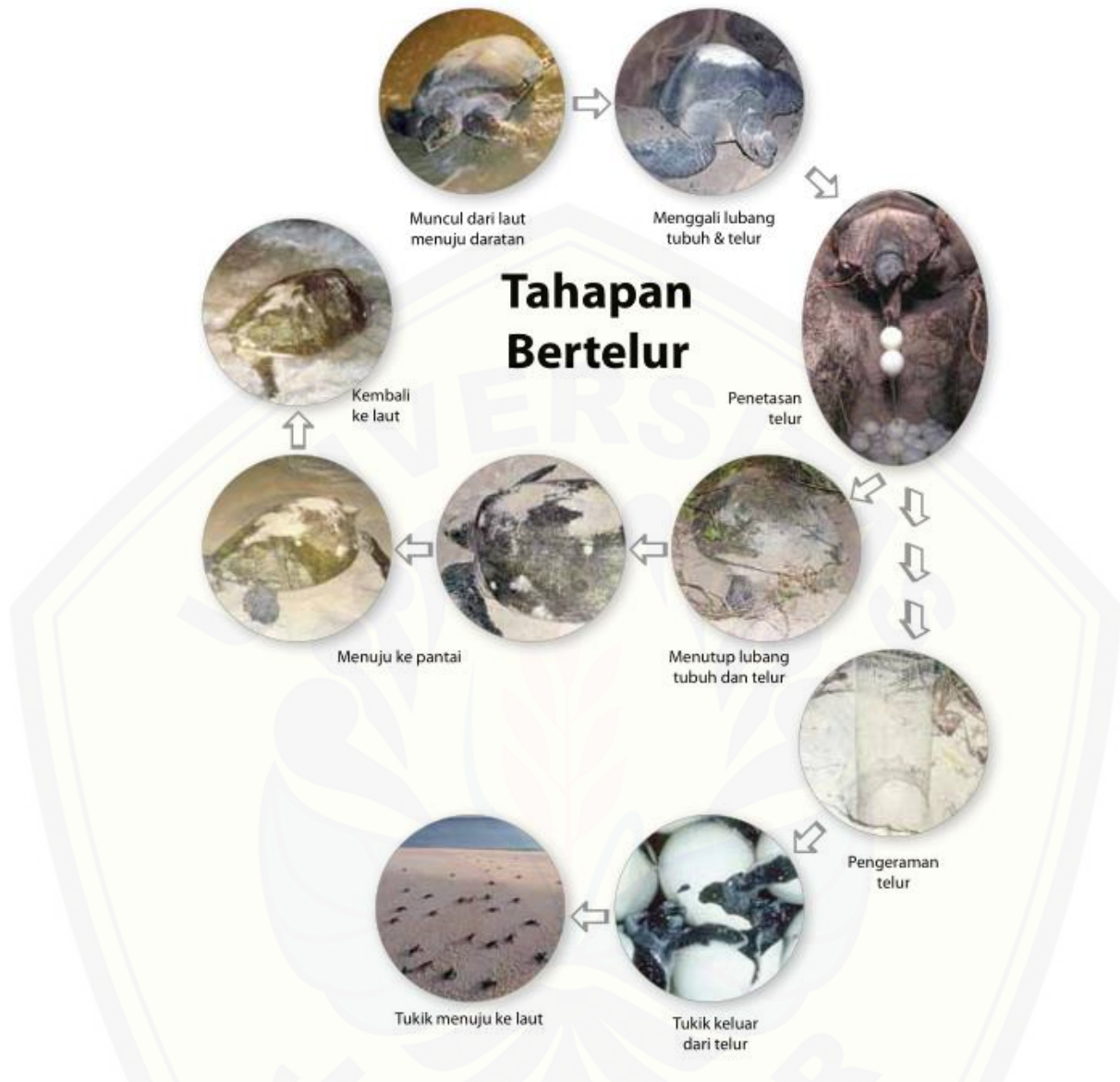
2. Perilaku Peneluran

Penyu bertelur dengan tingkah laku yang berbeda sesuai dengan spesies masing- masing. Setiap spesies penyu memiliki waktu (*timing*) peneluran yang berbeda satu sama lain (Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut, 2009). Beberapa minggu setelah kopulasi, penyu betina naik ke pantai berpasir dan menggali lubang sedalam 45 cm untuk tempat bertelur. Satu lubang diisi rata-rata 100 butir telur berukuran sebesar bola pingpong dan berkulit lunak. Penyu bertelur lebih dari satu kali dalam satu musim (2-3 kali), sedangkan interval waktu untuk mengeluarkan telur di pantai adalah 2-3 minggu (Limpus, 1995 dan Ridla, 2007).

Pada saat telur penyu menetas, tukik akan keluar dari sarangnya dan pergi ke laut. Tukik mulai berkelana mula-mula di perairan dangkal dan kemudian ke laut bebas hingga tidak diketahui lagi tempatnya

Waktu bertelur penyu laut rata-rata membutuhkan waktu 2 jam atau lebih lama. Tahapan bertelur pada berbagai jenis penyu umumnya berpola sama (Nuitja, 1992), yaitu:

- a) Penyu muncul dari hempasan ombak.
- b) Penyu terdiam sementara dan melihat sekelilingnya, penyu bergerak bersamaan dengan pemilihan lokasi sarang.
- c) Penggalian lubang untuk sarang telur.
- d) Telur dikeluarkan satu per satu atau bersamaan 2-3 telur.
- e) Lubang sarang ditutup pasir oleh penyu, lalu dilanjutkan dengan penyamaran jejak.
- f) Penyu kembali ke laut setelah bertelur.



Gambar 2.5 Tahapan bertelur penyu

(Sumber: Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut, 2009)

3. Pertumbuhan Embrio

Pertumbuhan embrio sangat dipengaruhi oleh suhu. Embrio akan tumbuh optimal pada kisaran suhu antara 24–33°C, dan akan mati apabila di luar kisaran suhu tersebut. Menurut Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut (2009), kondisi lingkungan yang sangat mempengaruhi pertumbuhan embrio sampai penetasan, antara lain:

a) Suhu pasir

Semakin tinggi suhu pasir, maka telur akan lebih cepat menetas.

b) Kandungan air dalam pasir

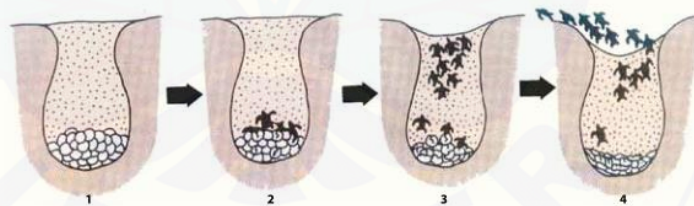
Diameter telur sangat dipengaruhi oleh kandungan air dalam pasir. Makin banyak penyerapan air oleh telur dari pasir menyebabkan pertumbuhan embrio makin besar yang berakibat diameter telur menjadi bertambah besar. Sebaliknya, pasir yang kering akan menyerap air dari telur karena kandungan garam dalam pasir lebih tinggi. Akibatnya embrio dalam telur tidak akan berkembang dan mati.

c) Kandungan oksigen

Oksigen sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan embrio. Air hujan yang menyerap ke dalam sarang ternyata dapat menghalangi penyerapan oksigen oleh telur, akibatnya embrio akan mati.

4. Proses penetasan

Embrio dalam telur akan tumbuh menjadi tukik mirip dengan induknya, masa inkubasi yang dilewati kurang lebih 2 bulan. Menurut Yayasan Alam Lestari dalam Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut (2009), tahapan proses penetasan hingga tukik keluar dari sarang yaitu sebagai berikut.



Gambar 2.6 Proses penetasan telur penyu

(Sumber: Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut, 2009)

2.14 Telur Penyu

2.14.1 Periode Bertelur

Hal ini berdasarkan pada beberapa faktor seperti letak lintang (*latitude*), jenis, umur, dan sumber serta kualitas makanan yang dimakannya. Di daerah yang bermusim empat, penyu laut bertelur pada bulan April sampai akhir Juli, terutama di bagian utara equator. Pada daerah tropis, musim bertelur lebih awal datangnya

dan mungkin dilakukan oleh penyu dalam beberapa kali (Nuitja, 1992). Penyu biasanya bertelur pada malam gelap. Bila pasang berlangsung pada sore hari, penyu menunggu sampai air surut kembali. Tahapan yang dilakukan dalam proses bertelur menurut Nuitja (1992) sebagai berikut:

- 1) Mula-mula penyu muncul dari hempasan ombak
- 2) Setelah diam sebentar dan melihat sekelilingnya, penyu bergerak pada pantai berpasir yang lebih tinggi. Kemudian ia melacak daerah pasir mana yang cocok untuk membuat sarang. Jika tidak cocok, ia mencari tempat lain.
- 3) Jika daerah pasir itu cocok, penyu melakukan penggalian untuk tumpuan tubuhnya. Setelah itu penggalian lubang dilanjutkan untuk sarang telur
- 4) Akhirnya, penyu mengeluarkan telur-telurnya, kadang kala secara serentak untuk dua sampai tiga telur. Posisi penyu waktu bertelur memperlihatkan ekor yang melengkung.
- 5) Penyu mengisi lubang dengan pasir dan diteruskan dengan menutupi legokan lubuhnya tadi.
- 6) Jika tugasnya selesai, dilanjutkan dengan penyamaran jejak, terutama menghilangkan lokasi penelurannya
- 7) Pada waktu kembali ke laut, penyu akan bergerak lurus atau melalui jalan berkelok-kelok
- 8) Sampai tepi laut, penyu menghilang dalam gerakan ombak

2.14.2 Aspek Penetasan Telur Penyu

Sarang penyu mencapai kedalaman sekitar 40-80 cm dengan diameter lubang bagian atas antara 20-30 cm. Periode inkubasi telur penyu dipengaruhi oleh besar suhu dalam sarang, kelembaban, dan lingkungan lainnya. Lingkungan dibawahnya juga mempengaruhi settabilan suhu sarang dibawahnya. Kestabilan suhu terdapat pada kedalaman antara 40-60 cm dibawah permukaan. Oleh karena suhu mempunyai peranan penting, maka masa inkubasi dapat menjadi pendek atau panjang. Ada tidaknya naungan tumbuh-tumbuhan juga mempengaruhi masa inkubasi. Masa inkubasi telur penyu lebih pendek jika sarang bebas naungan, karena intensitas sinar matahari akan mengenai sarang secara baik, sehingga panas

dirambatkan ke dalam sarang melalui proses konduksi, konveksi dan radiasi (Nuitja, 1992).

Mortalitas embrio sangat tinggi pada kondisi kering, mengingat bahwa telur penyu laut sangat peka terhadap kondisi kering. Akan tetapi, mortalitas yang tinggi juga dapat disebabkan oleh terendamnya sarang telur oleh air laut dalam jangka waktu yang lama. Ukuran telur meningkat akibat penyerapan dan pertukaran air selama masa inkubasi, tetapi sangat penting diketahui bahwa penetasan dapat berhasil jika telur tidak kehilangan air lebih dari 40% dari berat telur (Miller, 1997). Kestabilan suhu pada perkembangan embrionik telur dalam sarang berperan dalam keberhasilan menetas. Faktor-faktor lainnya yang juga mempengaruhi keberhasilan menetas adalah keberadaan pemangsa. Pemangsa telur penyu adalah babi hutan (*Sus scrofa*), anjing hutan (*Cuon alpinus*), dan biawak air (*Varanus salvator*) (Nuitja, 1992).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diambil dari laporan BKSDA Bali 2016 berupa data distribusi bulanan telur penyu yang ditetaskan di Pantai Kuta, Legian dan Seminyak serta data online BMKG berupa iklim harian wilayah Bali. Pada kasus ini variabel-variabel yang digunakan adalah:

- a) Variabel tidak bebas (Y) adalah lama waktu pengeraman (inkubasi) telur penyu pada sarang semi alami di pantai Kuta, Legian dan Seminyak dengan *event* menetas atau gagal menetas.
- b) Variabel bebas (X) yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :
 1. Curah Hujan (X_1)
Variabel curah hujan merupakan variabel kontinu dengan satuan mm.
 2. Lokasi (X_2)
Lokasi adalah variabel kategorik yang terdiri dari 3 kategori yaitu:
1 = Kuta
2 = Legian
3 = Seminyak
 3. Suhu (X_3)
Variabel suhu adalah variabel kontinu dengan satuan derajat Celcius.
 4. Kelembaban (X_4)
Variabel kelembaban dengan satuan persentase (%) adalah variabel kontinu.
 5. Lama Penyinaran (X_5)
Variabel kelembaban dengan satuan jam merupakan variabel kontinu.

3.2 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian tentang “Analisis Regresi Cox *Proportional Hazards* pada Tingkat Keberhasilan Penetasan Telur

Penyu”, secara skematik dapat dilihat pada gambar 3.1. Penjelasan skema pada Gambar 3.1 untuk memperoleh hasil yang diinginkan sebagai berikut:

a. Studi Literatur.

Langkah awal yang dilakukan adalah mencari studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi dari buku, jurnal dan skripsi yang terkait tentang materi “Analisis Regresi Cox *Non Proportional Hazards* pada Tingkat Keberhasilan Penetasan Telur Penyu”

b. Pengumpulan dan pengolahan data distribusi penetasan telur penyu di Pantai Kuta, Legian dan Seminyak Bali.

Data terkait penetasan telur penyu dan faktor-faktor (curah hujan, lokasi, suhu, kelembaban, lama penyinaran) yang akan diteliti dikumpulkan untuk kemudian diolah dengan menggunakan program R dan SAS pada langkah selanjutnya

c. Analisis deskriptif tiap variabel penjelas

Menganalisis variabel-variabel yang mempengaruhi ketahanan hidup telur penyu yaitu menunjukkan telur penyu yang tersensor dan tidak tersensor serta proporsi tiap kategori pada setiap variabel.

c. Menghitung nilai survival, nilai *hazard* dan plotnya untuk masing-masing variabel penjelas dengan menggunakan program R

d. Uji *Log-Rank*

Dilakukan uji *Log-Rank* untuk mengetahui adanya perbedaan fungsi survival pada faktor yang diduga mempengaruhi ketahanan hidup telur penyu, pada setiap variabel penjelas yang akan memberikan gambaran perbedaan fungsi survival.

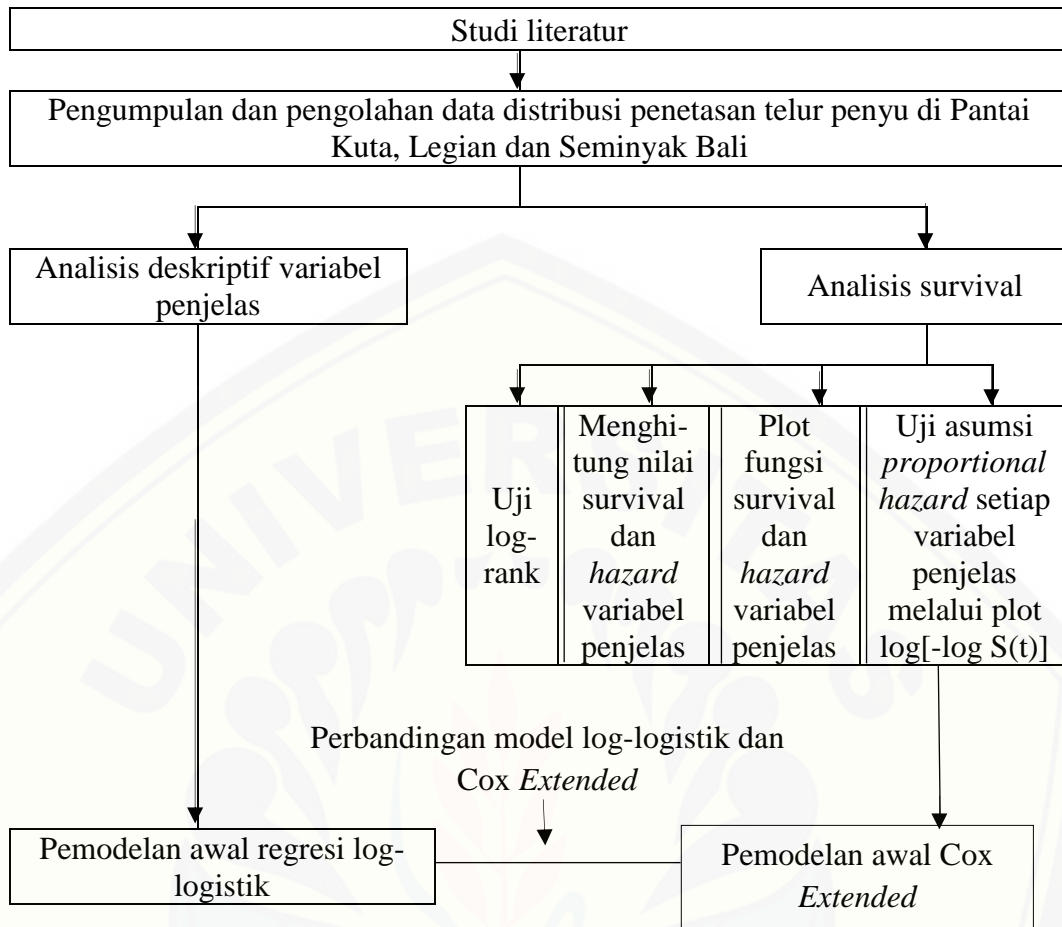
e. Pengujian asumsi pemodelan hazard proporsional terhadap setiap variabel penjelas melalui plot $\log[-\log S(t)]$

f. Pemodelan awal Cox *Extended*

g. Pemodelan regresi Log-logistik

h. Pemilihan model terbaik dengan melihat nilai AIC dan *mean squared error*

i. Selesai



Gambar 3.1 Skema metode penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat keberhasilan penetasan telur penyu di Bali yaitu faktor curah hujan (x_1), lokasi ($x_{2,0}$ Seminyak, $x_{2,1}$ Kuta, $x_{2,2}$ Legian), suhu (x_3), kelembaban (x_4) dan lama penyinaran (x_5).
- Perbandingan dari model regresi Cox *Extended* dan log-logistik berdasarkan pertimbangan nilai *standard error* menunjukkan bahwa model regresi log-logistik lebih baik dibandingkan dengan model Cox *Extended*, yaitu

$$\log \left[\frac{S(t, x)}{1 - S(t, x)} \right] = 6,2606 - 0,0011x_1 - 0,0231x_{2,1} - 0,0020x_{2,2} - 0,0504x_3 \\ - 0,0107x_4 - 0,0029x_5 - 0,0520 \log(t)$$

5.2 Saran

Penelitian ini menggunakan data dengan objek telur penyu untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang berperan dalam proses penetasannya. Untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan objek penelitian dalam ruang lingkup selain bidang kesehatan dan biologi, seperti ekonomi, bisnis dan sebagainya. Penelitian selanjutnya juga diharapkan dapat menggunakan metode selain Cox *Extended* dan regresi log-logistik dalam mengestimasi parameter serta bisa melakukan analisis survival berdasarkan model log-logistik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Z.M. 2004. Karya Ilmiah Pelestarian Penyu Hijau di Pantai Selatan Tasikmalaya. *Karya Ilmiah Tentang Pelestarian Penyu Hijau*. Tasikmalaya.
- Allison PD. 2010. *Survival Analysis Using SAS: A Practical Guide*. Ed ke-2. North Carolina (US): SAS Institute Inc.
- Armitage, P., G. Berry, dan J. N. S. Matthew. (2002). *Statistical Methods in Medical Research, 4 th edition*. Inggris: Blackwell Science.
- Collet D. 2004. *Modelling Survival Data in Medical Research*. Ed ke-2. London (GB): Chapman & Hall/ CRC.
- Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut. 2009. *Pedoman Teknis Pengelolaan Konservasi Penyu*. Jakarta: Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut, Direktorat Jenderal Kelautan, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Departemen Kelautan dan Perikanan RI.
- Fathutrahan, M. 2009. Pemilihan Model Regresi Terbaik Menggunakan Metode Akaike's Information Critetrian dan Schwart Information Criterion. *Jurnal Informatika Mulawarman*. 4(3) :37-41.
- Hatasura, I.N. 2004. Pengaruh Karakteristik Media Pasir Sarang terhadap Keberhasilan Penetasan Telur Penyu Hijau (*Chelonia mydas*). *Skripsi*. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Karnan, 2008. Penyu hijau: status dan konservasinya. *Jurnal Pijar MIPA*. 3(2).
- Kleinbaum D.G. dan Klein M. 2012. *Survival Analysis: A Self-Learning Text*. Ed ke-3. New york: Springer.
- Lee ET. 1992. *Statistical Methods for Survival Data Analysis*. Ed ke-2. New York (US): A Wiley Interscience Publication.

- Lee E.T. & Wang, J.W. 2002. *Statistical Methods for Survival Data Analysis Third Edition*. New Jersey : John Wiley and Sons.
- Limpus, C. J. 1995. *Marine Turtle Biology dalam Marine Turtle of Indonesia: Population Viability and Conservation Assesment and Management Workshop: PHPA, Taman Safari Indonesia, PKBSI Cisarua, Indonesia*.
- Miller, J. D. 1997. *Reproduction In Sea Turtles*. Boca Raton: CRC Press
- Noerdjito, M. & Maryanto, I. 2001. *Jenis-jenis Hayati yang Dilindungi Perundang-undangan Indonesia, Second Edition*. Cibinong: Puslit Biologi-LIPI.
- Nuitja, I.N. 1992. *Biologi dan Ekologi Pelestarian Penyu Laut*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Parinding, Z., S. Basuni, H. Purnomo, N. Kosmaryandim dan Y. Wardianto. 2015. Karakteristik fisik peneluran *Chelonia mydas L.*1758 di Kaimana-Papua Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 20(1).
- Ridla, D.A. 2007. Analisis Keberhasilan Penetasan Telur Penyu Hijau (*Chelonia mydas L.*) dalam Sarang Semi-Alami di Pantai Pengumbahan, Kabupaten Sukabumi. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Southey, B.R., Rodriguez-Zas, S.L. & Leymaster, K.A. 2001. Survival analysis of lamb mortality in a terminal sire composite population. *Journal of Animal Society*. 79(2).
- Zakyah. 2016. Pengaruh Struktur Pasir Terhadap Tingkat Keberhasilan Penetasan Telur Penyu Hijau (*Chelonia mydas L.*) di Sukamade Taman Nasional Meru Betiri serta Pemanfaatannya sebagai Buku Ilmiah Populer. *Skripsi*. Jember: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

LAMPIRAN

A. Data distribusi bulanan telur penyu yang ditetaskan di Pantai Kuta, Legian dan Seminyak dari laporan BKSDA Bali 2016 (Januari – September) serta data online BMKG berupa iklim harian wilayah Bali yang telah disesuaikan dengan data penyu adalah sebagai berikut:

No	Jml Telur	Jml Netas	Waktu Surv	Gagal/Sensor (0)	Berhasil (1)	Curah Hujan (mm)	Suhu Rata-Rata (°C)	Kelembaban Rata-Rata (%)	Lokasi	Lama Penyinaran (Jam)	Tanggal Ditemukan	Tanggal Menetas
1	86	60	46	26	60	11,6	27,9	87	KUTA	9	2016-01-15	2016-03-01
2	56	22	49	34	22	0	28,8	78	KUTA	7,6	2016-02-20	2016-04-09
3	95	61	46	34	61	0	29	80	LEGIAN	10	2016-03-16	2016-05-01
4	90	84	49	6	84	0	29,4	84	KUTA	8,8	2016-03-24	2016-05-12
5	95	91	48	4	91	0	29,2	85	KUTA	8,6	2016-03-26	2016-05-13
6	116	114	48	2	114	0	29,3	84	SEMINYAK	10,1	2016-03-27	2016-05-14
7	119	107	48	12	107	22,3	28,7	87	LEGIAN	9,6	2016-03-28	2016-05-15
8	124	115	48	9	115	0	27,9	80	LEGIAN	9,2	2016-04-15	2016-06-02
9	30	15	48	15	15	0	27,9	80	SEMINYAK	9,2	2016-04-15	2016-06-02
10	58	37	48	21	37	0	27,9	77	KUTA	10,5	2016-04-17	2016-06-04
11	123	118	46	5	118	1	29,2	72	KUTA	10,2	2016-04-23	2016-06-08

Digital Repository Universitas Jember

12	68	65	49	3	65	17,7	28,1	83	KUTA	9,9	2016-04-23	2016-06-11
13	121	119	48	2	119	0,4	28,1	81	LEGIAN	10,1	2016-04-23	2016-06-10
14	119	92	49	27	92	1,5	28,1	80	KUTA	9,7	2016-04-24	2016-06-12
15	39	38	51	1	38	12,9	27,4	88	LEGIAN	8,8	2016-04-24	2016-06-14
16	52	38	52	14	38	6,8	28,1	84	SEMINYAK	4,2	2016-04-26	2016-06-17
17	108	96	50	12	96	18,5	28,5	79	SEMINYAK	4,1	2016-04-26	2016-06-15
18	111	99	48	12	99	0	27,6	80	LEGIAN	7,5	2016-05-03	2016-06-20
19	124	121	48	3	121	0	27,6	80	KUTA	7,5	2016-05-03	2016-06-20
20	64	44	49	20	44	0	27,3	76	KUTA	7,8	2016-05-05	2016-06-23
21	89	82	49	7	82	0	27,3	76	LEGIAN	7,8	2016-05-05	2016-06-23
22	90	52	55	90	0	1	27,9	84	SEMINYAK	1,3	2016-05-06	2016-06-30
23	93	88	49	5	88	1	27,9	84	SEMINYAK	1,3	2016-05-12	2016-06-30
24	97	93	50	4	93	0	26,6	78	KUTA	10	2016-05-16	2016-07-05
25	90	87	51	3	87	0,2	26,9	79	LEGIAN	10,5	2016-05-16	2016-07-06
26	115	113	51	2	113	0	26,8	80	LEGIAN	10,7	2016-05-17	2016-07-07
27	121	117	49	4	117	0	26,6	78	KUTA	10	2016-05-17	2016-07-05

Digital Repository Universitas Jember

28	82	81	49	1	81	12,9	27,2	87	SEMINYAK	8,7	2016-05-23	2016-07-11
29	131	98	53	131	0	0	27,4	84	LEGIAN	10,5	2016-05-23	2016-07-15
30	111	110	49	1	110	0,9	27,3	83	LEGIAN	6,8	2016-05-30	2016-07-18
31	110	109	56	110	0	0	27,3	80	KUTA	9,2	2016-05-30	2016-07-25
32	99	94	56	99	0	0	27,3	80	KUTA	9,2	2016-05-30	2016-07-25
33	131	123	47	8	123	21,5	26,8	89	KUTA	10,4	2016-05-30	2016-07-16
34	95	92	52	3	92	4	27,2	86	LEGIAN	6,8	2016-05-30	2016-07-21
35	126	115	58	126	0	0	27,9	74	LEGIAN	9,5	2016-06-01	2016-07-29
36	117	100	54	117	0	0	27,3	80	LEGIAN	9,2	2016-06-01	2016-07-25
37	68	18	58	68	0	0	27,9	74	LEGIAN	9,5	2016-06-01	2016-07-29
38	56	55	57	56	0	0	27,8	72	KUTA	9,4	2016-06-03	2016-07-30
39	116	106	54	116	0	0	27,6	74	KUTA	6,1	2016-06-03	2016-07-27
40	134	70	57	134	0	0	27,8	72	KUTA	9,4	2016-06-03	2016-07-30
41	128	96	58	128	0	0,6	26	80	LEGIAN	10,1	2016-06-03	2016-07-31
42	116	86	58	116	0	0,6	26	80	LEGIAN	10,1	2016-06-03	2016-07-31
43	132	84	56	132	0	0	27,9	74	LEGIAN	9,5	2016-06-03	2016-07-29

Digital Repository Universitas Jember

44	72	58	55	72	0	0	26,8	80	KUTA	9,7	2016-06-03	2016-07-28
45	120	108	58	120	0	0,6	26	80	LEGIAN	10,1	2016-06-03	2016-07-31
46	59	23	52	36	23	0	27,9	74	KUTA	9,5	2016-06-07	2016-07-29
47	101	97	52	4	97	0,6	26	80	LEGIAN	10,1	2016-06-09	2016-07-31
48	106	94	51	12	94	0	26,6	84	SEMINYAK	10,6	2016-06-17	2016-08-07
49	120	110	54	120	0	5,9	27,6	78	SEMINYAK	4,5	2016-06-20	2016-08-13
50	99	93	64	99	0	0	25,5	79	KUTA	9,3	2016-06-22	2016-08-25
51	98	85	50	13	85	0,6	27,7	82	KUTA	0,8	2016-06-23	2016-08-12
52	100	98	54	100	0	0	25,9	68	LEGIAN	10	2016-06-27	2016-08-20
53	55	45	57	55	0	3,4	26,2	78	KUTA	9,8	2016-06-28	2016-08-24
54	105	72	49	33	72	0	30	79	LEGIAN	7,9	2016-07-11	2016-08-29
55	54	42	51	12	42	0	27,8	80	LEGIAN	9,2	2016-07-12	2016-09-01
56	118	107	55	118	0	0	26,9	73	KUTA	10,7	2016-07-18	2016-09-11
57	113	105	51	8	105	0	28,6	83	KUTA	8,5	2016-08-11	2016-10-01
58	90	25	53	90	0	0	27,5	85	LEGIAN	7,4	2016-08-11	2016-10-03
59	106	99	48	7	99	0,6	28	81	KUTA	7,7	2016-08-12	2016-09-29

B. Script dan Output Program R Untuk Analisis Deskriptif

```

> table(sensor,curah1)
      curah1
sensor  1  2  3  4
  0 2545  40  5  32
  1 2531  98 184 326
> tapply(sensor,curah1,summary,na.rm=T)
$`1`
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
0.0000 0.0000  0.0000  0.4986  1.0000
  Max.
1.0000

$`2`
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
0.0000 0.0000  1.0000  0.7101  1.0000
  Max.
1.0000

$`3`
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
0.0000 1.0000  1.0000  0.9735  1.0000
  Max.
1.0000

$`4`
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
0.0000 1.0000  1.0000  0.9106  1.0000
  Max.
1.0000

> table(sensor,loc)
      loc
sensor  1  2  3
  0 1088 1263 271
  1 1379 1234 526
> tapply(sensor,loc,summary,na.rm=T)
$`1`
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
0.000  0.000  1.000  0.559  1.000
  Max.
1.000

$`2`
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
0.0000 0.0000  0.0000  0.4942  1.0000
  Max.
1.0000

$`3`
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
0.00  0.00  1.00  0.66  1.00
  Max.
1.00

> table(sensor,suhu1)
      suhu1
sensor  1  2  3  4  5
  0  622  713 1137 117  33
  1  97 1074 1098 798  72
> tapply(sensor,suhu1,summary,na.rm=T)
$`1`
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
0.0000 0.0000  0.0000  0.1349  0.0000
  Max.
1.0000

$`2`
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
0.000  0.000  1.000  0.601  1.000
  Max.
1.000

$`3`
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.
0.0000 0.0000  0.0000  0.4913  1.0000
  Max.
1.0000

```



```
$`4`  
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.  
0.0000 1.0000  1.0000  0.8721 1.0000  
Max.  
1.0000
```

```
$`5`  
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.  
0.0000 0.0000  1.0000  0.6857 1.0000  
Max.  
1.0000
```

```
> table(sensor, lembab1)
```

```
      lembab1  
sensor  1    2    3    4  
  0  413  890 1268  51  
  1  118  673 1847 501
```

```
> tapply(sensor, lembab1, summary, na.rm=T)
```

```
$`1`  
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.  
0.0000 0.0000  0.0000  0.2222 0.0000  
Max.  
1.0000
```

```
$`2`  
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.  
0.0000 0.0000  0.0000  0.4306 1.0000  
Max.  
1.0000
```

```
$`3`  
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.  
0.0000 0.0000  1.0000  0.5929 1.0000  
Max.  
1.0000
```

```
$`4`  
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.  
0.0000 1.0000  1.0000  0.9076 1.0000  
Max.  
1.0000
```

```
> table(sensor, sinar1)
```

```
      sinar1  
sensor  1    2    3    4  
  0  108  146  326 2042  
  1  173  134  741 2091
```

```
> tapply(sensor, sinar1, summary, na.rm=T)
```

```
$`1`  
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.  
0.0000 0.0000  1.0000  0.6157 1.0000  
Max.  
1.0000
```

```
$`2`  
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.  
0.0000 0.0000  0.0000  0.4786 1.0000  
Max.  
1.0000
```

```
$`3`  
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.  
0.0000 0.0000  1.0000  0.6945 1.0000  
Max.  
1.0000
```

```
$`4`  
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.  
0.0000 0.0000  1.0000  0.5059 1.0000  
Max.  
1.0000
```

C. Script dan output Program R untuk nilai fungsi *survival* setiap variabel

```
> Survfit1<- survfit(Surv(waktu,event)~curah1)
> summary(Survfit1)
Call: survfit(formula = Surv(waktu, event) ~ curah1)
```

```
curah1=1
time n.risk n.event survival std.err lower 95% CI upper 95% CI
46 5076 179 0.965 0.00259 0.960 0.970
48 4858 810 0.804 0.00559 0.793 0.815
49 3973 711 0.660 0.00671 0.647 0.673
50 3125 178 0.622 0.00689 0.609 0.636
51 2930 441 0.529 0.00715 0.515 0.543
52 2452 212 0.483 0.00719 0.469 0.497
```

```
curah1=2
time n.risk n.event survival std.err lower 95% CI upper 95% CI
46 138 60 0.565 0.0422 0.488 0.654
52 52 38 0.152 0.0366 0.095 0.244
```

```
curah1=3
time n.risk n.event survival std.err lower 95% CI upper 95% CI
49 189 146 0.22751 0.03049 0.174952 0.2959
51 39 38 0.00583 0.00581 0.000828 0.0411
```

```
curah1=4
time n.risk n.event survival std.err lower 95% CI upper 95% CI
47 358 123 0.6564 0.0251 0.6090 0.708
48 227 107 0.3470 0.0255 0.3005 0.401
50 108 96 0.0386 0.0109 0.0222 0.067
```

```
> Survfit2<- survfit(Surv(waktu,event)~loc)
> summary(Survfit2)
Call: survfit(formula = Surv(waktu, event) ~ loc)
```

```
loc=1
time n.risk n.event survival std.err lower 95% CI upper 95% CI
46 2467 178 0.928 0.00521 0.918 0.938
47 2258 123 0.877 0.00663 0.864 0.890
48 2127 348 0.734 0.00896 0.716 0.752
49 1744 424 0.555 0.01014 0.536 0.576
50 1226 178 0.475 0.01031 0.455 0.495
51 1031 105 0.426 0.01028 0.407 0.447
52 918 23 0.416 0.01026 0.396 0.436
```

```
loc=2
time n.risk n.event survival std.err lower 95% CI upper 95% CI
46 2497 61 0.976 0.00309 0.970 0.982
48 2402 440 0.797 0.00810 0.781 0.813
49 1927 264 0.688 0.00937 0.670 0.706
51 1622 280 0.569 0.01009 0.550 0.589
52 1324 189 0.488 0.01023 0.468 0.508
```

```
loc=3
time n.risk n.event survival std.err lower 95% CI upper 95% CI
48 797 129 0.838 0.0130 0.813 0.864
49 651 169 0.621 0.0173 0.587 0.655
50 476 96 0.495 0.0179 0.461 0.532
51 368 94 0.369 0.0175 0.336 0.405
52 262 38 0.315 0.0170 0.284 0.350
```

```
> Survfit3<- survfit(Surv(waktu,event)~suhu1)
> summary(Survfit3)
Call: survfit(formula = Surv(waktu, event) ~ suhu1)
```

suhu1=1							
time	n.risk	n.event	survival	std.err	lower	95% CI upper	95% CI
52.0000	719.0000	97.0000	0.8651	0.0127	0.8405	0.8904	

suhu1=2							
time	n.risk	n.event	survival	std.err	lower	95% CI upper	95% CI
47	1787	123	0.931	0.00599	0.920	0.943	
49	1656	434	0.687	0.01099	0.666	0.709	
50	1189	93	0.633	0.01146	0.611	0.656	
51	1092	332	0.441	0.01189	0.418	0.465	
52	742	92	0.386	0.01170	0.364	0.410	

suhu1=3							
time	n.risk	n.event	survival	std.err	lower	95% CI upper	95% CI
46	2235	60	0.973	0.00342	0.966	0.980	
48	2149	605	0.699	0.00976	0.680	0.719	
49	1475	245	0.583	0.01059	0.563	0.604	
50	1195	85	0.542	0.01075	0.521	0.563	
51	1097	42	0.521	0.01080	0.500	0.542	
52	1043	61	0.490	0.01085	0.470	0.512	

suhu1=4							
time	n.risk	n.event	survival	std.err	lower	95% CI upper	95% CI
46	915	179	0.8044	0.01311	0.77908	0.8305	
48	697	312	0.4443	0.01679	0.41258	0.4785	
49	367	106	0.3160	0.01591	0.28629	0.3488	
50	221	96	0.1787	0.01386	0.15353	0.2080	
51	113	105	0.0127	0.00442	0.00638	0.0251	

suhu1=5							
time	n.risk	n.event	survival	std.err	lower	95% CI upper	95% CI
49.0000	105.0000	72.0000	0.3143	0.0453	0.2369	0.4169	

```
> Survfit4<- survfit(Surv(waktu,event)~lembab1)
> summary(Survfit4)
Call: survfit(formula = Surv(waktu, event) ~ lembab1)
```

lembab1=1							
time	n.risk	n.event	survival	std.err	lower	95% CI upper	95% CI
46.000	531.000	118.000	0.778	0.018	0.743	0.814	

lembab1=2							
time	n.risk	n.event	survival	std.err	lower	95% CI upper	95% CI
48	1563	37	0.976	0.00385	0.969	0.984	
49	1505	337	0.758	0.01091	0.737	0.779	
50	1070	189	0.624	0.01260	0.600	0.649	
51	865	87	0.561	0.01300	0.536	0.587	
52	775	23	0.544	0.01307	0.519	0.571	

lembab1=3							
time	n.risk	n.event	survival	std.err	lower	95% CI upper	95% CI
46	3115	61	0.980	0.00248	0.976	0.985	
48	3020	773	0.729	0.00800	0.714	0.745	
49	2193	439	0.583	0.00893	0.566	0.601	
50	1712	85	0.554	0.00903	0.537	0.572	
51	1614	354	0.433	0.00907	0.415	0.451	
52	1226	135	0.385	0.00895	0.368	0.403	

```

Tembab1=4
time n.risk n.event survival std.err lower 95% CI upper 95% CI
46 552 60 0.89130 0.01325 0.86571 0.9177
47 466 123 0.65605 0.02065 0.61680 0.6978
48 335 107 0.44650 0.02183 0.40569 0.4914
49 216 81 0.27906 0.02006 0.24239 0.3213
51 134 38 0.19993 0.01802 0.16755 0.2386
52 95 92 0.00631 0.00363 0.00204 0.0195

```

```

> Survfit5<- survfit(Surv(waktu,event)~sinar1)
> summary(Survfit5)
Call: survfit(formula = Surv(waktu, event) ~ sinar1)

```

```

sinar1=1
time n.risk n.event survival std.err lower 95% CI upper 95% CI
49 281 88 0.687 0.0277 0.635 0.743
50 188 85 0.376 0.0292 0.323 0.438

```

```

sinar1=2
time n.risk n.event survival std.err lower 95% CI upper 95% CI
50 280 96 0.657 0.0284 0.604 0.715
52 172 38 0.512 0.0303 0.456 0.575

```

```

sinar1=3
time n.risk n.event survival std.err lower 95% CI upper 95% CI
48 1067 319 0.701 0.0140 0.674 0.729
49 726 330 0.382 0.0150 0.354 0.413
52 301 92 0.266 0.0146 0.238 0.296

```

```

sinar1=4
time n.risk n.event survival std.err lower 95% CI upper 95% CI
46 4133 239 0.942 0.00363 0.935 0.949
47 3829 123 0.912 0.00442 0.903 0.921
48 3698 598 0.764 0.00665 0.752 0.778
49 3035 439 0.654 0.00750 0.639 0.669
50 2555 93 0.630 0.00762 0.615 0.645
51 2458 479 0.507 0.00793 0.492 0.523
52 1941 120 0.476 0.00794 0.461 0.492

```

D. Script dan output Program R untuk uji *log-rank*

> `survdiff(Surv(waktu,event)~curah1)`

Call:

`survdiff(formula = Surv(waktu, event) ~ curah1)`

	N	Observed	Expected	(O-E) ² /E	(O-E) ² /V
curah1=1	5076	2531	2911.3	49.7	811.8
curah1=2	138	98	43.9	66.7	78.6
curah1=3	189	184	91.5	93.5	115.5
curah1=4	358	326	92.3	591.5	715.1

Chisq= 945 on 3 degrees of freedom, p= 0

> `survdiff(Surv(waktu,event)~tempat)`

Call:

`survdiff(formula = Surv(waktu, event) ~ tempat)`

	N	Observed	Expected	(O-E) ² /E	(O-E) ² /V
tempat=KUTA	2467	1379	1221	20.3	39.1
tempat=LEGIAN	2497	1234	1476	39.8	88.7
tempat=SEMINYAK	797	526	441	16.3	22.4

Chisq= 90.3 on 2 degrees of freedom, p= 0

> `survdiff(Surv(waktu,event)~suhu1)`

Call:

`survdiff(formula = Surv(waktu, event) ~ suhu1)`

	N	Observed	Expected	(O-E) ² /E	(O-E) ² /V
suhu1=1	719	97	557.5	3.80e+02	5.51e+02
suhu1=2	1787	1074	1073.1	6.98e-04	1.25e-03
suhu1=3	2235	1098	1180.2	5.73e+00	1.08e+01
suhu1=4	915	798	282.6	9.40e+02	1.24e+03
suhu1=5	105	72	45.6	1.53e+01	1.86e+01

Chisq= 1635 on 4 degrees of freedom, p= 0

> `survdiff(Surv(waktu,event)~sinar1)`

Call:

`survdiff(formula = Surv(waktu, event) ~ sinar1)`

	N	Observed	Expected	(O-E) ² /E	(O-E) ² /V
sinar1=1	281	173	161	0.919	1.14
sinar1=2	280	134	189	16.096	20.12
sinar1=3	1067	741	499	117.880	167.03
sinar1=4	4133	2091	2290	17.360	76.24

Chisq= 182 on 3 degrees of freedom, p= 0

> `survdiff(Surv(waktu,event)~lembab1)`

Call:

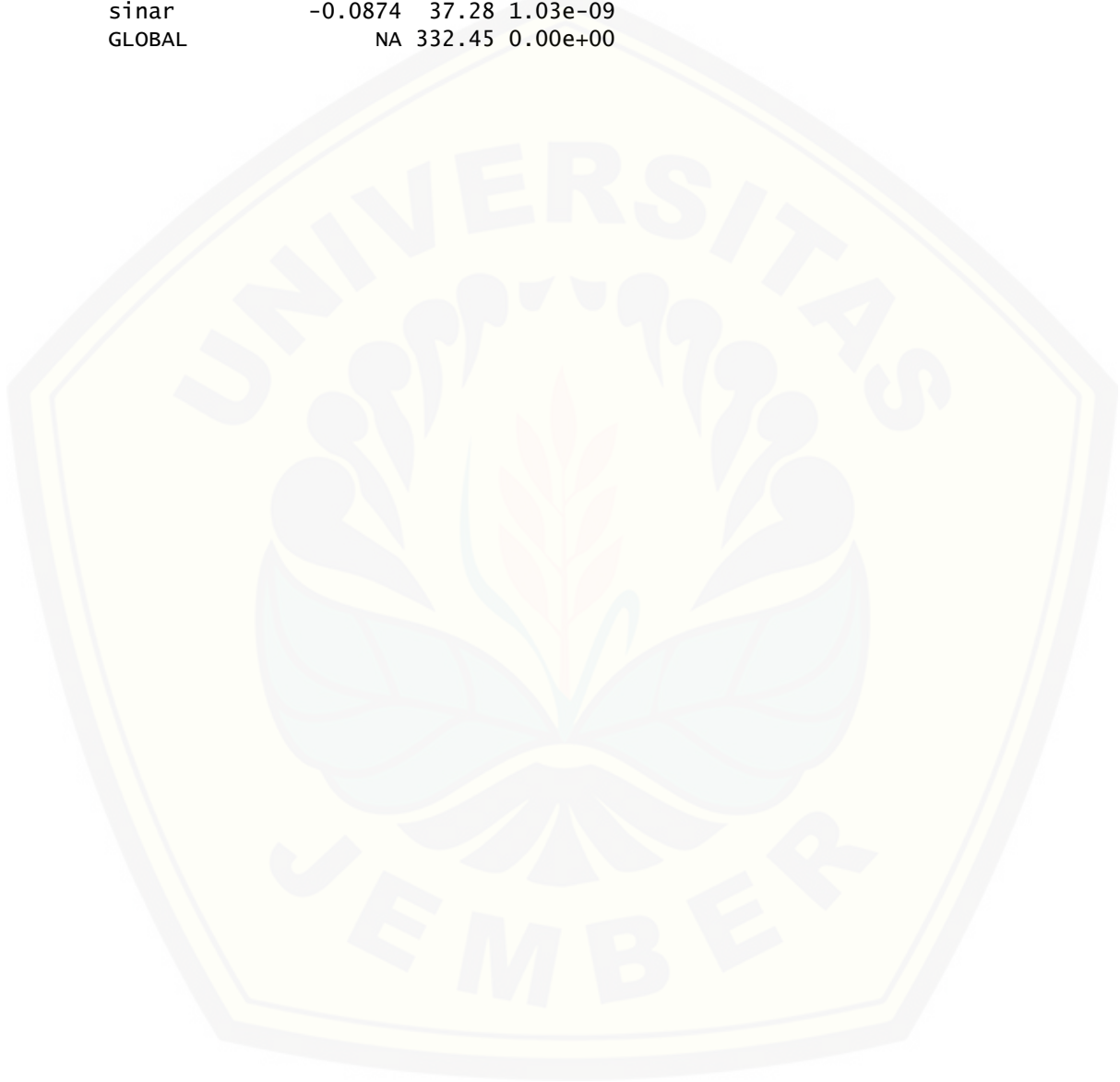
`survdiff(formula = Surv(waktu, event) ~ lembab1)`

	N	Observed	Expected	(O-E) ² /E	(O-E) ² /V
lembab1=1	531	118	321	128.8	169.0
lembab1=2	1563	673	970	91.1	155.5
lembab1=3	3115	1847	1672	18.4	46.3
lembab1=4	552	501	176	602.4	747.0

Chisq= 990 on 3 degrees of freedom, p= 0

```
> coxph1 <- coxph(Surv(waktu, event) ~ curah+tempat+suhu+lembab+sinar)  
> cox.zph(coxph1)
```

	rho	chisq	p
curah	0.0545	9.26	2.35e-03
tempatLEGIAN	0.0297	3.06	8.05e-02
tempatSEMINYAK	0.0460	9.45	2.12e-03
suhu	-0.1422	68.09	1.11e-16
lembab	0.1904	101.62	0.00e+00
sinar	-0.0874	37.28	1.03e-09
GLOBAL	NA	332.45	0.00e+00



E. Script plot untuk fungsi *survival* dan fungsi *hazard* setiap variabel

- Script plot untuk fungsi *survival*

```
> plot(Survfit1,lty=1:2,xlab="hari",ylab="survival",col=c("red","green","blue","black"))
> legend(2,0.8,legend=c("0<=curah hujan<6","6<=curah hujan<12","12<=curah hujan<18","18<=curah hujan<24"),col=c("red","green","blue","black"),lty=c(1,2),title="Curah Hujan",bty="n")
```

```
> plot(Survfit2,lty=1:2,xlab="hari",ylab="survival",col=c("red","green","blue"))
> legend(2,0.8,legend=c("Kuta","Legian","Seminyak"),col=c("red","green","blue"),lty=c(1,2),title="Lokasi",bty="n")
```

```
> plot(Survfit3,lty=1:2,xlab="hari",ylab="survival",col=c("red","green","blue","black","gold"))
> legend(2,0.8,legend=c("25,5<=suhu<26,5","26,5<=suhu<27,5","27,5<=suhu<28,5","28,5<=suhu<29,5","29,5<=suhu<30,5"),col=c("red","green","blue","black","gold"),lty=c(1,2),title="Suhu",bty="n")
```

```
> plot(Survfit4,lty=1:2,xlab="hari",ylab="survival",col=c("red","green","blue","black"))
> legend(0.2,0.8,legend=c("68<=kelembaban<=73","74<=kelembaban<=79","80<=kelembaban<=85","86<=kelembaban<=91"),col=c("red","green","blue","black"),lty=c(1,3),title="Kelembaban",bty="n")
```

```
> plot(Survfit5,lty=1:2,xlab="hari",ylab="survival",col=c("red","green","blue","black"))
> legend(0.2,0.8,legend=c("0,8<=lama sinar<3,3","3,3<=lama sinar<5,8","5,8<=lama sinar<8,3","8,3<=lama sinar<10,8"),col=c("red","green","blue","black"),lty=c(1,3),title="Lama Penyinaran",bty="n")
```

- Script plot untuk fungsi *hazard*

```
> hsurv1<-survfit(Surv(waktu,event)~curah1,type='fleming')
> plot(hsurv1,lty=1:2,fun="cumhaz",xlab="hari",ylab="Cumulative Hazard",col=c("red","green","blue","black"))
> legend(0.5,1.5,legend=c("0<=curah hujan<6","6<=curah hujan<12","12<=curah hujan<18","18<=curah hujan<24"),col=c("red","green","blue","black"),lty=c(1,2),title="Curah Hujan",bty="n")
```

```
> hsurv2<-survfit(Surv(waktu,event)~loc,type='fleming')
> plot(hsurv2,lty=1:2,fun="cumhaz",xlab="hari",ylab="Cumulative Hazard",col=c("red","green","blue"))
> legend(2,0.8,legend=c("Kuta","Legian","Seminyak"),col=c("red","green","blue"),lty=c(1,2),title="Lokasi",bty="n")
```

```
> hsurv3<-survfit(Surv(waktu,event)~suhu1,type='fleming')
> plot(hsurv3,lty=1:2,fun="cumhaz",xlab="hari",ylab="Cumulative Hazard",col=c("red","green","blue","black","gold"))
```

```
> legend(0.5,1.8,legend=c("25,5<=suhu<26,5", "26,5<=suhu<27,5", "27,5<=suhu<28,5", "28,5<=suhu<29,5", "29,5<=suhu<30,5"),col=c("red","green","blue","black","gold"),lty=c(1,2),title="suhu",bty="n")
```

```
> hsurv4<-survfit(Surv(waktu,event)~lembab1,type='fleming')  
> plot(hsurv4,lty=1:2,fun="cumhaz",xlab="hari",ylab="Cumulative Hazard",col=c("red","green","blue","black"))  
> legend(0,1.8,legend=c("68<=kelembaban<=73", "74<=kelembaban<=79","80<=kelembaban<=85", "86<=kelembaban<=91"),col=c("red","green","blue","black"),lty=c(1,2),title="kelembaban",bty="n")
```

```
> hsurv5<-survfit(Surv(waktu,event)~sinar1,type='fleming')  
> plot(hsurv5,lty=1:2,fun="cumhaz",xlab="hari",ylab="Cumulative Hazard",col=c("red","green","blue","black"))  
> legend(0.2,0.8,legend=c("0,8<=lama sinar<3,3", "3,3<=lama sinar<5,8", "5,8<=lama sinar<8,3", "8,3<=lama sinar<10,8"),col=c("red","green","blue","black"),lty=c(1,3),title="Lama Penyinaran",bty="n")
```



F. Script dan output Program SAS untuk pemodelan Cox *Extended* dan Log-logistik

```
proc lifereg data=data;
class tempat;
model wkt*sensor(0)=curah tempat suhu lembab sinar /
d=llogistic;
run;
```

```
proc phreg data=data;
class tempat(ref="SEMI");
model wkt*sensor(0)= curaht tempat suhut lembabt sinart;
curaht = curah*(wkt);
suhut = suhu*(wkt);
lembabt = lembab*(wkt);
sinart = sinar*(wkt);
run;
```

LIFEREG Procedure

Model Information	
Data Set	WORK.DAT A
Dependent Variable	Log(wkt)
Censoring Variable	sensor
Censoring Value(s)	0
Number of Observations	5761
Noncensored Values	3139
Right Censored Values	2622
Left Censored Values	0
Interval Censored Values	0
Number of Parameters	8
Name of Distribution	LLogistic
Log Likelihood	1420.394833

Number of Observations Read	576 1
Number of Observations Used	576 1

Class Level Information		
Name	Levels	Values
tempat	3	KUTA LEGI SEMI

Fit Statistics	
-2 Log Likelihood	- 2840.79
AIC (smaller is better)	- 2824.79
AICC (smaller is better)	- 2824.76
BIC (smaller is better)	- 2771.52

Fit Statistics (Unlogged Response)	
-2 Log Likelihood	21592.9 0
LLogistic AIC (smaller is better)	21608.9 0
LLogistic AICC (smaller is better)	21608.9 2
LLogistic BIC (smaller is better)	21662.1 7

Algorithm converged.

Type III Analysis of Effects			
Effect	DF	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
curah	1	22.1931	<.0001
tempat	2	65.0926	<.0001
suhu	1	1281.8642	<.0001
lembab	1	844.6458	<.0001
sinar	1	22.0803	<.0001

Analysis of Maximum Likelihood Parameter Estimates								
Parameter		DF	Estimate	Standard Error	95% Confidence Limits		Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept		1	6.2606	0.0502	6.1622	6.3590	15559.2	<.0001
curah		1	-0.0011	0.0002	-0.0015	-0.0006	22.19	<.0001
tempat	KUT A	1	-0.0231	0.0040	-0.0310	-0.0152	32.92	<.0001
tempat	LEGI	1	-0.0020	0.0042	-0.0102	0.0062	0.23	0.6297
tempat	SEMI	0	0.0000
suhu		1	-0.0504	0.0014	-0.0532	-0.0477	1281.86	<.0001
lembab		1	-0.0107	0.0004	-0.0114	-0.0100	844.65	<.0001
sinar		1	-0.0029	0.0006	-0.0040	-0.0017	22.08	<.0001
Scale		1	0.0520	0.0008	0.0505	0.0536		

PHREG Procedure

Model Information	
Data Set	WORK.DAT A
Dependent Variable	wkt
Censoring Variable	sensor
Censoring Value(s)	0
Ties Handling	BRESLOW

Number of Observations Read	576
Number of Observations Used	1
	576
	1

Class Level Information			
Class	Value	Design Variables	
		tempat	KUTA
	LEGI	0	1
	SEMI	0	0

Summary of the Number of Event and Censored Values			
Total	Event	Censored	Percent Censored
5761	3139	2622	45.51

Convergence Status
Convergence criterion (GCONV=1E-8) satisfied.

Model Fit Statistics		
Criterion	Without Covariates	With Covariates
-2 LOG L	52374.057	50395.991
AIC	52374.057	50407.991
SBC	52374.057	50444.301

Testing Global Null Hypothesis: BETA=0			
Test	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
Likelihood Ratio	1978.0659	6	<.0001
Score	2256.6903	6	<.0001
Wald	2030.4741	6	<.0001

Type 3 Tests			
Effect	DF	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
curaht	1	154.5683	<.0001
tempat	2	102.4138	<.0001
suhut	1	648.8526	<.0001
lembabt	1	558.4864	<.0001
sinart	1	82.3434	<.0001

Analysis of Maximum Likelihood Estimates								
Parameter		DF	Parameter Estimate	Standard Error	Chi-Square	Pr > ChiSq	Hazard Ratio	Label
Curaht		1	0.0007615	0.0000613	154.5683	<.0001	1.001	
Tempat	KUTA	1	0.32150	0.05986	28.8460	<.0001	1.379	tempat KUTA
Tempat	LEGI	1	-0.08509	0.06008	2.0054	0.1567	0.918	tempat LEGI
Suhut		1	0.01092	0.0004287	648.8526	<.0001	1.011	
lembabt		1	0.00243	0.0001029	558.4864	<.0001	1.002	
Sinart		1	0.00177	0.0001954	82.3434	<.0001	1.002	

