



**TUGAS AKHIR– KM801**

**MODEL KETAHANAN HIDUP PASIEN  
TUBERKULOSIS MENGGUNAKAN METODE  
BAYESIAN HIERARKI**

**GITHA ANDANI SUHARNINGTYAS  
NRP 0611154000047**

**Dosen Pembimbing :  
Dr. Valeriana Lukitosari, S.Si., MT  
Dra. Farida Agustini Widjajati, MS**

**DEPARTEMEN MATEMATIKA  
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019**





***FINAL PROJECT– KM801***

***SURVIVAL MODEL OF PATIENTS TUBERCULOSIS  
USING HIERARCHICAL BAYESIAN METHOD***

***GITHA ANDANI SUHARNINGTYAS  
NRP 0611154000047***

***Supervisor :***

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

***Dra. Farida Agustini Widjajati, MS***

***DEPARTMENT OF MATHEMATICS***

***Faculty of Mathematics, Computation, and Data Science***

***Sepuluh Nopember Institute of Technology***

***Surabaya 2019***



## LEMBAR PENGESAHAN

### MODEL KETAHANAN HIDUP PASIEN TUBERKULOSIS MENGGUNAKAN METODE BAYESIAN HIERARKI

#### *SURVIVAL MODEL OF PATIENTS TUBERCULOSIS USING HIERARCHICAL BAYESIAN METHOD*

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika pada  
Bidang Studi Matematika Terapan  
Program Studi S-1 Departemen Matematika  
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

**GITHA ANDANI SUHARNINGTYAS**

NRP. 06111540000047

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,



Dra. Farida Agustini Widjanti, MS

NIP. 19540817 198103 2 003

Dosen Pembimbing I,



Dr. Valeriana Lukitosari, S.Si, MT.

NIP. 19710928 199802 2 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Matematika



Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT

NIP. 19700831 199403 1 003

Surabaya, 27 Juni 2019



# MODEL KETAHANAN HIDUP PASIEN TUBERKULOSIS MENGGUNAKAN METODE BAYESIAN HIERARKI

**Nama** : Githa Andani Suharningtyas  
**NRP** : 0611154000047  
**Departemen** : Matematika FMKSD-ITS  
**Pembimbing** : Dr. Valeriana Lukitosari, S.Si., MT  
Dra. Farida Agustini Widjajati, MS

## ABSTRAK

Analisis ketahanan Hidup adalah suatu himpunan dari prosedur statistika untuk menganalisis data waktu tahan hidup pasien terhadap suatu penyakit di mana variabel respon diakibatkan karena variabel prediktor yang berpengaruh. Pada Tugas Akhir ini, analisis ketahanan hidup dilakukan pada pasien penderita Tuberkulosis di rumah sakit Dr. Moh. Anwar 2017-2018. Penyebaran peyakit Tuberkulosis yang menyerang kekebalan tubuh manusia disebabkan oleh 2 faktor yaitu faktor individu dan faktor lingkungan, karena bertambahnya jumlah penderita penyakit Tuberkulosis (individu) berkorelasi dengan lingkungan tempat tinggal (Kecamatan). Data yang mengandung individu dan kecamatan adalah data berstruktur hierarki. Selanjutnya, dilakukan estimasi parameter dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode Bayesian Hierarki menggunakan metode Markov Chain Monte Carlo (MCMC) dengan *Gibbs Sampling*. Berdasarkan hasil estimasi diperoleh  $\beta_1 = 0.0052$ ,  $\beta_2 = -0.034$ ,  $\beta_3 = 0.0517$ ,  $\beta_4 = -0.126$ , dan  $\gamma_{11} = -0.003$ , diketahui bahwa faktor risiko terbesar pada variabel umur dan pekerjaan. Kemudian menentukan dependensi korelasi pada efek random spasial dari daerah-daerah yang saling berdekatan menggunakan

autokorelasi spasial yang dinyatakan melalui sebuah matriks pembobotan dengan bantuan aplikasi Geoda. Dalam menentukan ada atau tidaknya pengaruh antar Kecamatan terhadap angka kejadian Tuberkulosis maka digunakan Statistik Uji Moran's I yang menunjukkan nilai statistik Moran's I sebesar -0,297 dan nilai Z-value sebesar 0,2862 sehingga disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh lokasi atau tidak berkelompok setiap kecamatan pada kejadian Tuberkulosis .

**Kata Kunci:** Analisis Ketahanan Hidup, Bayesian Hierarki, Moran's I, MCMC, *Gibbs Sampling*, WinBUGS, Geoda



## ***SURVIVAL MODEL OF PATIENTS TUBERCULOSIS USING HIERARCHICAL BAYESIAN METHOD***

***Name*** : *Githa Andani Suharningtyas*  
***NRP*** : *0611154000047*  
***Department*** : *Mathematics FMKSD-ITS*  
***Supervisor*** : *Valeriana Lukitosari, S.Si., MT*  
*Dra. Farida Agustini Widjajati, MS*

### ***ABSTRACT***

*Survival analysis a result of calculated statistics to analysis patients' survival data for a disease in which the response variable is caused by an independent variable that influences. In this Final Project, survival analysis was performed in patients with Tuberculosis in Dr. Moh. Anwar. The spread of Tuberculosis disease that attacks the human immune system is caused by two factors, namely individual factors and environmental factors, because the increasing number of people with Tuberculosis (individuals) correlates with the living environment (District). Data containing individuals and sub-districts is hierarchical data structure. Furthermore, parameter estimation of the Weibull distribution is performed using the Bayesian Hierarchy method using the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) method with Gibbs Sampling. Based on the estimation results obtained  $\beta_1 = 0.0052$ ,  $\beta_2 = -0.034$ ,  $\beta_3 = 0.0517$ ,  $\beta_4 = -0.126$ , and  $\gamma_{11} = -0.003$ , it is known that the biggest risk factor is the age and occupational variables. Then determine the correlation dependencies on spatial random effects of adjacent areas using spatial autocorrelation expressed through a weighting matrix with the help of the Geoda application. In determining whether or not there is influence*

*between sub-districts on the number of Tuberculosis Events, Moran's I Test Statistics are used which show the statistical value of Moran's I is -0.297 and Z-value is 0.2862 so it is concluded that there is no significant influence on the incidence of Tuberculosis.*

**Keywords:** *Life Resilience Analysis, Bayesian Hierarchy, Moran's I, MCMC, Gibbs Sampling, WinBUGS, Geoda*

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillahilahi robbil'aalamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul

### **MODEL KETAHANAN HIDUP PASIEN TUBERKULOSIS MENGGUNAKAN METODE BAYESIAN HIERARKI**

Sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Departemen Matematika FMKSD Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Suharto dan Ibu Wiwik Srianah yang tak hentinya mendoakan dan memberi dukungan.
2. Bapak Dr. Imam Mukhlas, MT selaku Kepala Departemen Matematika ITS yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama perkuliahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Didik Khusnul Arif, S.Si, M.Si selaku Kaprodi S1 Departemen Matematika ITS, Bapak Iis Herisman, M.Sc selaku sekretaris prodi S1 Departemen Matematika ITS dan Mas Ali yang telah memberikan arahan akademik selama penulis kuliah di Departemen Matematika FMKSD-ITS.
4. Ibu Dr. Valeriana Lukitosari, S.Si, MT dan Dra. Farida Agustini Widjajati, MS sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan motivasi dan pengarahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

5. Bapak Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si, Dr. Hariyanto, M.Si, dan Subchan, Ph.D selaku dosen penguji.
6. Bapak Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si sebagai dosen wali yang telah memberikan arahan akademik selama penulis kuliah di Departemen Matematika FMKSD-ITS.
7. Bapak dan Ibu dosen serta para staf Departemen Matematika FMKSD-ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
8. Segenap keluarga yang telah mendukung perjalanan penulis, H. Misrawi dan Oerifah, terkhusus untuk adik tercinta Rachmat Galih Rizqullah.
9. Segenap teman-teman BIMITS yang telah memberikan tempat menimba banyak ilmu dan pengalaman
10. Teman dekat saya Eko Wahyudi, Retno Kurniya, Putri afiani, Amaliyatul Hasanah, Anggi Dwi, Atika Marasabessy, Qori' Afiata dan Mutia Anjli R terima kasih atas doa dan semangat yang diberikan.
11. Teman-teman seperjuangan saya, Matematika ITS 2015 yang tergabung dalam DOHMAIn yang turut menemani suka duka masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih mempunyai banyak kekurangan. Kritik dan saran dari berbagai pihak yang bersifat membangun juga sangat diharapkan sebagai bahan perbaikan di masa yang akan datang.

Surabaya, 27 Juni 2019

Githa Andani Suharningtyas

## DAFTAR ISI

	Hal
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
DAFTAR SIMBOL .....	xix
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan .....	5
1.5 Manfaat .....	5
BAB II .....	7
TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Penelitian Terdahulu .....	7
2.2 Dasar Teori .....	8
2.2.1 Analisis Ketahanan Hidup .....	8
2.2.2 Model Frailty (Efek Random) .....	12
2.2.3 Model Bayesian Hierarki .....	13
2.2.4 Likelihood .....	14
2.2.5 Distribusi Prior .....	14
2.2.6 Distribusi Gamma .....	15
2.2.7 Distribusi Normal .....	15
2.2.8 Distribusi Posterior .....	15
2.2.9 Metode Markov Chain Monte Carlo (MCMC) dengan Gibbs Sampling .....	16
2.2.10 Analisis Spasial .....	17
2.2.11 Tuberkulosis (TB) .....	21

BAB III.....	25
METODE PENELITIAN .....	25
3.1    Sumber Data.....	25
3.2    Variabel Penelitian .....	25
BAB IV.....	33
ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1    Model Ketahanan Hidup dengan Bayesian	
Hierarki .....	33
4.1.1 Model Bayesian Hierarki.....	33
4.1.2 Bayesian Hierarki .....	35
4.1.2 Likelihood .....	39
4.1.3 Penentuan Distribusi Prior.....	40
4.1.4 Distribusi Posterior.....	42
4.1.5 Estimasi Parameter menggunakan MCMC	
dengan Algoritma Gibbs Sampling .....	44
4.2    Model Ketahanan Hidup Penderita Tuberkulosis ..	44
4.2.1 Karakteristik Penderita Tuberkulosis .....	45
4.2.2 Hasil Estimasi Parameter menggunakan	
Algoritma Gibbs Sampling dan MCMC.....	48
4.3    Analisis Spasial .....	52
4.3.1 Pemetaan Penderita Tuberkulosis .....	52
4.3.2. Karakteristik Berdasarkan Lokasi Kecamatan	53
4.3.3 Pembobotan Spasial .....	62
4.3.4 Autokorelasi Spasial.....	63
KESIMPULAN DAN SARAN .....	71
5.1    Kesimpulan .....	71
5.2    Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA.....	75
LAMPIRAN.....	81

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
<b>Gambar 3.1</b> Peta Administrasi Wilayah Sumenep.....	27
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	31
<b>Gambar 4.1</b> Peta Pemetaan Penderita Tuberkulosis.....	52
<b>Gambar 4.2</b> Deskriptif Kecamatan Pragaan .....	54
<b>Gambar 4.3</b> Deskriptif Kecamatan Bluto .....	54
<b>Gambar 4.4</b> Deskriptif Kecamatan Saronggi .....	55
<b>Gambar 4.5</b> Deskriptif Kecamatan Kalianget.....	55
<b>Gambar 4.6</b> Deskriptif Kecamatan Kota .....	56
<b>Gambar 4.7</b> Deskriptif Kecamatan Lenteng .....	56
<b>Gambar 4.8</b> Deskriptif Kecamatan Ganding.....	57
<b>Gambar 4.9</b> Deskriptif Kecamatan Guluk-guluk .....	57
<b>Gambar 4.10</b> Deskriptif Kecamatan Pasongsongan .....	58
<b>Gambar 4.11</b> Deskriptif Kecamatan Ambunten.....	58
<b>Gambar 4.12</b> Deskriptif Kecamatan Rubaru .....	59
<b>Gambar 4.13</b> Deskriptif Kecamatan Dasuk .....	59
<b>Gambar 4.14</b> Deskriptif Kecamatan Manding .....	60
<b>Gambar 4.15</b> Deskriptif Kecamatan Batu Putih .....	60
<b>Gambar 4.16</b> Deskriptif Kecamatan Gapura .....	61
<b>Gambar 4.17</b> Deskriptif Kecamatan Batang-batang .....	61
<b>Gambar 4.18</b> Deskriptif Kecamatan Dungkek.....	62
<b>Gambar 4.19</b> Peta Ketetangaan Sumenep .....	62
<b>Gambar 4.20</b> Indeks Moran's I .....	64
<b>Gambar 4.21</b> Permutasi 999 kali Indeks Moran's I .....	64





## DAFTAR TABEL

	Hal
<b>Tabel 3.1</b> Struktur Data Analisis ketahanan hidup .....	27
<b>Tabel 3.2</b> Daftar Kecamatan di Kabupaten Sumenep.....	28
<b>Tabel 4.1</b> Analisis deskriptif .....	45
<b>Tabel 4.2</b> Berdasarkan Umur ( $X_1$ ) .....	46
<b>Tabel 4.3</b> Berdasarkan Jenis Kelamin ( $X_2$ ) .....	46
<b>Tabel 4.4</b> Berdasarkan Pekerjaan ( $X_3$ ) .....	47
<b>Tabel 4.5</b> Berdasarkan Pendidikan ( $X_4$ ) .....	47
<b>Tabel 4.6</b> Estimasi Parameter Distribusi Weibull .....	49
<b>Tabel 4.7</b> Estimasi Parameter Bayesian Hieraki.....	50



## DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
<b>Lampiran A</b> Data Penderita Tuberkulosis.....	77
<b>Lampiran B</b> Pengelompokan Data.....	78
<b>Lampiran C</b> Jumlah Data Penderita Tuberkulosis.....	80
<b>Lampiran D</b> Deskriptif Variabel Kecamatan.....	81
<b>Lampiran E</b> Uji Distribusi Weibull.....	90
<b>Lampiran F</b> Source Code Distribusi Weibull .....	93
<b>Lampiran G</b> Source Code Bayesian Hierarki.....	98
<b>Lampiran H</b> Autokorelasi Spasial .....	105
<b>Lampiran I</b> Biodata Penulis.....	109



## DAFTAR SIMBOL

$F(t)$	: Fungsi kepadatan kumulatif dari $t$
$f(t)$	: Fungsi kepadatan peluang dari $t$
$S(t)$	: Fungsi ketahanan hidup dari $t$
$h(t)$	: Fungsi Hazard
$P(T > t)$	: Peluang individu bertahan hidup lebih dari $t$
$P(B_i A)$	: Peluang kejadian $B_i$ bersyarat $A$
$t_i$	: Waktu ketahanan hidup ke- $i$
$n_i$	: Jumlah individu yang diamati pada waktu $t_i$
$b_{ij}$	: efek random individu
$u_j$	: efek random kelompok
$w_j$	: efek random spasial
$\alpha$	: Parameter skala dari distribusi Weibull
$h(t, X)$	: Fungsi <i>Hazard proportional</i> Model Hierarki
$h_0(t)$	: <i>Baseline hazard</i>
$\Gamma(\cdot)$	: Fungsi Gamma
$E(X)$	: Ekspektasi dari $X$
$Var(X)$	: Varian dari $X$
$L(t_i X_i)$	: Fungsi likelihood
$f(X_i a, b)$	: Distribusi prior
$h(X_i t_i)$	: Distribusi posterior
$X_1$	: Variabel umur
$X_2$	: Variabel jenis kelamin
$X_3$	: Variabel pekerjaan
$X_4$	: Variabel pendidikan
$Z_1$	: Variabel Kepadatan Penduduk
$\beta_1$	: Koefisien variabel umur
$\beta_2$	: Koefisien variabel jenis kelamin
$\beta_3$	: Koefisien variabel pekerjaan
$\beta_4$	: Koefisien pendidikan
$\gamma_{11}$	: Koefisien kepadatan penduduk

$I$  : Indeks Moran's I  
 $E(I)$  : Nilai harapan indeks Moran's  
 $Var(I)$  : Varians Indek Moran's

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan Tugas Akhir ini.

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Indonesia sebagai negara tropis memiliki potensi besar dalam penyebaran penyakit menular. Penyakit menular merupakan masalah penting bidang kesehatan hampir semua negara berkembang. Hal ini karena angka kesakitan dan kematian yang relatif tinggi dalam kurun waktu yang relatif singkat. Menurut Natoadmodjo (2003) penyakit menular adalah penyakit yang dapat ditularkan (berpindah dari orang yang satu ke orang yang lain, baik secara langsung maupun melalui perantara). Perantara ini bisa melalui beberapa faktor seperti orang, tempat dan waktu. Prioritas penyakit menular, masih tertuju pada penyakit HIV/AIDS, tuberkulosis, malaria, demam berdarah, dan influenza. Penyakit menular tersebut umumnya tersebar rata di seluruh Indonesia tidak terkecuali di Sumenep.

Sumenep merupakan kabupaten yang berada di daerah paling timur pulau Madura, Jawa Timur. Berdasarkan data BPS Kabupaten Sumenep tahun 2017 jumlah penduduk mencapai 1.076.806 Jiwa dengan luas wilayah 2.093,45 km<sup>2</sup>. Secara administrasi wilayah terdiri atas 27 Kecamatan, 328 Desa dan 4 Kelurahan dengan kepadatan penduduk mencapai sekitar 512 Jiwa/km<sup>2</sup>. Berdasarkan observasi data kondisi pemukiman di Sumenep sangat padat dan sanitasinya kurang baik, hal tersebut dapat mengakibatkan terjadinya penyakit berbasis lingkungan yang dapat menular. Salah satu penyakit menular yaitu Tuberkulosis.

Tuberkulosis adalah suatu penyakit menular yang disebabkan oleh kuman *Mycobacterium tuberculosis*, yang dapat menyerang organ tubuh terutama paru-paru. Jumlah kasus Tuberkulosis di Indonesia sebanyak 420.994 kasus pada tahun 2017 [1]. Gambaran kasus Tuberkulosis di Kabupaten Sumenep pada tahun 2016 jumlah kasus baru Tuberkulosis dengan BTA positif sebesar 626 kasus. Untuk angka kesembuhan pada tahun 2016 sebesar 790 kasus dari 944 kasus yang diobati dengan angka keberhasilan 92,27% [2]. Padahal, pengobatan Tuberkulosis terbilang cukup sederhana dengan mengkonsumsi obat antibiotik Tuberkulosis. Namun, salah satu penyebab penderita Tuberkulosis terus bermunculan dan banyak yang tidak berhasil disembuhkan adalah kegagalan pengobatan. Pada dasarnya, kondisi penderita Tuberkulosis akan mulai membaik setelah mengkonsumsi obat selama 2 minggu, tetapi pengobatan TB bisa tuntas hingga 6 sampai 9 bulan sehingga berisiko tinggi untuk lupa minum obat. Penyakit Tuberkulosis ini disebabkan karena daya tahan tubuh menurun. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis pada data pasien Tuberkulosis dengan faktor-faktor risiko yang berpengaruh. Hal ini akan berpengaruh terhadap ketahanan hidup pasien Tuberkulosis.

Analisis ketahanan hidup (*survival*) merupakan metode yang berhubungan dengan waktu, mulai dari awal pengamatan berlanjut pada tahap berikutnya sampai muncul suatu kejadian. Pada bidang medis, analisis ketahanan hidup dapat diterapkan untuk menganalisis waktu tahan hidup pasien terhadap suatu penyakit. Analisis ketahanan hidup sering disebut juga analisis antar kejadian (*time to event analysis*). Kejadian tersebut dapat berupa perkembangan suatu penyakit, respon terhadap perawatan, kambuhnya suatu penyakit, kematian atau kejadian



lain yang ditentukan peneliti. Hal terpenting pada analisis survival, peneliti dapat dipastikan akan menemukan banyak hambatan seperti waktu, biaya dan hambatan dari subjek itu sendiri. Hambatan tersebut akan berdampak pada data yang diperoleh menjadi data akan tidak lengkap. Data yang tidak lengkap tersebut dinamakan data tersensor. Analisis yang cocok untuk mengolah data tersensor adalah analisis survival.

Bertambahnya jumlah penderita penyakit Tuberkulosis (individu) berkorelasi dengan lingkungan tempat tinggal (Kecamatan). Dalam penelitian ini, peneliti mengambil sampel antar wilayah Kecamatan di Sumenep. Data yang mengenai individu dan kelompok kecamatan adalah data berstruktur Hierarki. Metode Hierarki merupakan metode pengelompokan yang terstruktur dan bertahap berdasarkan pada kemiripan sifat antar obyek. Kemiripan sifat tersebut dapat ditentukan dari kedekatan jarak. [3].

Telah dilakukan penelitian terkait mengenai analisis ketahanan hidup. Pada tahun 2003, penelitian mengenai analisis ketahanan hidup yang telah dilakukan oleh Banerjee [4]. Banerjee mengembangkan analisis ketahanan hidup yang melibatkan efek random kelompok dengan cluster yang diatur secara spasial. Penelitian lain terkait metode bayesian dilakukan oleh Taufik (2010) tentang pemodelan *Multilevel Survival* Spasial dengan pendekatan Bayesian metode dengan estimasi parameter yang menggunakan metode Bayesian Markov Change Monte Carlo (MCMC) dengan algoritma Gibbs sampling [5]. Amran mengembangkan metode Bayesian hierarki yang diaplikasikan pada data curah hujan ekstrim untuk membuat peta prediksi beserta suatu interval kepercayaan [6]. Selanjutnya, oleh Nur Mahmudah mengenai Bayesian Spasial *Survival* model pada data berdistribusi weibull [7].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, oleh karena itu peneliti akan melakukan analisis pada data survival yang berstruktur hierarki, karena seringkali waktu survival antar amatan pada kelompok seperti kecamatan yang sama memiliki karakteristik yang cenderung mirip dan saling berkorelasi. Dalam menentukan dependensi korelasi dari daerah-daerah yang saling berdekatan akan digunakan autokorelasi spasial yang dinyatakan melalui sebuah matriks pembobotan. Kemudian digunakan estimasi model ketahanan hidup hierarki menggunakan metode Markov Chain Monte Carlo (MCMC) dengan *Gibbs Sampling*.

Pada Tugas Akhir ini bertujuan untuk mendapatkan model ketahanan hidup pada kasus penderita Tuberkulosis dengan menggunakan metode Bayesian Hierarki yang melibatkan efek random spasial.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana menentukan rumusan model ketahanan hidup Bayesian Hierarki yang melibatkan efek random?
2. Bagaimana mendapatkan model estimasi ketahanan hidup penderita Tuberkulosis di Sumenep menggunakan metode Bayesian Hierarki?
3. Apakah faktor spasial wilayah Kecamatan memberikan pengaruh terhadap tingkat kematian penderita Tuberkulosis?

## **1.3 Batasan Masalah**

Ruang lingkup permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Data pasien penyakit Tuberkulosis Rumah Sakit Umum Dr. Moh Anwar Sumenep tahun 2017-2018 di 17 Kecamatan yang berada di wilayah daratan Kabupaten Sumenep.
2. Estimasi parameter model ketahanan hidup dengan distribusi weibull menggunakan pendekatan Bayesian Hierarki dengan algoritma MCMC dan Gibbs Sampling.
3. Menggunakan *software* WinBUGS untuk estimasi parameter dan *software* Geoda untuk korelasi antar wilayah kecamatan.

#### **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini yaitu:

1. Menentukan rumusan model ketahanan hidup Bayesian Hierarki yang melibatkan efek random.
2. Mendapatkan model estimasi ketahanan hidup penderita Tuberkulosis di Sumenep menggunakan metode Bayesian Hierarki.
3. Menganalisis faktor spasial wilayah Kecamatan yang memberikan pengaruh terhadap tingkat kematian pasien Tuberkulosis.

#### **1.5 Manfaat**

Penelitian ini memberi manfaat sebagai berikut :

1. Memungkinkan untuk memprediksi ketahanan hidup yang akan berguna bagi dunia kesehatan terutama bagi pasien Tuberkulosis sehingga dapat dilakukan penanganan yang tepat.
2. Memberikan pengetahuan terkait metode untuk mendapatkan model ketahanan hidup dengan pendekatan metode Bayesian Hierarki

3. Menginformasikan pengaruh spasial kecamatan atau lingkungan sekitar terhadap penyebaran penyakit Tuberkulosis sehingga perlu diciptakan dan menjaga kondisi lingkungan yang sehat.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk memberikan gambaran mengenai keseluruhan isi Tugas Akhir ini, dikemukakan sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini yang terdiri dari lima bab yaitu sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan hasil Tugas Akhir.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas mengenai penelitian terdahulu serta teori-teori yang mendukung dalam proses penyelesaian permasalahan dalam Tugas Akhir ini.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang tahapan-tahapan dalam proses menyelesaikan masalah dan mencapai tujuan Tugas Akhir.

### **BAB IV PEMBAHASAN**

Bab ini membahas fungsi ketahanan hidup, penentuan distribusi prior dan fungsi likelihood, pembentukan distribusi posterior menggunakan Bayesian Hierarki, perhitungan autokorelasi parsial dan pembobotan matriks.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini menjelaskan kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai teori-teori yang mendukung dalam proses penyelesaian permasalahan dalam Tugas Akhir ini untuk mendapatkan model ketahanan hidup untuk menganalisis ketahanan hidup dengan menggunakan metode Bayesian Hierarki.

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang pernah dilakukan penelitian terkait mengenai analisis ketahanan hidup. Pada tahun 2003, penelitian mengenai analisis ketahanan hidup yang telah dilakukan oleh Banerjee [4]. Banerjee mengembangkan analisis ketahanan hidup yang melibatkan efek random kelompok dengan cluster yang diatur secara spasial. Penelitian lain terkait metode bayesian dilakukan oleh Taufik (2010) tentang pemodelan *Multilevel Survival* Spasial dengan pendekatan Bayesian metode dengan estimasi parameter yang menggunakan metode Bayesian Markov Chain Monte Carlo (MCMC) dengan algoritma Gibbs sampling menggunakan software WinBUGS [5]. Amran mengembangkan metode Bayesian hierarki proses ST non stasioner berbasis kopula pada data non Gaussian yang diaplikasikan pada data curah hujan ekstrim untuk membuat peta prediksi beserta suatu interval kepercayaan [6]. Selanjutnya, oleh Nur Mahmudah mengenai Bayesian Spasial *Survival* model pada data berdistribusi weibull dengan *Frailty* berdistribusi *Conditionally Autoregressive* [7].

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Analisis Ketahanan Hidup

Analisis ketahanan hidup (analisis *survival*) adalah kumpulan prosedur statistika untuk menganalisis data yang berasal dari variabel respon waktu (*time*) sampai terjadinya suatu kejadian (*event*). Waktu yang dicatat dalam hari, minggu, bulan, atau tahun mulai waktu individu masuk dalam penelitian sampai dia mengalami suatu kejadian. Kejadian dapat pula disebut sebagai sebuah kegagalan (*failure*) yaitu kejadian awal misalkan awal pasien terjangkit penyakit dan untuk kejadian akhir misalkan kematian pasien dan kesembuhan pasien. Ketahanan hidup berkaitan dengan waktu ketahanan hidup (*survival time*) [8]. Dalam menentukan waktu ketahanan hidup, perlu diperhatikan beberapa hal, yaitu:

1. Waktu awal pencatatan (*start point*) adalah waktu awal dimana dilakukannya pencatatan untuk menganalisis suatu kejadian.
2. Waktu akhir pencatatan (*end point*) adalah waktu pencatatan berakhir. Waktu ini berguna untuk mengetahui status tersensor atau tidak tersensor seorang pasien untuk bisa melakukan analisis.
3. Skala waktu pengukuran harus jelas. Skala ini sebagai batas dari waktu awal hingga akhir peristiwa. Skala diukur dalam hari, minggu, atau tahun.
4. Kejelasan definisi waktu kegagalan (*failure event*)

Keadaan dimana suatu obyek pengamatan tidak dapat diamati secara penuh sampai terjadinya *failure event* disebut kondisi tersensor. Penyebab terjadinya data tersensor diantaranya:

1. Obyek penelitian tidak mengikuti perawatan yang diberikan sampai masa penelitian berakhir (*lost of follow up*).
2. Masa penelitian berakhir sementara observasi masih belum mencapai *failure event* (*termination of the study*).
3. *Drop Out*

Analisis ketahanan hidup mempunyai beberapa tujuan dasar yaitu: (1) memperkirakan fungsi ketahanan hidup dan fungsi hazard, (2) membandingkan fungsi ketahanan hidup dan fungsi hazard pada dua atau lebih kelompok, (3) mengetahui hubungan antara variabel-variabel tertentu terhadap waktu ketahanan hidup [11].

Pada analisis ketahanan hidup dapat dinyatakan dengan tiga fungsi utama yaitu fungsi kepadatan peluang, fungsi ketahanan hidup dan fungsi hazard.

### 2.2.1.1 Fungsi Kepadatan Peluang

Fungsi kepadatan peluang atau *Probability Density Function* (PDF) merupakan peluang suatu individu mengalami *event*, gagal atau mati dalam interval waktu  $t$  sampai  $(t + \Delta t)$  yang dinotasikan dengan  $f(t)$ . Fungsi ini dirumuskan sebagai berikut [10]:

$$\begin{aligned}
 f(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < (t + \Delta t))}{\Delta t} \\
 &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t} \quad (2.1)
 \end{aligned}$$

$T$  Merupakan variabel acak non negatif dalam interval  $[0, \infty)$ ,  $F(t)$  merupakan fungsi distribusi kumulatif atau *Cumulative Density Function* (CDF) dari  $T$ . Fungsi ini

didefinisikan sebagai peluang suatu individu mengalami *event* sampai dengan waktu  $t$  yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F(t) &= P(T \leq t) \\ &= \int_0^t f(t) dt \end{aligned} \quad (2.2)$$

### 2.2.1.2 Fungsi Ketahanan Hidup

Fungsi ketahanan hidup dinotasikan dengan  $S(t)$ .  $S(t)$  mendefinisikan peluang dari suatu individu untuk bertahan setelah waktu yang ditetapkan[11].

$$\begin{aligned} S(t) &= P(\text{individu tahan hidup lebih dari } t) \\ &= P(T > t) \\ &= \int_t^{\infty} f(t) dt \end{aligned} \quad (2.3)$$

Menggunakan definisi fungsi distribusi kumulatif  $F(t) = P(T \leq t)$ , fungsi ketahanan hidup dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S(t) &= P(T > t) \\ &= 1 - P(T \leq t) \\ &= 1 - F(t) \end{aligned} \quad (2.4)$$

Fungsi hidup memiliki beberapa karakteristik yaitu sebagai berikut:

1. Fungsi ketahanan hidup merupakan fungsi tak naik.
2. Ketika  $t = 0$ , diperoleh  $S(t) = S(0) = 1$  artinya awal dimulainya penelitian karena tidak ada objek/individu yang mengalami *event* sehingga peluang pada saat  $t = 0$  adalah 1.



3. Ketika  $t \rightarrow \infty$ , nilai  $S(t) \rightarrow 0$  yang berarti ketika waktu penelitian bertambah tanpa batas maka tidak ada individu yang hidup sehingga pada kurva fungsi ketahanan hidup akan menuju nol.

### 2.2.1.3 Fungsi Hazard

Fungsi *hazard* atau *hazard rate* dinotasikan dengan  $h(t)$  didefinisikan sebagai laju suatu individu untuk mengalami *event* selama interval waktu yang kecil  $\Delta t$  dengan asumsi individu masih bertahan pada awal interval atau limit dari peluang individu gagal pada interval waktu yang kecil  $(t, t + \Delta t)$  dengan individu masih bertahan sampai waktu  $t$ . Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut [11]:

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T > t)}{\Delta t} \quad (2.5)$$

Dengan menggunakan teorema peluang bersyarat, diperoleh persamaan untuk fungsi *hazard* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} h(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T > t)}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P((t \leq T < (t + \Delta t)) \cap (T > t))}{P(T > t)\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < (t + \Delta t))}{S(t)\Delta t} \\ &= \frac{1}{S(t)} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{F'(t)}{S(t)} \\
 &= \frac{f(t)}{S(t)}
 \end{aligned}$$

Sehingga hubungan antara fungsi survival dengan fungsi hazard dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} \quad (2.6)$$

Fungsi *hazard*  $h(t)$  mempunyai karakteristik sebagai berikut [11]:

1. Fungsi *hazard* selalu tidak negatif berarti  $h(t) \geq 0$ .
2. Fungsi *hazard* tidak mempunyai batas atas.

### 2.2.2 Model Frailty (Efek Random)

Data berstruktur Hierarki di mana terdapat sumber-sumber variansi atau keragaman yang tidak dapat dijelaskan melalui variabel kovariat dalam model mengakibatkan terjadinya kesalahan random pada pendugaan parameter survival. Salah satu cara untuk mengatasi kesalahan random pada parameter model survival adalah dengan menyertakan efek random atau *frailty terms* dalam model. Terdapat dua pendekatan *frailty* yaitu sebagai berikut [8].

1. *Unit specific* atau individual *frailty terms* adalah setiap unit dalam pengamatan memiliki frailty (efek random).
2. *Hierarchical* artinya tiap-tiap unit pengamatan saling mengelompokkan dan unit-unit dalam satu kelompok mempunyai *frailty* bersama sedangkan *frailty* antar kelompok bersifat *independent*.

### 2.2.3 Model Bayesian Hierarki

Metode Hierarki merupakan metode pengelompokan yang terstruktur dan bertahap berdasarkan pada kemiripan sifat antar objek. Kemiripan sifat tersebut dapat ditentukan dari kedekatan jarak. Tingkatan dalam struktur hierarki didefinisikan sebagai level. Level 1 adalah tingkatan yang paling rendah misal individu dan level 2 adalah tingkatan yang lebih tinggi misal kelompok kecamatan.

Model Bayesian Hierarki digunakan untuk menghasilkan distribusi posterior bersama dari parameter model. Model Bayesian Hierarki adalah suatu bentuk pemodelan berdasarkan dekomposisi bentuk peluang bersama dari suatu himpunan variabel acak menjadi suatu deretan model distribusi bersyarat [12].

Terdapat tiga tahap pemodelan yang dapat digunakan dalam model Bayesian hierarki sebagai berikut [6]:

1. Tahap pemodelan data, digunakan untuk menentukan distribusi data, diketahui proses laten yang diamati dan parameternya.
2. Tahap pemodelan proses yang mempengaruhi variabel pengamatan dengan menjelaskan proses bersyarat pada parameter proses lainnya.
3. Tahap pemilihan distribusi prior parameter yang mengontrol model tahap data dan tahap proses

Teorema Bayes mendasari model Bayesian Hierarki dapat dituliskan bentuk probabilitas sebagai berikut:

$$f(\text{posterior}) \propto f(\text{likelihood}) \times f(\text{prior}) \quad (2.7)$$

Inferensi statistik diperoleh dari posterior fungsi hazard proporsional terhadap data (*likelihood*) dan informasi awal yang disebut prior.

Menurut Bernajee, Wall, and Carlin (2003) menyatakan bahwa fungsi hazard menaksir peluang objek mengalami event pada waktu ke- $t$ . Model *Cox Proportional Hazard* ditulis dalam rumus model sebagai berikut:

$$h(t|\mathbf{X}) = h_0(t)\exp(\beta_0 + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_n x_{nij}) \quad (2.8)$$

#### 2.2.4 Likelihood

Fungsi likelihood digunakan untuk menentukan estimasi, termasuk pada proses estimasi dengan metode Bayes. Fungsi likelihood adalah fungsi kepadatan peluang (PDF) bersama dari  $n$  sampel acak  $X_1, X_2, \dots, X_n$  dan dinyatakan dalam bentuk  $f(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta)$ . Jika  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  ditetapkan, maka fungsi likelihood adalah fungsi dari parameter  $\theta$  dan dinotasikan dengan  $L(\theta)$ . Jika  $X_1, X_2, \dots, X_n$  menyatakan suatu sampel acak dari  $f(x; \theta)$ , fungsi likelihood sebagai berikut [10]:

$$\begin{aligned} L(\theta) &= f(x_1; \theta)f(x_2; \theta) \dots f(x_n; \theta) \\ &= \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta) \end{aligned} \quad (2.9)$$

#### 2.2.5 Distribusi Prior

Dalam analisis Bayesian dibutuhkan informasi distribusi awal mengenai suatu parameter dari distribusi sampel yang mengikuti distribusi tertentu yang dinamakan dengan distribusi prior, selain itu dibutuhkan informasi dari sampel yang dinyatakan melalui fungsi likelihood untuk membentuk distribusi posterior. Menurut Box dan Tiao menjelaskan beberapa distribusi prior:

1. Prior konjugat (*conjugate*) dan prior tidak konjugat (*non-conjugate*) yang berkaitan dengan bentuk distribusi hasil identifikasi pola likelihood data.
2. Prior informatif (*informative*) dan prior tidak informatif (*non-informative*) yaitu prior terkait dengan sudah

diketahui maupun belum diketahui pola atau frekuensi distribusi dari datanya.

3. Proper prior dan Improper prior (Jeffreys prior) yaitu Prior terkait pada pemberian pembobotan di setiap titik, berdistribusi normal atau tidak.

### 2.2.6 Distribusi Gamma

Jika sebuah variabel acak kontinu  $X$  dengan parameter bentuk  $\alpha$  dan parameter skala  $\beta$ , maka fungsi kepadatan peluang dari  $X \sim G(\alpha, \beta)$  sebagai berikut [10] :

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \cdot \frac{1}{\alpha^\beta} x^{\beta-1} e^{-\frac{x}{\alpha}} & ; \text{untuk } x > 0 \\ 0 & ; \text{untuk } x \text{ lainnya} \end{cases} \quad (2.11)$$

dimana  $\alpha > 0$  dan  $\beta > 0$ .

### 2.2.7 Distribusi Normal

Jika  $X$  yang berdistribusi normal dengan mean  $\mu$  dan variansi  $\sigma^2$ , maka fungsi kepadatan peluang  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$  dinyatakan sebagai berikut [10]:

$$f(x; \mu, \sigma^2) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] & 0 < t < \infty \\ 0 & t \text{ yang lain} \end{cases} \quad (2.12)$$

dimana  $-\infty < x < \infty$ ,  $-\infty < \mu < \infty$  dan  $\sigma^2 > 0$ .

### 2.2.8 Distribusi Posterior

Dalam estimasi Bayes, setelah informasi sampel diambil dan prior telah ditentukan, distribusi posterior diperoleh dengan mengalikan prior dengan informasi sampel yang diperoleh dari likelihood. Berdasarkan teorema Bayes, diberikan  $f(\theta)$  sebagai distribusi prior, diperoleh definisi distribusi posterior sebagai berikut[11]:

$$f(\theta|x_1, \dots, x_n) = \frac{\prod_{i=1}^n f(x_i|\theta)f(\theta)}{\int \prod_{i=1}^n f(x_i|\theta)f(\theta) d\theta}$$

$$f(\theta|x_1, \dots, x_n) = \frac{f(x_1, \dots, x_n|\theta)f(\theta)}{\int f(x_1, \dots, x_n|\theta)f(\theta)d\theta} \quad (2.13)$$

### 2.2.9 Metode Markov Chain Monte Carlo (MCMC) dengan Gibbs Sampling

Markov Chain Monte Carlo (MCMC) menurut Ntzoufras (2009) merupakan suatu pendekatan numerik untuk mendapatkan distribusi posterior dari suatu Bayesian. Kegunaan MCMC adalah untuk menaksir parameter model saat penentuan distribusi posterior. Metode simulasi MCMC yang merupakan perpaduan antara Monte Carlo dengan sifat Markov Chain untuk mendapatkan data sampel. MCMC membangkitkan data sampel parameter  $\theta$  yang memiliki distribusi tertentu melalui sebuah algoritma, dimana nilai setiap langkah bergantung pada satu langkah sebelumnya sehingga membentuk suatu rantai Markov. Salah satu algoritma yang sering digunakan dalam MCMC adalah *Gibbs Sampling* [13].

*Gibb's Sampling* bisa diterapkan apabila distribusi bersyarat dari tiap-tiap parameter diketahui. Asumsikan terdapat  $j$  parameter  $\theta$  maka algoritma *Gibb's Sampling* dapat dituliskan sebagai berikut.

Misalkan  $(\theta = \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$

1. Menentukan nilai awal  $\theta^{(0)}$
2. Untuk  $t = 1, 2, \dots, T$  ulangi langkah-langkah berikut:
  - a. Menentukan  $\theta = \theta^{(t-1)}$
  - b. Untuk  $t = 1$  perbarui  $\theta_j$  dari  $\theta_j \sim f(\theta_j|\theta_j)$ . Proses lengkapnya sebagai berikut:
 

Membangkitkan  $\theta_1^{(t)}$  dari  $f(\theta_1|\theta_2^{(t-1)}, \dots, \theta_n^{(t-1)})$

Membangkitkan  $\theta_2^{(t)}$  dari  $f(\theta_2 | \theta_1^{(t)}, \dots, \theta_n^{(t-1)})$   
 Membangkitkan  $\theta_3^{(t)}$  dari  $f(\theta_3 | \theta_1^{(t)}, \theta_2^{(t)}, \dots, \theta_n^{(t-1)})$   
 $\vdots$        $\vdots$        $\vdots$        $\vdots$        $\vdots$        $\vdots$   
 Membangkitkan  $\theta_n^{(t)}$  dari  $f(\theta_n | \theta_1^{(t)}, \theta_2^{(t)}, \dots, \theta_{n-1}^{(t)})$

- c. Membentuk  $\theta^{(t)}$  dan menyimpan sebagai himpunan nilai yang dibangkitkan.

### 2.2.10 Analisis Spasial

Data spasial adalah data yang memuat adanya informasi lokasi atau geografis dari suatu wilayah. Secara umum analisis spasial membutuhkan suatu data yang berdasarkan lokasi yang memuat karakteristik dari lokasi tersebut. Analisis spasial terdiri dari tiga kelompok yaitu visualisasi, eksplorasi, dan pemodelan. Visualisasi adalah menginformasikan hasil analisis spasial. Eksplorasi adalah mengolah data spasial dengan metode statistika. Sedangkan pemodelan adalah menunjukkan adanya konsep hubungan sebab akibat dengan menggunakan metode tertentu untuk memprediksi adanya pola spasial. Hal yang sangat penting dalam analisis spasial adalah adanya autokorelasi dan pembobot spasial untuk menentukan bobot antar lokasi yang diamati berdasarkan hubungan ketetanggaan antar lokasi [14].

#### Autokorelasi Spasial

Autokorelasi spasial adalah taksiran dari korelasi antar nilai amatan yang berkaitan dengan lokasi spasial pada variabel yang sama. Autokorelasi spasial positif menunjukkan adanya kemiripan nilai dari lokasi-lokasi yang berdekatan dan cenderung berkelompok. Sedangkan autokorelasi spasial yang negatif menunjukkan bahwa lokasi-lokasi yang berdekatan mempunyai nilai yang berbeda dan cenderung menyebar.

Karakteristik dari autokorelasi spasial yang diungkapkan oleh Kosfeld, yaitu:

1. Jika terdapat pola sistematis pada distribusi spasial dari variabel yang diamati, maka terdapat autokorelasi spasial.
2. Jika ketetanggaan antar daerah lebih dekat, maka dapat dikatakan ada autokorelasi spasial positif.
3. Autokorelasi spasial negatif menggambarkan pola ketetanggaan yang tidak sistematis.
4. Pola acak dari data spasial menunjukkan tidak ada autokorelasi spasial

Autokorelasi spasial untuk data spasial menggunakan metode Moran's Index. Indeks Moran (Moran's I) merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk menghitung autokorelasi spasial secara global. Metode ini untuk mendeteksi permulaan dari keacakan spasial. Keacakan spasial ini dapat mengindikasikan adanya pola-pola yang mengelompok atau membentuk tren terhadap ruang. Menurut LeSage(1999), perhitungan autokorelasi spasial dengan metode Moran's I dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu[14]:

1. Indeks Moran dengan matriks pembobot spasial tak terstandarisasi

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}^* (x_j - \bar{x})(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}^* \sum_{i=1}^n (x_j - \bar{x})} \quad (2.14)$$

2. Indeks Moran dengan matriks pembobot spasial terstandarisasi

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x})(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_j - \bar{x})^2} \quad (2.15)$$

dengan:

I : Indeks Moran

n : banyaknya lokasi kejadian



$x_i$  : nilai pada lokasi i

$x_j$  : nilai pada lokasi j

$\bar{x}$  : rata-rata dari jumlah variabel atau nilai

$w_{ij}^*$  : elemen pada matrik pembobot spasial tak terstandarisasi antara daerah i dan j

$w_{ij}$  : elemen pada matrik pembobot spasial terstandarisasi antara daerah i dan j

Sedangkan rumus perhitungan nilai harapan dan varians dari Global Moran's I dapat dituliskan sebagai berikut :

Nilai harapan Global Moran's I

$$E(I) = -\frac{1}{(n-1)} \quad (2.16)$$

dimana n adalah banyak lokasi yang diamati

Varians Global Moran's I

$$Var(I) = \frac{n^2 s_1 - n s_2 + 3 s_0^2}{(n^2 - 1) s_0^2} - \frac{1}{(n-1)^2} \quad (2.17)$$

Dengan

$$s_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$$

$$w_{i0} = \sum_j w_{ij}$$

$$s_1 = \sum_{i \neq j} (w_{ij} + w_{ji})^2$$

$$w_{0i} = \sum_j w_{ji}$$

$$s_2 = \sum_i (w_{i0} + w_{0i})^2$$

### Pembobotan Spasial

Matriks pembobot spasial ( $W$ ) merupakan matriks yang menggambarkan hubungan antara satu wilayah dengan wilayah yang lain. Menurut Le Sage (1998), matriks pembobot spasial bersifat simetris berukuran ( $n \times n$ ), dan mempunyai diagonal

utama yang selalu bernilai nol yaitu  $w_{ij} = 0$  untuk  $i = j$ .

Adapun pembobot dalam bentuk matriks adalah[14]:

$$W = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nn} \end{pmatrix}$$

Matriks  $W$  berdasarkan hubungan persinggungan bataswilayah (*contiguity*) menyatakan bahwa interaksi spasial terjadi antar wilayah yang bertetangga, yaitu interaksi yang memiliki persinggungan batas wilayah (*common boundary*).

Terdapat beberapa kemungkinan dalam hal pembuatan suatu matriks pembobot, antara lain sebagai berikut:

- Linier contiguity* adalah persinggungan wilayah yang dikanan atau kiri berhubungan langsung dengan wilayah lain yang bertetangga atau bisa disebut sebagai persinggungan tepi.
- Rook contiguity* adalah persinggungan sisi wilayah satu dengan sisi wilayah lain yang bertetangga.
- Bishop contiguity* adalah persinggungan sudut wilayah satu dengan wilayah lain yang bertetangga.
- Queen contiguity* adalah persinggungan sisi maupun sudut wilayah satu dengan lain yang saling bertetangga, dengan kata lain perpaduan antara *rook contiguity* dan *bishop contiguity*. Konstruksi matriks *queen contiguity* adalah sebagai berikut:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{Untuk } i \text{ dan } j \text{ berdekatan} \\ 0, & \text{Untuk lainnya} \end{cases} \quad (2.18)$$

Normalisasi baris matriks dinotasikan sebagai berikut:

$$\overline{w_{ij}} = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad i, = 1, 2, \dots, n \quad (2.19)$$

### **2.2.11 Tuberkulosis (TB)**

Tuberkulosis adalah suatu penyakit menular yang disebabkan oleh kuman *Mycobacterium Tuberculosis* yang dapat menyerang organ tubuh, terutama paru-paru. Penyakit Tuberkulosis dapat berakibat kematian apabila tidak diobati atau pengobatannya tidak tuntas[15]. Gejala utama pasien Tuberkulosis yaitu batuk berdahak, sesak nafas, badan lemas, nafsu makan menurun, berat badan menurun, malaise, berkeringat malam hari tanpa kegiatan fisik dan demam meriang selama 2 minggu atau lebih.

#### **Penularan Penyakit Tuberkulosis**

Tuberkulosis dapat ditularkan dengan menghirup tetesan cairan yang dikeluarkan langsung dari paru-paru penderita yang mengandung bakteri *Mycobacterium Tuberculosis* saat mereka batuk sambil bersin, tertawa, dan berbicara. Orang-orang yang tinggal bersama penderita dengan Tuberkulosis aktif memiliki risiko tertular tertinggi karena biasanya penularan membutuhkan waktu yang lama. Anak-anak yang masih sangat kecil (di bawah umur 5 tahun) dan orang yang memiliki sistem kekebalan tubuh yang lemah memiliki risiko tertinggi untuk menderita Tuberkulosis aktif. Tuberkulosis tidak ditularkan dengan menyentuh benda, jadi pemakaian benda rumah tangga secara terpisah tidak diperlukan. Setelah dilakukan pengobatan yang tepat selama 2 hingga 3 minggu, biasanya pasien tidak dapat lagi menularkan penyakit.

#### **Faktor Risiko**

Tingginya angka kejadian Tuberkulosis yang ditimbulkan cukup berat, perlu analisis faktor-faktor risiko yang mempengaruhi kejadian Tuberkulosis. Faktor risiko merupakan semua variabel yang berperan terhadap timbulnya penyakit Tuberkulosis. Faktor risiko yang berperan dalam kejadian

Tuberkulosis terdapat 2 faktor risiko yaitu faktor individu dan faktor lingkungan. Faktor Individu yang menjadi faktor risiko Tuberkulosis seperti jenis kelamin, umur, tingkat pendidikan, dan pekerjaan. Faktor lingkungan seperti kepadatan hunian, ventilasi, kondisi rumah dan kelembaban udara [16]. Berdasarkan penelitian yang telah berkembang, faktor risiko yang diamati dan diduga berpengaruh terhadap ketahanan hidup pasien Tuberkulosis di Rumah Sakit Dr. Moh Anwar Sumenep pada Tugas Akhir ini yaitu jenis kelamin, umur, tingkat pendidikan, dan pekerjaan.

### 1. Jenis Kelamin

Jenis kelamin laki-laki lebih rentan untuk terinfeksi Tuberkulosis dibandingkan dengan perempuan, namun angka kematian lebih tinggi pada perempuan. Penelitian di India menunjukkan bahwa risiko laki-laki untuk terinfeksi Tuberkulosis sebesar 2,5 kali dibandingkan dengan perempuan. Sedangkan di Indonesia laki-laki mempunyai risiko menderita Tuberkulosis 1,6 kali dibandingkan dengan perempuan. [17].

### 2. Umur

Menurut kelompok umur, kasus baru yang ditemukan paling banyak pada kelompok umur 25-34 tahun yaitu sebesar 21,40% diikuti kelompok umur 35-44 tahun sebesar 19,41% dan pada kelompok umur 45-54 tahun sebesar 19,39%. Sekitar 75% pasien Tuberkulosis adalah kelompok umur yang paling produktif [18].

### 3. Tingkat Pendidikan

Telah dilakukan penelitian, tingkat pendidikan rendah pada penderita Tuberkulosis lebih besar yaitu 57,3%, bila dibandingkan dengan pendidikan tinggi 7,8% [19]. Penelitian tersebut sesuai dengan hasil Riskesdas 2007, yang menemukan prevalensi Tuberkulosis empat kali lebih tinggi pada pendidikan

rendah dibandingkan pendidikan tinggi (Litbang Depkes RI, 2008).

#### 4. Pekerjaan

Berdasarkan pekerjaan, pada beberapa penelitian menunjukkan bahwa petani, nelayan, dan buruh, lebih banyak menderita Tuberkulosis. Hal ini disebabkan umumnya di sekitar tempat kerja atau di perumahan yang padat memiliki potensi lingkungan yang tidak sehat[19]. Lingkungan yang paling potensial untuk terjadinya penularan di luar rumah adalah tempat bekerja (Depkes RI, 2008).

#### 5. Kepadatan Penduduk

Penyakit Tuberkulosis berkembang pesat pada orang yang hidup dalam kemiskinan, kelompok terpinggirkan dan populasi. Kepadatan penduduk di Indonesia sebesar 136,9 per km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk miskin sebesar 10,12% pada September 2017 (Susenas, 2017)



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Dalam bab ini dijelaskan langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam Tugas Akhir. Metode penelitian terdiri atas beberapa tahap, antara lain sebagai berikut:

#### **3.1 Sumber Data**

Penelitian ini menggunakan data sekunder rekap medis rawat jalan mengenai perawatan penderita penyakit Tuberkulosis di Rumah Sakit Dr. Moh Anwar Sumenep yang melibatkan faktor spasial. Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data pasien Tuberkulosis dengan faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap terjadinya penyakit Tuberkulosis di 17 Kecamatan Sumenep mulai tahun 2017-2018.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

Penelitian ini menggunakan tiga variabel yaitu variabel respon, variabel prediktor, dan variabel spasial. Berikut adalah identifikasi dari ketiga variabel yang digunakan dalam penelitian

##### **3.2.1 Variabel Respon**

Variabel respon adalah variabel yang keberadaannya dipengaruhi atau menjadi akibat, karena adanya variabel prediktor. Variabel Respon dalam penelitian ini adalah lama perawatan yang disimbolkan dengan T, yaitu waktu perawatan penderita Tuberkulosis sampai dengan dinyatakan kondisi rujuk, meninggal, berhenti atau lost follow up atau kunjungan terakhir keluar dari Rumah sakit Dr. Moh Anwar Sumenep.

### 3.2.2 Variabel Prediktor

Variabel prediktor pada penelitian ini ada 5 variabel yang paling memberikan pengaruh terhadap yang diamati. Berikut adalah definisi variabel yang diamati:

1. Umur ( $X_1$ )

Umur penderita Tuberkulosis dengan kategori sebagai berikut:

0 = Umur <20 tahun

1 = Umur 20-45 tahun

2 = Umur >45 tahun

2. Jenis kelamin ( $X_2$ )

Jenis kelamin yang didefinisikan sebagai berikut:

1 = laki-laki

2 = perempuan

3. Pekerjaan ( $X_3$ )

Status Pekerjaan penderita Tuberkulosis di Sumenep dengan kategori sebagai berikut:

0 = Tidak bekerja

1 = Bekerja

4. Tingkat pendidikan ( $X_4$ )

Berikut adalah kategori Pendidikan:

0 = Tidak Sekolah

1 = Sekolah Dasar (SD)

2 = Sekolah Menengah Pertama (SMP)

3 = Sekolah Menengah Atas/Umum (SMA/SMU)

4 = Akademisi/Universitas

5. Kepadatan Penduduk ( $Z$ ) yaitu berdasarkan 17 kecamatan di wilayah sumenep



### 3.2.3 Variabel Spasial

Variabel spasial merupakan variabel yang berkaitan dengan lokasi geografis. Lokasi dinyatakan dalam Kecamatan Kabupaten Sumenep asal penderita berobat di RSUD Dr. Moh Anwar. Struktur data analisis ketahanan hidup seperti Tabel 3.1 berikut:

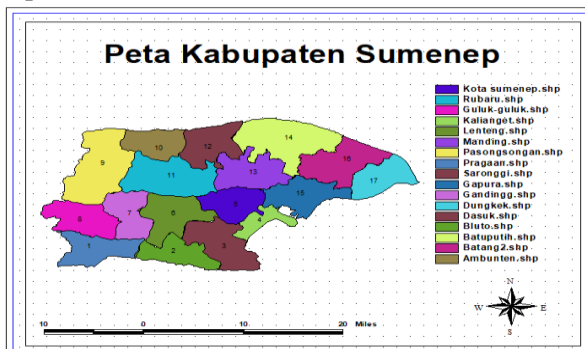
**Tabel 3.1** Struktur Data Analisis ketahanan hidup

No	Lama Perawatan (T)	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	Kecamatan	Status Tersensor
1	$t_1$	$X_{11}$	$X_{21}$	$X_{31}$	$X_{41}$	1	$\delta_1$
2	$t_2$	$X_{12}$	$X_{22}$	$X_{32}$	$X_{42}$	1	$\delta_2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
dst	dst	dst	dst	dst	dst	dst	dst

Berdasarkan Tabel 3.1 menjelaskan struktur data ketahanan hidup dimana data yang peroleh dari rumah sakit RSUD Dr. Moh Anwar dikelompokan berdasarkan 17 Kecamatan di Sumenep, selanjutnya dilakukan analisis Bayesian Hierarki

#### a. Peta Sumenep

Berikut ini merupakan peta administrasi wilayah Sumenep :



**Gambar 3.1** Peta Administrasi Wilayah Sumenep

Gambar 3.1 digunakan sebagai analisis spasial dengan melihat *contiguity* (ketetanggaan) antar Kecamatan yang berpengaruh terhadap ketahanan hidup pasien Tuberkulosis. Daftar Kecamatan dalam pengambilan sampel yang berada di wilayah Kabupaten Sumenep berdasarkan Tabel 3.2 sebanyak 17 Kecamatan dari total 27 Kecamatan. Hal ini karena pengambilan sampel tersebut hanya berdasarkan wilayah daratan daerah Kabupaten Sumenep, sedangkan untuk daerah kepulauan tidak menjadi sampel dikarenakan jarak wilayah cukup jauh sehingga akan berdampak pada korelasi antar wilayah kecamatan.

**Tabel 3.2** Daftar Kecamatan di Kabupaten Sumenep

No	Kecamatan		No	Kecamatan
1.	Pragaan		10.	Ambunten
2.	Bluto		11.	Rubaru
3.	Saronggi		12.	Dasuk
4.	Kalianget		13.	Manding
5.	KotaSumenep		14.	Batuputih
6.	Lenteng		15.	Gapura
7.	Ganding		16.	Batang-Batang
8.	Guluk-Guluk		17.	Dungkek
9.	Pasongsongan			

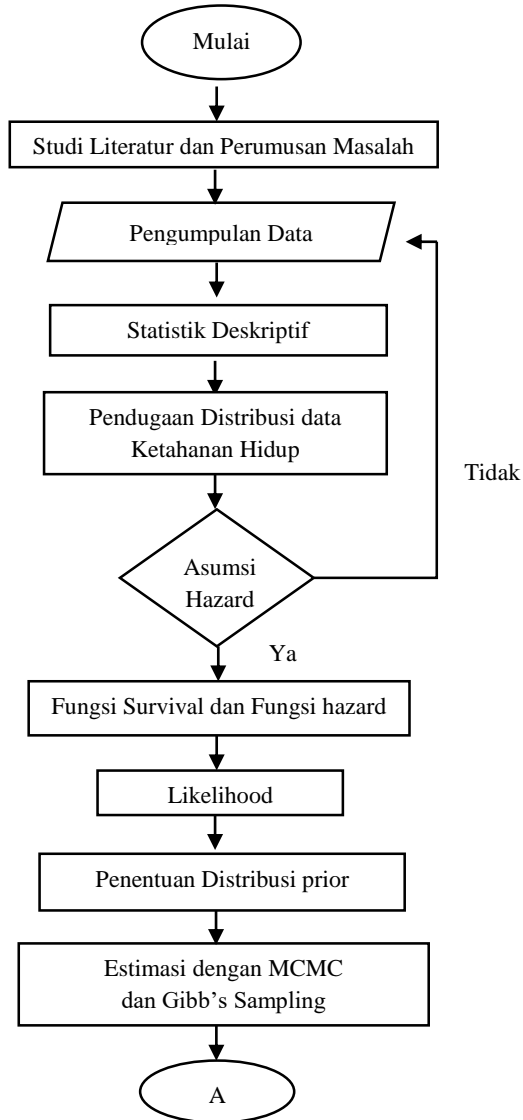
### **b. Tahap Penelitian**

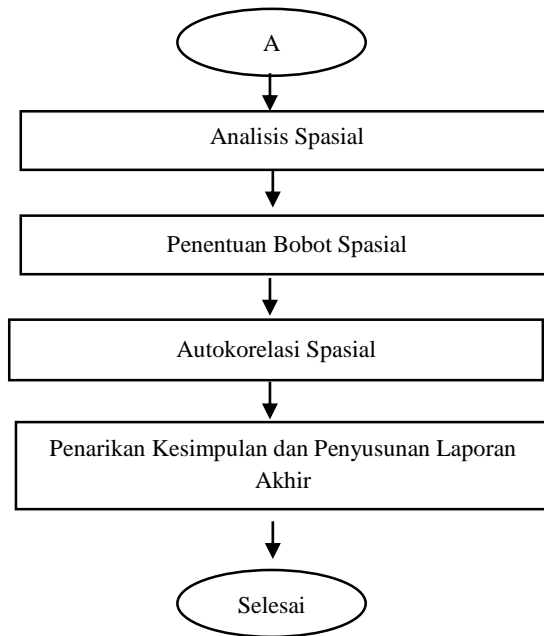
Terdapat beberapa tahapan dalam melakukan analisis diantaranya sebagai berikut:

1. Pada tahap persiapan, melakukan identifikasi dan merumuskan permasalahan

2. Mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam penelitian, seperti data dari variabel respon, data variabel prediktor dan variabel parsial
3. Menganalisis data-data yang ada dengan menggunakan analisis statistik deskriptif
4. Pendugaan distribusi pada data survival yaitu lama perawatan penderita Tuberkulosis dilakukan uji distribusi data
5. Dilakukan uji asumsi hazard pada data, Jika tidak memenuhi dilakukan pengambilan data kembali
6. Selanjutnya, dilakukan perhitungan fungsi ketahanan hidup dan likelihood untuk distribusi weibull
7. Penentuan distribusi prior setiap parameter
8. Estimasi parameter menggunakan MCMC untuk menaksir parameter model yang sulit karena kompleksitas saat penentuan distribusi posterior dengan menggunakan Algoritma *Gibb's Sampling*.
9. Mengkaji hasil estimasi dengan mempertimbangkan adanya pengaruh variabel terhadap model menggunakan pendekatan Bayesian
10. Membentuk model Bayesian Hierarki digunakan untuk menghasilkan distribusi posterior bersama dari parameter model
11. Menentukan matriks pembobotan sebagai interaksi spasial terjadi antar kecamatan yang bertetangga.
12. Kemudian Melakukan autokorelasi lokasi-lokasi yang berdekatan dan cenderung berkelompok
13. Selanjutnya dilakukan simulasi dengan menggunakan *software* WinBUGS dari model Bayesian Hierarki yang diperoleh untuk mengetahui apakah model tersebut sesuai dengan kasus penderita Tuberkulosis.

Di bawah ini merupakan diagram alir pemodelan Bayesian Hierarki dari langkah-langkah penelitian diatas.





**Gambar 3.2** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini dibahas mengenai penjabaran model ketahanan hidup yang berdistribusi Weibull dengan mempertimbangkan efek random spasial. Kemudian dilakukan penentuan distribusi prior dan fungsi likelihood untuk mendapatkan distribusi posterior menggunakan Bayesian Hierarki. Estimasi parameter menggunakan MCMC dan Algoritma *Gibs Sampling* dibantu dengan software WinBUGS. Model ketahanan hidup dengan Bayesian Hierarki tersebut diterapkan pada pasien Tuberkulosis di Sumenep dengan memperhatikan faktor-faktor risiko yang mempengaruhi penderita Tuberkulosis

#### **4.1 Model Ketahanan Hidup dengan Bayesian Hierarki**

##### **4.1.1 Model Bayesian Hierarki**

Model ketahanan hidup dengan Bayesian Hierarki yaitu model yang di bentuk dari data yang mempunyai struktur Hierarki. Hierarki merupakan metode pengelompokan yang terstruktur dan bertahap berdasarkan pada penyebaran objek pengamatan. Tingkatan dalam struktur hierarki didefinisikan sebagai strata atau kelompok. Proses pengelompokan data berdasarkan level terjadi secara independent, hal ini yang dapat memunculkan efek random antar level yang saling berhubungan. Tujuan dilakukan penambahan efek random untuk mengatasi kesalahan dalam pengelompokan yang independent. Berdasarkan persamaan umum (2.8) dengan diberikan penambahan efek random individu dan efek random kelompok dalam memodelkan ketahanan hidup model hierarki sebagai berikut:

$$h(t|\mathbf{X}, u_j, e_{ij}) = h_0(t)\exp(\beta_{0j} + \beta_1x_{1ij} + \dots + \beta_nx_{nij} + b_{ij}) \quad (4.1)$$
$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}Z_j + u_j$$

Dimana  $t$  adalah waktu obeservasi,  $X$  matriks variabel pada level 1,  $Z$  variabel level 2, sedangkan  $\beta_{0j}, \beta_1, \dots, \beta_n$  yaitu parameter kovariat level 1 dan  $\gamma_{00}, \gamma_{01}$  parameter kovariat level 2,  $h_0(t)$  adalah *Baseline hazard*,  $u_j$  adalah efek random kelompok dan  $b_{ij}$  adalah efek random individu dengan  $j$  banyaknya kelompok.

Pada penelitian ini, diterapkan pada kasus penderita Tuberkulosis di Kabupaten Sumenep dimana penyebaran penyakit Tuberkulosis dipengaruhi oleh daya tahan tubuh penderita dan lingkungan tempat tinggal. Faktor lingkungan setiap daerah memiliki karakteristik yang berbeda tetapi akan terjadi kemiripan karakteristik untuk daerah yang saling berdekatan, artinya penyakit ini menyebar melewati batas Kecamatan yang dinamakan batas teritorial. Hubungan antara daerah yang berdekatan dinyatakan melalui sebuah matriks *adjacent* (matriks ketetanggaan) dengan model efek random (*frailty*) spasial.

Model efek random bertujuan untuk menyertakan efek random yang tidak teramati ke dalam fungsi hazard sehingga mampu mewakili heterogenitas data fungsi hazard selalu bernilai positif dengan distribusi efek random yang digunakan juga harus memiliki nilai positif (Hosmer & Lemeshow, 1999). Berikut fungsi hazard yang menyertakan efek random spasial:

$$h(t|X, w_j) = h_0(t)\exp(\beta_{0j} + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_n x_{nij} + w_j) \quad (4.2)$$

Dimana  $w_j$  merupakan bentuk representasi untuk menyatakan efek random parsial yang dinamakan dengan *stratum specific frailty*, dengan diasumsikan setiap wilayah identik dan independen yang dapat dinyatakan  $w_j = \sim N(0, \sigma^2)$ . Jika  $w_j$  bernilai  $> 1$  artinya wilayah tersebut memiliki potensi risiko mengalami *failure event* dibandingkan dengan  $w_j$  bernilai  $< 1$ . Artinya failure event berupa korelasi antar wilayah yang saling berdekatan memiliki risiko



dibandingkan dengan wilayah lain sehingga akan berpengaruh terhadap daya tahan setiap individu.

Berdasarkan persamaan (4.1) dan (4.2) maka diperoleh fungsi hazard model hierarki sebagai berikut:

$$h(t|\mathbf{X}, w_j, u_j, b) = h_0(t) \exp(\beta_{0j} + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_n x_{nij} + b_{ij}) \quad (4.3)$$

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01} Z_j + u_j + w_j$$

#### 4.1.2 Bayesian Hierarki

Metode Bayes dapat digunakan untuk menentukan distribusi bersyarat variabel random kontinu. Dengan metode Bayes, distribusi bersyarat variabel random kontinu yang disebut distribusi posterior dapat dibentuk dengan fungsi kemungkinan dengan informasi yang lain yang telah tersedia sebelumnya (informasi awal) yang dinyatakan dengan distribusi prior

##### 4.1.2.1 Uji Distribusi Weibull

Pada penelitian ini distribusi lama perawatan (waktu *survival*) mengikuti distribusi weibull. Distribusi Weibull dikenalkan oleh fisikawan bernama W. Weibull dan merupakan distribusi kontinu yang banyak digunakan sebagai distribusi waktu kegagalan.

Uji distribusi bertujuan sebagai pendugaan distribusi terhadap data waktu *survival* (t), dimana pada penelitian ini data waktu *survival* adalah lama perawatan penderita Tuberkulosis di Sumenep. Pengujian pendugaan distribusi ini menggunakan *Kolmogorov Smirnov* dibantu dengan software *EasyFit* pada Lampiran E yang dijelaskan sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0$  = data berdistribusi weibull

$H_1$  = data tidak berdistribusi weibull

Daerah kritis :

Tolak  $H_0$  jika  $D_{hitung} < D_{n, \alpha-1}$  dengan  $D_{n, \alpha-1}$  adalah nilai table dari *Kolmogorov Smirnov*, semakin kecil nilai *Kolmogorov Smirnov* pada distribusi dugaan maka data semakin mendekati distribusi dugaan tersebut

Statistik uji :

$$D_{hitung} = \max_{1 < i < n} \left( F(x_i) - \frac{i-1}{n}, \frac{i}{n} - F(x_i) \right)$$

Dengan menggunakan bantuan software EasyFit diperoleh nilai statistik uji  $D_{hitung} = 0,10918 > D_{n, \alpha-1}$  sehingga  $H_0$  diterima artinya data berdistribusi weibull

#### 4.1.2.2 Fungsi ketahanan hidup

##### 1. Fungsi kepadatan Peluang ( $f(t)$ )

Variabel acak  $T$  dikatakan sebagai distribusi Weibull dengan parameter  $\mu > 0$  dan  $\rho > 0$  dan parameter  $\mu$  merupakan parameter bentuk,  $\rho$  sebagai parameter skalar mempunyai fungsi kepadatan peluang sebagai berikut:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{\rho}{\mu} \left(\frac{t}{\mu}\right)^{\rho-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\mu}\right)^\rho\right] & 0 < t < \infty \\ 0 & t \text{ yang lain} \end{cases} \quad (4.5)$$

Fungsi kepadatan kumulatif diperoleh dari hasil integral fungsi kepadatan peluang dengan mensubstitusikan persamaan (4.5) ke persamaan (2.2) sehingga fungsi kepadatan kumulatif dari distribusi Weibull dapat diperoleh sebagi berikut:

$$\begin{aligned} F(t) &= P(T \leq t) \\ &= \int_0^t f(t) dt \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \int_0^t \frac{\rho}{\mu} \left(\frac{t}{\mu}\right)^{\rho-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\mu}\right)^\rho\right] dt \\
&= \int_0^t \frac{\rho}{\mu^\rho} t^{\rho-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\mu}\right)^\rho\right] dt
\end{aligned} \tag{4.6}$$

Misalkan:

$$\begin{aligned}
u &= \left(\frac{t}{\mu}\right)^\rho \\
\frac{du}{dt} &= \frac{\rho}{\mu^\rho} t^{\rho-1} \\
du &= \frac{\rho}{\mu^\rho} t^{\rho-1} dt
\end{aligned}$$

Persamaan (4.6) menjadi:

$$\begin{aligned}
F(t) &= \int_{u_1}^{u_2} \exp(-u) du \\
&= -\exp(-u) \Big|_{u_1}^{u_2}
\end{aligned}$$

Substitusi  $u = \left(\frac{t}{\mu}\right)^\rho$  sehingga diperoleh fungsi kepadatan kumulatif.

$$\begin{aligned}
F(t) &= -\exp\left(-\left(\frac{t}{\mu}\right)^\rho\right) \Big|_0^t \\
&= -\exp\left(-\left(\frac{t}{\mu}\right)^\rho\right) - \left[-\exp\left(-\left(\frac{0}{\mu}\right)^\rho\right)\right] \\
&= 1 - \exp\left(-\left(\frac{t}{\mu}\right)^\rho\right)
\end{aligned} \tag{4.7}$$

## 2. Fungsi Ketahanan Hidup ( $S(t)$ )

Berdasarkan fungsi ketahanan hidup pada persamaan (2.4) sehingga diperoleh fungsi ketahanan hidup dari distribusi weibull sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
S(t) &= P(T > t) \\
&= 1 - P(T \leq t) \\
&= 1 - F(t) \\
&= \exp\left(-\left(\frac{t}{\mu}\right)^\rho\right)
\end{aligned} \tag{4.8}$$

### 3. Fungsi Hazard ( $h(t)$ )

Fungsi hazard diperoleh berdasarkan hubungan antara fungsi kepadatan peluang dengan fungsi ketahanan hidup dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
h(t) &= \frac{f(t)}{S(t)} \\
&= \frac{\frac{\rho}{\mu} \left(\frac{t}{\mu}\right)^{\rho-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\mu}\right)^\rho\right]}{\exp\left(-\left(\frac{t}{\mu}\right)^\rho\right)} \\
&= \frac{\rho}{\mu} \left(\frac{t}{\mu}\right)^{\rho-1}
\end{aligned} \tag{4.9}$$

Pada umumnya fungsi hazard proportional model Hierarki pada persamaan (4.3) dapat membentuk model Weibull sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
h(t) &= h_0(t) \cdot \exp(\beta_{0j} + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_n x_{nij} + b_{ij}) \\
&= \frac{\rho}{\mu} \left(\frac{t}{\mu}\right)^{\rho-1} \\
&= \frac{1}{\mu^\rho} \rho t^{\rho-1}
\end{aligned}$$

Dimana  $h_0(t)$  merupakan fungsi yang nilainya bergantung pada nilai  $t$  sedangkan  $\exp(\beta_{0j} + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_n x_{nij} + b_{ij})$  adalah konstanta sehingga dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{1}{\mu^\rho} = \exp(\beta_{0j} + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_n x_{nij} + b_{ij})$$

Dan baseline hazard  $h_0(t)$  dinyatakan sebagai berikut

$$h_0(t) = \rho t^{\rho-1}$$

Sehingga fungsi hazard dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} h(t) &= \rho t^{\rho-1} \frac{1}{\mu^\rho} \\ &= \rho t^{\rho-1} \cdot \exp(\beta_{0j} + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_n x_{nij} + b_{ij}) \end{aligned} \quad (4.10)$$

Jadi untuk fungsi ketahanan berdasarkan persamaan (4.8) dapat dibentuk sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S(t) &= \exp\left(-\left(\frac{t}{\mu}\right)^\rho\right) \\ &= \exp\left(-\frac{1}{\mu^\rho} \cdot t^\rho\right) \\ &= \exp\left(-\left(\exp(\beta_{0j} + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_n x_{nij} + b_{ij}) \cdot t^\rho\right)\right) \end{aligned} \quad (4.11)$$

#### 4.1.2 Likelihood

Pada analisis ketahanan hidup seringkali terkendala data karena adanya kemungkinan beberapa individu tidak bias diobservasi karena tentang waktu ketahanan hidup individu tidak diketahui secara persis yang dinamakan data tersensor dan untuk sebaliknya dinamakan data yang diketahui dinamakan data tidak tersensor. Berdasarkan persamaan (2.7) fungsi likelihood untuk data tidak tersensor sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L(t_{ij} | X_{ij}, \alpha, \beta, w_j, u_j, b_{ij}) &= \prod_{j=1}^j \prod_{i=1}^n (f(t_{ij} | X_{ij}, \alpha, \beta, w_j, u_j, b_{ij}))^{\delta_{ij}} \\ &= \prod_{j=1}^j \prod_{i=1}^n (f(t_{ij}))^{\delta_{ij}} \end{aligned} \quad (4.12)$$

Jika individu yang diteliti belum mengalami kematian sampai waktu penelitian berakhir maka data disebut data tersensor kanan. Fungsi like lihood untuk data tersensor kanan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L(t_{ij}|X_{ij}, \alpha, \beta, w_j, u_j, b_{ij}) &= \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^j (S(t_{ij}|X_{ij}, \alpha, \beta, w_j, u_j, b_{ij}))^{1-\delta_{ij}} \\ &= \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^j (S(t_{ij}))^{1-\delta_{ij}} \end{aligned} \quad (4.13)$$

Sehingga fungsi likelihood full untuk proportional model Hierarki adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L(t_{ij}|X_{ij}, \alpha, \beta, w_j, u_j, b_{ij}) &= \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^j (f(t_{ij}))^{\delta_{ij}} (S(t_{ij}))^{1-\delta_{ij}} \\ &= \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^j (h(t_{ij})S(t_{ij}))^{\delta_{ij}} \frac{(S(t_{ij}))}{(S(t_{ij}))^{\delta_{ij}}} \\ &= \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^j (h(t_{ij})^{\delta_{ij}} S(t_{ij})) \end{aligned} \quad (4.14)$$

Jadi fungsi likelihood dari distribusi weibull dengan substitusi persamaan (4.10) dan (4.11) ke persamaan (4.14) didapatkan sebagai berikut

$$\begin{aligned} &L(t_{ij}|X_{ij}, \alpha, \beta, w_j, u_j, b_{ij}) \\ &= \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^j \rho t^{\rho-1} \cdot \exp(\beta_{0j} + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_n + b_{ij})^{\delta_{ij}} \\ &\quad \exp -(\exp(\beta_{0j} + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_n x_{nij} + b_{ij}) \cdot t^\rho) \end{aligned} \quad (4.15)$$

### 4.1.3 Penentuan Distribusi Prior

Pada penelitian ini distribusi lama perawatan pasien Tuberkulosis mengikuti distribusi Weibull dengan parameter  $\rho$  dan  $\mu$ . Estimasi untuk setiap parameter diperoleh melalui bentuk *full condition* distribusi dari penentuan distribusi prior terlebih dahulu.

Distribusi prior yang digunakan sebagai berikut:

Pada parameter  $\rho$  mempunyai prior berdistribusi gamma  $\rho \sim \text{Gamma}(r, s)$ , berdasarkan persamaan (2.11) diperoleh distribusi prior  $\rho$  sebagai berikut:

$$f(\rho|r, s) = \frac{1}{\Gamma(r)} \frac{\rho^{r-1}}{s^r} e^{(-\frac{\rho}{s})}$$

Pada parameter  $\beta$  mempunyai prior berdistribusi normal  $\beta \sim \text{Normal}(\mu, \sigma^2)$  berdasarkan persamaan (2.12) diperoleh distribusi prior  $\beta$  sebagai berikut:

$$f(\beta|\mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{(\beta - \mu)^2}{\sigma^2} \right)}$$

Pada parameter  $\beta_0$  mempunyai prior berdistribusi normal  $\beta_0|\gamma \sim \text{Normal}(\gamma, \sigma_{u_j}^2)$  berdasarkan persamaan (2.12) diperoleh distribusi prior  $\beta_0$  sebagai berikut:

$$f(\beta|\gamma, \sigma_{u_j}^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{u_j}^2}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{(\beta_0 - (\gamma_{00} + \gamma_{01}Z_j))^2}{\sigma_{u_j}^2} \right)}$$

Pada parameter  $b$  mempunyai prior berdistribusi  $b \sim \text{Normal}(\mu, \sigma^2)$ , berdasarkan persamaan (2.10) diperoleh distribusi prior  $b$  sebagai berikut:

$$f(b|\mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{(b - \mu)^2}{\sigma^2} \right)}$$

Pada hyperparameter  $\gamma$  mempunyai hyperprior berdistribusi normal  $\gamma \sim \text{Normal}(\mu, \sigma^2)$  berdasarkan persamaan (2.11) diperoleh distribusi prior  $b$  sebagai berikut:

$$f(\gamma|\mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{(\gamma - \mu)^2}{\sigma^2} \right)}$$

Pada hyperparameter  $u$  mempunyai hyperprior berdistribusi normal  $u \sim \text{Normal}(\mu, \sigma^2)$  berdasarkan persamaan (2.11) diperoleh distribusi prior  $u$  sebagai berikut:

$$f(u|\mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{(u - \mu)^2}{\sigma^2} \right)}$$

Pada hyperparameter  $u$  mempunyai hyperprior berdistribusi CAR normal  $w_j|w_i \sim Normal(\bar{w}_j, 1/\lambda)$  berdasarkan persamaan (2.11) diperoleh distribusi prior  $w_j$  sebagai berikut:

$$f(w_j|w_i, \frac{1}{\lambda}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi/\lambda}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{(w - \bar{w}_j)^2}{1/\lambda} \right)}$$

#### 4.1.4 Distribusi Posterior

Distribusi posterior diperoleh dengan mengalikan prior dengan informasi sampel yang diperoleh dari likelihoodnya. Berdasarkan teorema Bayes (2.8). Bentuk Posterior dari Hierarki Bayesian dua level adalah sebagai berikut :

$$f(\alpha, \beta_i, \gamma, w_j, u_j, b_{ij}|t_{ij}) = L(t_{ij}|X_{ij}, \alpha, \beta_i, w_j, u_j, b_{ij}) f(\beta_0|\gamma) f(\beta_{i+1}) f(\alpha) f(\gamma) f(w_j) f(u_j) f(b_{ij})$$

Dimana

$f(w_j|\lambda)$  : distribusi hyperprior untuk hyperparameter  $w_j$

$f(\beta_0|\gamma)$  : distribusi prior untuk parameter  $\beta_0$

$f(\beta)$  : distribusi prior untuk parameter  $\beta$

$f(\alpha)$  : distribusi prior untuk parameter  $\alpha$

$f(b_{ij})$  : distribusi prior untuk parameter  $b$

$f(\gamma)$  : distribusi prior untuk parameter  $\gamma$

$f(u_j)$  : distribusi hyperprior untuk hyperparameter  $u$

Dalam metode Bayes dalam mengestimasi untuk mendapatkan distribusi posterior perlu menentukan distribusi posterior marginal untuk masing-masing parameter  $\alpha, \beta, \gamma, w, u$  dan  $b$  yang dibentuk dari informasi data yaitu distribusi prior dan likelihood. Pembentukan distribusi posterior marginal didasarkan pada informasi data yang diasumsikan berdistribusi Weibull. Distribusi posterior marginal diperoleh dengan mengintegalkan



hasil perkalian antara distribusi prior dan likelihood yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$f(\alpha|\beta_i, \gamma, w_j, u_j, b_{ij}) = \int_{\gamma} \int_{w_j} \int_{u_j} \int_{b_{ij}} \int_{\beta_0} \dots \int_{\beta_p} A(t|\alpha, \gamma, w_j, u_j, b_{ij}, \beta_0 \dots \beta_p) f(\gamma) f(w_j) f(u_j) f(b_{ij}) f(\beta_0) \dots f(\beta_p) d(\gamma) d(w_j) d(u_j) d(b_{ij}) d\beta_0 \dots d\beta_p$$

$$f(\gamma|\alpha, \beta_i, w_j, u_j, b_{ij}) = \int_{w_j} \int_{u_j} \int_{b_{ij}} \int_{\beta_0} \dots \int_{\beta_p} A(t|\alpha, \gamma, w_j, u_j, b_{ij}, \beta_0 \dots \beta_p) f(\alpha) f(w_j) f(u_j) f(b_{ij}) f(\beta_0) \dots f(\beta_p) d(\alpha) d(w_j) d(u_j) d(b_{ij}) d\beta_0 \dots d\beta_p$$

$$f(w_j|\alpha, \beta_i, \gamma, u_j, b_{ij}) = \int_{\gamma} \int_{u_j} \int_{b_{ij}} \int_{\beta_0} \dots \int_{\beta_p} A(t|\alpha, \gamma, w_j, u_j, b_{ij}, \beta_0 \dots \beta_p) f(\alpha) f(\gamma) f(u_j) f(b_{ij}) f(\beta_0) \dots f(\beta_p) d(\alpha) d(\gamma) d(u_j) d(b_{ij}) d\beta_0 \dots d\beta_p$$

$$f(u_j|\alpha, \beta_i, \gamma, u_j, b_{ij}) = \int_{\gamma} \int_{w_j} \int_{b_{ij}} \int_{\beta_0} \dots \int_{\beta_p} A(t|\alpha, \gamma, w_j, u_j, b_{ij}, \beta_0 \dots \beta_p) f(\alpha) f(\gamma) f(w_j) f(b_{ij}) f(\beta_0) \dots f(\beta_p) d(\alpha) d(\gamma) d(w_j) d(b_{ij}) d\beta_0 \dots d\beta_p$$

$$f(b_{ij}|\alpha, \beta_i, \gamma, w_j, u_j) = \int_{\alpha} \int_{\gamma} \int_{w_j} \int_{u_j} \int_{\beta_0} \dots \int_{\beta_p} A(t|\alpha, \gamma, w_j, u_j, b_{ij}, \beta_0 \dots \beta_p) f(\alpha) f(\gamma) f(w_j) f(u_j) f(\beta_0) \dots f(\beta_p) d(\alpha) d(\gamma) d(w_j) d(u_j) d\beta_0 \dots d\beta_p$$

$$f(\beta_0|\alpha, \gamma, w_j, u_j, b_{ij}, \beta_{i+1}) = \int_{\alpha} \int_{\gamma} \int_{w_j} \int_{u_j} \int_{b_{ij}} \int_{\beta_1} \dots \int_{\beta_{p+1}} A(t|\alpha, \gamma, w_j, u_j, b_{ij}, \beta_0 \dots \beta_p) f(\alpha) f(\gamma) f(w_j) f(u_j) f(b_{ij}) f(\beta_0) \dots f(\beta_{p-1}) d(\alpha) d(\gamma) d(w_j) d(u_j) d(b_{ij}) d\beta_1 \dots d\beta_{p-1}$$

$$f(\beta_1|\alpha, \gamma, w_j, u_j, b_{ij}, \beta_{i+1}) = \int_{\alpha} \int_{\gamma} \int_{w_j} \int_{u_j} \int_{b_{ij}} \int_{\beta_1} \dots \int_{\beta_{p+1}} A(t|\alpha, \gamma, w_j, u_j, b_{ij}, \beta_0 \dots \beta_p) f(\alpha) f(\gamma) f(w_j) f(u_j) f(b_{ij}) f(\beta_0) \dots f(\beta_{p-1}) d(\alpha) d(\gamma) d(w_j) d(u_j) d(b_{ij}) d\beta_0 \dots d\beta_{p-1}$$

⋮

⋮

$$f(\beta_p|\alpha, \gamma, \lambda, \beta_{i \neq p}) = \int_{\alpha} \int_{\gamma} \int_{\lambda} \int_{\beta_0} \dots \int_{\beta_p} A(t|\alpha, \gamma, \lambda, \beta_0 \dots \beta_p) f(\alpha) f(\gamma) f(\beta_0) \dots f(\beta_p) d\alpha d\gamma d\lambda d\beta_0 \dots d\beta_{p+1}$$

#### 4.1.5 Estimasi Parameter menggunakan MCMC dengan Algoritma Gibbs Sampling

Proses estimasi parameter menggunakan algoritma gibs sampling dan MCMC dengan bantuan software WinBUGS. Hal ini karena distribusi posterior yang dijabarkan tergolong rumit untuk diselesaikan analitik. Estimasi parameter Bayesian Hierarki model ketahanan hidup yang berdistribusi weibull dengan algoritma sebagai berikut:

1. Menentukan nilai awal masing-masing parameter

$$\alpha^0, \gamma^0, \lambda^0, \beta_0^0, \dots, \beta_p^0$$

2. Untuk  $t = 1, 2, \dots, T$  ulangi langkah-langkah berikut:

- a. Menentukan  $\alpha = \alpha^{(t-1)}, \gamma = \gamma^{(t-1)}, \lambda = \lambda^{(t-1)}, \beta_0 = \beta_0^{(t-1)} \dots \beta_p = \beta_p^{(t-1)}$

- b. Untuk  $t = 1$  perbarui  $\alpha, \gamma, \lambda, \beta_0 \dots \beta_p$ . Proses lengkapnya sebagai berikut:

Membangkitkan  $\alpha^1$  dari  $f(\alpha|t, \gamma^0, \lambda^0, \beta_0^0, \dots, \beta_p^0)$

Membangkitkan  $\gamma^1$  dari  $f(\gamma|t, \alpha^0, \lambda^0, \beta_0^0, \dots, \beta_p^0)$

Membangkitkan  $\lambda^1$  dari  $f(\lambda|t, \alpha^0, \gamma^0, \beta_0^0, \dots, \beta_p^0)$

Membangkitkan  $\beta_0^1$  dari  $f(\beta_0|t, \alpha^0, \gamma^0, \beta_1^0, \dots, \beta_p^0)$

Membangkitkan  $\beta_1^1$  dari  $f(\beta_1|t, \alpha^0, \gamma^0, \beta_0^0, \beta_2^0 \dots, \beta_p^0)$

⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮

Membangkitkan  $\beta_p^1$  dari  $f(\beta_p|t, \alpha^0, \gamma^0, \beta_0^0, \beta_1^0 \dots, \beta_{p-1}^0)$

3. Menggulang langkah ke-dua hingga kondisi konvergen (sampel untuk inferensi parameter model sudah cukup)

#### 4.2 Model Ketahanan Hidup Penderita Tuberkulosis

Pada peneltian ini, model ketahanan hidup diterapkan pada kasus penderita Tuberkulosis di Kabupaten Sumenep dengan memperhatikan setiap kareakteristik kecamatan dan penyebaran penyakit tuberkulosis berdasarkan lokasi.

#### 4.2.1 Karakteristik Penderita Tuberkulosis

Data yang digunakan pada Tugas Akhir ini merupakan data pasien penderita Tuberkulosis yang menjalani perawatan di Rumah Sakit Moh Anwar Sumenep. Data pasien penderita Tuberkulosis tersebut dalam kurun waktu Januari 2017 - Desember 2018. Dalam rentan waktu tersebut, terdapat 444 pasien penderita Tuberkulosis. Pada penelitian ini dilakukan analisis tentang faktor-faktor yang mempengaruhi penderita Tuberkulosis. Langkah pertama dilakukan analisis deskriptif untuk mengetahui karakteristik penderita Perawatan Tuberkulosis di RS Moh Anwar Sumenep, karakteristik tersebut dapat diketahui berdasarkan lama perawatan dan umur yang berdasarkan Lampiran A.

**Tabel 4.1** Analisis deskriptif

Variabel	Mean	Variance	Std. Deviation	Min	Max
Lama perawatan	5,5405	23,423	4,8397	0	35
Umur	48,876	319,51	17,875	1	89

Berdasarkan Tabel 4.1 dari data pasien tuberkulosis sebanyak 444 pasien rata-rata lama perawatan sekitar 5 hari . Jika dilihat dari lama perawatan penderita tuberkulosis hingga dalam keadaan rujuk, pulang paksa, meninggal atau sembuh, paling sebentar penderita perawatan 0 hari dan paling lama penderita perawatan 35 hari atau hampir 1 bulan. Penderita tuberkulosis di RSU Moh Anwar Sumenep sebagian besar berumur 49 tahun, paling muda berumur 1 tahun dan paling tua berumur 89 tahun. Berikut ini merupakan karakteristik variabel pasien penderita tuberkulosis di RSU Moh Anwar Sumenep berdasarkan data pada Lampiran A:

1. Karakteristik Pasien Tuberkulosis Berdasarkan lama perawatan dan Umur Pasien

**Tabel 4.2** Berdasarkan Umur ( $X_1$ )

Umur	Sukses (sembuh)	Gagal (meninggal, rujuk, pulang paksa)	Total
0	27 (6,08 %)	13 (2,93 %)	40 (9,01 %)
1	67 (15,09 %)	47 (10,59 %)	114 (25,68 %)
2	171 (38,51 %)	119 (26,80 %)	290 (65,32 %)
Total	265 (59,68 %)	179 (40,32 %)	444 (100 %)

Berdasarkan Tabel 4.2 menjelaskan presentase umur diatas 45 tahun lebih rentan dibandingkan dengan penderita dibawah umur 45 tahun serta presentase yang meninggal, rujuk maupun pulang paksa lebih besar dibandingkan dengan umur dibawah 20 tahun atau umur antara 20-45 tahun sehingga dapat disimpulkan bahwa kebanyakan penderita Tuberkulosis menyerang diatas umur 45 tahun.

## 2. Karakteristik Pasien Tuberkulosis Berdasarkan lama perawatan dan Jenis Kelamin Pasien

**Tabel 4.3** Berdasarkan Jenis Kelamin ( $X_2$ )

Jenis kelamin	Sukses (sembuh)	Gagal (meninggal, rujuk, pulang paksa)	Total
1	164 (36,94 %)	112 (25,23 %)	276 (62,16 %)
2	101 (22,75 %)	67 (15,09 %)	168 (37,84 %)
Total	265 (59,68 %)	179 (40,32%)	444 (100 %)

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan presentase laki-laki yang sembuh lebih besar dibandingkan dengan perempuan serta presentase laki-laki yang meninggal, rujuk maupun pulang paksa lebih besar dibandingkan dengan perempuan sehingga dapat disimpulkan bahwa kebanyakan penderita Tuberkulosis berjenis kelamin laki-laki.

### 3. Karakteristik Pasien Tuberkulosis Berdasarkan lama perawatan dan Pekerjaan Pasien

**Tabel 4.4** Berdasarkan Pekerjaan ( $X_3$ )

Pekerjaan	Sukses (sembuh)	Gagal (meninggal, rujuk, pulang paksa)	Total
0	100 (22,52 %)	61 (13,74%)	161 (36,26 %)
1	165 (37,16 %)	118 (26,58%)	283 (63,74)
Total	265 (59,68 %)	179 (40,32%)	444 (100 %)

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan presentase penderita yang bekerja dapat sembuh lebih besar dibandingkan dengan penderita yang tidak bekerja serta presentase penderita bekerja yang meninggal, rujuk maupun pulang paksa lebih besar dibandingkan dengan penderita yang tidak bekerja sehingga dapat disimpulkan bahwa kebanyakan penderita Tuberkulosis pada penderita yang bekerja.

### 4. Karakteristik Pasien Tuberkulosis Berdasarkan lama perawatan dan Pendidikan Pasien

**Tabel 4.5** Berdasarkan Pendidikan ( $X_4$ )

Pendidikan	Sukses (sembuh)	Gagal (meninggal, rujuk, pulang paksa)	Total
0	55 (12,39 %)	27 (6,08 %)	82 (18,47 %)
1	73 (16,44 %)	50 (11,26%)	123 (27,70%)
2	57 (12,84 %)	42 (9,46%)	99 (22,30 %)
3	62 (13,96 %)	46 (10,36%)	108 (24,32 %)
4	18 (4,05 %)	14 (3,15 %)	32 (7,21 %)
Total	265(59,68 %)	179 (40,32%)	444 (100%)

Berdasarkan data pada Tabel 4.5 maka penderita tuberkulosis yang berpendidikan SD dapat sembuh lebih besar dibandingkan pada jenjang pendidikan yang lain serta persentase yang meninggal, rujuk maupun pulang paksa mayoritas penderita tuberkulosis berpendidikan SD dan akademisi hal ini disebabkan karena faktor lingkungan penderita atau pergaulan.

#### **4.2.2 Hasil Estimasi Parameter menggunakan Algoritma Gibbs Sampling dan MCMC**

Estimasi parameter menggunakan metode Bayesian dengan algoritma Gibbs Sampling yang merupakan salah satu algoritma untuk membangkitkan rantai Markov atau MCMC (Monte Carlo Marcov Chain) hingga diperoleh deret rantai yang konvergen. Estimasi dengan menggunakan metode Bayesian ini telah tersedia pada software yang dinamakan WinBUGS. WinBUGS merupakan perangkat lunak berbasis bahasa pemrograman yang digunakan untuk menghasilkan sampel random dari distribusi posterior parameter model Bayesian. Keuntungan estimasi MCMC dengan WinBUGS yaitu estimasi lebih akurat setiap parameter-parameter untuk bentuk yang lebih kompleks.

Komponen WinBUGS dalam pengolahan data terdapat tiga komponen. Pertama spesifikasi model yang meliputi pengecekan terhadap *syntax* model, kedua *loading* data yaitu berisi data yang diamati untuk *compiling* terhadap model, dan ketiga inisialisasi model, serta menentukan banyaknya iterasi untuk membangkitkan rantai Markov.

##### **4.2.3.1 Estimasi Parameter Distribusi Weibull**

Estimasi  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  dan  $\beta_4$  menggunakan *software* WinBUGS yaitu membentuk algoritma model dengan mengasumsikan bahwa fungsi likelihood mengikuti waktu ketahanan hidup yang

berdistribusi Weibull dengan  $t_i \sim Weibull(\rho, \mu_i)$  dan  $\mu_i = \exp(\beta X)$ . Setelah algoritma model terbentuk, selanjutnya data dimasukkan kedalam algoritma data dan dilakukan inisialisasi awal parameter  $\alpha, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ , dan  $\beta_4$ . Pada Tugas Akhir ini, *updating* data dilakukan iterasi sebanyak 1000 kemudian dilakukan *burn in* sampai dengan 10.000. Hasil estimasi parameter serta karakteristik dari  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ , dan  $\beta_4$  untuk masing-masing variabel usia, jenis kelamin, pekerjaan, dan pendidikan dengan menggunakan *software* WinBUGS ditunjukkan pada Lampiran E.

**Tabel 4.6** Estimasi Parameter Distribusi Weibull

Node	Mean	Sd	MC Error	2,5%	Median	97,5%
alpha	1.002	0.9929	0.009222	0.02485	0.6949	3.631
beta[1]	-0.1	0.0644	0.001772	-0.2227	-0.09994	0.0233
beta[2]	-1.17	0.0634	0.00117	-1.294	-1.17	-1.045
beta[3]	-0.0343	0.036	6.341E-4	-0.1067	-0.03372	0.03571
beta[4]	-0.539	0.1042	0.00245	-0.7417	-0.5393	-0.3338

Rata-rata dari nilai bangkitan estimasi parameter distribusi weibull pada Table 4.6 merupakan distribusi posterior. Menurut teorema Bayesian, nilai estimasi parameter merupakan nilai ekspektasi dari distribusi posterior, artinya nilai estimasi parameter dapat diperoleh dengan mendapatkan nilai rata-rata atau mean dari distribusi posterior. Berdasarkan Table 4.6 distribusi posterior yang diperoleh signifikan artinya nilai berada dalam selang kepercayaan 2,5% dan 97,5% tidak terdapat nol dalam selang kepercayaan. Sedangkan sifat konvergen dapat dilihat pada *trace plot*, *history plot*, dan *density* yang telah disajikan pada Lampiran E

Hasil estimasi dari  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ , dan  $\beta_4$  pada nilai rata-rata merupakan nilai estimasi yang menunjukkan jika hasil bernilai positif maka variabel berpengaruh kuat terhadap model, tetapi jika

hasil bernilai negatif maka variabel berpengaruh lemah terhadap model. Pada Tabel 4.6  $\beta_1, \beta_2, \beta_3,$  dan  $\beta_4$  hasil bernilai negatif sehingga variabel umur, jenis kelamin, pekerjaan dan pendidikan berpengaruh lemah terhadap model pada data yang berdistribusi weibull.

### 4.2.3 Estimasi Parameter Distribusi Weibull dengan Bayesian Hierarki

Model yang awalnya berdistribusi weibull dengan variabel umur, jenis kelamin, pekerjaan dan pendidikan. Model tersebut masih dikatakan hanya 1 level, selanjutnya pada penelitian ini dikembangkan menjadi 2 level dengan menambahkan faktor kelompok berdasarkan kecamatan yang dilihat dari kepadatan penduduk setiap kecamatan.

Berdasarkan Lampiran F diperoleh hasil estimasi sebagai berikut:

**Tabel 4.7** Estimasi Parameter Bayesian Hierarki

Node	Mean	Sd	MC Error	2,5%	Median	97,5%
alpha	1.013	1.016	0.00980	0.0280	0.7016	3.769
beta[1]	0.1163	0.08113	0.00306	-0.038	0.1153	0.279
beta[2]	-0.0146	0.1185	0.00614	-0.25	-0.0153	0.224
beta[3]	0.05626	0.04214	0.00116	-0.025	0.05575	0.139
beta[4]	-0.1018	0.1222	0.00408	-0.339	-0.1011	0.136
gamma[1]	-0.0564	0.1047	0.00335	-0.262	-0.0568	0.147
gamma[2]	-0.0034	9.123E-4	7.79E-5	-0.005	-0.0034	-0.001

Berdasarkan table 4.7 distribusi posterior yang diperoleh signifikan artinya nilai berada dalam interval kepercayaan serta tidak terdapat nol dalam interval kepercayaan. Sedangkan sifat



konvergen dapat dilihat pada *trace plot*, *history plot*, dan *density* yang telah disajikan pada Lampiran F

Parameter yang diestimasi pada Tabel 4.7, menunjukkan bahwa variabel yaitu usia, jenis kelamin, pendidikan, pekerjaan, dan kepadatan penduduk memenuhi kriteria signifikan artinya variabel tersebut berpengaruh terhadap ketahanan hidup pasien penderita Tuberkulosis. Kemudian nilai estimasi setiap parameter dijelaskan sebagai berikut:

1. Pada variabel Umur ( $X_1$ ) dengan nilai  $\beta_1 = 0.1163$  mempunyai nilai  $\exp(\beta_1) = 1,123332$  menunjukkan bahwa ketika umur pasien bertambah satu tahun maka tingkat risiko mengalami kegagalan sebesar 1,123332 kali lebih besar dibandingkan pasien berumur lebih muda satu tahun. Hal ini berarti semakin bertambah umur, resiko mengidap Tuberkulosis dan mengalami kegagalan semakin tinggi.
2. Pada variabel Jenis Kelamin ( $X_2$ ) dengan  $\beta_2 = -0,0146$  mempunyai nilai  $\exp(\beta_2) = 0,9855$  jenis kelamin perempuan memiliki resiko mengidap penyakit Tuberkulosis sebesar 0,9855 lebih kecil dibandingkan dengan jenis kelamin laki-laki. Hal ini berarti laki-laki memiliki resiko mengidap penyakit Tuberkulosis lebih besar dibandingkan dengan jenis kelamin perempuan.
3. Variabel pekerjaan ( $X_3$ ) dengan  $\beta_3 = 0,05626$  dan  $\exp(\beta_3) = 1,05787$  menunjukkan bahwa pasien yang bekerja memiliki tingkat risiko lebih tinggi sebesar 1,05787 kali dari pasien yang tidak bekerja. Dengan kata lain, pasien yang bekerja memiliki peluang lebih besar mengidap penyakit Tuberkulosis dibandingkan pasien yang tidak bekerja.
4. Variabel pendidikan ( $X_4$ ) dengan  $\beta_4 = -0,1018$  dan  $\exp(\beta_4) = 0,90321$  menunjukkan bahwa pasien dengan bertambah meningkat jenjang pendidikan yang ditempuh maka

tingkat risiko mengalami kegagalan mengindap penyakit Tuberkulosis 0,90321 lebih kecil dari pasien yang berpendidikan lebih rendah.

5. Variabel kepadatan penduduk ( $Z_1$ ) dengan  $\gamma_{11} = -0,0034$  dan  $\exp(\gamma_1) = 0,9966$  artinya wilayah kecamatan yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dengan tingkat risiko 0,997 lebih kecil dari wilayah kecamatan yang memiliki kepadatan penduduk rendah. Hal ini berarti kepadatan memberikan pengaruh korelasi yang lemah

Sehingga diperoleh fungsi *Hazard Proportional Model* Ketahanan Hidup Bayesian Hierarki dengan *hazard* dasar berdistribusi Weibull berdasarkan persamaan (4.3) sebagai berikut:

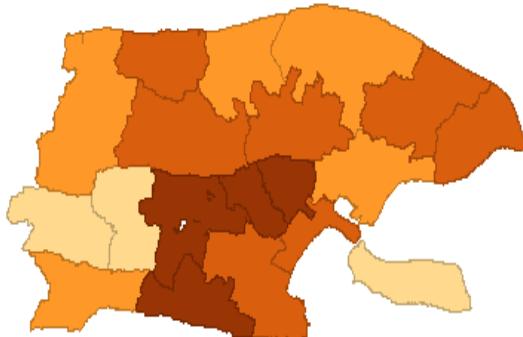
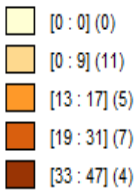
$$h(t|X, w_j, u_j, b_{ij}) = (1,013)(t_i)^{0,013} \exp(\beta_{0j} + 0,1163X_1 - 0,0146 X_2 + 0,05626X_3 - 0,1018X_4)$$

$$\beta_{0j} = -0.0564 - 0.0034Z_1 \quad (4.16)$$

### 4.3 Analisis Spasial

#### 4.3.1 Pemetaan Penderita Tuberkulosis

Quantile: JUMLAH



**Gambar 4.1** Peta Pemetaan Penderita Tuberkulosis

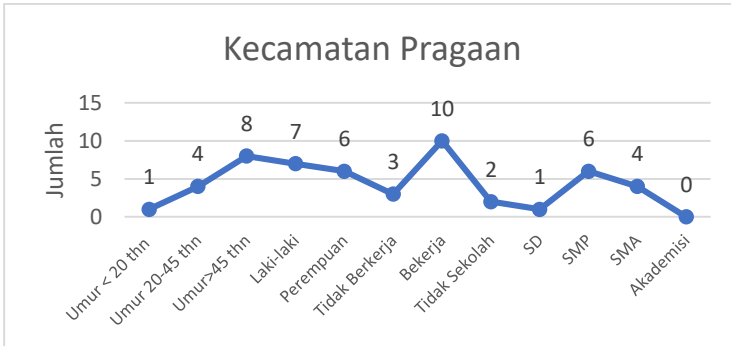
Gambar 4.1 menggambarkan tentang pemetaan penderita penyakit tuberkulosis di kabupaten Sumenep dengan bantuan software geode data yang diambil pada lampiran C. Pemetaan penyakit ini menggambarkan hasil taksiran pengaruh spasial di setiap kecamatan terhadap kelangsungan hidup penderita penyakit tuberkulosis. Berdasarkan Gambar tersebut, dipetakan menurut kecamatan dengan warna-warna tertentu diurut dari warna yang paling pekat sampai pada yang paling terang sebagai berikut:

- a) Kecamatan yang penderita penyakit tuberkulosis paling banyak dengan jumlah di atas 30 orang meliputi kecamatan Kota, Batuan, Lenteng, dan Bluto.
- b) Kecamatan yang penderita penyakit tuberkulosis paling banyak kedua dengan jumlah antara 19 sampai 31 orang meliputi kecamatan Dungkek, Batang-batang, Manding, Rubaru, Ambunten, Kalianget, dan Saronggi
- c) Kecamatan yang penderita penyakit tuberkulosis sedang dengan jumlah antara 13 sampai 17 orang meliputi kecamatan Gapura, Batu Putih, Dasuk, dan Pragaan
- d) Kecamatan yang penderita penyakit tuberkulosis paling sedikit dengan jumlah 0 sampai 9 orang meliputi kecamatan Ganding dan Guluk-guluk

#### **4.3.2. Karakteristik Berdasarkan Lokasi Kecamatan**

Lokasi kecamatan memiliki karakteristik wilayah yang berbeda-beda misal kepadatan penduduk dan kondisi lingkungan yang dapat berpengaruh terhadap daya tubuh seseorang untuk terjangkit penyakit, sehingga perlu dilakukan adanya deskriptif setiap kecamatan dalam penyebaran penyakit Tuberkulosis berdasarkan faktor risiko yang mempengaruhi. Berikut deskriptif setiap kecamatan yang telah diperhitungkan pada Lampiran D sebagai berikut:

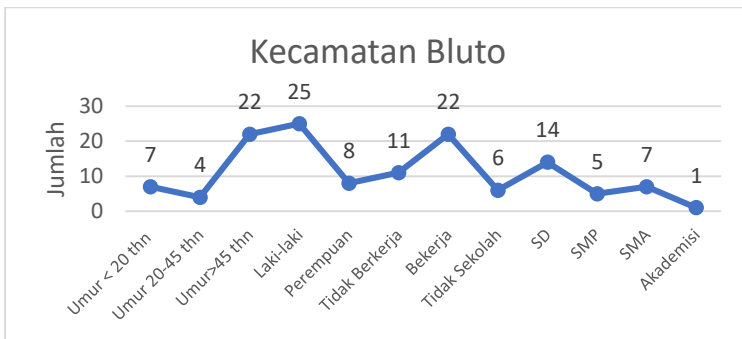
## 1. Kecamatan Pragaan



**Gambar 4.2** Deskriptif Kecamatan Pragaan

Berdasarkan Gambar 4.2, penderita Tuberkulosis di kecamatan Pragaan lebih banyak menyerang laki-laki yang berumur 45 tahun ke atas, berpendidikan terakhir SMP, dan masih aktif bekerja.

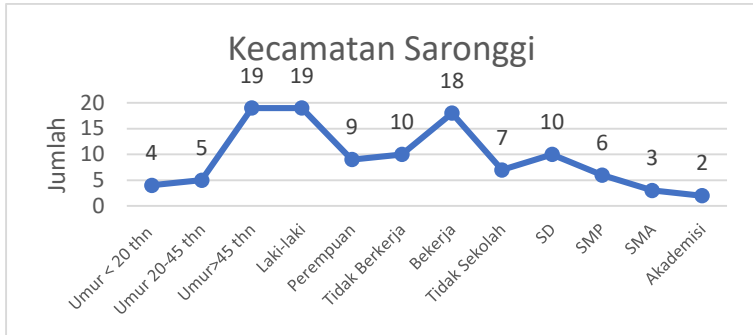
## 2. Kecamatan Bluto



**Gambar 4.3** Deskriptif Kecamatan Bluto

Berdasarkan Gambar 4.3, laki-laki yang berumur diatas 45 tahun lebih terkena penyakit tuberkulosis dan resiko kematiannya lebih tinggi dibandingkan perempuan. Penyakit ini menyerang mereka yang aktif bekerja dan berpendidikan terakhir SD

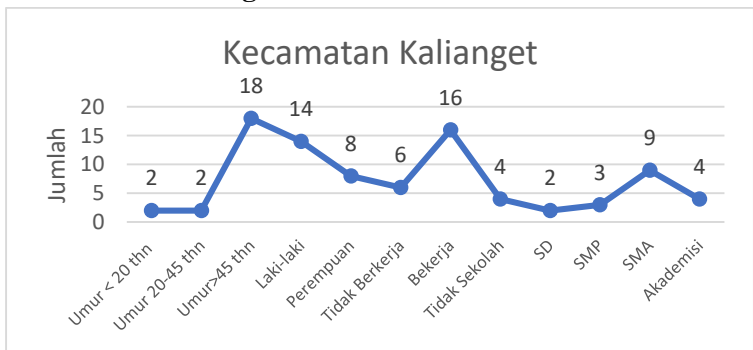
### 3. Kecamatan Saronggi



**Gambar 4.4** Deskriptif Kecamatan Saronggi

Berdasarkan Gambar 4.4, laki-laki yang berumur diatas 45 tahun lebih rawan terkena penyakit tuberkulosis dan resiko kematiannya lebih tinggi. Tuberkulosis menyebar pada yang aktif bekerja dan berpendidikan terakhir SD

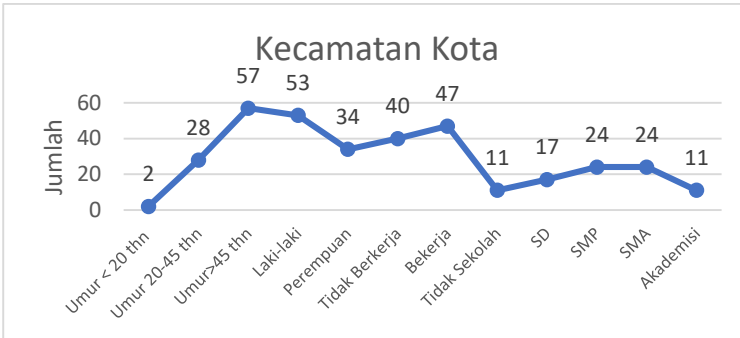
### 4. Kecamatan Kaliangit



**Gambar 4.5** Deskriptif Kecamatan Kaliangit

Berdasarkan Gambar 4.5, laki-laki yang berumur diatas 45 tahun lebih rentan terkena penyakit tuberkulosis dan resiko kematiannya lebih tinggi. Penyakit ini menyerang mereka yang aktif bekerja dan berpendidikan terakhir SMA

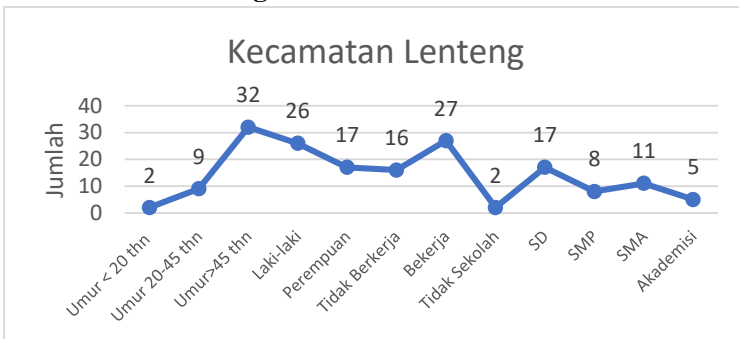
## 5. Kecamatan Kota



**Gambar 4.6** Deskriptif Kecamatan Kota

Berdasarkan Gambar 4.6, laki-laki yang berumur diatas 45 tahun lebih rentan terkena penyakit tuberkulosis dan resiko kematiannya lebih tinggi. Dari sisi pekerjaan penyakit ini menyerang mereka yang aktif bekerja, sedangkan pendidikan terakhir ini seimbang antara SD dan SMP sama, artinya, memiliki presentase rentan yang sama

## 6. Kecamatan Lenteng

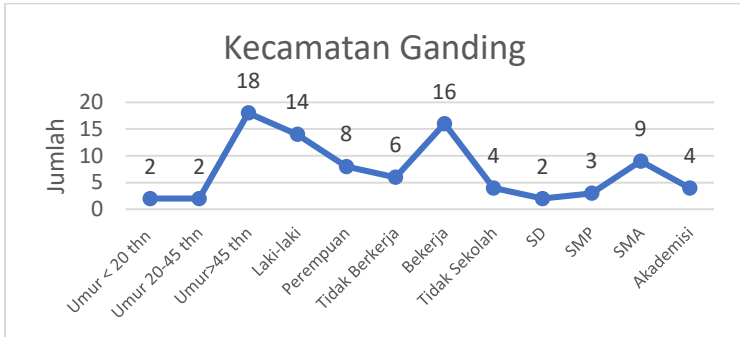


**Gambar 4.7** Deskriptif Kecamatan Lenteng

Berdasarkan Gambar 4.7, laki-laki yang berumur diatas 45 tahun ke atas lebih rentan terkena penyakit tuberkulosis. Penyakit

ini lebih menyerang mereka yang aktif bekerja dan berpendidikan terakhir SD

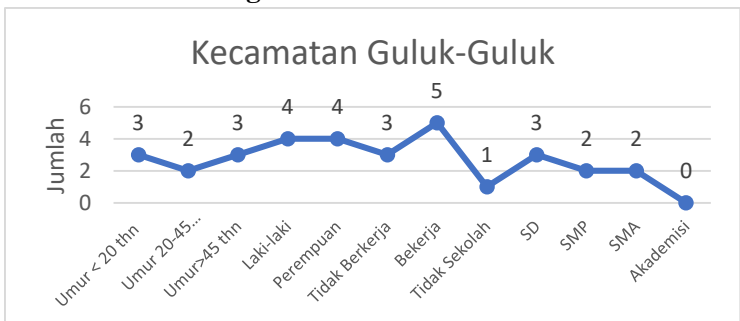
## 7. Kecamatan Ganding



**Gambar 4.8** Deskriptif Kecamatan Ganding

Berdasarkan Gambar 4.8, laki-laki yang berumur diatas 45 tahun lebih rentan terkena penyakit tuberkulosis tetapi tingkat resiko kematiannya lebih tinggi di umur antara 20 sampai 45 tahun. Penyakit ini menyerang mereka yang tidak bekerja dan berpendidikan terakhir SMA

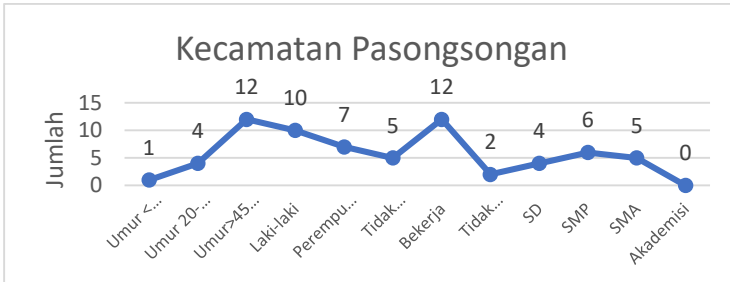
## 8. Kecamatan Guluk-guluk



**Gambar 4.9** Deskriptif Kecamatan Guluk-guluk

Berdasarkan Gambar 4.9, Perempuan dan laki-laki berumur 0-20 lebih rentan terkena tuberkulosis tetapi tingkat kematian lebih tinggi yang berumur diatas 45 tahun. Penyakit ini menyebar pada mereka yang tak berkerja dan berpendidikan terakhir SD & SMP

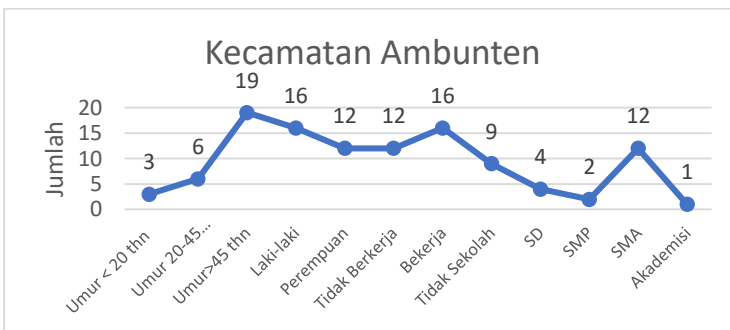
## 9. Kecamatan Pasongsongan



**Gambar 4.10** Deskriptif Kecamatan Pasongsongan

Berdasarkan Gambar 4.10, laki-laki yang berumur diatas 45 tahun ke atas lebih rentan terkena penyakit tuberkulosis. Penyakit ini lebih menyerang pada mereka yang tidak berkerja dan berpendidikan terakhir SMP

## 10. Kecamatan Ambunten

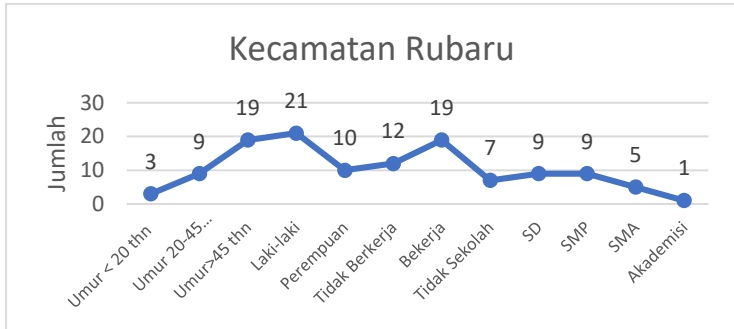


**Gambar 4.11** Deskriptif Kecamatan Ambunten



Berdasarkan Gambar 4.11, laki-laki yang berumur diatas 45 tahun ke atas lebih rentan terkena penyakit tuberkulosis. Penyakit ini lebih menyerang mereka yang bekerja dan yang tidak pernah bersekolah

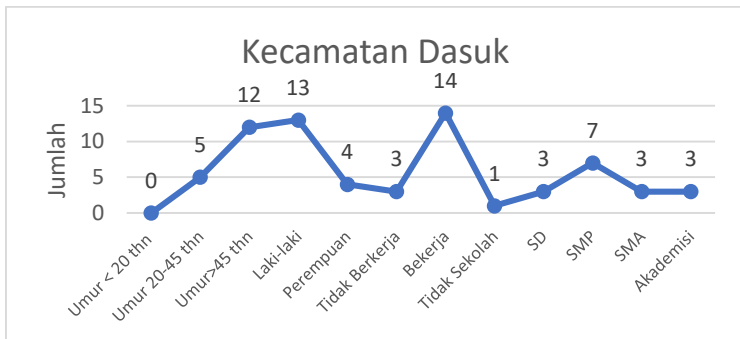
## 11 . Kecamatan Rubaru



**Gambar 4.12** Deskriptif Kecamatan Rubaru

Berdasarkan Gambar 4.12, perempuan yang berumur diatas 45 tahun. Penyakit ini lebih menyerang mereka yang tidak bekerja dan berpendidikan terakhir SD

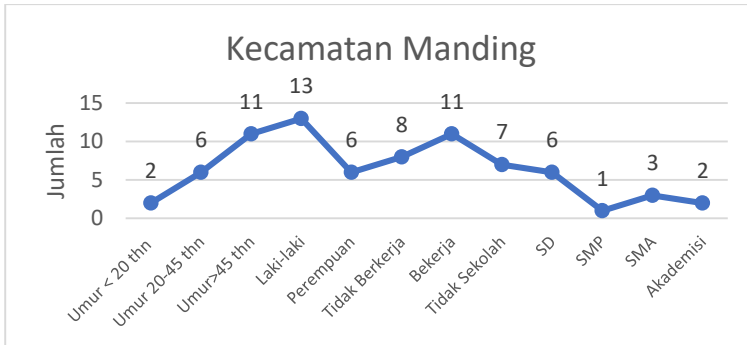
## 14. Kecamatan Dasuk



**Gambar 4.13** Deskriptif Kecamatan Dasuk

Berdasarkan Gambar 4.13, laki-laki yang berumur diatas 45 tahun lebih rentan terkena tuberkulosis. Penyakit ini lebih menyebar pada mereka yang bekerja dan berpendidikan terkakhir SMP

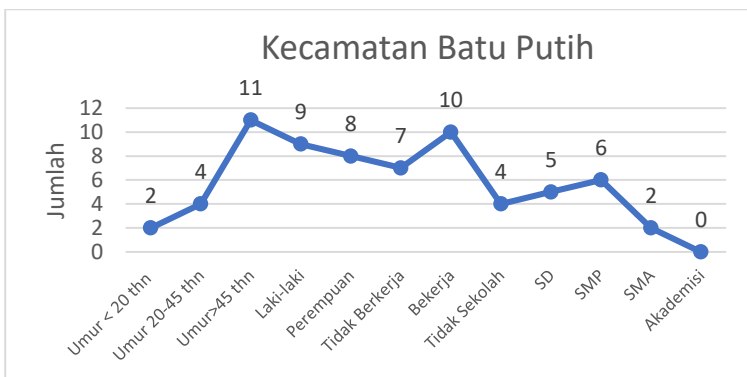
### 15. Kecamatan Manding



**Gambar 4.14** Deskriptif Kecamatan Manding

Berdasarkan Gambar 4.14, laki-laki yang berumur diatas 45 tahun lebih rentan terkena tuberkulosis. Penyakit ini menyerang mereka yang berkerja dan tidak bersekolah

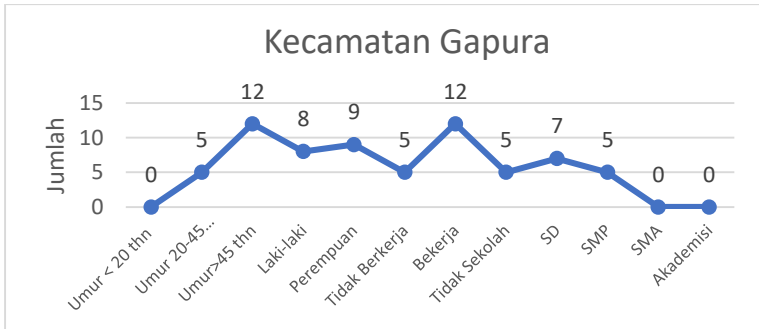
### 16. Kecamatan Batu Putih



**Gambar 4.15** Deskriptif Kecamatan Batu Putih

Berdasarkan Gambar 4.15, laki-laki yang berumur diatas 45 lebih rentan terkena tuberkulosis. Penyakit ini menyerang mereka yang bekerja dan berpendidikan terakhir SD

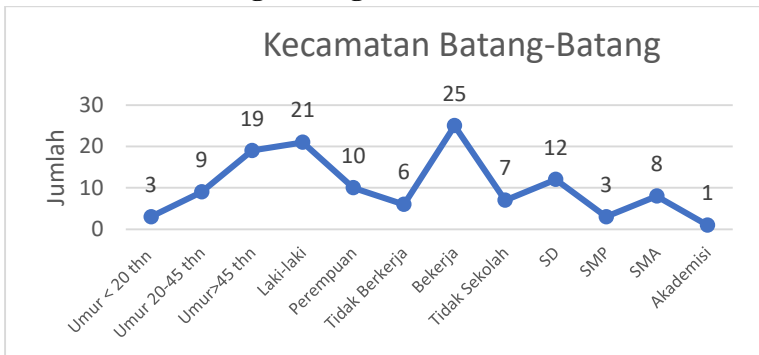
### 17. Kecamatan Gapura



**Gambar 4.16** Deskriptif Kecamatan Gapura

Berdasarkan Tabel 4.19, Perempuan yang berumur diatas 45 lebih rentan terkena tuberkulosis. Penyakit ini menyerang mereka yang tidak bekerja dan tidak pernah bersekolah

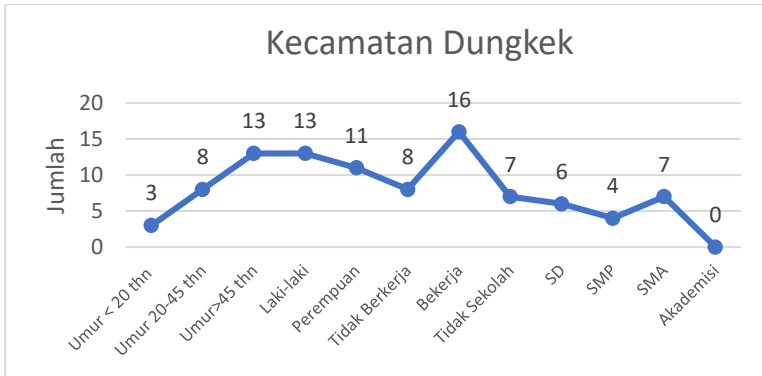
### 18. Kecamatan Batang-Batang



**Gambar 4.17** Deskriptif Kecamatan Batang-batang

Berdasarkan Gambar 4.17, laki-laki yang berumur diatas 45 tahun ke atas lebih mudah rentan terkena Tuberkulosis. Penyakit ini menyerang mereka yang bekerja dan pendidikan terakhir SD

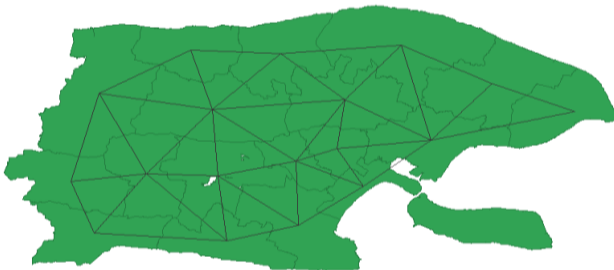
## 19. Kecamatan Dungkek



**Gambar 4.18** Deskriptif Kecamatan Dungkek

Berdasarkan Gambar 4.18, laki-laki yang berumur diatas 45 tahun lebih rentan rerkena tuberkulosis. Penyakit ini umumnya menyerang mereka yang berkerja. Presentase pendidikan yang memiliki pengaruh tinggi adala yang tidak pernah bersekolah dan berpendidikan terakhir SMA

### 4.3.3 Pembobotan Spasial



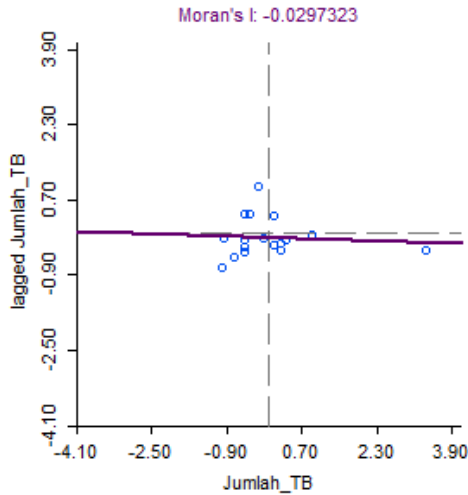
**Gambar 4.19** Peta Ketetangaan Sumenep

Pembobot spasial yang digunakan adalah pembobotan tipe *Queen Contiguity*, dimana pembobot spasial tipe tersebut dengan memperhatikan persinggungan sisi dan sudut dari letak lokasi kecamatan. Persinggungan direpresentasikan dalam matriks ketetanggaan (*Adjacent*) berdasarkan persamaan (2.18) dan (2.19). Hasil pembobot spasial *Queen Contiguity* pada Gambar 4.19, kecamatan yang memiliki jumlah tetangga terbanyak adalah kecamatan Rubaru dengan 6 tetangga. Sementara kecamatan yang memiliki jumlah tetangga paling sedikit adalah kecamatan Dungek dengan 2 tetangga. Keterkaitan antar tetangga menyebabkan adanya saling mempengaruhi satu dengan yang lain. Rata-rata setiap kecamatan memiliki jumlah ketetanggaan 3 kecamatan yang lain.

#### **4.3.4 Autokorelasi Spasial**

Autokorelasi spasial digunakan untuk mengetahui hubungan atau korelasi antar pengamatan daerah yang berdekatan. Autokorelasi spasial direpresentasi melalui pembobotan matriks, penentuan autokorelasi spasial dengan statistik uji Moran's I terhadap jumlah penderita Tuberkulosis di masing-masing kecamatan yang berada Sumenep menggunakan bantuan software Geoda

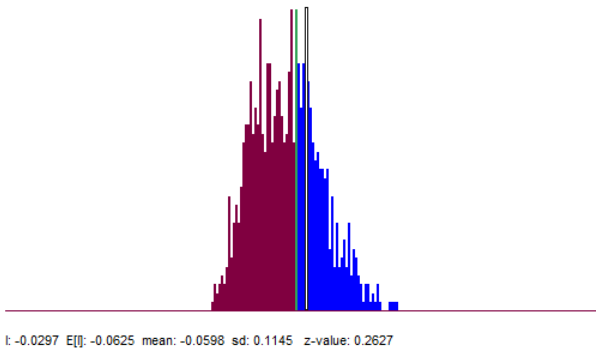
Berdasarkan Gambar 420. menunjukkan indeks Moran's I sebesar  $-0,297$  yang diperoleh melalui persamaan (2.15). Nilai indeks Moran's I mendekati 0 atau kurang dari 1 sehingga cenderung berpola uniform dimana nilai variansi mendekati 0. Hal ini menunjukkan bahwa penderita Tuberkulosis menyebar secara teratur di semua lokasi.



**Gambar 4.20** Indeks Moran's I

Selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi autokorelasi spasial untuk menentukan autokorelasi ada atau tidak pada kejadian Tuberkulosis di Sumenep. Dalam menentukan nilai harapan dan standart deviasi Moran's I perlu dilakukan permutasi sebanyak 999 kali yang dapat ditunjukkan pada Gambar 4.4

permutations: 999  
pseudo p-value: 0.396000



**Gambar 4.21** Permutasi 999 kali Indeks Moran's I

Berdasarkan Gambar 4.21 ditunjukkan nilai harapan, rata-rata dan standart deviasi indeks Moran's I yang diperoleh melalui perhitungan persamaan (2.16)-(2.17) dengan nilai harapan  $E[I] = -0,625$ , mean =  $-0,0598$  dan standart deviasi =  $0,1145$ . Hasil perhitungan nilai harapan dan standart deviasi digunakan dalam penentuan korelasi antar wilayah Kecamatan dengan dilakukan uji hipotesis sebagai berikut:

Hipotesis :

$H_0$  = Tidak terdapat autokorelasi spasial

$H_1$  = Terdapat autokorelasi spasial

Taraf signifikansi  $\alpha = 0,5$

Statistik uji :

$$\begin{aligned} Z(I) &= \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{Var}(I)}} \\ &= \frac{-0,0297323 + 0,0625}{0,1145} \\ &= 0,2862 \end{aligned}$$

Kriteria uji:

Tolak  $H_0$  pada taraf signifikansi  $\alpha$  jika  $Z(I) > Z_{1-\alpha}$

Dengan  $Z_{1-\alpha} = Z_{0,95} = 1,65$

Kesimpulan :

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa nilai  $Z(I) = 0,2862 < Z_{0,975} = 1,65$ . Sehingga  $H_0$  diterima artinya bahwa jumlah penderita Tuberkulosis antar Kecamatan satu dengan yang lain tidak terdapat autokorelasi spasial dan data tidak berkelompok. Hal ini terjadi karena adanya faktor lain yang berpengaruh tetapi tidak masuk kedalam penelitian dan penyakit Tuberkulosis ini merupakan penyakit menular yang dapat berpindah melalui udara tetapi tidak menyebar luas sampai lingkup kecamatan. Penyakit Tuberkulosis ini hanya berpindah saat barang pakai yang digunakan sama. Ditinjau dari lokasi Kecamatan dimana setiap Kecamatan

memiliki kepadatan penduduk yang berbeda ada yang padat tidak karena luas daerah setiap Kecamatan yang berbeda akan berpengaruh.

Autokorelasi spasial untuk setiap variabel berdasarkan lampiran D dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Umur dibawah 20 tahun

Pengujian indeks Morans diperoleh kesimpulan bahwa pada taraf signifikansi 5% dengan nilai indeks moran sebesar  $-0,0879$  menunjukkan adanya autokorelasi spasial negatif. Dari hasil perhitungan nilai  $Z(I) = -0,18649 < Z_{0,975} = 1,65$  sehingga dinyatakan penderita Tuberkulosis yang berumur dibawah 20 tahun tidak terdapat autokorelasi spasial terhadap antar Kecamatan.

2. Umur antara 20 tahun sampai 45 tahun

Pengujian indeks Morans diperoleh kesimpulan bahwa pada taraf signifikansi 5% dengan nilai indeks moran sebesar  $-0,097526$  menunjukkan adanya autokorelasi spasial negative. Dari hasil perhitungan nilai  $Z(I) = -0,3807 < Z_{0,975} = 1,65$  sehingga dinyatakan penderita Tuberkulosis yang berumur antara 20 tahun sampai 45 tahun tidak terdapat autokorelasi spasial terhadap antar Kecamatan

3. Umur diatas 45 tahun

Pengujian indeks Morans diperoleh kesimpulan bahwa pada taraf signifikansi 5% dengan nilai indeks moran sebesar  $0,030006$  menunjukkan adanya autokorelasi spasial positif namun korelasinya dikatakan lemah atau mendekati nol. Dari hasil perhitungan nilai  $Z(I) = 0,744811 < Z_{0,975} = 1,65$  sehingga dinyatakan penderita Tuberkulosis yang berumur diatas 45 tahun tidak terdapat autokorelasi spasial terhadap antar Kecamatan



#### 4. Laki-laki

Pengujian indeks Morans diperoleh kesimpulan bahwa pada taraf signifikansi 5% dengan nilai indeks moran sebesar  $-0,0221$  menunjukkan adanya autokorelasi spasial negatif. Dari hasil perhitungan nilai  $Z(I) = 0,31836 < Z_{0,975} = 1,65$  sehingga dinyatakan penderita Tuberkulosis yang berjenis kelamin laki-laki tidak terdapat autokorelasi spasial terhadap antar Kecamatan

#### 5. Perempuan

Pengujian indeks Morans diperoleh kesimpulan bahwa pada taraf signifikansi 5% dengan nilai indeks moran sebesar  $-0,0521$  menunjukkan adanya autokorelasi spasial negatif. Dari hasil perhitungan nilai  $Z(I) = 0,099426 < Z_{0,975} = 1,65$  sehingga dinyatakan penderita Tuberkulosis yang berjenis kelamin perempuan tidak terdapat autokorelasi spasial terhadap antar Kecamatan

#### 6. Tidak bekerja

Pengujian indeks Morans diperoleh kesimpulan bahwa pada taraf signifikansi 5% dengan nilai indeks moran sebesar  $-0,06$  menunjukkan adanya autokorelasi spasial negatif. Dari hasil perhitungan nilai  $Z(I) = 0,025562 < Z_{0,975} = 1,65$  sehingga dinyatakan penderita Tuberkulosis yang tidak bekerja tidak terdapat autokorelasi spasial terhadap antar Kecamatan

#### 7. Bekerja

Pengujian indeks Morans diperoleh kesimpulan bahwa pada taraf signifikansi 5% dengan nilai indeks moran sebesar  $-0,012$  menunjukkan adanya autokorelasi spasial negatif. Dari hasil perhitungan nilai  $Z(I) = 0,374629 < Z_{0,975} = 1,65$  sehingga dinyatakan penderita Tuberkulosis yang bekerja tidak terdapat autokorelasi spasial terhadap antar Kecamatan

## 8. Tidak sekolah

Pengujian indeks Morans diperoleh kesimpulan bahwa pada taraf signifikansi 5% dengan nilai indeks moran sebesar 0,0904 menunjukkan adanya autokorelasi spasial positif namun korelasinya dikatakan lemah atau mendekati nol. Dari hasil perhitungan nilai  $Z(I) = 0,945578 < Z_{0,975} = 1,65$  sehingga dinyatakan penderita Tuberkulosis yang tidak sekolah tidak terdapat autokorelasi spasial terhadap antar Kecamatan.

## 9. SD

Pengujian indeks Morans diperoleh kesimpulan bahwa pada taraf signifikansi 5% dengan nilai indeks moran sebesar 0,037 menunjukkan adanya autokorelasi spasial positif namun korelasinya dikatakan lemah atau mendekati nol. Dari hasil perhitungan nilai  $Z(I) = 0,623824 < Z_{0,975} = 1,65$  sehingga dinyatakan penderita Tuberkulosis yang berpendidikan terakhir SD tidak terdapat autokorelasi spasial terhadap antar Kecamatan.

## 10.SMP

Pengujian indeks Morans diperoleh kesimpulan bahwa pada taraf signifikansi 5% dengan nilai indeks moran sebesar -0,2167 menunjukkan adanya autokorelasi spasial negatif. Dari hasil perhitungan nilai  $Z(I) = -1,48555 < Z_{0,975} = 1,65$  sehingga dinyatakan penderita Tuberkulosis yang berpendidikan terakhir SMP tidak terdapat autokorelasi spasial terhadap antar Kecamatan.

## 11.SMA

Pengujian indeks Morans diperoleh kesimpulan bahwa pada taraf signifikansi 5% dengan nilai indeks moran sebesar -1,057 menunjukkan adanya autokorelasi spasial negatif. Dari hasil perhitungan nilai  $Z(I) = -0,33078 < Z_{0,975} = 1,65$  sehingga dinyatakan penderita Tuberkulosis yang berpendidikan terakhir

SMA tidak terdapat autokorelasi spasial terhadap antar Kecamatan.

## 12. Akademi

Pengujian indeks Morans diperoleh kesimpulan bahwa pada taraf signifikansi 5% dengan nilai indeks moran sebesar 0,119 menunjukkan adanya autokorelasi spasial positif namun korelasinya dikatakan lemah atau mendekati nol. Dari hasil perhitungan nilai  $Z(I) = 1,521375 < Z_{0,975} = 1,65$  sehingga dinyatakan penderita Tuberkulosis yang berpendidikan terakhir Akademi tidak terdapat autokorelasi spasial terhadap antar Kecamatan.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini diberikan kesimpulan dari hasil analisis data pada Tugas Akhir ini dan saran yang bisa digunakan untuk penelitian selanjutnya.

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian Tugas Akhir ini yaitu:

1. Hasil penjabaran model yang telah dilakukan dari model *Cox Proportional Hazard* sebagai berikut:

Tahap 1: Berdasarkan persamaan umum (2.8) dengan diberikan penambahan efek random individu ( $b_{ij}$ ) pada level 1 sehingga persamaan menjadi sebagai berikut:

$$h(t|X, u_j, e_{ij}) = h_0(t) \exp(\beta_{0j} + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_n x_{nij} + b_{ij})$$

Tahap 2: Persamaan pada level 2 yang bergantung pada level 1  $\beta_{0j}$  ditambahkan efek random kelompok ( $u_j$ ) pada level 2 sebagai berikut:

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01} Z_j + u_j$$

Tahap 3: Menambahkan efek random spasial pada model, berikut fungsi hazard yang menyertakan efek random spasial ( $w_j$ ):

$$h(t|X, w_j) = h_0(t) \exp(\beta_{0j} + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_n x_{nij} + w_j)$$

Tahap 4:

Berdasarkan tahap 1 sampai tahap 3 maka diperoleh fungsi hazard model hierarki sebagai berikut:

$$h(t|X, w_j, u_j, b) = h_0(t) \exp(\beta_{0j} + \beta_1 x_{1ij} + \dots + \beta_n x_{nij} + b_{ij}) \quad (4.3)$$

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01} Z_j + u_j + w_j$$

2. Berdasarkan data pasien penderita Tuberkulosis yang menjalani perawatan di Rumah Sakit Umum Dr. Moh Anwar, diperoleh data ketahanan hidup berdistribusi Weibull sebagai berikut:

$$h(t|X, w_j, u_j, b_{ij}) = (1,013)(t_i)^{0,013} \exp(\beta_{0j} + 0,1163X_1 - 0,0146 X_2 + 0,05626X_3 - 0,1018X_4)$$

$$\beta_{0j} = -0.0564 - 0.0034Z_1 \quad (4.16)$$

- a. Pada variabel Umur ( $X_1$ ) dengan nilai  $\beta_1 = 0.1163$  mempunyai nilai  $\exp(\beta_1) = 1,123332$  menunjukkan bahwa ketika umur pasien bertambah satu tahun maka tingkat risiko mengalami kegagalan sebesar 1,123332 kali lebih besar dibandingkan pasien berumur lebih muda satu tahun. Hal ini berarti semakin bertambah umur, resiko mengidap Tuberkulosis dan mengalami kegagalan semakin tinggi.
- b. Pada variabel Jenis Kelamin ( $X_2$ ) dengan  $\beta_2 = -0,0146$  mempunyai nilai  $\exp(\beta_2) = 0,9855$  jenis kelamin perempuan memiliki resiko mengidap penyakit Tuberkulosis sebesar 0,9855 lebih kecil dibandingkan dengan jenis kelamin laki-laki. Hal ini berarti laki-laki memiliki resiko mengidap penyakit Tuberkulosis lebih besar dibandingkan dengan jenis kelamin perempuan.
- c. Variabel pekerjaan ( $X_3$ ) dengan  $\beta_3 = 0,05626$  dan  $\exp(\beta_3) = 1,05787$  menunjukkan bahwa pasien yang bekerja memiliki tingkat risiko lebih tinggi sebesar 1,05787 kali dari pasien yang tidak bekerja. Dengan kata lain, pasien yang bekerja memiliki peluang lebih besar mengidap penyakit Tuberkulosis dibandingkan pasien yang tidak bekerja.
- d. Variabel pendidikan ( $X_4$ ) dengan  $\beta_4 = -0,1018$  dan  $\exp(\beta_4) = 0,90321$  menunjukkan bahwa pasien dengan bertambah meningkat jenjang pendidikan yang ditempuh maka tingkat risiko mengalami kegagalan mengidap

penyakit Tuberkulosis 0,90321 lebih kecil dari pasien yang berpendidikan lebih rendah.

- e. Variabel kepadatan penduduk ( $Z_1$ ) dengan  $\gamma_{11} = -0,0034$  dan  $\exp(\gamma_1) = 0,9966$  artinya wilayah kecamatan yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dengan tingkat risiko 0,997 lebih kecil dari wilayah kecamatan yang memiliki kepadatan penduduk rendah. Hal ini berarti kepadatan memberikan pengaruh korelasi yang lemah
3. Faktor spasial tidak mempengaruhi model karena berdasarkan hasil autokorelasi bahwa nilai statistik Moran's I sebesar -0,297 yang menunjukkan bahwa berkorelasi negatif dan nilai Z-value sebesar 0,2862 sehingga disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh lokasi atau tidak berkelompok setiap kecamatan pada kejadian Tuberkulosis di Sumenep .

## 5.2 Saran

Adapun beberapa saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Model estimasi ketahanan hidup dapat dikembangkan dengan menerapkan pada kasus-kasus lain misal data yang berstruktur Hierarki.
2. Penentuan distribusi prior diperhatikan mengenai fungsi parameter tersebut terhadap model dan jenis prior yang digunakan.
3. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat mendapatkan model estimasi ketahanan hidup terhadap distribusi peluang lain dengan menggunakan metode Bayesia





### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, “Data dan Informasi Profil Kesehatan Indonesia,” 2018.
- [2] P. K. Sumenep and D. Kesehatan, “Profil Kesehatan Kabupaten Sumenep,” 2016.
- [3] L. Rahmawati, Abadyo, and T. E. Lestari, “Analisis Kelompok Dengan Menggunakan Hierarki untuk Pengelompokan Kabupaten/Kota Di Jawa timur Berdasar Indikator Kesehatan,” 2007.
- [4] S. Banerjee, M. M. Wall, and B. P. Carlin, “Frailty modeling for spatially correlated survival data , with application to infant mortality in Minnesota,” pp. 123–142, 2003.
- [5] M. S. Irfan Taufik, Sri Astuti Thamrin, S.Si, M.Stat, Ph.D , Andi Kresna Jaya, S.Si, “Pemodelan Multilevel Survival Parsial Dengan Pendekatan Bayesian,” no. 1995, 2016.
- [6] Amran, “Model Bayesian Hirarki Spatio-Temporal Non Stasiioner Berbasis Kopula,” 2011.
- [7] N. Mahmudah and H. Pramodyo, “Pemodelan Spasial Survival Weibull-3 Parameter dengan Frailty Berdistribusi Conditionally Autoregressive ( CAR ),” vol. 3, no. 1, pp. 93–102, 2015.
- [8] D. Darmofal and G. Hall, “*Bayesian Spatial Survival Models for Political Event Processes \**,” 2008.
- [9] Siti Umroka, Penerapan Metode Bayesian untuk Mendapatkan Model Ketahanan Hidup Pasien Penderita Diabetes Melitus. Surabaya, 2018.
- [10] L. Prasanna Sahoo, *Probability And Mathematical Statistic*. 2013.
- [11] D. G. Kleinbaum, *Survival Analysis: A Self Learning Text, Third Edition*. 2012.
- [12] J. S. Clark and A. E. Gelfand, *Hierarchical Modelling For The Environmental Sciences*. .
- [13] L. Ntzroufras, “Bayesian Modelling Using WinBUGS,” 2009.

- [14] LeSage, *“The Theory and Practice of Spatial Econometric. Ohio, United State: Universitas of Telode,”* pp. 1–10, 1999.
- [15] Infodatin, *“Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI.”* pp. 1–7, 2015.
- [16] U. Indonesia, *“Mycobacterium tuberculosis,”* pp. 7–31, 2009.
- [17] M. A. Nurjana, B. L. Kesehatan, K. Labuan, and K. Donggala, *“Faktor Risiko Terjadinya Tuberkulosis Paru Usia Produktif (15-49 Tahun) Di Indonesia,”* pp. 163–170, 2015.
- [18] J. F. J. Dotulong, M. R. Sapulete, and G. D. Kandou, *“Hubungan faktor risiko umur, jenis kelamin dan kepadatan hunian dengan kejadian penyakit tb paru di desa wori kecamatan wori,”* pp. 57–65.
- [19] Rukmini and C. U.W, *“Faktorfaktor yang Berpengaruh Terhadapp Kejadian TB Paru Dewasa Indonesia,”* vol. 14, pp. 320–331, 2014.

**LAMPIRAN A**  
**Data Penderita Tuberkulosis di Rumah Sakit Umum Moh.Anwar**  
**2017-2018**

No	Lama Rawat	Umur	L/P	Kecamatan	Pekerjaan	Pendidikan	Keterangan
1	4	38	L	Manding	Swasta	SMA	Sembuh
2	4	31	P	Saronggi	Swasta	Tidak Sekolah	Sembuh
3	1	61	L	Gapura	Petani	Tidak Sekolah	Meninggal
4	7	46	L	Dungkek	Swasta	Tidak Sekolah	Sembuh
5	4	75	L	Bluto	Pensiunan	SMA	Rujuk
6	4	57	P	Pasongsongan	Ibu Rumah Tangga	SD	Sembuh
7	9	17	L	Bluto	Swasta	SMA	Sembuh
8	3	51	L	Kota Sumenep	Swasta	SMA	Meninggal
9	6	46	L	Rubaru	Lain-lain	Tidak Sekolah	Pulang Paksa
10	4	58	L	Kota Sumenep	Lain-lain	Strata	Rujuk
11	2	59	L	Rubaru	Pedagang	SD	Meninggal
12	2	77	L	Lenteng	Petani	SMP	Meninggal
13	7	54	P	Batang - Batang	Petani	Tidak Sekolah	Sembuh
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
441	9	33	P	Batang - Batang	Swasta	SMA	Sembuh
442	0	16	P	Dungkek	Pelajar	SMA	Meninggal
443	3	54	P	Kota Sumenep	Lain-lain	SD	Rujuk
444	30	3	L	Saronggi	Dibawah Umur	-	Sembuh

**Lampiran B**  
**Pengelompokan Variabel Prediktor dan Variabel spasial**  
**Berdasarkan Lampiran A**

No	lama perawatan (T)	Umur ( $X_1$ )	Jenis Kelamin ( $X_2$ )	Pekerjaan ( $X_3$ )	Pendidikan ( $X_4$ )	kecamatan
1	4	1	1	1	3	14
2	4	1	2	0	0	3
3	1	2	1	1	0	16
4	7	2	1	1	0	18
5	4	2	1	0	3	2
6	4	2	2	0	1	10
7	9	0	1	1	3	2
8	3	2	1	1	3	5
9	6	2	1	0	0	12
10	4	2	1	0	4	5
11	2	2	1	1	1	12
12	2	2	1	1	2	7
13	7	2	2	1	0	17
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
439	7	0	2	0	0	18
440	31	0	1	0	0	15
441	9	1	2	1	3	17
442	0	0	2	0	0	18
443	3	2	2	0	1	5
444	30	0	1	0	0	3

Keterangan:

T= Lama perawatan penderita Tuberkulosis (hari).

Umur ( $X_1$ )

0 = Umur <20 tahun

1 = Umur 20-45 tahun

2 = Umur >45 tahun

Jenis kelamin ( $X_2$ )

1 = laki-laki

2 = perempuan

Pekerjaan ( $X_3$ )

0 = Tidak bekerja

1 = Bekerja

Tingkat pendidikan ( $X_4$ )

0=Tidak Sekolah

1= Sekolah Dasar (SD)

2=Sekolah Menengah Pertama (SMP)

3=Sekolah Menengah Atas/Umum (SMA/SMU)

4=Akademisi/Universitas

Kecamatan

- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| 1. Pragaan      | 10. Ambunten      |
| 2. Bluto        | 11. Rubaru        |
| 3. Saronggi     | 12. Dasuk         |
| 4. Kalianget    | 13. Manding       |
| 5. KotaSumenep  | 14. Batuputih     |
| 6. Lenteng      | 15. Gapura        |
| 7. Ganding      | 16. Batang-Batang |
| 8. Guluk-Guluk  | 17. Dungkek       |
| 9. Pasongsongan |                   |

**LAMPIRAN C**

Jumlah Penderita Tuberkulosis Berdasarkan Lokasi Kecamatan

<b>Jumlah Penderita TB berdasarkan Lokasi</b>		
<b>No</b>	<b>Kecamatan</b>	<b>Jumlah Penderita</b>
1	Pragaan	13
2	Bluto	33
3	Saronggi	28
4	Kalianget	22
5	KotaSumenep	87
6	Lenteng	43
7	Ganding	9
8	Guluk-Guluk	8
9	Pasongsongan	17
10	Ambunten	28
11	Rubaru	31
12	Dasuk	17
13	Manding	19
14	Batuputih	17
15	Gapura	17
16	Batang-Batang	31
17	Dungkek	24
<b>Total</b>		<b>444</b>

## LAMPIRAN D

Deskriptif Variabel Berdasarkan Lokasi Kecamatan

### 1. Kecamatan Pragaan

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	0 (0 %)	1 (7,69%)
	1	2 (15,38%)	2 (15,38%)
	2	5 (38,46%)	3 (23,08%)
Jenis Kelamin	1	3 (23,08%)	4 (30,77 %)
	2	4 (30,77 %)	2 (15,38%)
Pekerjaan	0	2 (15,38%)	1 (7,69%)
	1	5 (38,46%)	5 (38,46%)
Pendidikan	0	1 (7,69%)	1 (7,69%)
	1	1 (7,69%)	0 (0%)
	2	3 (23,08%)	3 (23,08%)
	3	2 (15,38%)	2 (15,38%)
	4	0 (0%)	0 (0%)

### 2. Kecamatan Bluto

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	6 (18,18%)	1 (3,03%)
	1	3 (9,09%)	1 (3,03%)
	2	14 (42,42%)	8 (24,24%)
Jenis Kelamin	1	18 (54,54%)	7 (21,21%)
	2	5 (15,15%)	3(9,09%)
Pekerjaan	0	7 (21,21%)	4 (12,12%)
	1	16 (48,48%)	6( 18,18%)
Pendidikan	0	5 (15,15%)	1 (3,03%)
	1	10 (30,30%)	4 (12,12%)
	2	4 (12,12%)	1 (3,03%)
	3	4 (12,12%)	3(9,09%)
	4	0 (0%)	1 (3,03%)

### 3. Kecamatan Saronggi

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	4 (14,28%)	0 (0%)
	1	2 (7,14%)	3 (10,71%)
	2	6 (21,42%)	13 (46,42%)
Jenis Kelamin	1	9 (32,14%)	10 (35,71%)
	2	3 (10,71%)	6 (21,42%)
Pekerjaan	0	6 (21,42%)	4 (14,28%)
	1	6 (21,42%)	12(42,85%)
Pendidikan	0	4 (14,28%)	3 (10,71%)
	1	4 (3,57%)	9 (32,14%)
	2	1 (17,85%)	1 (3,57%)
	3	5 (7,14%)	1 (3,57%)
	4	0 (0%)	5 (7,14%)

### 4. Kecamatan Kalianget

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	1 (4,54%)	1 (4,54%)
	1	1 (4,54%)	1 (4,54%)
	2	14 (63,63%)	4 (18,18%)
Jenis Kelamin	1	10 (45,45%)	4 (18,18%)
	2	6 (27,27%)	2 (9,09%)
Pekerjaan	0	5 (22,72%)	1 (4,54%)
	1	11 (50%)	5 (22,72%)
Pendidikan	0	2 (9,09%)	2 (9,09%)
	1	2 (9,09%)	0 (0%)
	2	2 (9,09%)	3 (4,54%)
	3	6 (27,27%)	3 (13,63%)
	4	4(18,18%)	0 (0%)



## 5. Kecamatan Kota

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	2 (2,30%)	0 (0%)
	1	22 (25,29%)	6 (6,90%)
	2	33 (37,93%)	24 (27,59%)
Jenis Kelamin	1	32 (36,78%)	21 (24,14%)
	2	25 (28,74%)	9 (10,34%)
Pekerjaan	0	30 (34,48%)	10 (11,49%)
	1	27 (31,03%)	2 (2,99%)
Pendidikan	0	9 (10,35%)	2 (2,30%)
	1	12 (13,79%)	5 (5,75%)
	2	14 (16,09%)	10 (11,49%)
	3	14 (16,09%)	10 (11,49%)
	4	8 (9,20%)	3(3,45%)

## 6. Kecamatan Lenteng

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	1 (2,32%)	1 (2,32%)
	1	5 (11,62%)	4 (9,30%)
	2	20 (46,51%)	12 (27,90%)
Jenis Kelamin	1	17 (39,53%)	9 (20,93%)
	2	9 (20,93%)	8 (18,60%)
Pekerjaan	0	7 (16,27%)	9 (20,93%)
	1	19 (44,18%)	8 (18,60%)
Pendidikan	0	2 (4,65%)	0 (0%)
	1	12 (27,90%)	5 (11,62%)
	2	4 (9,30%)	4 (9,30%)
	3	8 (18,60%)	3 (6,97%)
	4	0 (0%)	2 (11,62%)

### 7. Kecamatan Ganding

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	1 (11,11%)	1 (11,11%)
	1	1 (11,11%)	3 (33,33%)
	2	2 (22,22%)	1 (11,11%)
Jenis Kelamin	1	2 (22,22%)	2 (22,22%)
	2	2 (22,22%)	3 (33,33%)
Pekerjaan	0	3 (33,33%)	3 (33,33%)
	1	1 (11,11%)	2 (22,22%)
Pendidikan	0	0 (0%)	0 (0%)
	1	2 (22,22%)	1 (11,11%)
	2	1 (11,11%)	1 (11,11%)
	3	0(0%)	2 (33,33%)
	4	1 (11,11%)	0 (0%)

### 8. Kecamatan Guluk-guluk

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	2 (25%)	1 (12,5%)
	1	1 (12,5%)	1 (12,5%)
	2	1 (12,5%)	2 (25%)
Jenis Kelamin	1	2 (25%)	2 (25%)
	2	2 (25%)	2 (25%)
Pekerjaan	0	2 (25%)	1 (12,5%)
	1	2 (25%)	3 (37,5%)
Pendidikan	0	0 (0%)	1 (12,5%)
	1	2 (25%)	1 (12,5%)
	2	2 (25%)	0 (0%)
	3	0 (0%)	2 (25%)
	4	0 (0%)	0 (0%)

### 9. Kecamatan Pasongsongan

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	1 (5,88%)	0 (0%)
	1	2 (11,76%)	2 (11,76%)
	2	6 (35,29%)	6 (35,29%)
Jenis Kelamin	1	5 (29,41%)	5 (29,41%)
	2	4 (23,52%)	3 (17,64%)
Pekerjaan	0	3 (17,64%)	2 (11,76%)
	1	6 (35,29%)	6 (35,29%)
Pendidikan	0	0 (0%)	2 (11,76%)
	1	2 (11,76%)	2 (11,76%)
	2	4 (23,52%)	2 (11,76%)
	3	3 (17,64%)	2 (11,76%)
	4	0 (0%)	0 (0%)

### 10. Kecamatan Ambunten

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	1 (3,57%)	2 (7,14%)
	1	2 (7,14%)	4 (14,28%)
	2	9 (35,71%)	9 (32,14%)
Jenis Kelamin	1	7 (25%)	9 (32,14%)
	2	6 (21,42%)	6 (21,42%)
Pekerjaan	0	7 (25%)	9 (32,14%)
	1	6 (21,42%)	6 (21,42%)
Pendidikan	0	7 (25%)	5 (17,85%)
	1	6 (21,42%)	10 (35,71%)
	2	0 (0%)	0 (0%)
	3	0 (0%)	0 (0%)
	4	0 (0%)	0 (0%)

### 11. Kecamatan Rubaru

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	1 (3,22%)	2 (6,45%)
	1	6 (19,35%)	3 (9,67%)
	2	9 (29,03%)	10 (32,25%)
Jenis Kelamin	1	9 (29,03%)	12 (38,70%)
	2	7 (22,58%)	3 (9,67%)
Pekerjaan	0	6 (19,35%)	6 (19,35%)
	1	1 (32,25%)	9 (29,03%)
Pendidikan	0	3 (9,67%)	4 (12,90%)
	1	6 (19,35%)	3 (9,67%)
	2	5 (16,12%)	4 (12,90%)
	3	2 (6,45%)	3 (9,67%)
	4	0 (0%)	1 (3,22%)

### 12. Kecamatan Dasuk

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	0 (0%)	0 (0%)
	1	2 (11,76%)	3 (17,64%)
	2	6 (35,29%)	6 (35,29%)
Jenis Kelamin	1	6 (35,29%)	7 (41,17%)
	2	2 (11,76%)	2 (11,76%)
Pekerjaan	0	2 (11,76%)	1 (5,88%)
	1	6 (35,29%)	8 (47,05%)
Pendidikan	0	0 (0%)	1 (5,88%)
	1	1 (5,88%)	2 (11,76%)
	2	4 (23,52%)	3 (17,64%)
	3	1 (5,88%)	2 (11,76%)
	4	2 (11,76%)	1 (5,88%)

### 13. Kecamatan Manding

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	2 (10,52%)	0 (0%)
	1	2 (10,52%)	4 (21,05%)
	2	9 (47,36%)	2 (10,52%)
Jenis Kelamin	1	9 (47,36%)	4 (21,05%)
	2	4 (21,05%)	2 (10,52%)
Pekerjaan	0	6 (31,57%)	2 (10,52%)
	1	7 (36,84%)	4 (21,05%)
Pendidikan	0	6 (31,57%)	1 (5,26%)
	1	3 (15,78%)	3 (15,78%)
	2	1 (5,26%)	0 (0%)
	3	2 (10,52%)	1 (5,26%)
	4	2 (5,26%)	1 (5,26%)

### 14. Kecamatan Batu Putih

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	2 (11,76%)	0 (0%)
	1	2 (11,76%)	2 (11,76%)
	2	5 (29,41%)	6 (35,29%)
Jenis Kelamin	1	6 (35,29%)	3 (17,64%)
	2	3 (17,64%)	5 (29,41%)
Pekerjaan	0	3 (17,64%)	4 (23,52%)
	1	6 (35,29%)	4 (23,52%)
Pendidikan	0	2 (11,76%)	2 (11,76%)
	1	4 (23,52%)	1 (5,88%)
	2	1 (5,88%)	5 (29,41%)
	3	2 (11,76%)	0 (0%)
	4	0 (0%)	0 (0%)

### 15. Kecamatan Gapura

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	0 (0%)	0 (0%)
	1	2 (11,76%)	3 (17,64%)
	2	7 (41,17%)	5 (29,41%)
Jenis Kelamin	1	4 (23,52%)	4 (23,52%)
	2	5 (29,41%)	4 (23,52%)
Pekerjaan	0	3 (17,64%)	2 (11,76%)
	1	6 (35,29%)	6 (35,29%)
Pendidikan	0	4 (23,52%)	1 (5,88%)
	1	3 (17,64%)	4 (23,52%)
	2	2 (11,76%)	3 (17,64%)
	3	0 (0%)	0 (0%)
	4	0 (0%)	0(0%)

### 16. Kecamatan Batang-batang

Variabel		Sukses	Gagal
Umur	0	1 (3,22%)	2 (6,45%)
	1	6 (6%)	3 (9,67%)
	2	16 (51,61%)	3 (9,67%)
Jenis Kelamin	1	16 (51,61%)	5 (16,12%)
	2	7 (22,58%)	3 (9,67%)
Pekerjaan	0	3 (9,67%)	3 (9,67%)
	1	2 (6,45%)	5 (16,12%)
Pendidikan	0	6 (19,35%)	1 (3,22%)
	1	10 (32,25%)	2 (6,45%)
	2	2 (6,45%)	1 (3,22%)
	3	4 (12,90%)	4 (12,90%)
	4	1 (3,22%)	0%

### 17. Kecamatan Dungkek

Umur		Sukses	Gagal
	0	2 (8,33%)	1 (4,16%)
1	6 (25%)	2 (8,33%)	
	2	8 (33,33%)	5 (20,83%)
Jenis Kelamin	1	9 (37,5%)	4 (16,66%)
	2	7 (29,16%)	4 (16,66%)
Pekerjaan	0	5 (20,83%)	3 (12,5%)
	1	11 (45,83%)	5 (20,83%)
Pendidikan	0	6 (25%)	3 (4,16%)
	1	11 (98,33%)	5 (16,66%)
	2	0 (8,33%)	0 (8,33%)
	3	0 (25%)	0 (4,16%)
	4	0 (0%)	0 (0%)

Keterangan:

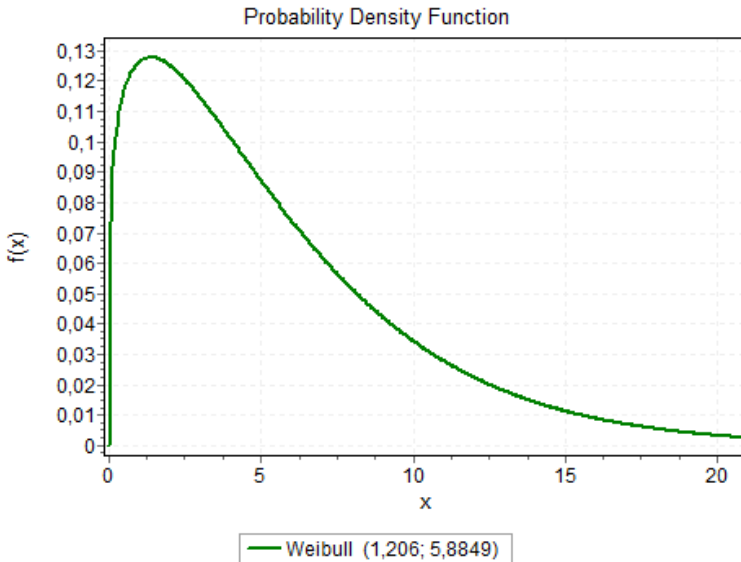
S= Failure Event (Sukses= penderita Sembuh, dan Gagal= Meninggal, Pulang paksa, Rujuk)

## LAMPIRAN E

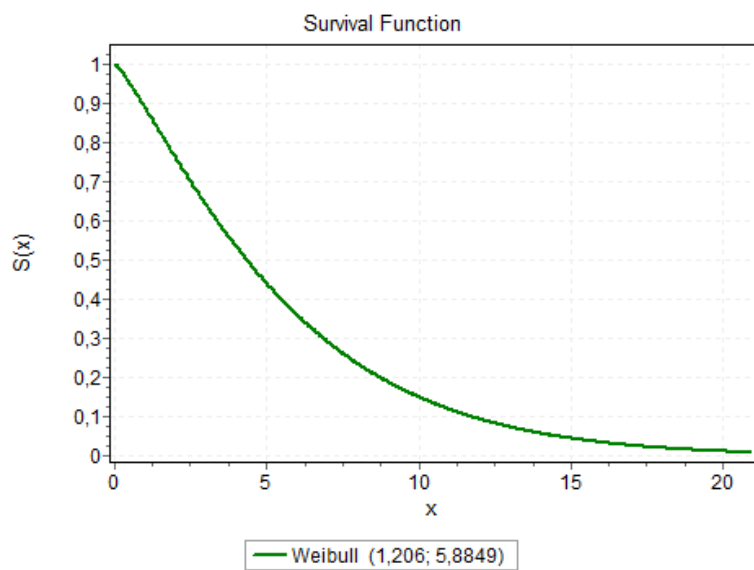
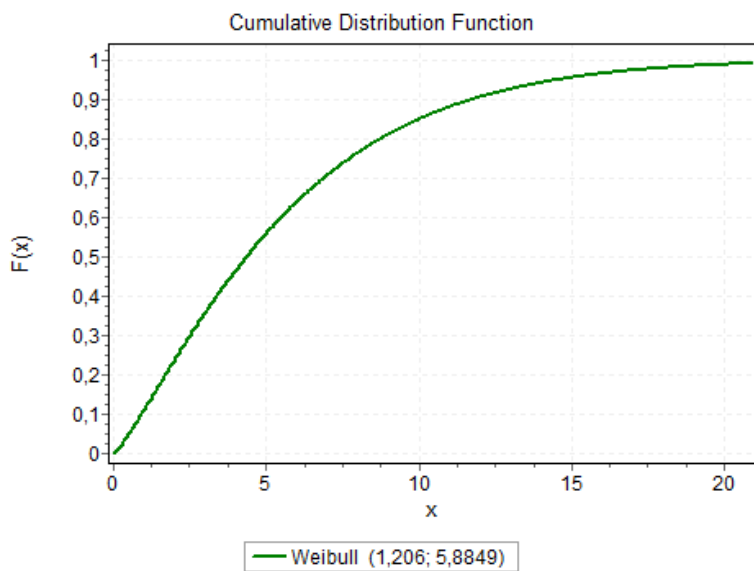
### Uji Distribusi Weibull Menggunakan Software EasyFit

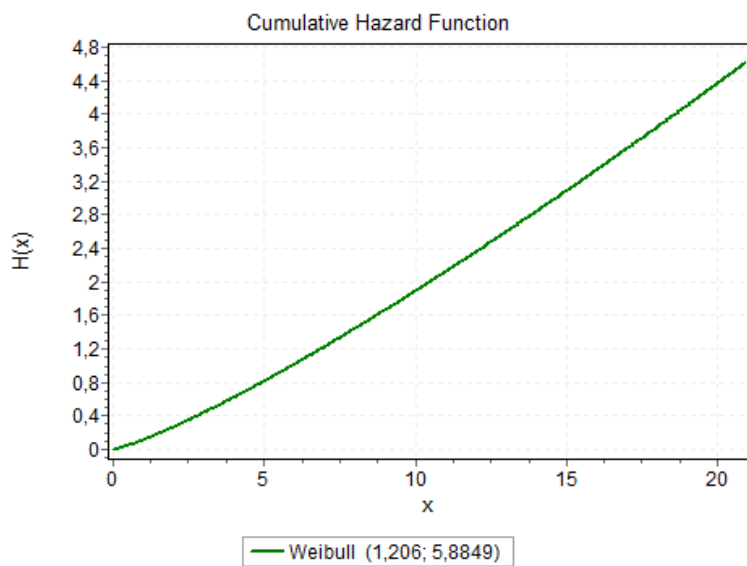
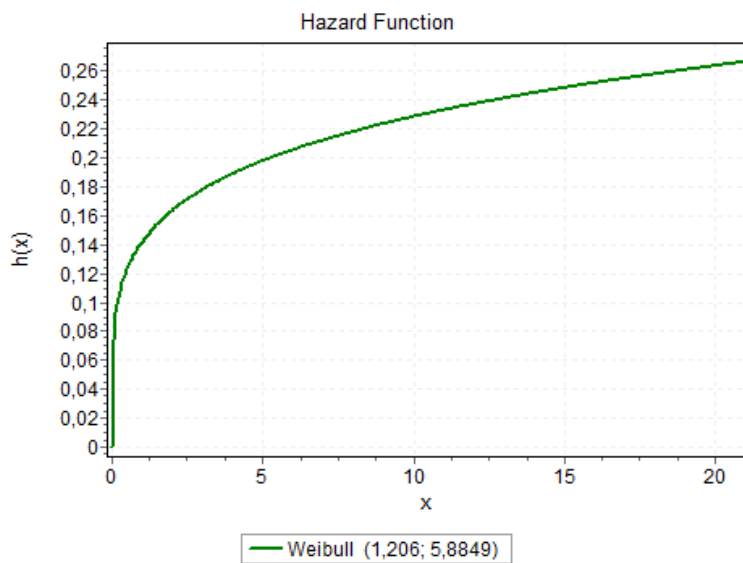
#### Goodness of Fit - Details [\[hide\]](#)

Weibull [#58]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	444				
Statistic	0,10918				
P-Value	4,5715E-5				
Rank	1				
$\alpha$	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,05092	0,05804	0,06445	0,07204	0,07731
Reject?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes









## LAMPIRAN F

Source Code Estimasi Parameter Distribusi Weibull  
menggunakan WinBUGS

```

model{
for( i in 1:n ){
    t[i]~dweib(1.206, mu[i ])
    log(mu[i])<  -beta[1] * umur[i] + beta[2] *
jeniskelamin[i] + beta[3] * pendidikan[i] + beta[4] * pekerjaan[i]
}
for( k in 1:4 ){
    beta[k]~dnorm(0, 0.0001)
}
alpha~dgamma(1,1)
sigma <- 1 /alpha
}

```

```

list(n=444,
t = c(4, 4, 1, 7, 4, 4, 9, 3,
6, 4, 2, 2, 7, 2, 9,
1, 8, 3, 4, 16, .....
..... 6, 3,
9, 3, 3, 5, 4, 7, 7,
31, 9, 0, 3, 30),
fail = c(1, 1, 0, 1, 0, 1, 1,
0, 0, 0, 0, 0, 1, 0,
0, 1, 1, 0, 1, .....
..... 0, 1,
0, 1, 1, 1, 1, 1, 1,
1, 1, 1, 1, 0, 0, 1),

```

```

umur = c(0, 1, 2, 2, 2, 2, 0,
         2, 2, 2, 2, 2, 2, 1,
         2, 1, 1, 2, 1, 2, 2,
         2, 1, 2, 2, .....
         ..... 1, 2,
         1, 2, 1, 2, 2, 2, 2,
         0, 0, 1, 0, 2, 0),

jeniskelamin= c( 1, 2, 1, 1, 1, 2,
                1, 1, 1, 1, 1, 1, 2,
                2, 1, 1, 2, 2, .....
                .....2, 1, 1,
                2, 2, 2, 1, 1, 1, 2,
                1, 1, 1, 1, 2, 1, 2,
                2, 2, 1),

pekerjaan = c( 1, 0, 1, 1, 0, 0,
              1, 1, 0, 0, 1, 1, 1,
              0, 1, 0, 0, 1, 1, 1,
              1, 1, 1, 1, 1, .....
              .....0, 0,
              0, 0, 0, 1, 1, 0, 1,
              1, 1, 1, 1, 1, 0, 0,
              1, 0, 0, 0),

pendidikan = c( 3, 0, 0, 0, 3, 1,
               3, 3, 0, 4, 1, 2, 0,
               1, 4, 4, 0, 0, 2, 0,
               0, 1, 4, 2, 3, .....
               ..... 2, 2,
               2, 3, 3, 3, 3, 1, 1,
               1, 3, 0, 0, 0, 3, 0,
               1, 0))

```

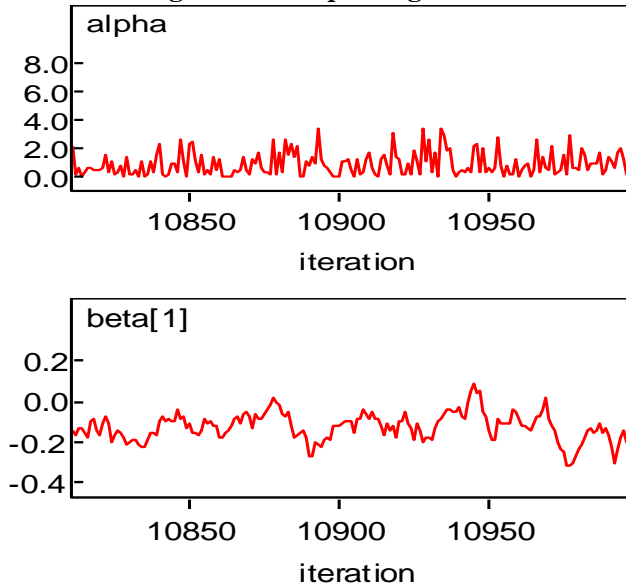
```
list(beta =c(0, 0, 0, 0),alpha=1)
```

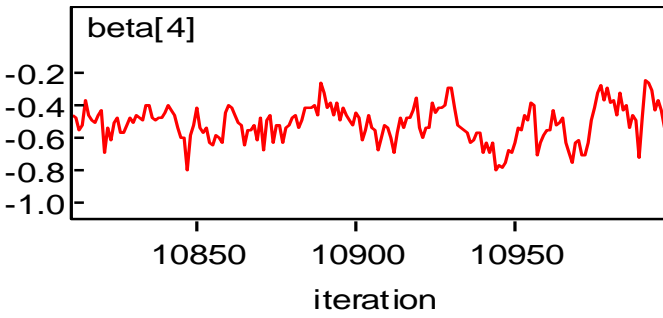
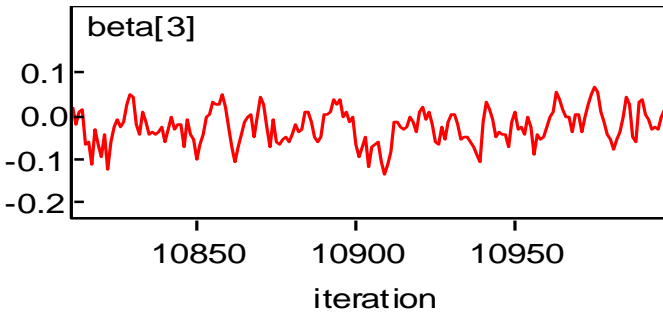
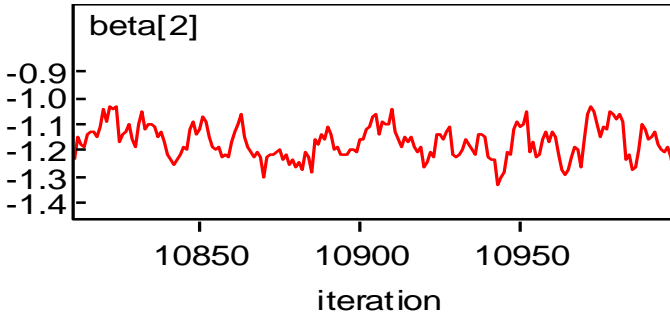
## I. *Node Stat sebagai Hasil Output Algoritma*

node	mean	sd	MC error	2.5%	median	97.5%	start	sample
alpha	1.002	0.9929	0.009222	0.02485	0.6949	3.631	1	11000

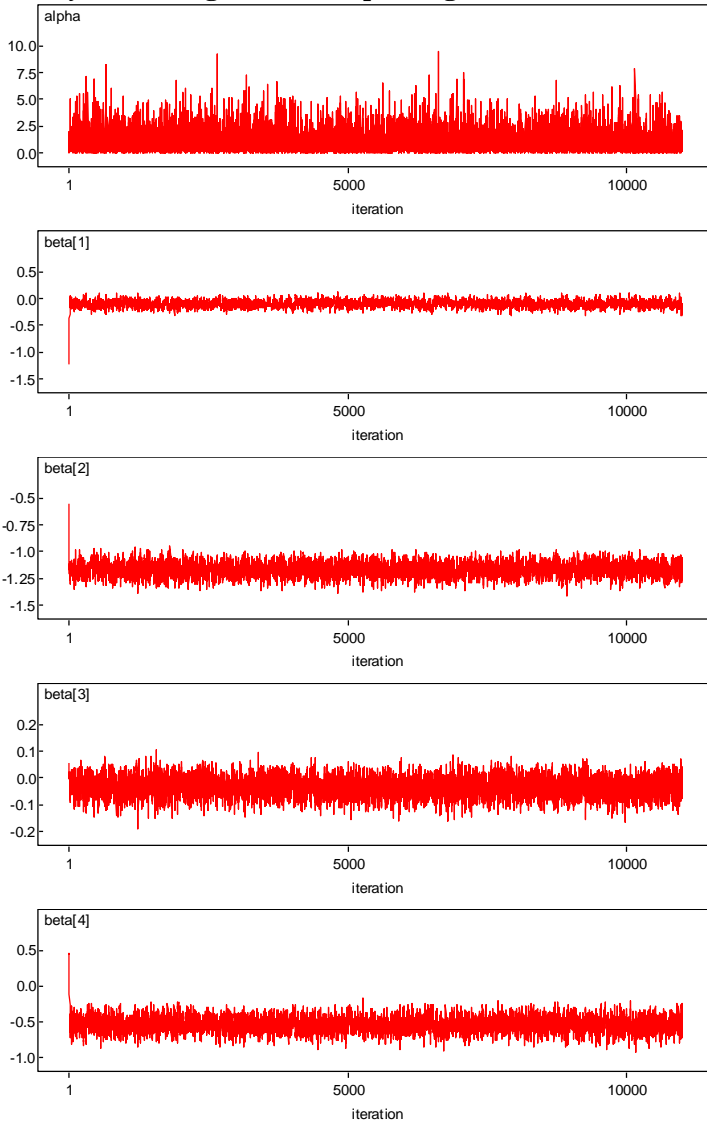
node	mean	sd	MC error	2.5%	median	97.5%	start	sample
beta[1]	-0.1	0.0644	0.001772	-0.2227	-0.09994	0.0233	1	11000
beta[2]	-1.17	0.0634	0.00117	-1.294	-1.17	-1.045	1	11000
beta[3]	-0.0343	0.036	6.341E-4	-0.1067	-0.03372	0.03571	1	11000
beta[4]	-0.539	0.1042	0.00245	-0.7417	-0.5393	-0.3338	1	11000

## II. *Trace Plot sebagai Hasil Output Algoritma*





### III. *History Plot sebagai Hasil Output Algoritma*



## LAMPIRAN G

Source Code Estimasi Parameter Distribusi Weibull dengan  
Bayesian Hierarki menggunakan WinBUGS

```

model{
#Model level 1
for (i in 1:N) {
  t[i] ~ dweib(1.206,mu[i]) I(fail[i],);
  log(mu[i]) <-beta0[kec[i]]+beta[1] * umur[i] + beta[2] *
  jeniskelamin[i] + beta[3] *pendidikan[i] + beta[4] *
  pekerjaan[i]+ e[i];

# Efek acak individu:
  e[i] ~ dnorm(0.0, tau)
}

#Model level 2
for(j in 1:m){
  beta0[j]<-gamma[1]+gamma[2]*z[j]+u[j]+w[j]
  u[j] ~ dnorm(0.0, tau2)
  w[j]~ dnorm(0.0, tau3)
}

#Penentuan Distribusi Prior
for(p in 1:2){
  gamma[p]~dnorm(0,100)
}
for(k in 1 : 4) {
  beta[k] ~ dnorm(0.0, 0.0001);
}

  sigma~ dunif(0,100)
  tau<-1/(sigma*sigma)
  sigma2~ dunif(0,100)
  tau2<-1/(sigma2*sigma2)
  lamda~ dunif(0,100)
  tau3<-1/(lamda)
  alpha ~ dgamma(1.0, 1.0);
}

```



```

list(n=444,
t = c(4, 4, 1, 7, 4, 4, 9, 3,
      6, 4, 2, 2, 7, 2, 9,
      1, 8, 3, 4, 16, .....
.....
      9, 3, 3, 5, 4, 7, 7,
      31, 9, 0, 3, 30),

fail = c(1, 1, 0, 1, 0, 1, 1,
         0, 0, 0, 0, 0, 1, 0,
         0, 1, 1, 0, 1, .....
.....
         0, 1, 1, 1, 1, 1, 1,
         1, 1, 1, 1, 0, 0, 1),

umur = c(0, 1, 2, 2, 2, 2, 0,
         2, 2, 2, 2, 2, 2, 1,
         2, 1, 1, 2, 1, 2, 2,
         2, 1, 2, 2, .....
.....
         1, 2, 1, 2, 2, 2, 2,
         0, 0, 1, 0, 2, 0),

jeniskelamin= c( 1, 2, 1, 1, 1, 2,
                 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2,
                 2, 1, 1, 2, 2, .....
.....
                 2, 1, 1,
                 2, 2, 2, 1, 1, 1, 2,
                 1, 1, 1, 1, 2, 1, 2,
                 2, 2, 1),

pekerjaan = c( 1, 0, 1, 1, 0, 0,
               1, 1, 0, 0, 1, 1, 1,
               0, 1, 0, 0, 1, 1, 1,
               1, 1, 1, 1, 1, .....
.....
               0, 0, 0, 1, 1, 0, 1,

```

	1,	1,	1,	1,	1,	0,	0,
	1,	0,	0,	0),			
pendidikan = c(	3,	0,	0,	0,	3,	1,	
	3,	3,	0,	4,	1,	2,	0,
	1,	4,	4,	0,	0,	2,	0,
	0,	1,	4,	2,	3,	.....	
	.....					2,	2,
	2,	3,	3,	3,	3,	1,	1,
	1,	3,	0,	0,	0,	3,	0,
	1,	0)					
z= c(	1.816,	679,	1.283,	633,	941,	512,	615,
	439,	1.092,	1.371,	153,	427,	451,	836,
	688,	763,	1.196),				
kec = c(13,	3,	15,	17,	2,	9,	2,	
	5,	11,	5,	11,	6,	16,	15,
	5,	5,	5,	3,	11,	17,	14,
	7,	5,	16,	6,	4,	.....	
	.....					4,	1,
	5,	5,	7,	6,	16,	2,	2,
	9,	12,	17,	9,	10,	5,	9,
	14,	13,	6,	10,	17,	14,	16,
	17,	5,	3))				

list( beta=c(0,0,0,0), gamma =c(0,0),  
alpha=1, sigma=1, sigma2=1, lamda=1)

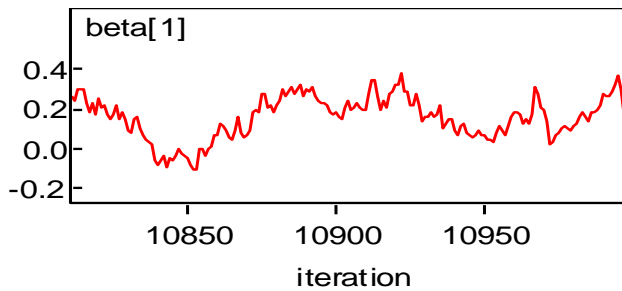
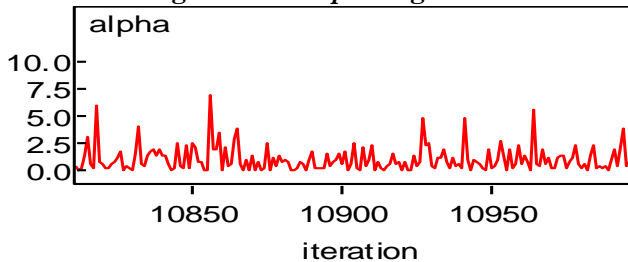
## I. Node Stat sebagai Hasil Output Algoritma

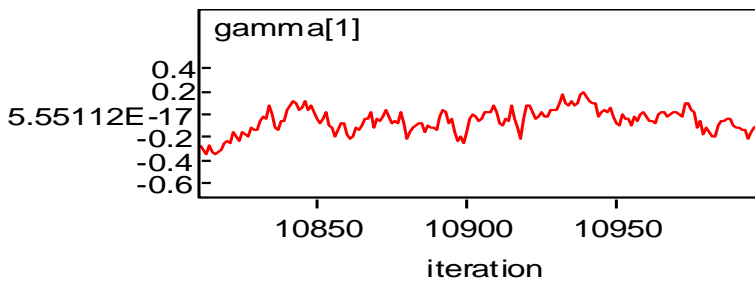
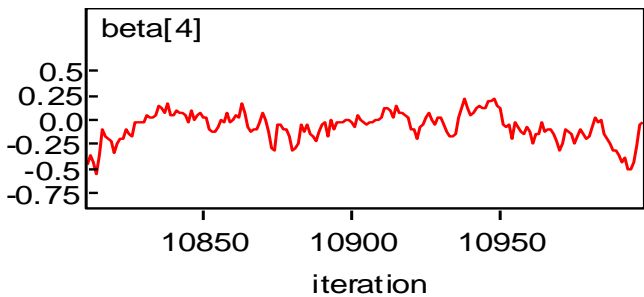
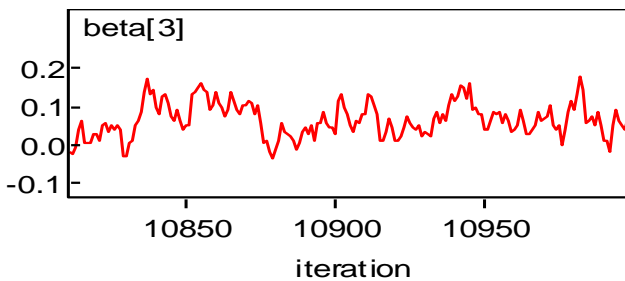
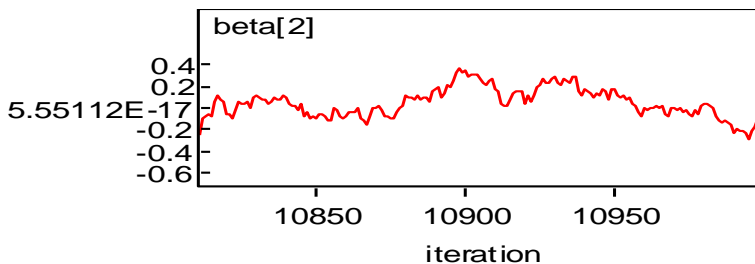
node	mean	sd	MC error	2.5%	median	97.5%	start	sample
alpha	1.013	1.016	0.009804	0.02808	0.7016	3.769	501	10500

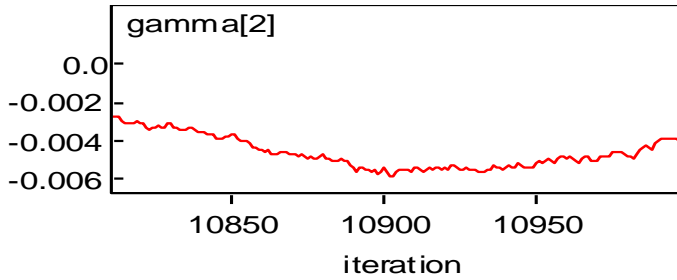
node	mean	sd	MC error	2.5%	median	97.5%	start	sample
beta[1]	0.1163	0.08113	0.003063	-0.03858	0.1153	0.2799	501	10500
beta[2]	-0.01463	0.1185	0.006145	-0.25	-0.0153	0.2243	501	10500
beta[3]	0.05626	0.04214	0.001168	-0.02509	0.05575	0.1391	501	10500
beta[4]	-0.1018	0.1222	0.004086	-0.3399	-0.1011	0.1362	501	10500

node	mean	sd	MC error	2.5%	median	97.5%	start	sample
gamma[1]	-0.05645	0.1047	0.003351	-0.2621	-0.05684	0.1479	501	10500
gamma[2]	-0.003455	9.123E-4	7.798E-5	-0.005317	-0.003456	-0.001428	501	10500

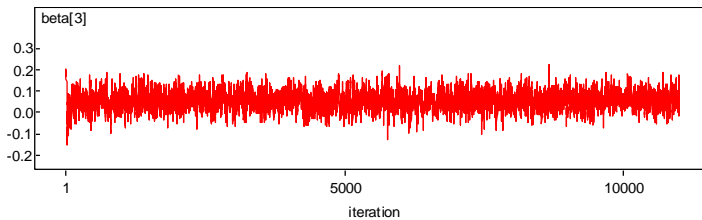
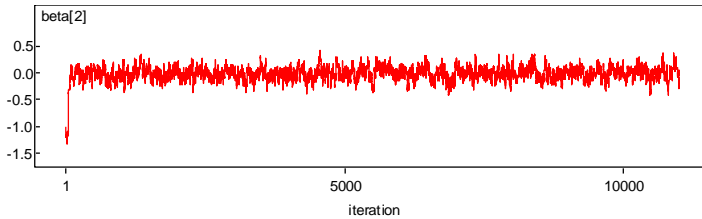
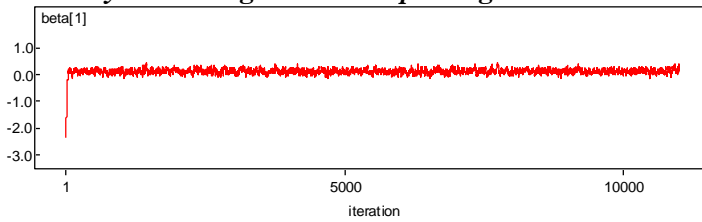
## II. Trace Plot sebagai Hasil Output Algoritma

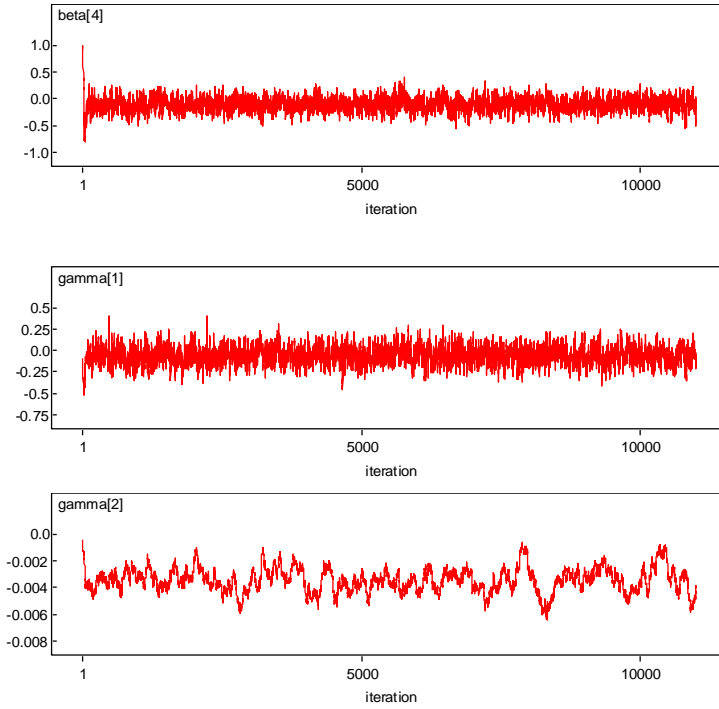






### III. *History Plot sebagai Hasil Output Algoritma*

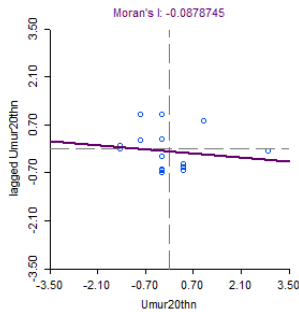




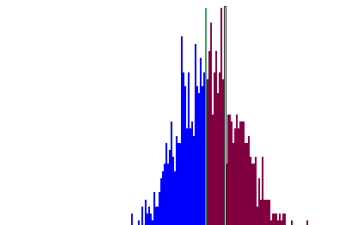
## LAMPIRAN H

### Autokorelasi Spasial Pada Variabel Prediktor

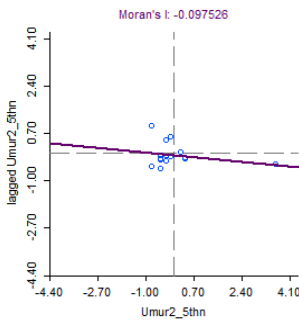
#### 1. Umur < 20 tahun



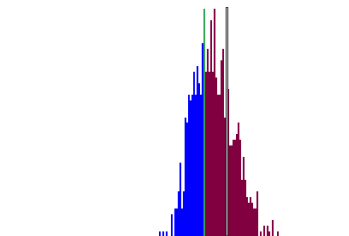
permutations: 999  
pseudo p-value: 0.439000



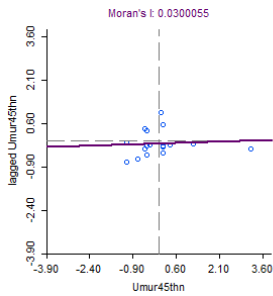
#### 2. Umur 20-45 tahun



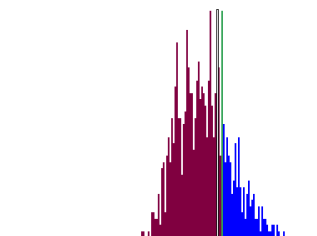
permutations: 999  
pseudo p-value: 0.360000



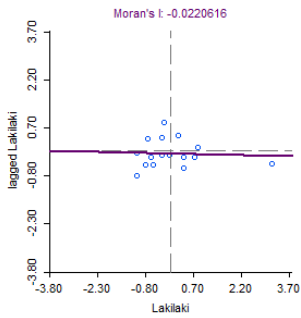
#### 3. Umur > 45 tahun



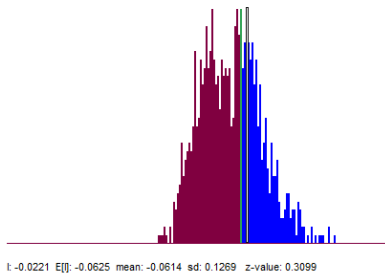
permutations: 999  
pseudo p-value: 0.224000



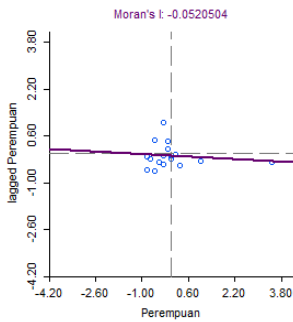
### 4. Laki-laki



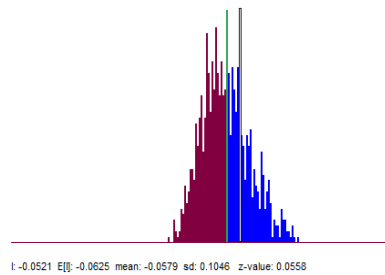
permutations: 999  
pseudo p-value: 0.387000



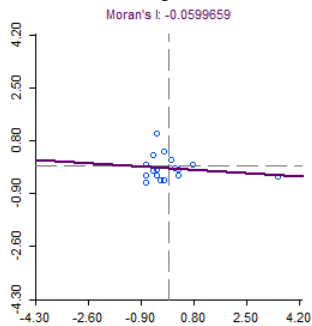
### 5. Perempuan



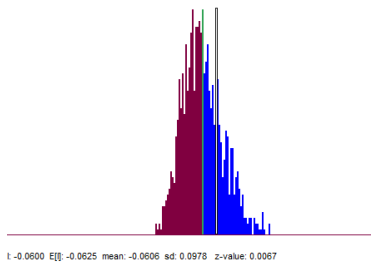
permutations: 999  
pseudo p-value: 0.449000



### 6. Tidak bekerja

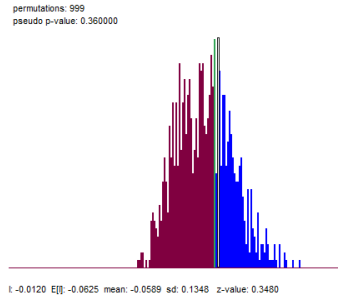
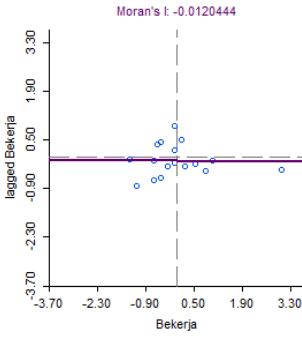


permutations: 999  
pseudo p-value: 0.453000

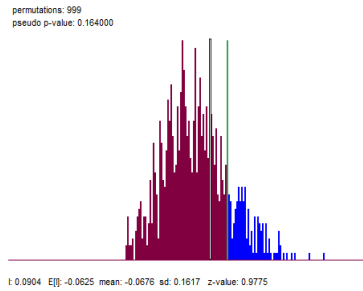
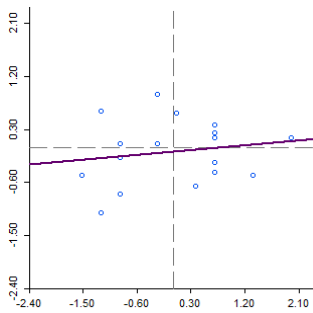




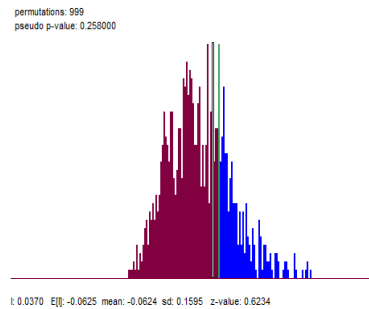
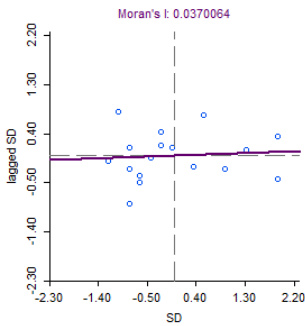
## 7. Bekerja



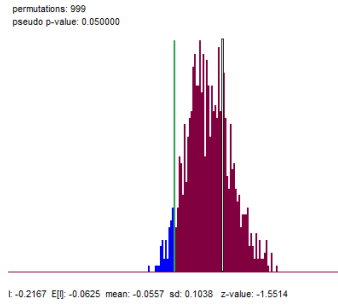
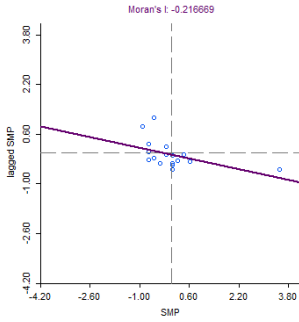
## 8. Tidak sekolah



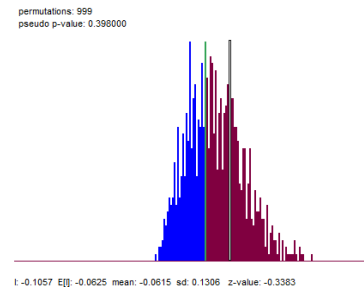
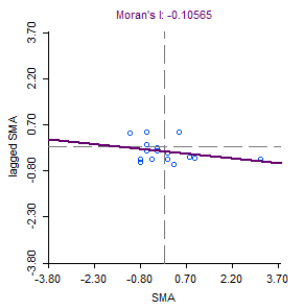
## 9. SD



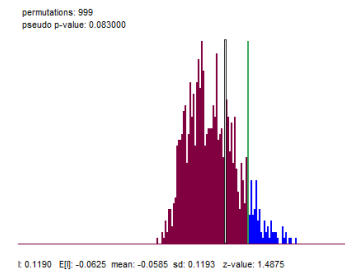
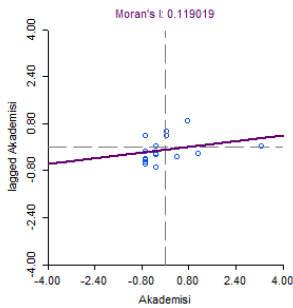
### 10. SMP



### 11. SMA



### 12. Akademi



## LAMPIRAN I

### BIODATA PENULIS



Penulis bernama Githa Andani Suharningtyas, lahir di Sumenep, tanggal 13 Oktober 1996. Githa merupakan anak pertama dari Bapak Suharto dan Ibu Wiwik Srianah yang mempunyai satu orang adik laki-laki bernama Rachmat Galih Riquillah. Jenjang pendidikan formal yang pernah ditempuh yaitu TK Melati (2000-2001), SDN Baban (2001-2009), SMP Negeri 1 Gapura (2009-2012) dan SMA Negeri 1 Sumenep (2011-2015). Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Sumenep melanjutkan studi ke jenjang S1 di Departemen Matematika ITS pada tahun 2015-sekarang melalui jalur SNMPTN Bidikmisi tahun 2015. Sekarang penulis menempuh pendidikan S1 di Departemen Matematika Fakultas Matematika, Komputasi dan Sains Data Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan bidang minat Matematika Terapan khususnya Riset Operasi dan Pengolahan Data (ROPD). Selain aktif kuliah, penulis juga aktif berorganisasi di Paguyuban ITS yaitu BIMITS ITS sebagai Kepala Department Kesejahteraan Mahasiswa pada 2016-2018, selanjutnya pada 2018-2019 sebagai sekertaris 1 BIMITS ITS. LDJ Ibnu Muqhlah Matematika ITS sebagai staff 2016-2018 Departemen Syiar. Penulis juga pernah mengikuti serangkaian kepanitian, yaitu kepanitian divisi tim soal pada OMITS 2016-2017. Selain itu sebagai Asisten Dosen Matematika ITS 2016-2019 dan Study Excursion International Office ke Singapura. Hal – hal yang perlu didiskusikan mengenai penelitian ini dapat didiskusikan melalui email penulis yaitu [githaandanis@gmail.com](mailto:githaandanis@gmail.com)