

SKRIPSI

**ANALISIS RISIKO PENYEBARAN COVID-19 DI INDONESIA
MENGUNAKAN PENDEKATAN FREKUENTIS,
PENDEKATAN BAYESIAN, RASIO RATA-RATA
GEOMETRIK, DAN MODEL SIR**



Vellina Helida

NPM: 6161801041

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2022**

FINAL PROJECT

**ANALYSIS OF RISK FOR COVID-19 IN INDONESIA USING
FREQUENTIST APPROACH, BAYESIAN APPROACH,
GEOMETRIC MEAN RATIO, AND SIR MODEL**



Vellina Helida

NPM: 6161801041

**DEPARTMENT OF MATHEMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS RISIKO PENYEBARAN COVID-19 DI INDONESIA MENGUNAKAN PENDEKATAN FREKUENTIS, PENDEKATAN BAYESIAN, RASIO RATA-RATA GEOMETRIK, DAN MODEL SIR

Vellina Helida

NPM: 6161801041

Bandung, 29 Juli 2022

Menyetujui,

Pembimbing



Benny Yong, Ph.D.

Ketua Tim Penguji



Dr. Livia Owen

Anggota Tim Penguji



Jonathan Hoseana, Ph.D.

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Livia Owen

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

**ANALISIS RISIKO PENYEBARAN COVID-19 DI INDONESIA
MENGUNAKAN PENDEKATAN FREKUENTIS, PENDEKATAN
BAYESIAN, RASIO RATA-RATA GEOMETRIK, DAN MODEL SIR**

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 29 Juli 2022



Vellina Helida
NPM: 6161801041

ABSTRAK

COVID-19 adalah penyakit pernapasan menular yang disebabkan oleh SARS-CoV-2. Penyakit ini telah menjadi pandemi global karena penularannya memerlukan waktu yang singkat dan sudah tersebar luas, termasuk di Indonesia. Pemerintah Indonesia berupaya menekan angka penularan dan penyebaran dengan menerapkan Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM). PPKM memiliki empat level pembatasan yang ditentukan oleh beberapa kriteria, termasuk nilai risiko relatif dan bilangan reproduksi dasar. Dalam skripsi ini dianalisis nilai risiko relatif dan bilangan reproduksi dasar untuk penyebaran penyakit COVID-19. Estimasi nilai risiko relatif dilakukan menggunakan pendekatan frekuentis dengan model SMR dan pendekatan Bayesian dengan model Poisson-gamma, log-normal, BYM, serta *mixture*. Sementara itu, estimasi bilangan reproduksi dasar dilakukan menggunakan metode rasio rata-rata geometrik (GMR) dan model epidemik *Susceptible-Infected-Removed* (SIR). Penghitungan estimasi nilai risiko relatif dilakukan menggunakan metode *Markov Chain Monte Carlo* (MCMC) dengan algoritma *Gibbs Sampling*. Dari setiap estimasi nilai risiko relatif menggunakan pendekatan Bayesian, dihitung nilai *Deviance Information Criterion* (DIC) untuk menentukan model yang cocok digunakan pada data. Data yang digunakan untuk estimasi nilai risiko relatif adalah data penduduk Indonesia tahun 2020 dan data kasus baru COVID-19 tahun 2021 di Indonesia. Selain itu, dilakukan pemetaan nilai risiko relatif dengan simpangannya untuk melihat ketelitian kelima model. Data kasus aktif, kasus positif kumulatif, kasus sembuh kumulatif, dan kasus meninggal kumulatif COVID-19 tahun 2021 diterapkan dalam menghitung estimasi bilangan reproduksi dasar. Selanjutnya, dilakukan pemetaan nilai risiko relatif dan bilangan reproduksi dasar dari 34 provinsi di Indonesia. Dari hasil penghitungan nilai DIC diperoleh bahwa model *mixture* adalah model terbaik untuk data. Pemetaan nilai risiko relatif dengan simpangannya menunjukkan bahwa semakin besar nilai risiko relatif, simpangan yang dihasilkan semakin besar. Dari hasil estimasi dan pemetaan nilai risiko relatif menggunakan kelima model, penyebaran COVID-19 di DKI Jakarta dan DI Yogyakarta berisiko sangat tinggi atau tinggi setiap bulannya di tahun 2021. Sebaliknya hasil estimasi bilangan reproduksi dasar menggunakan metode GMR di DKI Jakarta dan DI Yogyakarta berada pada level rendah atau sangat rendah, dan hasil estimasi bilangan reproduksi dasar menggunakan model SIR berada pada level sedang atau rendah setiap bulannya pada tahun 2021. Hasil estimasi dan pemetaan nilai risiko relatif model *mixture* sedikit berbeda dengan hasil estimasi dan pemetaan nilai risiko relatif menggunakan keempat model lainnya. Hasil estimasi dan pemetaan bilangan reproduksi dasar menggunakan model SIR lebih variatif daripada hasil estimasi dan pemetaan menggunakan metode GMR.

Kata-kata kunci: COVID-19, Risiko Relatif, Bilangan Reproduksi Dasar, SMR, Poisson-gamma, Log-normal, BYM, *Mixture*, DIC, GMR, SIR

ABSTRACT

COVID-19 is an infectious respiratory disease caused by SARS-CoV-2. The disease has been declared as a global pandemic, since its transmission takes only a short time and it has spread widely, including in Indonesia. The Indonesian government carries out some efforts to suppress the number of positive cases by implementing a social restriction policy: the so-called PPKM. PPKM has 4 levels of restrictions based on some criteria, such as relative risk and basic reproduction number. In this thesis, we analyze the relative risk and basic reproduction number of COVID-19. To estimate the relative risk value we use a frequentist approach with the SMR model and a Bayesian approach by the Poisson-gamma, log-normal, BYM, and mixture models. Meanwhile, we use the Geometric Mean of Ratio (GMR) method and a Susceptible–Infectious–Removed (SIR) epidemic model to estimate the basic reproduction number. The relative risk is estimated using the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) method with the Gibbs Sampling algorithm. From every estimate of the relative risk obtained using the Bayesian approach, we compute the value of DIC (Deviance Information Criterion) in order to identify the most accurate model. The data used to estimate the relative risk are those of Indonesia’s population in 2020 and new COVID-19 cases in 2021, while the data used to estimate basic reproduction number are COVID-19 active cases, COVID-19 cumulative cases, recovery from COVID-19 cumulative cases, and death from COVID-19 cumulative cases in 2021. In addition, we carry out a mapping of the values of relative risk and basic reproduction number, for the 34 provinces in Indonesia. From the obtained values of DIC, we conclude that the mixture model is the most suitable model for the data. The mapping also shows that the larger the relative risk, the larger its deviation. From the estimates and mappings using the five models, the spread of COVID-19 in DKI Jakarta and DI Yogyakarta have high or very high relative risk levels on every month in 2021. However, both provinces have low or very low levels of basic reproduction numbers as estimated by the GMR method, and moderate or low levels of basic reproduction numbers as estimated by the SIR model. The estimates and mappings obtained using the mixture model are slightly different from those obtained using the other four models. The estimates and mappings of basic reproduction number using the SIR model are more variative than those using GMR method.

Keywords: COVID-19, Relative Risk, Basic Reproductive Number, SMR, Poisson-gamma, Log-normal, BYM, *Mixture*, GMR, DIC, SIR

Untuk papi, mami, Cencen, dan Awei

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi yang berjudul, “Analisis Risiko Penyebaran COVID-19 di Indonesia Menggunakan Pendekatan Frekuentis, Pendekatan Bayesian, Rasio Rata-rata Geometrik, dan Model SIR” disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 Program Studi Matematika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Penulis menyadari bahwa selama penyusunan skripsi ini terdapat banyak kendala, namun berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya kendala-kendala tersebut dapat diatasi. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- Papi, mami, Cecen, Awei, dan keluarga besar yang selalu memberikan semangat, doa, nasihat, dan dukungan kepada penulis.
- Bapak Benny Yong, Ph.D selaku dosen pembimbing yang selalu sabar membimbing penulis, memberikan ilmu dan arahan dalam proses penyusunan skripsi. Terima kasih atas saran dan nasihat yang telah diberikan.
- Ibu Dr. Livia Owen dan Bapak Jonathan Hoseana, Ph.D selaku dosen penguji. Terima kasih atas saran, kritik, dan ilmu yang diberikan sehingga skripsi ini dapat menjadi lebih baik.
- Bapak Dr. Daniel Salim selaku koordinator skripsi. Terima kasih atas saran dan waktu yang diberikan kepada penulis.
- Bapak Iwan Sugiarto, M.Si selaku dosen wali yang sudah meluangkan waktunya untuk berdiskusi, memberi saran dan nasehat yang membangun selama masa studi penulis.
- Seluruh dosen FTIS khususnya dosen Program Studi Matematika yang telah memberikan arahan dan ilmu kepada penulis selama masa studi.
- Seluruh staf Tata Usaha FTIS, terima kasih atas bantuannya selama masa studi penulis.
- Audrey dan Patrick yang selalu menghibur dengan melakukan hal-hal tak terduga yang membuat penulis bahagia, memberikan semangat kepada penulis dan siap mendengarkan keluh kesah penulis.
- Anya, Elbert, dan Kevin yang selalu meluangkan waktu dan membantu penulis, selalu sabar menjawab pertanyaan-pertanyaan penulis, dan siap mendengarkan keluh kesah penulis dalam masa perkuliahan dan penyusunan skripsi.
- Chihan, Satrio, Bryan, Dimas, dan Adrian yang selalu menghibur penulis, dan memberikan motivasi selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi.
- Teman-teman seperjuangan: Orlin, Rhandy, Novaldi, Dimas, Chihan, Adrian, Alwy, Mei, Jason, dan lainnya yang telah menyusun skripsi bersama penulis. Terima kasih atas waktunya dan kesempatan untuk bertumbuh bersama.
- Teman-teman ‘JKT18’: Andrew, Anya, Audrey, Bryan, Chihan, Coco, Elbert, Kevin, Patrick, dan Santo yang selalu menemani dan berbagi canda tawa dengan penulis.
- Tania, Shanty, Yaya, dan Hugo yang selalu mendukung dan memberikan motivasi kepada penulis dalam masa penyusunan skripsi. Terima kasih sudah selalu memberikan penghiburan kepada penulis dan menjadi pendengar keluh kesah penulis.
- Teman-teman Matematika UNPAR angkatan 2016, 2017, 2018, dan 2019 yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
- Semua pihak yang telah berjasa selama masa studi penulis dan penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas waktunya dan sukses selalu.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan ilmu dan pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan dapat terus dikembangkan menjadi lebih baik lagi.

Bandung, Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Pembahasan	3
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Frekuensi Harapan	5
2.2 Fungsi Distribusi	5
2.3 Beberapa Distribusi yang Digunakan	6
2.3.1 Distribusi Binomial	6
2.3.2 Distribusi Poisson	7
2.3.3 Distribusi Gamma	8
2.3.4 Distribusi Eksponensial	9
2.3.5 Distribusi Beta	9
2.3.6 Distribusi Normal	10
2.3.7 Distribusi Log-normal	10
2.4 Teorema Bayes	11
2.5 Model Bayesian	11
2.6 Metode <i>Markov Chain Monte Carlo</i> (MCMC)	13
2.7 Model SIR	14
2.8 Titik Keseimbangan dan Bilangan Reproduksi Dasar	14
3 METODE ESTIMASI NILAI RISIKO RELATIF DAN BILANGAN REPRODUKSI DASAR	17
3.1 Pendekatan Frekuentis untuk Estimasi Nilai Risiko Relatif	17
3.2 Pendekatan Bayesian untuk Estimasi Nilai Risiko Relatif	18
3.2.1 Model Poisson-gamma untuk Estimasi Nilai Risiko Relatif	18
3.2.2 Model Log-normal untuk Estimasi Nilai Risiko Relatif	19
3.2.3 Model <i>Besag, York, and Mollie</i> (BYM) untuk Estimasi Nilai Risiko Relatif	19
3.2.4 Model <i>Mixture</i> untuk Estimasi Nilai Risiko Relatif	20
3.3 <i>Deviance Information Criterion</i> (DIC)	20
3.4 Metode Rasio Rata-rata Geometrik (GMR)	21
3.5 Model SIR Bergantung pada Waktu	22

4	HASIL DAN ANALISIS	25
4.1	Data Penelitian	25
4.2	Pemetaan Nilai Risiko Relatif Menggunakan Pendekatan Frekuentis dan Bayesian	30
4.2.1	Metodologi Estimasi Nilai Risiko Relatif dengan Menggunakan Pendekatan Frekuentis dan Pendekatan Bayesian	31
4.2.2	Analisis Nilai Risiko Relatif Menggunakan Model SMR, Poisson-gamma, Log-normal, dan BYM	32
4.2.3	Analisis Nilai Risiko Relatif Menggunakan Model <i>Mixture</i>	36
4.2.4	Perbandingan Nilai DIC	38
4.2.5	Analisis Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif	38
4.3	Pemetaan Bilangan Reproduksi Dasar	39
4.3.1	Metodologi Estimasi Bilangan Reproduksi Dasar Menggunakan Metode GMR dan Model SIR Bergantung pada Waktu	39
4.3.2	Analisis Bilangan Reproduksi Dasar Menggunakan Metode GMR	40
4.3.3	Analisis Bilangan Reproduksi Dasar Menggunakan Model SIR Bergantung pada Waktu	43
4.3.4	Analisis Perbandingan Hasil Estimasi Bilangan Reproduksi Dasar Menggunakan Metode GMR dan Model SIR Bergantung pada Waktu	45
4.4	Analisis Nilai Risiko Relatif dan Bilangan Reproduksi Dasar	45
5	KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	47
	DAFTAR PUSTAKA	49
	A HASIL ESTIMASI NILAI RISIKO RELATIF DAN BILANGAN REPRODUKSI DASAR	51
	B EKSPEKTASI DAN STANDAR DEVIASI NILAI RISIKO RELATIF	65

DAFTAR GAMBAR

2.1	Diagram Kompartemen <i>SIR</i>	14
4.1	Peta Persebaran Penduduk Indonesia Tahun 2020	26
4.2	Grafik Deret Waktu Kasus Positif COVID-19 Harian di Indonesia Selama Tahun 2021	27
4.3	Deret Waktu Banyak Kasus Positif COVID-19 Harian di Indonesia 21 Juni 2021 - 10 September 2021	27
4.4	<i>Boxplot</i> Kasus Aktif COVID-19 di Indonesia Tahun 2021	28
4.5	<i>Boxplot</i> Kasus Kumulatif Positif COVID-19 di Indonesia Tahun 2021	29
4.6	<i>Boxplot</i> Kasus Kumulatif Sembuh COVID-19 di Indonesia Tahun 2021	30
4.7	<i>Boxplot</i> Kasus Kumulatif Meninggal COVID-19 di Indonesia Tahun 2021	30
4.8	Hasil Pemetaan Nilai Risiko Relatif Setiap Bulan Selama Tahun 2021 Menggunakan Model SMR, Poisson-gamma, Log-normal, dan BYM	35
4.9	Grafik Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif Provinsi Bali Tahun 2021	36
4.10	Hasil Pemetaan Nilai Risiko Relatif Setiap Bulan Selama Tahun 2021 Menggunakan Model <i>Mixture</i>	37
4.11	<i>Scatter Plot</i> Ekspektasi Nilai Risiko Relatif Terhadap Standar Deviasi Nilai Risiko Relatif pada Januari 2021	39
4.12	Hasil Pemetaan Bilangan Reproduksi Dasar Setiap Bulan Selama Tahun 2021 Menggunakan Metode GMR	42
4.13	Hasil Pemetaan Bilangan Reproduksi Dasar Setiap Bulan Selama Tahun 2021 Menggunakan Model SIR Bergantung pada Waktu	44

DAFTAR TABEL

2.1 Konjugasi	12
4.1 Perbandingan Nilai DIC dari Model Poisson-gamma, Log-normal, BYM, dan <i>Mixture</i>	38
A.1 Banyak Penduduk per Provinsi di Indonesia tahun 2020	51
A.2 Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif dan Bilangan Reproduksi Dasar Januari 2021 .	52
A.3 Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif dan Bilangan Reproduksi Dasar Februari 2021 .	53
A.4 Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif dan Bilangan Reproduksi Dasar Maret 2021 . .	54
A.5 Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif dan Bilangan Reproduksi Dasar April 2021 . . .	55
A.6 Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif dan Bilangan Reproduksi Dasar Mei 2021 . . .	56
A.7 Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif dan Bilangan Reproduksi Dasar Juni 2021 . . .	57
A.8 Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif dan Bilangan Reproduksi Dasar Juli 2021 . . .	58
A.9 Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif dan Bilangan Reproduksi Dasar Agustus 2021 .	59
A.10 Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif dan Bilangan Reproduksi Dasar September 2021	60
A.11 Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif dan Bilangan Reproduksi Dasar Oktober 2021 .	61
A.12 Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif dan Bilangan Reproduksi Dasar November 2021	62
A.13 Hasil Estimasi Nilai Risiko Relatif dan Bilangan Reproduksi Dasar Desember 2021	63
B.1 Hasil Penghitungan Ekspektasi dan Standar Deviasi Nilai Risiko Relatif Januari 2021	65
B.2 Hasil Penghitungan Ekspektasi dan Standar Deviasi Nilai Risiko Relatif Februari 2021	66
B.3 Hasil Penghitungan Ekspektasi dan Standar Deviasi Nilai Risiko Relatif Maret 2021	67
B.4 Hasil Penghitungan Ekspektasi dan Standar Deviasi Nilai Risiko Relatif April 2021	68
B.5 Hasil Penghitungan Ekspektasi dan Standar Deviasi Nilai Risiko Relatif Mei 2021	69
B.6 Hasil Penghitungan Ekspektasi dan Standar Deviasi Nilai Risiko Relatif Juni 2021	70
B.7 Hasil Penghitungan Ekspektasi dan Standar Deviasi Nilai Risiko Relatif Juli 2021 .	71
B.8 Hasil Penghitungan Ekspektasi dan Standar Deviasi Nilai Risiko Relatif Agustus 2021	72
B.9 Hasil Penghitungan Ekspektasi dan Standar Deviasi Nilai Risiko Relatif September 2021	73
B.10 Hasil Penghitungan Ekspektasi dan Standar Deviasi Nilai Risiko Relatif Oktober 2021	74
B.11 Hasil Penghitungan Ekspektasi dan Standar Deviasi Nilai Risiko Relatif November 2021	75
B.12 Hasil Penghitungan Ekspektasi dan Standar Deviasi Nilai Risiko Relatif Desember 2021	76

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Coronavirus disease (COVID-19) pertama kali ditemukan di Wuhan, ibukota provinsi Hubei, China pada Desember 2019 dan ditetapkan menjadi pandemi global pada 9 Maret 2020. COVID-19 merupakan sebuah penyakit pernapasan yang disebabkan oleh jenis *Coronavirus* baru, yakni SARS-Cov-2. Virus ini dapat ditularkan dari seorang individu ke individu lainnya melalui tetesan air liur (*droplets*) dari mulut atau cairan dari hidung sehingga memiliki tingkat penularan sangat tinggi [1]. COVID-19 memerlukan masa inkubasi sekitar 2–14 hari di dalam tubuh seorang individu hingga individu tersebut dapat dinyatakan positif terinfeksi COVID-19 dan dapat menularkannya ke individu lain. Secara umum, individu yang terinfeksi COVID-19 memiliki gejala ringan seperti batuk kering, kelelahan, demam, kehilangan penciuman dan perasa, hingga gejala serius seperti sesak napas dan nyeri dada. Namun, dalam beberapa kasus, individu yang terinfeksi COVID-19 tidak memiliki gejala. Penyakit ini bisa menjadi lebih serius pada orang tua atau individu yang memiliki penyakit bawaan lainnya.

Kasus pertama positif COVID-19 di Indonesia dilaporkan pada 2 Maret 2020, dan seiring berjalannya waktu penyebaran penyakit ini semakin meluas. Dilaporkan bahwa hingga akhir tahun 2021 telah terjadi dua gelombang COVID-19 di Indonesia, sehingga pemerintah memberlakukan kebijakan Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) di tahun 2021 [2]. Berdasarkan [3], terdapat empat level pembatasan yang disesuaikan dengan penyebaran COVID-19 di setiap provinsi. Terdapat beberapa kriteria yang digunakan untuk menentukan level PPKM pada setiap provinsi, antara lain banyaknya kasus positif COVID-19, pasien yang dirawat, kasus meninggal, data tes COVID-19 yang telah dilakukan hingga kapasitas rumah sakit di suatu daerah.

Analisis data COVID-19 di Indonesia perlu dilakukan untuk melihat provinsi yang memiliki risiko tinggi dalam penyebaran COVID-19, dan untuk menentukan tingkatan dalam pemberlakuan PPKM di setiap provinsi. Pada skripsi ini, dilakukan analisis hasil estimasi nilai risiko relatif menggunakan pendekatan frekuentis dan pendekatan Bayesian (baik dengan spasial maupun non-spasial). Dilakukan juga analisis hasil estimasi bilangan reproduksi dasar menggunakan metode rasio rata-rata geometrik dan model *Susceptible Infected Removed* (SIR). Kemudian, hasil estimasi nilai risiko relatif dan bilangan reproduksi dasar dari setiap provinsi dipetakan setiap bulan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, berikut rumusan masalah pada skripsi ini.

1. Bagaimana estimasi nilai risiko relatif penyebaran COVID-19 menggunakan model *Standardized Mortality Ratio* (SMR) dari setiap provinsi di Indonesia?
2. (a) Bagaimana estimasi nilai risiko relatif penyebaran COVID-19 menggunakan model Poisson-gamma dari setiap provinsi di Indonesia?
(b) Bagaimana estimasi nilai risiko relatif penyebaran COVID-19 menggunakan model log-normal dari setiap provinsi di Indonesia?
(c) Bagaimana estimasi nilai risiko relatif penyebaran COVID-19 menggunakan model BYM dari setiap provinsi di Indonesia?
(d) Bagaimana estimasi nilai risiko relatif penyebaran COVID-19 menggunakan model *mixture* dari setiap provinsi di Indonesia?
(e) Bagaimana perbandingan nilai DIC dari keempat model Bayesian?
3. Bagaimana pemetaan ekspektasi nilai risiko relatif terhadap standar deviasi nilai risiko relatif?
4. Bagaimana estimasi bilangan reproduksi dasar menggunakan metode rasio rata-rata geometrik (GMR) dari setiap provinsi di Indonesia?
5. Bagaimana estimasi bilangan reproduksi dasar menggunakan model SIR dari setiap provinsi di Indonesia?
6. Bagaimana pemetaan nilai risiko relatif dan bilangan reproduksi dasar dari setiap provinsi di Indonesia?

1.3 Tujuan

Tujuan dari skripsi ini adalah:

1. menghitung estimasi nilai risiko relatif penyebaran COVID-19 menggunakan model *Standardized Mortality Ratio* (SMR) dari setiap provinsi di Indonesia;
2. (a) menghitung estimasi nilai risiko relatif penyebaran COVID-19 menggunakan model Poisson-gamma dari setiap provinsi di Indonesia;
(b) menghitung estimasi nilai risiko relatif penyebaran COVID-19 menggunakan model log-normal dari setiap provinsi di Indonesia;
(c) menghitung estimasi nilai risiko relatif penyebaran COVID-19 menggunakan model BYM dari setiap provinsi di Indonesia;
(d) menghitung estimasi nilai risiko relatif penyebaran COVID-19 menggunakan model *mixture* dari setiap provinsi di Indonesia;
(e) membandingkan nilai DIC dari keempat model Bayesian;
3. melakukan pemetaan ekspektasi nilai risiko relatif terhadap standar deviasi nilai risiko relatif.
4. menghitung estimasi bilangan reproduksi dasar menggunakan metode rasio rata-rata geometrik (GMR) dari setiap provinsi di Indonesia;
5. menghitung estimasi bilangan reproduksi dasar menggunakan model SIR dari setiap provinsi di Indonesia;
6. melakukan pemetaan nilai risiko relatif dan bilangan reproduksi dasar dari setiap provinsi di Indonesia.

1.4 Batasan Masalah

Berikut batasan masalah dalam skripsi ini.

1. Data COVID-19 yang digunakan adalah data COVID-19 di Indonesia tahun 2021.
2. Total populasi penduduk di setiap provinsi untuk setiap bulannya dianggap sama.

1.5 Sistematika Pembahasan

BAB 1: PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika pembahasan dari skripsi ini.

BAB 2: LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan teori-teori dasar yang digunakan dalam skripsi ini, yakni frekuensi harapan, fungsi distribusi serta distribusi yang digunakan pada skripsi, teorema Bayes, model Bayesian, dan metode *Markov Chain Monte Carlo* (MCMC) dengan algoritma *Gibbs Sampling*. Bab ini juga membahas model SIR, titik kesetimbangan, dan bilangan reproduksi dasar.

BAB 3: METODE ESTIMASI NILAI RISIKO RELATIF DAN BILANGAN REPRODUKSI DASAR

Bab ini membahas model yang digunakan untuk menghitung estimasi nilai risiko relatif penyebaran COVID-19 dengan menggunakan pendekatan frekuentis, yakni model SMR. Estimasi nilai risiko relatif dilakukan juga menggunakan pendekatan Bayesian, yakni model Poisson-gamma, log-normal, BYM, dan *Mixture*. Kemudian, dihitung nilai *Deviance Information Criterion* (DIC) untuk menentukan model yang cocok untuk data. Bab ini juga membahas metode dan model yang digunakan untuk melakukan estimasi bilangan reproduksi dasar, yakni rasio rata-rata geometrik (GMR) dan model SIR.

BAB 4: HASIL DAN ANALISIS

Bab ini menampilkan hasil eksplorasi data penelitian yang digunakan pada skripsi, metodologi estimasi nilai risiko relatif, hasil pemetaan nilai risiko relatif, perbandingan nilai DIC, dan hasil pemetaan ekspektasi nilai risiko relatif terhadap standar deviasinya. Bab ini juga menampilkan metodologi estimasi bilangan reproduksi dasar, hasil estimasi bilangan reproduksi dasar, dan pemetaan bilangan reproduksi dasar.

BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas kesimpulan yang diperoleh dari semua hasil analisis dan juga saran untuk penelitian lebih lanjut.

