



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**DAMPAK IKLIM TERHADAP INDEKS EKONOMI BIRU:
PEMODELAN *STATISTICAL DOWNSCALING*
PADA REGRESI SPATIO-TEMPORAL
BAYESIAN DI PULAU SUMATERA**

ATHALIA CHRISTINA 320210302007

**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI MATEMATIKA
BOGOR 2025**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

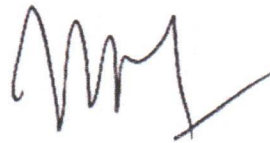
Nama : Athalia Christina
NIM : 320210302007
Program Studi : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Dampak Iklim Terhadap Indeks Ekonomi Biru:
Pemodelan *Statistical Downscaling* pada
Regresi Spatio-Temporal Bayesian di Pulau
Sumatera

Dosen Pembimbing I,



Dr. Ro'fah Nur Rachmawati, S.Si., M.Si.
Penata Muda Tk. I III/b
NIP. 198612152022032002
Tanggal : 1 Juli 2025

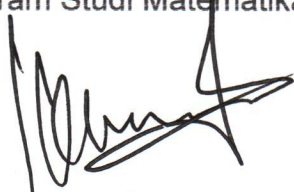
Dosen Pembimbing II,



Dr. Novi Hidayat Puspongoro, S.ST., M.Stat.
Pembina IV/a
NIP. 198011102003122003
Tanggal : 1 Juli 2025

Mengetahui,

Kepala
Program Studi Matematika,



Djoko Heksa Purnomo, S.Si., M.Si.
Kolonel Laut (KH)
NRP.14628/P
Tanggal : 1 Juli 2025

Dekan
Fakultas MIPA Militer,



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si.
Pembina Utama Muda IV/c
Tanggal : 12/8-2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Athalia Christina
 NIM : 320210302007
 Program Studi : Matematika
 Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
 Judul Skripsi : Dampak Iklim Terhadap Indeks Ekonomi Biru:
 Pemodelan *Statistical Downscaling* pada
 Regresi Spatio-Temporal Bayesian di Pulau
 Sumatera

No.	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dosen Pembimbing I : Dr. Ro'fah Nur Rachmawati, S.Si., M.Si. Penata Muda Tk. I III/b NIP. 198612152022032002		1/7/25
2.	Dosen Pembimbing II : Dr. Novi Hidayat Puspongoro, S.ST., M.Stat. Pembina IV/a NIP. 198011102003122003		1/7/25
3.	Dosen Penguji I : Djoko Heksa Purnomo, S.Si., M.Si. Kolonel Laut (KH) NRP. 14628/P		30/6/25
4.	Dosen Penguji II : Achmad Abdurrazzaq, S.Si., M.Sc., Ph.D. Penda Tk.I III/b NIP. 199304032022031003		30/6/25

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor, 31 Juli 2025



Athalia Christina

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Athalia Christina
NIM : 320210302007
Program Studi : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Dampak Iklim Terhadap Indeks Ekonomi Biru: Pemodelan *Statistical Downscaling* pada Regresi Spatio-Temporal Bayesian di Pulau Sumatera

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : **Bogor**
Pada Tanggal : **31 Juli 2025**
Yang menyatakan



Athalia Christina
NIM. 320210302007

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulisan skripsi dengan judul: “Dampak Iklim Terhadap Indeks Ekonomi Biru: Pemodelan *Statistical Downscaling* pada Regresi Spatio-Temporal Bayesian di Pulau Sumatera” dapat diselesaikan.

Penyusunan skripsi ini ditujukan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer Universitas Pertahanan RI.

Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini Kadet Mahasiswa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Kolonel Laut (KH) Djoko Heksa Purnomo, S.Si., M.Si., selaku Kepala Program Studi Matematika sekaligus penguji I skripsi saya, yang telah memberikan kesempatan, arahan, serta evaluasi berharga selama proses penyelesaian studi saya.
2. Ibu Dr. Ro’fah Nur Rachmawati, S.Si., M.Si., dan Ibu Dr. Novi Hidayat Puspongoro, S.ST., M.Stat., selaku pembimbing I dan II skripsi saya, yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses penelitian dan penulisan skripsi sehingga skripsi ini dapat terlaksana dengan baik.
3. Bapak Achmad Abdurrazzaq, S.Si., M.Sc., Ph.D., selaku penguji II skripsi saya, yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan skripsi ini.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Matematika, yang telah berbagi ilmu dan layanan pendidikan dengan baik selama masa studi saya.
5. Keluarga saya tercinta: Papa (Christanto Setiawan), Mama (Vivi Agustina Sediasih), dan adik-adikku (Feli, Efan, Freda), serta seluruh keluarga yang selalu mendoakan, menjadi tempat berbagi dalam suka dan duka, memberikan semangat dan dukungan, serta menjadi sumber

kekuatan sehingga saya dapat melewati proses menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

6. Rekan-rekan seperjuangan Matematika Cohort 2, yang telah memberikan semangat dan menjadi rekan berdiskusi dalam menyelesaikan berbagai tantangan akademik. Habsy, yang turut bekerja sama dalam menyusun Indeks Ekonomi Biru di Pulau Sumatera sebagai salah satu data yang diperlukan dalam penelitian skripsi ini.
7. Kak Aghnyn, Kak Zaki, Bang Juli, dan Bang Novrizal, yang telah memberikan bimbingan dan *sharing* pengalaman dalam menyusun skripsi.
8. Adik asuh: Melati, Martha, Intan, Nike, Dc, dan Dila, yang turut memberikan semangat dan dukungan dalam proses menyelesaikan skripsi.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan-kebaikan berbagai pihak atas bantuannya.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih kurang sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhirnya, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat terhadap pengembangan ilmu pertahanan dan bermanfaat bagi *stakeholder* terkait dalam upaya menjaga keberlanjutan ekonomi biru di Pulau Sumatera.

Bogor, 31 Juli 2025

Athalia Christina

ABSTRAK

DAMPAK IKLIM TERHADAP INDEKS EKONOMI BIRU: PEMODELAN *STATISTICAL DOWNSCALING* PADA REGRESI SPATIO-TEMPORAL BAYESIAN DI PULAU SUMATERA

Pulau Sumatera menghadapi tantangan dalam mengelola potensi ekonomi biru yang tercermin dari nilai *Indonesia's Blue Economy Index* (IBEI) pada tingkat provinsi yang masih berada di bawah rata-rata nasional. Sementara itu, perubahan iklim global dengan dinamika spasial, temporal, dan regional berpengaruh terhadap keberlanjutan ekonomi biru. Namun, kajian kuantitatif ekonomi biru pada tingkat kabupaten dan kota dengan pendekatan spatio-temporal yang melibatkan pengaruh iklim global belum dilakukan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan menyusun Indeks Ekonomi Biru (IEB) di 154 kabupaten dan kota Pulau Sumatera yang disusun menggunakan 38 variabel dari tiga dimensi, yaitu lingkungan, ekonomi, dan sosial. Selain itu, diidentifikasi faktor iklim global yang berpengaruh signifikan terhadap IEB dari tahun 2019 hingga 2022 melalui pemodelan *statistical downscaling* (SD) pada regresi spatio-temporal Bayesian. SD menggunakan data iklim global sebagai prediktor lokal melalui pemodelan statistik. Penelitian ini menggunakan respons berupa IEB yang berdistribusi lognormal dengan tiga variabel prediktor hasil reduksi dimensi iklim global menggunakan metode PCA. Berdasarkan hasil perhitungan, IEB berkisar antara 2,545 dan 39,020 dengan Kota Medan dan Kota Subulussalam memiliki rata-rata tertinggi (34,532) dan terendah (5,539). Model regresi spatio-temporal Bayesian menggunakan model parametrik serta nonparametrik tanpa interaksi dan dengan empat jenis interaksi. Penentuan model regresi terbaik menggunakan Watanabe-Akaike *Information Criterion* (WAIC). Model terbaik dengan nilai WAIC terkecil (2.973,13) adalah model nonparametrik dengan interaksi tidak terstruktur spatio-temporal yang menunjukkan bahwa suhu kulit, tekanan udara permukaan laut, dan presipitasi berpengaruh signifikan terhadap IEB. Hasil analisis spasial menunjukkan bahwa IEB lebih dipengaruhi oleh karakteristik unik wilayah daripada faktor ketetanggaan. Sedangkan hasil analisis temporal menunjukkan IEB mengalami penurunan pada 2021 dan kenaikan pada 2022. Sementara itu, hasil analisis interaksi spatio-temporal menunjukkan bahwa Pulau Sumatera tidak memiliki wilayah dengan tren IEB konstan selama periode empat tahun tersebut.

Kata kunci: Indeks Ekonomi Biru; *statistical downscaling*; PCA; inferensi Bayesian; regresi spatio-temporal

ABSTRACT

CLIMATE IMPACT ON BLUE ECONOMY INDEX: BAYESIAN SPATIO-TEMPORAL REGRESSION WITH STATISTICAL DOWNSCALING IN SUMATERA ISLAND

Sumatera Island faces challenges in managing its blue economy potential as reflected in Indonesia's Blue Economy Index (IBEI) scores at the provincial level which are below the national average. Global climate change with spatial, temporal, and regional dynamics affects blue economy sustainability. However, quantitative studies of blue economy at regency and city levels involving spatio-temporal aspects have not been conducted. Thus, this study aims to develop Blue Economy Index (BEI) in 154 regencies and cities of Sumatera Island using 38 variables from three dimensions, namely environment, economy, and social. In addition, it identifies global climate factors that have a significant effect on BEI from 2019 to 2022 through statistical downscaling (SD) modeling in Bayesian spatio-temporal regression. SD uses global climate data as local predictors through statistical modeling. This study uses a response in the form of BEI which is lognormally distributed with three predictor variables resulting from the reduction of global climate dimensions using PCA method. Based on the calculation results, BEI ranges between 2.545 and 39.020 with Medan City and Subulussalam City having the highest (34.532) and lowest (5.539) means. Bayesian spatio-temporal regression model uses parametric as well as nonparametric models without interactions and with four types of interactions. Determination of the best regression model using Watanabe-Akaike Information Criterion (WAIC). The best model with the smallest WAIC value (2,973.13) was a nonparametric model with spatio-temporal unstructured interactions which showed that skin temperature, sea surface air pressure, and precipitation had a significant effect on BEI. The spatial analysis results show that BEI is more influenced by the unique characteristics of the region than the neighboring factors. The temporal analysis results showed that BEI decreased in 2021 and increased in 2022. Meanwhile, the spatio-temporal interaction results show that Sumatera Island has no region with a constant BEI trend over the four-year period.

Keywords: *Blue Economy Index; statistical downscaling; PCA; Bayesian inference; spatio-temporal regression*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Landasan Teori	10
2.1.1 Definisi Spatio-Temporal	10
2.1.2 <i>Classification and Regression Trees</i>	10
2.1.3 Nilai Indeks Ekonomi Biru	11
2.1.4 <i>Statistical Downscaling</i>	13
2.1.5 <i>Principal Component Analysis</i>	15
2.1.6 Regresi Spatio-Temporal	19
2.1.7 Inferensi Bayesian	24

2.1.8	Algoritma <i>Integrated Nested Laplace Approximation</i>	25
2.1.9	Watanabe-Akaike <i>Information Criterion</i>	28
2.2	Hasil Penelitian Terdahulu	29
2.3	Kerangka Berpikir	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		36
3.1	Metode dan Desain Penelitian	36
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	36
3.3	Alat dan Bahan	37
3.4	Variabel Penelitian	38
3.5	Populasi dan Sampel	41
3.6	Prosedur Penelitian	42
3.7	Metode Analisis	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		46
4.1	Penyusunan Indeks Ekonomi Biru (IEB)	46
4.1.1	Analisis Deskriptif Dimensi Penyusun IEB	46
4.1.2	Analisis Deskriptif IEB	50
4.1.3	Pola Distribusi IEB	51
4.1.4	Pembahasan	54
4.2	Pemodelan <i>Statistical Downscaling</i> (SD) pada Regresi Spatio-Temporal Bayesian	55
4.2.1	Analisis Deskriptif Data Iklim Global	56
4.2.2	Reduksi Dimensi dengan PCA	61
4.2.3	Uji Kolmogorov-Smirnov Variabel Respons	62
4.2.4	Koefisien Regresi Spatio-Temporal SD	63
4.2.5	Analisis Efek Acak Spasial	65
4.2.6	Analisis Efek Acak Temporal	67

4.2.7	Analisis Efek Acak Interaksi Spatio-Temporal	68
4.3	Pemilihan Model Terbaik.....	70
4.3.1	Evaluasi Kinerja Model dengan Watanabe-Akaike <i>Information Criterion</i> (WAIC).....	70
4.3.2	Koefisien Regresi Model Terbaik.....	71
4.3.3	Analisis Spatio-Temporal Model Terbaik	73
4.3.4	Pembahasan.....	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		84
5.1	Kesimpulan.....	84
5.2	Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA		87
LAMPIRAN.....		97



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerangka Kerja Metode CART	11
Gambar 2.2 Dimensi Penyusun Indonesian Blue Economy Index (ARISE+ Indonesia)	12
Gambar 2.3 Konsep Statistical Downscaling	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 4.1 Peta Distribusi IEB	53
Gambar 4.2 <i>Scree plot</i> PCA	61
Gambar 4.3 Pola Efek Acak Spasial Terstruktur Model Terbaik	74
Gambar 4.4 Tren Temporal Model Terbaik	75
Gambar 4.5 Pola Efek Acak Interaksi Spatio-Temporal Model Terbaik	78



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tipe Interaksi Spatio-Temporal	24
Tabel 2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	29
Tabel 2.3 Kerangka Berpikir	35
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	36
Tabel 3.2 Variabel Penyusun Indeks Ekonomi Biru (IEB) Kabupaten dan Kota di Pulau Sumatera	38
Tabel 3.3 Variabel Penelitian	40
Tabel 4.1 Analisis Deskriptif Dimensi Penyusun IEB	47
Tabel 4.2 Analisis Deskriptif IEB	50
Tabel 4.3 Analisis Deskriptif Data Iklim Global	56
Tabel 4.4 Nilai Korelasi Data Iklim Global	60
Tabel 4.5 Hasil Reduksi Dimensi dengan PCA	61
Tabel 4.6 <i>Loading Factor</i> Variabel Terhadap PC dalam Analisis PCA	62
Tabel 4.7 Nilai <i>p-value</i> Uji Kolmogorov-Smirnov Variabel Respons	63
Tabel 4.8 Pendugaan Efek Tetap Regresi Spatio-Temporal SD	64
Tabel 4.9 Kontribusi Efek Acak Spasial Regresi Spatio-Temporal SD	66
Tabel 4.10 Kombinasi Linear Efek Acak Temporal Regresi Spatio-Temporal SD	67
Tabel 4.11 Rata-Rata Posterior Efek Acak Interaksi Spatio-Temporal Regresi Spatio-Temporal SD	68
Tabel 4.12 Nilai WAIC Model Regresi Spatio-Temporal SD	70
Tabel 4.13 Pendugaan Efek Tetap Model Terbaik	72
Tabel 4.14 Kombinasi Linear Efek Acak Temporal Model Terbaik	75

DAFTAR SINGKATAN



AIC	: <i>Akaike Information Criterion</i>
APBN	: Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara
APC	: <i>Age-Period-Cohort</i>
BPJS	: Badan Penyelenggara Jaminan Sosial
BPS	: Badan Pusat Statistik
BYM	: Besag-York-Mollie
CART	: <i>Classification and Regression Trees</i>
GCM	: <i>Global Climate Model</i>
IBEI	: <i>Indonesian Blue Economy Index</i>
IEB	: Indeks Ekonomi Biru
INLA	: <i>Integrated Nested Laplace Approximation</i>
IPM	: Indeks Pembangunan Manusia
KKP	: Kementerian Kelautan dan Perikanan
MENA	: <i>Middle East and North Africa</i>
MSY	: <i>Maximum Sustainable Yield</i>
Parekraf	: Pariwisata dan Ekonomi Kreatif
PBB	: Perserikatan Bangsa-Bangsa
PBI	: Penerima Bantuan Iuran
PC	: <i>Penalized Complexity</i>
PCA	: <i>Principal Component Analysis</i>
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
PUD	: Perairan Umum Daratan
RCM	: <i>Regional Climate Model</i>
RPJPN	: Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional
RTP	: Rumah Tangga Perikanan
RW	: <i>Random Walk</i>
SD	: <i>Statistical Downscaling</i>
SDGs	: <i>Sustainable Development Goals</i>
SIPSN	: Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional

SMA	:	Sekolah Menengah Atas
SMK	:	Sekolah Menengah Kejuruan
SPDE	:	<i>Stochastic Partial Differential Equation</i>
STIRPAT	:	<i>Stochastic Regression on Population, Affluence and Technology</i>
TPAK	:	Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja
TPT	:	Tingkat Pengangguran Terbuka
UNDP	:	<i>United Nations Development Programme</i>
UPI	:	Unit Pengolahan Ikan
WAIC	:	<i>Watanabe-Akaike Information Criterion</i>

