

**PERAMALAN PASANG SURUT AIR LAUT DI PULAU JAWA
MENGUNAKAN MODEL *GENERALIZED SPACE TIME
AUTOREGRESSIVE* (GSTAR)**

**(Studi Kasus : Ketinggian Pasang Surut Air Laut di
Stasiun Pasang Surut Jakarta, Cirebon, Semarang dan Surabaya)**



SKRIPSI

Disusun oleh:

CHYNTIA ARUM WIDYASTUTI

24010212140077

**DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2016

**PERAMALAN PASANG SURUT AIR LAUT DI PULAU JAWA
MENGUNAKAN MODEL *GENERALIZED SPACE TIME
AUTOREGRESSIVE (GSTAR)***

**(Studi Kasus : Ketinggian Pasang Surut Air Laut di
Stasiun Pasang Surut Jakarta, Cirebon, Semarang dan Surabaya)**

CHYNTIA ARUM WIDYASTUTI

24010212140077

Skripsi

Tugas Akhir sebagai Salah Satu Syarat untuk memperoleh

Gelar Sarjana Sains pada Departemen Statistika

**DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2016

HALAMAN PENGESAHAN I

Judul Skripsi : Peramalan Pasang Surut Air Laut di Pulau Jawa Menggunakan Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) (Studi Kasus : Ketinggian Pasang Surut Air Laut di Stasiun Pasang Surut Jakarta, Cirebon, Semarang dan Surabaya)

Nama : Chyntia Arum Widyastuti

NIM : 24010212140077

Departemen : Statistika

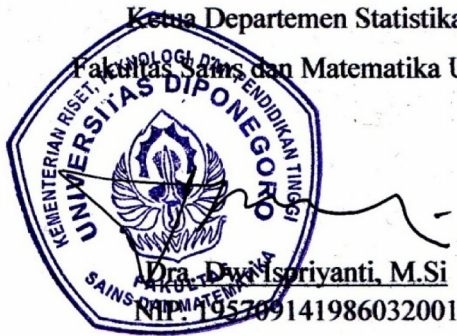
Telah diujikan pada sidang Tugas Akhir dan dinyatakan lulus pada tanggal 14 September 2016.

Semarang, September 2016

Mengetahui,

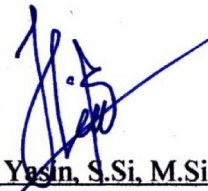
Ketua Departemen Statistika

Fakultas Sains dan Matematika Undip



Panitia Penguji Ujian Tugas Akhir

Ketua,



Hasbi Yasin, S.Si, M.Si
NIP. 198212172006041003

HALAMAN PENGESAHAN II

Judul Skripsi : Peramalan Pasang Surut Air Laut di Pulau Jawa Menggunakan Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) (Studi Kasus : Ketinggian Pasang Surut Air Laut di Stasiun Pasang Surut Jakarta, Cirebon, Semarang dan Surabaya)

Nama : Chyntia Arum Widyastuti

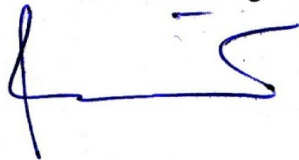
NIM : 24010212140077

Departemen : Statistika

Telah diujikan pada sidang Tugas Akhir dan dinyatakan lulus pada tanggal 14 September 2016.

Semarang, September 2016

Dosen Pembimbing I



Abdul Hoyyi, S.Si, M.Si
NIP. 197202022008011018

Dosen Pembimbing II



Rita Rahmawati, S.Si, M.Si
NIP. 198009102005012002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul **“Peramalan Pasang Surut Air Laut di Pulau Jawa Menggunakan Model *Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR)* (Studi Kasus : Ketinggian Pasang Surut Air Laut di Stasiun Pasang Surut Jakarta, Cirebon, Semarang dan Surabaya)”**. Ucapan terima kasih selanjutnya penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan Tugas Akhir, pihak-pihak tersebut yaitu:

1. Dra. Dwi Ispriyanti, M.Si, selaku Ketua Departemen Statistika FSM Undip.
2. Bapak Abdul Hoyyi, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Rita Rahmawati, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing II.
3. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Statistika FSM Undip yang telah memberikan ilmu yang berguna selama perkuliahan.
4. Dr. Wiwin Ambarwulan selaku Kepala Pusat Penelitian, Promosi dan Kerjasama Badan Informasi Geospasial (BIG).
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, September 2016

Penulis

ABSTRAK

Dalam kehidupan sehari-hari seringkali dijumpai data *time series* tidak hanya mengandung keterkaitan dengan kejadian pada waktu-waktu sebelumnya, tetapi juga mempunyai keterkaitan antara satu lokasi dengan lokasi lain. Data dengan keterkaitan deret waktu dan lokasi disebut data *space-time*. Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) merupakan salah satu model yang biasanya digunakan untuk pemodelan dan peramalan data *space-time*. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan model GSTAR terbaik dan hasil peramalan untuk data ketinggian pasang surut air laut di empat stasiun Pulau Jawa yaitu Stasiun Jakarta, Cirebon, Semarang dan Surabaya. Model terbaik yang diperoleh adalah model GSTAR(1;1)-I(1) menggunakan bobot normalisasi korelasi silang karena menghasilkan residual yang memenuhi asumsi *white noise* dengan nilai MAPE dan RMSE terkecil. Model GSTAR terbaik menjelaskan bahwa data ketinggian pasang surut air laut Stasiun Cirebon dan Stasiun Semarang hanya dipengaruhi oleh waktu-waktu sebelumnya, tidak dipengaruhi oleh lokasi lain namun dapat mempengaruhi ketinggian pasang surut air laut di lokasi lain. Sedangkan untuk data ketinggian pasang surut air laut Stasiun Jakarta dan Stasiun Surabaya saling mempengaruhi satu sama lain.

Kata Kunci: GSTAR, *Space-Time*, Pasang Surut Air Laut, MAPE dan RMSE.

ABSTRACT

In daily life is often found time series data contains not only connection among the events in previous times, but also has a relationship between one location to another. Data with time series and location linkage is called space-time data. Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) model is one of the commonest used to make model and forecast space-time data. The purposes of this research are to get the best GSTAR model and the forecasting results for the data ocean tide heights at four stations of Java island, those are Stations of Jakarta, Cirebon, Semarang and Surabaya. The best model obtained is GSTAR(1;1)-I(1) which is using cross correlation normalization weight because its residuals fulfill white noise assumption with the smallest value of MAPE and RMSE. The best GSTAR model explains that the elevation ocean tide data in Stations of Cirebon and Semarang is only influenced by the earlier times, and not influenced by other locations but can affect the height of the tide at other locations. As for the elevation ocean tide data stations of Jakarta and Surabaya are influence each other.

Keywords: GSTAR, *Space-Time*, *Ocean Tide*, MAPE and RMSE.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN I	ii
HALAMAN PENGESAHAN II	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Pasang Surut Air Laut	5
2.2 Tipe-Tipe Pasang Surut Air Laut	5
2.3 <i>Time Series</i> Multivariat	6
2.4 <i>Matrix Autocorrelation Function</i> (MACF)	7
2.5 <i>Matrix Partial Autocorrelation Function</i> (MPACF)	9
2.6 Model <i>Generalized Space Time Autoregressive</i> (GSTAR)	10

2.7 Pemilihan Bobot Lokasi pada Model GSTAR	12
2.7.1 Bobot Seragam (<i>Uniform</i>)	12
2.7.2 Bobot Biner (<i>Binary</i>)	12
2.7.3 Bobot <i>Invers</i> Jarak	12
2.7.4 Bobot Normalisasi Korelasi Silang	13
2.8 Estimasi Parameter dengan <i>Ordinary Least Square</i> (OLS)	14
2.9 Pengujian Signifikansi Parameter	16
2.10 Pengujian Asumsi <i>White Noise</i> Residual	16
2.11 Kriteria Pemilihan Model Terbaik	17
2.11.1 <i>Akaike Information Criterion</i> (AIC)	18
2.11.2 <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	18
2.11.3 <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	19
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	20
3.2 Variabel Penelitian	20
3.3 Langkah Analisis Data	21
3.4 Diagram Alir Analisis	22
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Statistika Deskriptif	23
4.2 Pemodelan <i>Generalized Space Time Autoregressive</i> (GSTAR)	25
4.2.1 Identifikasi Model GSTAR	25
4.2.2 Penentuan Bobot Lokasi pada Model GSTAR	28
4.2.3 Estimasi Parameter Model GSTAR	32
4.3 Pengujian Asumsi <i>White Noise</i> Residual	43

4.4 Pemilihan Model Terbaik	44
4.4.1 <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	45
4.4.2 <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	45
4.5 Peramalan Model GSTAR	49
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Diagram Alir Analisis	22
Gambar 2. Plot <i>Time Series</i> Data Ketinggian Pasang Surut Air Laut Secara Bersama-sama	23
Gambar 3. MACF Data Ketinggian Pasang Surut Air Laut di Empat Stasiun	26
Gambar 4. MACF Data Ketinggian Pasang Surut Air Laut di Empat Stasiun Setelah <i>Differencing</i> 1	26
Gambar 5. MPACF Data Ketinggian Pasang Surut Air Laut di Empat Stasiun	27
Gambar 6. Nilai AIC dari Beberapa Orde Model	27

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Statistika Deskriptif Data Ketinggian Pasang Surut Air Laut (dalam cm)	23
Tabel 2. Nilai Korelasi Data Ketinggian Pasang Surut Air Laut di Empat Stasiun.....	24
Tabel 3. Hasil Perhitungan Bobot Invers Jarak	30
Tabel 4. Estimasi Parameter Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Seragam	32
Tabel 5. Estimasi Parameter Bobot Seragam menggunakan metode <i>stepwise</i>	33
Tabel 6. Estimasi Parameter Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Biner ...	35
Tabel 7. Estimasi Parameter Bobot Biner menggunakan metode <i>stepwise</i>	36
Tabel 8. Estimasi Parameter Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Invers Jarak	38
Tabel 9. Estimasi Parameter Bobot Invers Jarak menggunakan metode <i>stepwise</i>	38
Tabel 10. Estimasi Parameter Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Normalisasi Korelasi Silang	40
Tabel 11. Estimasi Parameter Bobot Normalisasi Korelasi Silang menggunakan metode <i>stepwise</i>	41
Tabel 12. Uji Asumsi <i>White Noise</i> Residual	44
Tabel 13. Perbandingan Ketepatan Ramalan Model GSTAR(1;1)-(1) berdasarkan MAPE	45

Tabel 14. Perbandingan Ketepatan Ramalan Model GSTAR(1;1)-(1) Berdasarkan RMSE	46
Tabel 15. Hasil Ramalan Data <i>Out-Sample</i> menggunakan model GSTAR terbaik	49
Tabel 16. Hasil Ramalan Data Ketinggian Pasang Surut Air Laut di Pulau Jawa menggunakan model GSTAR terbaik	50

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Data Ketinggian Pasang Surut Air Laut di Empat Stasiun (dalam cm)	56
Lampiran 2. Program SAS untuk mengidentifikasi MACF, MPACF dan AIC Minimum	60
Lampiran 3. Struktur Data Model GSTAR menggunakan Bobot Seragam	61
Lampiran 4. Output Minitab Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Seragam	63
Lampiran 5. Output Minitab Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Seragam (Metode <i>Stepwise</i>).....	64
Lampiran 6. Output Minitab Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Biner	65
Lampiran 7. Output Minitab Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Biner (Metode <i>Stepwise</i>)	66
Lampiran 8. Output Minitab Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Invers Jarak	67
Lampiran 9. Output Minitab Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Invers Jarak (Metode <i>Stepwise</i>)	68
Lampiran 10. Output Minitab Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Normalisasi Korelasi Silang	69
Lampiran 11. Output Minitab Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Normalisasi Korelasi Silang (Metode <i>Stepwise</i>)...	70

Lampiran 12. Program Matlab Portmanteau Test untuk mengecek diagnosa <i>white noise</i> residual pada bobot seragam	71
Lampiran 13. Output Matlab Portmanteau Test Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Seragam	72
Lampiran 14. Output Matlab Portmanteau Test Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Biner	75
Lampiran 15. Output Matlab Portmanteau Test Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Invers Jarak	78
Lampiran 16. Output Minitab Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR(1;1)-(1) dengan Bobot Normalisasi Korelasi Silang	81
Lampiran 17. Tabel Distribusi t	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang dikelilingi oleh lautan luas, terutama dua samudera yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik dimana posisi ini menyebabkan Indonesia memiliki kondisi pasang surut, angin, gelombang, dan arus laut yang cukup besar (Sumotarto, 2003). Dari waktu ke waktu walaupun tanpa adanya angin, permukaan air laut akan selalu bergerak naik-turun secara teratur. Hal ini disebabkan karena adanya tekanan dari kedalaman dasar laut yang mempengaruhi naik turunnya gerakan air laut. Fenomena naik turunnya permukaan air laut akibat gaya tarik benda-benda langit terutama bulan dan matahari disebut dengan pasang surut air laut (Rahardjo dan Sanusi, 1983).

Salah satu dampak fenomena pemanasan global yang terjadi adalah naiknya permukaan air laut. Kenaikan permukaan air laut yang terus bertambah setiap tahunnya dikhawatirkan akan mengancam daerah-daerah pesisir sehingga akan menimbulkan kerugian baik dalam finansial maupun ekonomi. Hal ini juga merugikan bagi masyarakat yang melakukan aktivitas perekonomian yang berada di wilayah pesisir. Padahal, sebagian besar penduduk di Pulau Jawa hidup di daerah pesisir dan sangat bergantung pada sumber daya pesisirnya.

Permasalahan terbesar akibat dari kenaikan permukaan air laut adalah masuknya air laut ke daratan. Pada kota-kota yang berada di daerah pesisir sering

terjadi masuknya air laut ke daratan yang disebut banjir rob. Banjir tersebut menggenangi daerah-daerah yang permukaannya berada lebih rendah dari permukaan air laut saat terjadi pasang tertinggi. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana dalam Ibnudin (2016), rob pada umumnya terjadi pada daerah pesisir seperti wilayah Pulau Jawa antara lain Semarang, Jakarta dan kota-kota lainnya yang berada di Pantai Utara Jawa. Di Provinsi DKI Jakarta, rob sering terjadi di kawasan pesisir Jakarta bagian utara. Wilayah Jakarta Utara merupakan dataran rendah, hal ini sering mengakibatkan bencana banjir rob. Tidak hanya Jakarta Utara, pesisir Kota Cirebon, Semarang, dan Surabaya sering mengalami banjir rob akibat dari kenaikan permukaan laut yaitu saat terjadi pasang air laut tertinggi pada waktu tertentu.

Suatu deretan observasi yang diambil secara berurutan berdasarkan waktu dengan interval yang sama disebut data *time series* (Box *et al.*, 1994). Dalam kehidupan sehari-hari seringkali dijumpai data *time series* tidak hanya mengandung keterkaitan dengan kejadian pada waktu-waktu sebelumnya, tetapi juga mempunyai keterkaitan dengan lokasi atau tempat yang lain yang disebut dengan data spasial. Model *space time* merupakan salah satu model yang menggabungkan unsur dependensi waktu dan lokasi pada suatu data deret waktu multivariat (Wutsqa *et al.*, 2010).

Model *Space Time Autoregressive* (STAR) merupakan awal dari model *space time* yang diperkenalkan oleh Pfeifer dan Deutsch (1980a, 1980b). Model *Space Time Autoregressive* (STAR) mempunyai kelemahan pada fleksibilitas parameter yang menjelaskan dependensi lokasi dan waktu yang berbeda pada

suatu data deret waktu dan lokasi (Prisandy dan Suhartono, 2008). Kelemahan ini diperbaiki oleh Borovkova, Lopuhaa dan Ruchjana (2002) melalui suatu model yang dikenal sebagai *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR).

Salah satu penelitian mengenai model GSTAR adalah peramalan Indeks Harga Konsumen di Jawa Tengah dengan tiga bobot lokasi yang dilakukan oleh Irawati (2015). Secara umum terdapat tiga bobot lokasi yang digunakan dalam GSTAR, yaitu bobot lokasi seragam, bobot lokasi invers jarak, dan bobot lokasi normalisasi korelasi silang. Bobot lokasi yang baik adalah bobot lokasi yang membentuk model dengan kesalahan ramalan terkecil. Karakteristik suatu data mempunyai keunikan sendiri, sehingga memungkinkan adanya pemilihan dan penentuan bobot lokasi yang berbeda.

Berdasarkan uraian penulis tertarik untuk melakukan penelitian menggunakan model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) untuk peramalan data *time series* untuk setiap lokasi. Penelitian ini menggunakan empat bobot lokasi yaitu bobot lokasi seragam, bobot lokasi biner, bobot lokasi invers jarak dan bobot lokasi normalisasi korelasi silang. Adapun studi kasus yang digunakan yakni ketinggian pasang surut air laut di empat stasiun Pulau Jawa yaitu Stasiun Jakarta, Cirebon, Semarang dan Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model GSTAR yang terbaik untuk data ketinggian pasang surut air laut di Stasiun Jakarta, Cirebon, Semarang dan Surabaya?

2. Bagaimana hasil peramalan dari model GSTAR terbaik untuk data ketinggian pasang surut air laut di Stasiun Jakarta, Cirebon, Semarang dan Surabaya?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan model GSTAR terbaik untuk data ketinggian pasang surut air laut di Stasiun Jakarta, Cirebon, Semarang dan Surabaya.
2. Mendapatkan hasil peramalan dari model yang terbaik untuk data ketinggian pasang surut air laut di Stasiun Jakarta, Cirebon, Semarang dan Surabaya.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan berupa data harian ketinggian pasang surut air laut di Stasiun Jakarta, Cirebon, Semarang dan Surabaya pada tanggal 13 Maret sampai 22 Juli tahun 2015.
2. Metode GSTAR yang digunakan pada data tersebut dibatasi orde spasial 1 dan empat pembobot lokasi, yaitu bobot seragam, bobot biner, bobot invers jarak dan bobot normalisasi korelasi silang.