PREDIKSI BILANGAN *SUNSPOT* MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR REGRESSION* (SVR)

SKRIPSI

Disusun Oleh

SUWANTO

H72216070

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL

SURABAYA

2019

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama	:	Suwanto
NIM	:	H72216070
Program Studi	:	Matematika
Angkatan	:	2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul " PREDIKSI BILANGAN *SUNSPOT* MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR REGRESSION* (SVR) ". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, Desember 2019

Yang menyatakan,

METERAI TEMPEL

6000

ENAM RIBU RUPIAH

Suwanto

NIM. H72216070

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama	:	Suwanto
NIM	:	H72216070
Judul Skripsi	:	PREDIKSI BILANGAN *SUNSPOT* MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR REGRESSION* (SVR)

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, Desember 2019

Pembimbing

Dian Candra Rini Novitasari, M.Kom

NIP. 19851124014032001

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama	:	Suwanto
NIM	:	H72216070
Judul Skripsi	:	PREDIKSI BILANGAN *SUNSPOT* MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR REGRESSION* (SVR)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal Desember 2019

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I

Dian Candra Rini Novitasari, M.Kom
NIP. 198511240140320 01

Penguji II

Yuniar Farida, M.T
NIP. 197905272014032002

Penguji III

Aris Fanani, M.Kom
NIP. 198701272014031002

Penguji IV

Nurissaidah Ulinnuha, M.Kom
NIP. 199011022014032004

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Eni Purwati, M.Ag
NIP. 196512211990022001

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : SUWANTO
NIM : H72216070
Fakultas/Jurusan : SAINS & TEKNOLOGI / SAINS
E-mail address : to.wans.og@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
☑ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :
PREDIKSI BILANGAN SUNSPOT MENGGUNAKAN SUPPORT VECTOR REGRESSION (SVR).

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya,

Penulis

(SUWANTO)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

PREDIKSI BILANGAN *SUNSPOT* MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR REGRESSION* (SVR)

Sunspot merupakan area gelap matahari yang terletak pada lapisan fotosfer, jika konfigurasinya menjadi sempurna maka medan magnet akan tidak stabil yang akan berdampak akan munculnya *flare* dan CME. *Sunspot* juga memiliki dampak pada cuaca yang ada di bumi. Pengamatan indeks *sunspot* utamanya bilangan *sunspot* amat penting karena besaran bilangan *sunspot* akan merepresentasikan tingkat aktivitas yang terjadi pada matahari. Bilangan *sunspot* dimasa mendatang dapat diketahui dengan adanya prediksi. Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi banyaknya bilangan *sunspot* berdasar data *sunspot* yang telah terjadi menggunakan SVR. Tujuan prediksi bilangan *sunspot* adalah untuk mengetahui besarnya aktivitas matahari, jika akan berdampak buruk dengan segala yang ada di bumi, maka *early warning* dengan cepat tersampaikan sebagai informasi awal untuk mengatasi badai yang akan terjadi. Pada penelitian ini, dilakukan uji coba dalam menentukan *input data* dan fugsi kernel pada sistem. Prediksi bilangan sunspot terbaik diperoleh dengan pembagian data sebesar 80:20 serta menggunakan kernel RBF. Hasil MSE, RMSE, dan MAAPE dari proses prediksi masing-masing sebesar 35.32, 5.94, dan 0.12. Dengan nilai MAAPE sebesar 0.12 dapat dikatakan bahwa prediksi dapat dikatakan cukup akurat.

Kata kunci: Prediksi, *Sunspot*, SVR

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

FORECASTING SUNSPOT NUMBER USING SUPPORT VECTOR REGRESSION (SVR)

Sunspot is a dark regions, it is appears on the deepest layer of solar atmosphere "photosphere ". If configuration of the sunspot is perfect the magnetic field will be unstable and will generate flares and CMEs. Sunspots also influence earth weather. Observation of sunspot numbers is very important because the magnitude of sunspot represents the level of solar activity. This research was conducted for predict sunspot numbers based on sunspot data that has occurred using SVR. The purpose of sunspot number prediction is to find out assess solar activity, if it will have a bad impact on everything on earth, then an early warning is quickly conveyed as preliminary information to overcome the coming storm. In this research, trial was conducted in determining data input and kernel function on the system. Predictions of the best sunspot numbers are obtained with data distribution of 80:20 and using the RBF kernel. The MSE, RMSE, and MAAPE of the prediction process are 35.32, 5.94, and 0.12. With a MAAPE value of 0.12, it can be said that the prediction can be quite accurate.

Keywords: Forecasting, Sunspot, SVR

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL . . . . . **i**
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING . . . . . **ii**
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI . . . . . **iii**
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN . . . . . **iv**
MOTTO . . . . . **v**
HALAMAN PERSEMBAHAN . . . . . **vi**
KATA PENGANTAR . . . . . **vii**
DAFTAR ISI . . . . . **ix**
DAFTAR TABEL . . . . . **xi**
DAFTAR GAMBAR . . . . . **xii**
DAFTAR LAMBANG . . . . . **xiii**
ABSTRAK . . . . . **xiv**
ABSTRACT . . . . . **xv**
I PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang Masalah 1
1.2. Rumusan Masalah 6
1.3. Tujuan Penelitian 6
1.4. Manfaat Penelitian 7
1.5. Batasan Masalah 7
1.6. Sistematika Penulisan 8
II TINJAUAN PUSTAKA **10**
2.1. Matahari 10
2.2. Bilangan *Sunspot* 19
2.3. *Time Series* 21
2.4. *Forecasting* 23
2.5. *Artificial Intelligence* (AI) 24
2.6. *Support Vector Machine* (SVM) 26

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.7. *Support Vector Regression* (SVR) 26
2.8. Evaluasi hasil 31
III METODE PENELITIAN 34
3.1. Jenis penelitian 34
3.2. Pengumpulan data 34
3.3. Analisis data 35
3.4. Pengujian dan evaluasi 35
IV HASIL DAN PEMBAHASAN 39
4.1. Pembentukan struktur data *time series* 39
4.2. Prediksi Menggunakan *Support Vector Regression* (SVR) 50
4.2.1. Algoritma SVR 50
4.2.2. Pemilihan Kernel 55
4.2.3. Penggunaan Kernel linear 56
4.2.4. Penggunaan Kernel *gaussian* 57
4.2.5. Penggunaan Kernel RBF 57
4.2.6. Penggunaan Kernel *polynomial* 58
4.2.7. Hasil Prediksi 59
4.3. Pembahasan 61
V PENUTUP 63
5.1. Simpulan 63
5.2. Saran 64
DAFTAR PUSTAKA 65

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

2.1 Tingkat Kekuatan *Flare* 16
2.2 McIntosh *sunspot classification* 21

4.1 Sampel Data Satu Variabel *Input* 39
4.2 Sampel Data Dua Variabel *Input* 40
4.3 Sampel Data Tiga Variabel *Input* 40
4.4 Sampel Data Empat Variabel *Input* 41
4.5 Sampel Data Lima Variabel *Input* 41
4.6 Sampel Data Enam Variabel *Input* 42
4.7 Sampel Data Tujuh Variabel *Input* 42
4.8 Sampel Data Bulanan Satu Variabel *Input* 43
4.9 Sampel Data bulanan Tiga Variabel *Input* 43
4.10 Sampel Data bulanan Empat Variabel *Input* 44
4.11 Sampel Data bulanan Enam Variabel *Input* 44
4.12 Sampel Data bulanan Sembilan Variabel *Input* 45
4.13 Sampel Data bulanan 12 Variabel *Input* 46
4.14 Sampel Data Tahunan Satu Variabel *Input* 47
4.15 Sampel Data Tahunan Lima Variabel *Input* 47
4.16 Sampel Data Tahunan Delapan Variabel *Input* 48
4.17 Sampel Data Tahunan 10 Variabel *Input* 49
4.18 Data time series total bilangan *sunspot* 51
4.19 Hasil pengujian model prediksi total bilangan *sunspot* 54
4.20 Kernel Linear 56
4.21 Kernel *gaussian* 57
4.22 Kernel RBF 58
4.23 Kernel *polynomial* 59
4.24 Hasil pengujian model prediksi total bilangan *sunspot* 60

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

2.1 Matahari (Sumber: (Zufar , 2018)) 11
2.2 Sunspot (Sumber: (Zufar , 2018)) 14
2.3 Flare (Sumber: (Peter & Papics , 2007)) 15
2.4 Granula (Sumber: nasa.gov) 18
2.5 Prominensa (Sumber: (Peter & Papics , 2007)) 19
2.6 Pola data horizontal (Sumber: (Andini dan Auristandi , 2016)) . . . 22
2.7 Pola data siklus (Sumber: (Andini dan Auristandi , 2016)) 22
2.8 Pola data trend (Sumber: (Andini dan Auristandi , 2016)) 23
2.9 Pola data musiman (Sumber: (Andini dan Auristandi , 2016)) 23
2.10 SVM (Lai, Begg†, And Palaniswami , 2008) 26
2.11 Jaringan *Support Vector Regression* (SVR) (Sumber: www.medium.com) 27
2.12 Matahari (Sumber: www.medium.com) 31

3.1 *Flowchart* Prediksi Bilangan *Sunspot* 36
3.2 Alur *training* SVR 36
3.3 Alur *testing* SVR 37

4.1 Prediksi Bilangan *Sunspot* 54
4.2 Prediksi Bilangan *Sunspot* 60

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR LAMBANG

$\mid * \mid$	: Harga mutlak dari *
$\|w\|$	: $norm\ w$
x^T	: Transpose dari x
$\leq$	: Kurang dari atau sama dengan
ε	: epsilon
δ	: delta
α	: alfa
η	: Eta
ξ	: chi
$\langle w, y \rangle$	: Dot product dari w dan y
$\sum_{i=1}^{l}$	: Jumlah
$\partial_b L$	: Turunan L terhadap b

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Lahirnya berbagai fenomena pada matahari mengindikasikan bahwa matahari juga dapat mengalami suatu peristiwa kerusakan, matahari ialah ciptaan Allah SWT., seluruh makhluk ciptaan Allah pasti tidak akan kekal abadi. Dalam Al-Qur'an dijelaskan matahari akan hancur saat kiamat tiba, dan saat itu matahari dan seluruh alam semesta akan mengalami peristiwa saling hantam hingga berakibat pada kemusnahan. Allah SWT. berfirman dalam Qs At-Takwir[81] : 1-2, yang artinya: 1.) Apabila matahari digulung. 2.) Dan apabila bintang-bintang berjatuhan. Firman Allah tersebut menunjukkan bahwa matahari bukanlah makhluk yang kekal, ia akan hancur pada saat masanya tiba. Matahari dengan energinya yang amat dahsyat apabila diamati menggunakan teleskop akan tampak atmosfernya (lapisan luar) yang terdiri atas lapisan *fotosfer, kromosfer*, dan *korona*. Energi matahari tersusun atas reaksi penggabungan atom hidrogen hingga menjadi atom helium pada permukaan matahari(Surdijani & Sumala , 2006). Cahaya pancaran matahari jika dilihat dari bumi tampak tenang, padahal pada permukaan matahari terjadi banyak peristiwa ataupun aktivitas. Matahari memiliki beberapa aktivitas utama diantaranya, bintik matahari *(sunspot), flare*, dan lontaran massa korona atau *Corona Mass Ejection*(CME). Sunspot adalah area gelap matahari yang berposisi pada lapisan *fotosfer*, dengan kisaran medan magnet 1000 hingga 4000 Gauss (1 Gauss = 1 $\times 10^4$ Tesla). Temperatur pada *sunspot* relatif rendah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dibanding area lain pada permukaan matahari(Maspupu , 2011). Awal mula muncul sunspot berukuran kecil namun, jika konfigurasinya menjadi sempurna maka medan magnet akan tidak stabil yang akan berdampak akan munculnya *flare* dan CME(Chattopadhyay and Chattopadhyay , n.d.). *Sunspot* juga memiliki dampak pada cuaca yang ada di bumi(Basyaruddin dan Effendy , 2007). Pengamatan indeks *sunspot* utamanya bilangan *sunspot* amat penting karena besaran bilangan *sunspot* akan merepresentasikan tingkat aktivitas yang terjadi pada matahari. Jika bilangan *sunspot* banyak maka aktivitas yang ada pada matahari tinggi, dan sebaliknya jika jumlah bilangan *sunspot* kecil maka aktivitas matahari juga rendah(Hasan, Sutrisno, & Setiahadi , 2015).

Beberapa penelitian yang mengangkat bilangan sunspot sebagai subjek penelitian antara lain, penelitian tentang keterkaitan antara cuaca di Indonesia dengan fenomena bintik matahari (*sunspot*) oleh Basyaruddin dan S. Effendy (2007). Penjelasan pada penelitian tersebut pengaruh dari *sunspot* terhadap cuaca di Indonesia disebutkan nyata adanya karena terdapat keterkaitan antara aktivitas matahari yang salah satunya adalah *sunspot* dengan suhu udara dan kelembaban udara Indonesia. Pengaruh *sunspot* terhadap cuaca Indonesia juga disebutkan memiliki bentuk persamaan nonlinear-kubik, densitas elektron lapisan atmosfer bumi pada ketinggian sekitar 225 km memiliki variasi yang dipengaruhi oleh siklus 11-tahunan fenomena *sunspot*(Basyaruddin dan Effendy , 2007). *Sunspot* pada penelitian Gkana dan zachilas dijelaskan bahwa sangat berbahaya untuk manusia dan perangkat elektronik dan akan berimbas negatif juga pada perekonomian karena terganggunya komunikasi via telekomunikasi *wirelesss* atau hingga padamnya aliran listrik. Penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan data *sunspot* bulanan dari bulan Januari 1949 hingga Juni 2013 yang kemudian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dilakukan prediksi menggunakan *neural network-type core algorithm* (Gkana *and* Zachilas , 2015).Penelitian *sunspot* dilakukan beberapa peneliti diatas karena fenomena *sunspot* tersebut memiliki pengaruh pada iklim dan cuaca di Bumi sehingga berdampak pada aktivitas penghuni Bumi, utamanya aktivitas manusia.

Dampak akibat terjadinya fenomena *sunspot* dapat diminimalkan jika informasi dini tersedia. Penyediaan informasi awal tersebut dapat dilakukan dengan prediksi. Prediksi merupakan perkiraan sesuatu yang mungkin dapat terjadi pada waktu yang akan datang berdasarkan kumpulan data dari masa lampau atau masa yang sedang terjadi. Beberapa penelitian dengan topik prediksi diantaranya: prediksi bilangan *sunspot* menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) oleh H. I. Abdel-Rahman dan B. A. Marzouk. Data yang digunakan adalah data bilangan *sunspot* dari tahun 1991-2017 yang disediakan oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Hasil prediksi menggunakan ARIMA kemudian akan dibandingkan dengan data bilangan sunspot internasional yang diprediksi oleh NOAA agar diketahui tingkat akurasi model prediksi(Abdel-Rahman and Marzouk , 2018). Prediksi bilangan *sunspot* oleh (Zufar , 2018) dalam penelitiannya mengenai perbandingan metode ARIMA dan RBFNN dilakukan dengan menggunakan data dari BPAA LAPAN Pasuruan, Jawa Timur. Untuk mengetahui set data input dari prediksi pada penelitian tersebut dilakukan uji korelasi ACF dimana pada metode ARIMA *set data input* untuk memprediksi X_t adalah $X_{t-1}, X_{t-2}, \ldots, X_{t-11}$ dan $X_{t-1}, X_{t-2}, \ldots, X_{t-19}$ merupakan *set data input* untuk memprediksi X_t dengan menggunakan metode RBFNN, dimana X adalah bilangan *sunspot*. Hasil prediksi bilangan sunspot dari ARIMA cenderung menjauh dari data real, berbeda dengan RBFNN cenderung menjauh pada periode-periode tertentu. Goutami dan Surajit

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

juga melakukan penelitian prediksi bilangan *sunspot* dengan data *sunspot* bulanan. Proses prediksi dilakukan menggunakan tiga metode berbeda yaitu *Autoregressive* (AR), *Autoregressive Moving Average* (ARMA), dan *Autoregressif Neural Network* (ARNN). Berdasarkan data bilangan sunspot dari tahun 1992-2008 dengan $X_{t-1}, X_{t-2}, X_{t-3}$ sebagai variabel independen dan X_t sebagai variabel dependen. Dari ketiga metode yang digunakan dapat diketahui bahwa metode *Autoregressif Neural Network* (ARNN) merupakan metode dengan kinerja yang paling optimal dibanding *Autoregressive* (AR) dan *Autoregressive Moving Average* (ARMA)(Chattopadhyay and Chattopadhyay , n.d.).

Permasalahan prediksi bilangan *sunspot* selain menggunakan beberapa metode seperti yang tertuang pada paragraf sebelumnya juga dapat diterapkan dengan metode *Support Vector Regression* (SVR). SVR ialah cabang dari *Support Vector Machine* (SVM) yang menggunakan konsep *loss function*. Beberapa jenis *loss function* pada SVR yaitu *ε-insensitive, quadratic, Huber* dan *Laplace*. Pengaplikasian SVR sebagai metode prediksi diantaranya: prediksi *link load* pada jaringan oleh (Priyadarshini, Acharya, and Mishra , 2011), pada penelitian tersebut sampel *training* direkonstruksi menjadi $G = (X_t, d_t), t = 1, 2, 3, \ldots, n - p$ dimana $X_t = (X_t, X_{t+1}, \ldots, X_{t+p_1}), d_t = X_{t+p}$. Data yang digunakan untuk proses pelatihan adalah sebanyak 100 data kemudian 200 data untuk proses pengujian. Penelitian tersebut dilakukan menggunakan tiga metode yang berbeda yaitu *Support Vector Regression* (SVR), *Auto-Regressive* (AR), & *Moving Average* (MA). Perbandingan *Mean Square Error* (MSE), *Normalized Mean Square Error* (NMSE), & *Root Mean Square Error* (RMSE) dari ketiga metode yang digunakan bahwa SVR memiliki error yang paling kecil dibanding dengan *Auto Regressive* atau *Moving Average*. Septiningrum & tim melakukan prediksi harga saham

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

gabungan menggunakan *Support Vector Regression* (SVR) dengan algoritma grid search. Data yang digunakan pada penelitian tersebut adalah data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG), data masukan (*input*) yang digunakan dicari dengan menggunakan plot PACF. Hasil yang didapat adalah tingkat akurasi sebesar 90.981% dan error MAPE sebesar 0.613 (Septiningrum, Yasin, & Sugito , 2015). (Radhika and Shashi , 2009) menerapkan *Support Vector Regression* (SVR) dan *Multi Layer Perceptron* (MLP) untuk memprediksi suhu atmosfer. Pada penelitian tersebut dilakukan Analisa mengenai *time series* data dari suhu maksimum harian di suatu tempat untuk memprediksi suhu pada hari berikutnya. Data masukan untuk memprediksi suhu hari berikutnya adalah sebanyak n data hari sebelumnya, nilai n didapatkan dengan melakukan eksperimen hingga diperoleh struktur yang terbaik. Berdasarkan dua metode yang digunakan, kinerja dari SVR mendapatkan hasil yang lebih baik daripada MLP. Selain dapat digunakan untuk prediksi SVR juga dapat digunakan untuk peringkasan dokumen berdasarkan posisi kalimat (Fanani et al. , 2019). Dari beberapa penelitian tersebut SVR merupakan metode prediksi yang bagus, hal terpenting yang berpengaruh pada bagusnya prediksi dengan SVR diantaranya, karena SVR dapat mengenali atau mempelajari berbagai macam pola data (generalisasi), *curse of dimensionality*, serta relatif mudah untuk diimplementasikan (*feasibility*).

Berdasarkan pemaparan kondisi tersebut, penulis akan melakukan penelitian dengan judul "**Prediksi Bilangan Sunspot menggunakan Support Vector Regression (SVR)**". Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini agar didapatkan hasil model *Support Vector Regression* (SVR) untuk memprediksi bilangan *sunspot* berdasarkan data bilangan *sunspot* dari *Sunspot Index and Long-term Solar Observations* (SILSO) serta diharapkan dapat memberikan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

bantuan dalam proses pengambilan keputusan untuk mempersiapkan dalam menghadapi segala efek buruk akibat *sunspot* secara akurat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasar pada paparan latar belakang yang telah terurai, rumusan masalah yang timbul diantaranya sebagai berikut ini:

1. Bagaimana hasil prediksi bilangan *sunspot* dengan *Support Vector Regression* (SVR)?
2. Bagaimana analisis hasil prediksi bilangan *sunspot* dengan menggunakan *Support Vector Regression* (SVR)?
3. Bagaimana model sistem prediksi bilangan *sunspot* menggunakan *Support Vector Regression* (SVR)?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mendiskripsikan hasil prediksi bilangan *sunspot* dengan menggunakan *Support Vector Regression* (SVR).
2. Mendiskripsikan analisis hasil prediksi bilangan *sunspot* dengan menggunakan *Support Vector Regression* (SVR).
3. Mendiskripsikan model sistem prediksi bilangan *sunspot* dengan menggunakan *Support Vector Regression* (SVR).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1.4. Manfaat Penelitian

Penulisan skripsi ini memiliki beberapa manfaat diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Untuk penulis

   Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan dan wawasan mengenai *Support Vector Regression* (SVR) yang dapat diterapkan untuk memprediksi bilangan *sunspot* di waktu yang akan datang.

2. Untuk pembaca

   Penelitian ini memiliki manfaat sebagai referensi studi literatur untuk penelitian selanjutnya. Selain itu, penelitian ini juga ditujukan agar dapat mempermudah dalam mendapatkan informasi dini dari aktivitas matahari utamanya *sunspot* untuk dapat dijadikan sebagai acuan untuk persiapan aktivitas pada waktu mendatang.

3. Untuk Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

   Penulisan skripsi ini sebagai penambah koleksi bahan pustaka yang bermanfaat bagi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya pada umumnya, dan mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi khususnya mahasiswa Program Studi Matematika .

1.5. Batasan Masalah

Luasnya ruang lingkup penelitian akan berakibat kurang terfokusnya pembahasan, agar pembahasan pada penelitian dapat terfokus maka diperlukan pembatasan terhadap masalah. Pada penelitian ini penulis memberikan batasan-batasan diantaranya:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. Data yang digunakan pada penelitaian ini merupakan bilangan *sunspot* yang didapat dari *Sunspot Index and Long-term Solar Observations* (SILSO).
2. Struktur data deret waktu yang digunakan pada penelitian ini adalah sejumlah *n* data, dengan *n* didapatkan melalui *trial and error*.
3. Keluaran dari sistem ini adalah informasi bilangan *sunspot* di waktu yang akan datang dengan *Support Vector Regression* (SVR).

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan, berisi uraian dari latar belakang penelitian tentang mengapa melakukan penelitian dengan sunspot sebagai objeknya, rumusan masalah, tujuan dari penelitian, uraian penjelasan apakah manfaat dari penelitian, hal-hal apa saja yang perlu dibatasi pada penelitian, serta sistematika penulisan pada penelitian.

BAB II Tinjauan Pustaka, uraian mengenai kajian teoritis dari aktivitas matahari yang meliputi, pengertian umum matahari, bagian-bagian matahari, aktivitas matahari, bilangan *sunspot*, peramalan *(forecasting)*, *time series*, SVM, SVR, dan evaluasi hasil.

BAB III Metode Penelitian, penjelasan mengenai jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, jenis data, metode pengumpulan data, variabel penelitian dan metode yang digunakan.

BAB IV Pembahasan Dan Analisis, penjelasan dari proses pelatihan serta pengujian model jaringan metode SVR untuk meramalkan jumlah bilangan sunspot pada waktu yang akan datang.

BAB V Penutup, uraian umum yang berupa kesimpulan yang didapat pada penelitian prediksi bilangan sunspot menggunakan SVR, dan saran untuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

membantu penelitian selanjutnya guna perbaikan pada penelitian-penelitiannya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

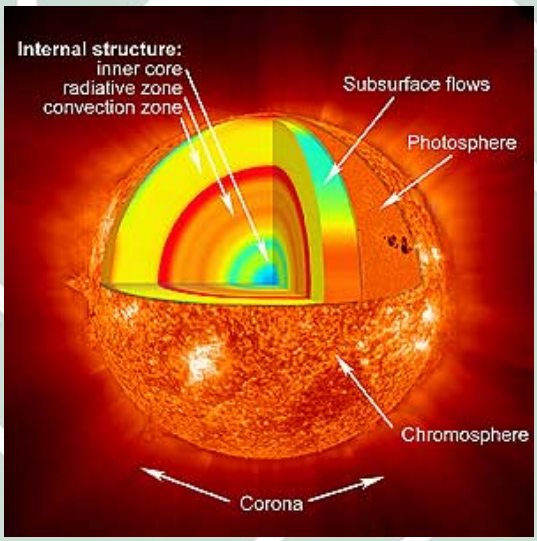
2.1. Matahari

Bola pijar dengan ukuran maha besar yang tersusun atas hidrogen dan helium ialah Matahari. Bola pijar tersebut merupakan bintang dan juga pusat tata surya, disebut bintang karena memiliki energi cahaya sendiri dan terbentuk dari awan gas dan debu yang mengerut kemudian disebut pusat tata surya karena matahari mempunyai gaya gravitasi yang besar. Besarnya gaya gravitasi yang dimiliki tersebut berakibat pada matahari dikelilingi oleh planet-planet dan benda langit lainnya yang berada pada sistem tata surya. Sebagai pusat tata surya matahari juga memegang kendali sebagai pusat energi untuk lingkungan tata surya, sebagai sumber energi cahaya dan panas bagi planet-planet sekelilingnya. Matahari juga memiliki peran penting pada segala kehidupan di bumi, mulai dari sebagai pengatur cuaca dan iklim bumi, pembantu proses fotosintesis pada tumbuhan, serta berperan dalam pengaruh cepat lambatnya siang dan malam di muka bumi(McFadden, Weissmen, & Johnson , 2007). Ciri-ciri matahari secara umum adalah sebagai berikut:

1. Diameter : 1,392684 $\times$ 106 km
2. Radius khatulistiwa : 6,96342 $\times$ 105 km
3. Keliling khatulistiwa : 4,379 $\times$ 106 km
4. Kepepatan : 9 $\times$ 10-6

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5. Luas permukaan : 6,0877 × 1012 km
6. Volume : 1,412 × 1018 km
7. Massa : 1,8991 × 1030 km
8. Suhu pusat : 15.000.000° C
9. Suhu permukaan : 6000° C
10. Kala rotasi : 27 hari



Gambar 2.1 Matahari
(Sumber: (Zufar , 2018))

Selain ciri-ciri diatas, matahari juga terdiri dari beberapa lapisan diantaranya:

1. Inti matahari

   Pusat matahari menyimpan sumber utama dari energi matahari yang didalamnya terdapat *electron, neutron,* dan *proton*. Pada bagian inti merupakan pusat terjadinya reaksi gabungan atau fusi antar atom H dengan atom H yang akan berubah menjadi helium dan panas, hal tersebut menyebabkan terjadinya termonuklir. Didalam inti juga terdapat gaya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

gravitasi yang dapat menarik semua materi dan membentuk suatu tekanan, dimana tekanan ini yang memungkinkan terjadi suatu reaksi fusi.

2. Zona radiative

   Area yang menyelubungi bagian inti matahari ialah Zona radiatif. Pada zona ini bekerja menyampaikan energi radiasi yang berasal dari inti matahari ke lapisan matahari yang paling luar. Zona ini mempunyai kepadatan sekitar 20 gr/cm3 dengan suhu dan tekanan yang tinggi, yaitu 2-7 juta derajat celcius, sehingga tidak memungkinkan terjadi reaksi fusi nuklir.

3. Zona konvektif

   Merupakan zona penyeimbang karena zona ini memiliki suhu yang rendah sehingga mampu menyeimbangi, dimana suhunya sekitar 2 juta derajat celcius sehingga inti atom memungkinkan terjadi pergerakan yang lebih lambat. Pada zona ini, radiasi dan materi mendapat dorongan keluar menuju daerah diatasnya yang lebih tinggi. Setelah sampai diatas, materi turun dan kembali ke proses konveksi.

4. Fotosfer

   Batas luar fotosfer adalah tepi cakram matahari yang dapat dilihat seperti cahaya matahari, sehingga nama lain dari fotosfer adalah lapisan cahaya, dimana lapisan ini dapat dilihat oleh manusia. pada lapisan fotosfer memiliki kedalaman kisaran 320 km atau kurang dari 1/2000 jari-jari Matahari, sehingga lapisan ini tidak terlalu tebal. Temeperatur fotosfer bagian dalam mampu mencapai 600° K, sedangkan pada bagian luar hanya sekitar 4300° K. Apabila dilihat dari bumi cahaya fotosfer terlihat bewarna kuning karena gasgas panas pada lapisan ini memancarkan cahaya dengan intensitas yang sangat kuat. Unsur-unsur utama yang menyusun lapisan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

fotosfer diantaranya 0,1% elemen-elemen seperti karbon, oksigen, nitrogen dan neon, 5,9% helium, serta, 94% hidrogen.

5. Kromosfer

   Lapisan ini terdapat diatas lapisan fotosfer yang disebut dengan atmosfer matahari. Lapisan kromosfer menjulang 1200 km diatas lapisan sebelumnya (fotosfer) dan memiliki ketebalan sekitar 2500 km dengan temperatur pada area atas dapat tercapai lebih dari 10000° K. Lapisan ini cahaya yang dipancarkan tidak sekuat seperti lapisan fotosfer sehingga tidak dapat dilihat oleh manusia, namun pada saat gerhana matahari total lapisan ini dapat terlihat oleh manusia, dimana bentuk dari lapisan kromosfer seperti cincin kecil dengan nyala merah kuat. Unsur penyusun terbesar pada atmosfer ini adalah hidrogen.

6. Korona

   Atmosfer bola pijar pusat tata surya yang berada di atas kromosfer merupakan lapisan korona. Lapisan ini berada jauh dari inti matahari tetapi lapisan ini memiliki temperatur tertinggi dibandingkan kromosfer, ahli-ahli astronomi memprediksi temperatur pada lapisan korona mencapai 2.000.000° Kelvin pada bagian luar. Hal tersebut berakibat adanya pemaksaan perpindahan energi secara konveksi pada lapisan fotosfer dan kromosfer akibatnya korona berkembang sangat cepat pada ruang hampa.

   Lapisan korona dapat dilihat dengan bantuan teleskop koronagraf yang dilengkapi dengan suatu cakram gelap yang dapat menutupi cahaya dari lapisan fotosfer, sehingga tidak perlu menunggu terjadinya gerhana matahari total. Alat teleskop akan membuat gerhana matahari total buatan dan membuat lapisan fotosfer tertutup dan akan terlihat sebuah *shape* mahkota

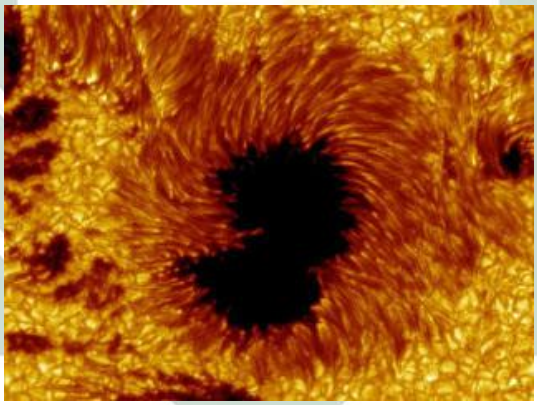
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

disebelah luar cincin berwarna merah (kromosfer), sehingga lapisan ini dapat disebut dengan mahkota matahari(Hikmat , 2015).

Sama halnya dengan bumi matahari juga mengalami dua pergerakan yaitu rotasi dan revolusi. Selain rotasi dan revolusi matahari juga memiliki beberapa aktivitas lain yang berkaitan dengan siklus aktivitas magnetik, diantaranya:

1. Bintik Matahari

   Area gelap matahari yang terletak pada lapisan fotosfer merupakan bintik matahari (sunspot). Perbedaan temperatur pada area sunspot dengan area lain di sekitarnya akan membuat sunspot nampak jelas (warna hitam) dan kontras dengan area sekeliling(Setiahadi , 2001).



Gambar 2.2 Sunspot
(Sumber: (Zufar , 2018))

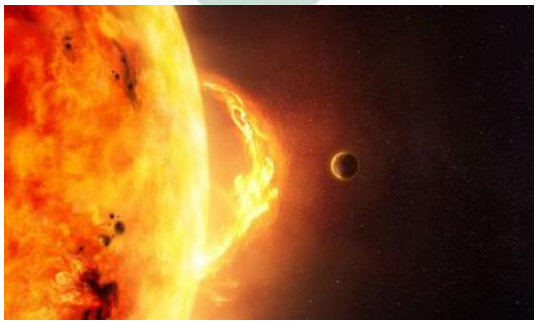
Area sunspot (bintik matahari) terlihat berwarna gelap karena temperaturnya berada pada interval antara 4000° K hingga 4500° K yang artinya itu berada dibawah suhu fotosfer, karena perbedaan temperatur tersebut area dengan suhu yang lebih rendah akan terlihat mengeluarkan cahaya lebih sedikit daripada permukaan matahari di sekelilingnya, hal tersebut sesuai dengan yang tertuang pada hukum stefan(Admiranto , 2009).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Bintik matahari dapat dijadikan sebagai indikator adanya aktivitas matahari karena bitnik matahari merupakan wilayah permukaan matahari dengan medan magnet yang kuat. Bintik matahari umumnya berada pada lintang-lintang rendah, biasanya membentuk kelompok, serta memiliki ketahanan paling cepat satu hari dan paling lama selama satu bulan(Budhi, Adipranata, Sugiarto, Anwar, & Setiahadi , 2011).

2. Flare

Flare merupakan suatu peristiwa aktivitas matahari pada lapisan kromosfer yang diakibatkan oleh peningkatan intensitas pancaran area yang memiliki diameter lebih dari puluhan kilometer selama beberapa menit. Flare dapat terjadi karena penumpukan medan magnet sunspot sehingga lapisan matahari tidak mampu menahan besarnya desakan plasma yang masuk, karena tumpukan medan magnet sunspot yang telah mencapai titik jenuh akan menimbulkan gangguan kecil dan sebagian besar energinya (plasma) yang ada akan dilepaskan. Energi yang dilepas merupakan semburan partikel berbentuk Coronal Mass Injection (CME) dengan tingkat energi sangat tinggi(Admiranto , 2009).



Gambar 2.3 Flare
(Sumber: (Peter & Papics , 2007))

Temperatur flare bisa mencapai 5 × 106° K. Kecepatan pancaran partikel

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(proton dan elektron) saat terjadi flare mencapai 500-1000 km/detik. Flare terjadi disertai radiasi elektromagnetik dengan Panjang gelombang sinar X hingga Panjang gelombang radio. Kejadian pada matahari dengan kuat energi yang sangat dahsyat adalah flare dan sebenarnya tempat asal munculnya flare adalah lapisan korona, namun karena emisi cahaya fotosfer setiap detik tingkat energinya seratus kali lebih besar dari total emisi energi flare sehingga flare terjadi pada lapisan kromosfer.

Tingkat kekuatan flare dibagi menjadi 5 (lima) klasifikasi berdasarkan puncak fluks pada panjang gelombang sinar-X 100-800 pikometer didekat Bumi. Kelas flare terendah (kelas A) tidak memberikan dampak yang signifikan ke Bumi. Flare dianggap memberikan efek ke Bumi jika telah mencapai kelas C, M atau X. Para ilmuwan telah dapat memprediksikan kelas flare x-ray yang akan terjadi berdasarkan dinamika yang terjadi pada bintik matahari (sunspot).

Tabel 2.1 Tingkat Kekuatan *Flare*

Kelas	Rentang puncak fluks 100-800 pikometer (*Watts/meter square*)
A	$< 10^{-7}$
B	$10^{-7} - 10^{-6}$
C	$10^{-6} - 10^{-5}$
M	$10^{-5} - 10^{-4}$
X	$> 10^{-4}$

Tabel diatas menjelaskan dimana masing-masing kelas memiliki besaran 10 kali lipat dibanding kelas sebelumnya. Didalam kelas terbagi lagi menjadi 9 skala linear (1 hingga 9). Flare dapat melontarkan partikel energi tinggi yang

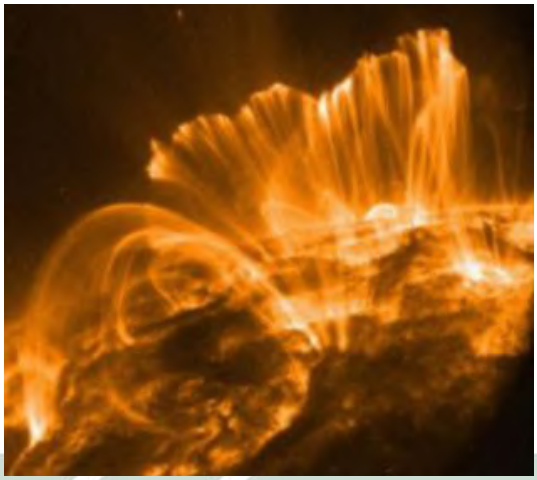
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dikenal dengan badai proton *Solar Proton Event* (SPE) dan *Corona Mass Ejection* (CME). Partikel ini sangat berbahaya untuk wahana ruang angkasa berawak, operasional satelit (komunikasi, GPS, internet) serta penerbangan lintas kutub. Walaupun Bumi dilindungi "perisai" berupa lapisan magnetosfer yang mampu menghadang partikel energi tinggi dari matahari tetapi partikel ini mampu menembus ke atmosfer Bumi melalui kutub-kutub Bumi. Oleh karena itu, negara-negara yang berada di dekat kutub (daerah lintang tinggi) memiliki potensi bahaya yang lebih besar akibat badai matahari dibandingkan dengan negara-negara yang berada di dekat ekuator. Potensi bahaya yang dimaksud adalah gangguan pada transformator listrik akibat adanya penambahan beban dari partikel energi tinggi, reaksi kimia pada saluran pipa minyak yang dapat menyebabkan karat, serta terganggunya komunikasi radio HF akibat interaksi lapisan ionosfer dengan partikel-partikel tersebut.(Melati , 2015).

3. Granula

Granula (gumpalan matahari) berasal dari kepulan gas panas yang menggumpal pada lapisan fotosfer. Granula memiliki sifat kebalikan dari bintik matahari yaitu granula akan terlihat lebih terang dibanding dengan area sekelilingnya karena suhu granula yang lebih panas. Terlihat tidak meratanya lapisan permukaan matahari karena disebabkan oleh adanya granula. Granula atau gumpalan matahari dapat bertahan sekitar delapan menit dan terjadi karena aliran gas dari dalam yang menuju ke permukaan fotosfer(Surdijani & Sumala , 2006).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

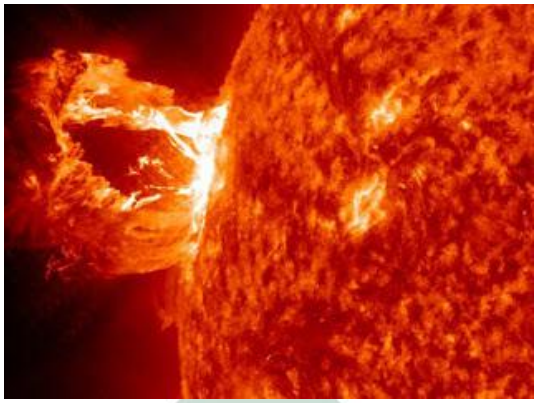


Gambar 2.4 Granula
(Sumber: nasa.gov)

4. Prominensa

   Fenomena munculnya semburan api yang biasanya disebut lidah api atau busur api pada bidang muka matahari dan sering kali berbentuk pusaran (loop) merupakan prominensa. Fenomena tersebut biasa diamati ketika terjadi gerhana matahari total. Lidah api ini merupakan aliran gas dengan kelajuan 700-1300 km/s akibat ledakan pada permukaan matahari. Umumnya lidah api (prominensa) berwarna merah. Kemunculan prominensa dapat bertahan beberapa jam atau bahkan beberapa hari, panjangnya sulutan lidah api jika dihitung dari permukaan matahari bisa mencapai ribuan kilometer. Prominensa terbagi atas 3 jenis yaitu tenang (quiescent), ledakan (eruptif), serta aktif (surge)(Admiranto , 2009).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.5 Prominensa
(Sumber: (Peter & Papics , 2007))

2.2. Bilangan *Sunspot*

Indeks pengamatan pada bintik matahari (*sunspot*) yang terpenting adalah indeks *sunspot number* (bilangan *sunspot*), karena adanya aktivitas pada matahari utamanya *sunspot* terindikasi oleh *sunspot number* (bilangan *sunspot*). Siklus *sunspot* akan bervariasi setiap 11 tahun sekali, karena polaritas medan magnet pada lapisan hemisfer akan mengalami perubahan 11 tahun sekali. Sehingga matahari memiliki siklus magnet yang lengkap yaitu 22 tahun. Bilangan *sunspot* akan tersusun dalam bentuk laporan harian, rerata bulanan, rerata tahunan, serta rerata bilangan (*smoothed numbers*). *Smoothed numbers* didapat dari rata-rata 13 bulan yang telah dilalui. Jumlah bilangan *sunspot* dapat dihitung dengan perhitungan empiris serta tidak selalu tepat pada seluruh permukaan matahari (Hathaway , 2015). Perhitungan jumlah bilangan sunspot dapat dilakukan menggunakan persamaan 2.1:

$$R = K(10g + f) \tag{2.1}$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan:

R = bilangan sunspot

F = faktor reduksi

f = jumlah bilangan sunspot yang terlihat pada permukaan matahari

g = jumlah grup sunspot yang tampak pada permukaan matahari

Apabila konfigurasi *sunspot* berkembang menjadi lebih kompleks, maka jumlah bintik bertambah luas. Kompleksnya konfigurasi bintik matahari, memungkinkan terjadinya ketidakstabilan (*instability*) medan magnet yang akan memicu timbulnya *flare* atau *Coronal Mass Ejection* (CME). *flare* atau CME. *Sunspot* memiliki dampak buruk yang berakibat pada terganggunya magnetik atmosfer bumi serta berakibat pada gangguan pada jaringan satelit serta radio(Zulkarnain dan Putriani , 2017). Tahap perubahan bintik matahari dapat dinyatakan dalam *"Modified-Zurich Sunspot Classification"*, yaitu kelas A, B, C, D, E, F (tingkat kompleksitas bertambah) dan kemudian berangsur turun hingga menjadi kelas H. Penjelasan mengenai kelas evolusi bintik matahari *sunspot* ditampilkan pada Tabel 2.2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 2.2 McIntosh *sunspot classification*

Kelas	Karakteristik
A	kelompok unipolar tanpa penumbra, mewakili tahap formatif atau final evolusi dalam lokasi kelompok.
B	kelompok bipolar tanpa penumbra pada bintik apa pun.
C	kelompok bipolar dengan penumbra di salah satu ujung kelompok, dalam banyak kasus berada di sekitar umbra terbesar.
D	kelompok bipolar dengan penumbra pada bintik-bintik di kedua ujung kelompok, dan dengan panjang $< 10°$.
E	kelompok bipolar dengan penumbra pada bintik-bintik di kedua ujung kelompok, dan dengan panjang didefinisikan sebagai: $10° < panjang < 15°$.
F	kelompok bipolar dengan penumbra pada bintik-bintik di kedua ujung kelompok, dan panjangnya $> 15°$.
H	kelompok unipolar dengan penumbra. Lokasi *spot* utama merupakan tempat pemimpin dari kelompok bipolar yang sudah ada sebelumnya.

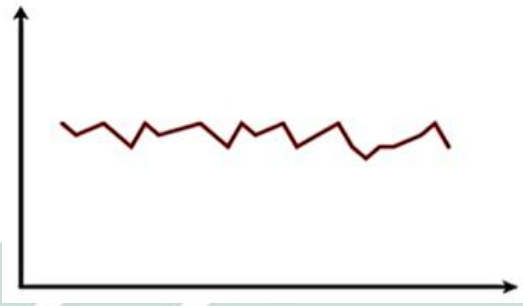
2.3. *Time Series*

Kumpulan data waktu ke waktu yang melukiskan suatu kejadian dengan jarak atau interval antar waktu sama disebut time series. Hal yang harus dipertimbangkan dalam proses prediksi atau peramalan adalah mempelajari pola data, karena dengan hal tersebut peramalan akan memiliki hasil yang optimal(Nachrowi & Usman , 2004). Beberapa pola data runtut waktu yang umum dikenal adalah sebagai berikut:

1. Horizontal

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

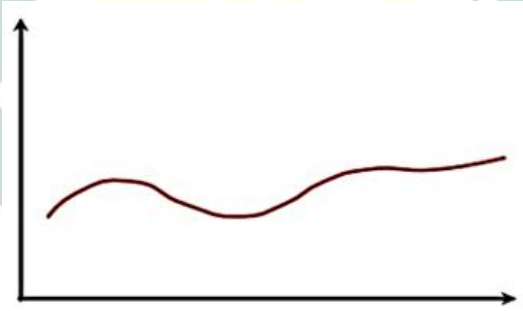
Pola data horizontal terbentuk karena nilai-nilai memiliki fluktuasi di sekitar ambang nilai yang konstan, atau bisa dikatakan bahwa data horizontal adalah data dengan pola flat.



Gambar 2.6 Pola data horizontal
(Sumber: (Andini dan Auristandi , 2016))

2. Siklus

   Data dengan pola siklus merupakan data dengan bentuk gelombang sepanjang periode yang tidak menentu.

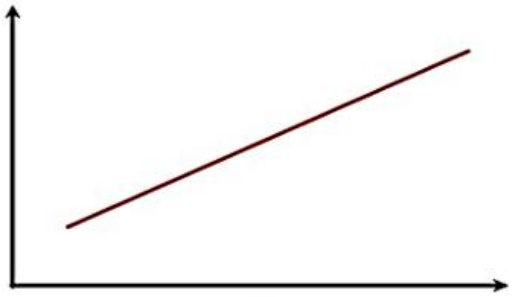


Gambar 2.7 Pola data siklus
(Sumber: (Andini dan Auristandi , 2016))

3. Trend

   Data dengan pola trend merupakan pola data runtut waktu yang memiliki kenaikan atau penurunan pada selang tertentu.

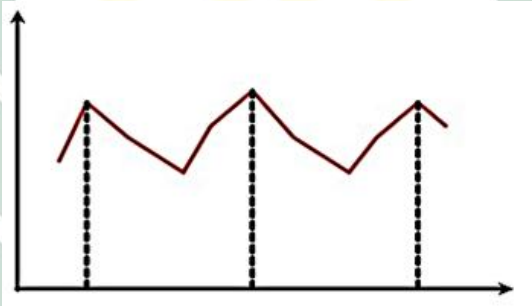
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.8 Pola data trend
(Sumber: (Andini dan Auristandi , 2016))

4. Musiman

   Pola data dengan pengaruh faktor musim yang jelas sehingga data akan memiliki kelabilan naik dan turun yang berulang-ulang dari setiap periode merupakan pola data musiman.



Gambar 2.9 Pola data musiman
(Sumber: (Andini dan Auristandi , 2016))

2.4. *Forecasting*

Teknik untuk melakukan perkiraan suatu nilai atau kejadian di waktu mendatang berdasar dengan data masa lampau atau data yang sedang terjadi saat ini(Subagyo , 2008). Peramalan keadaan atau nilai yang terjadi di waktu yang akan datang merupakan salah satu tujuan dari analisis *time series*(Rukhansah, Muslim, & Arifudin , 2015).

Kegiatan memperkirakan atau memprediksi apa yang akan terjadi pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

waktu yang akan datang merupakan (*forecasting*). Ramalan merupakan suatu keadaan yang diperkirakan dapat terjadi mendatang. Penaksiran memerlukan suatu kumpulan data dari masa lampau atau masa yang sedang terjadi guna mendapat perkiraan data yang akan terjadi di masa mendatang(Umar , 2003).

Peramalan sangat berguna untuk pengambilan keputusan. Keputusan yang baik adalah keputusan yang berdasar pada pertimbangan atas segala sesuatu yang telah terjadi. suatu prediksi atau peramalan tidak akan terlepas dari suatu kesalahan. sehingga yang perlu diperhatikan adalah usaha untuk memperkecil kesalahan dari ramalan tersebut. Peramalan terbagi atas dua macam atau jenis yaitu peramalan kualitatif yang merupakan penentuannya didasari pendapat, pengetahuan serta pengalaman penyusun dan kuantitatif yang berdasar pada pengukuran pada masa lampau dan hasil peramalan bergantung dengan metode yang digunakan.

2.5. *Artificial Intelligence* (AI)

Kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) adalah berbagai ide untuk membuat suatu perangkat lunak komputer yang memiliki kecerdasan sehingga dapat melakukan suatu pekerjaan yang menyerupai sesuatu yang dilakukan oleh manusia, atau bisa dikatakan komputer dapat memiliki nalar layaknya manusia. Membuat komputer lebih cerdas serta membuat mesin dapat bekerja seperti manusia merupakan tujuan dari kecerdasan buatan. Kecerdasan buatan dapat membantu meringankan beban kerja manusia seperti ketika akan mencari informasi secara akurat, membuat komputer mudah digunakan dengan tampilan yang mudah dipahami, atau membuat keputusan. Cara kerja kecerdasan buatan adalah mengeluarkan output berupa suatu keputusan dari proses oleh sistem yang mendapatkan masukan data input.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Artificial Intelligence (kecerdasan buatan) secara garis besar terbagi menjadi dua sub-bagian yaitu AI Konvensional dan AI Komputasional (*Computational Intelligence*).(Kaplan and Haenlein , 2019). Metode-metodenya meliputi:

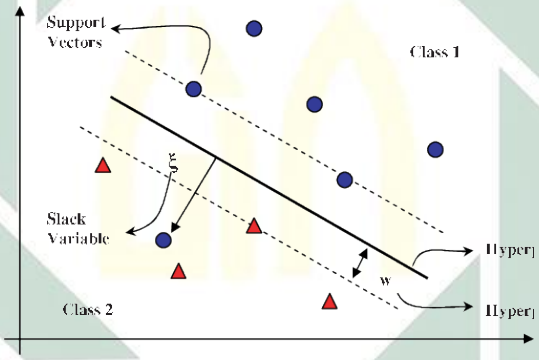
1. *Expert system*. Peran komputer pada *expert system* digunakan untuk menyimpan pengetahuan para pakar, sehingga komputer akan memiliki keahlian untuk menyelesaikan permasalahan dengan meniru keahlian pakar.
2. *Natural Language Processing*. Pengolahan bahasa natural bertujuan agar pengguna dapat berkomunikasi dengan komputer menggunakan bahasa sehari-hari.
3. *Speech Recognition*. Pengenalan ucapan bertujuan supaya manusia dapat berkomunikasi dengan komputer dengan menggunakan suara.
4. Robotika & Sistem Sensor (*Robotics* & *Sensory Systems*).
5. *Computer Vision*, visualisai gambar atau obyek-obyek melalui komputer.
6. *Intelligent Computer-aided Instruction*. Komputer dapat digunakan sebagai tutor yang dapat melatih dan mengajar.
7. *Game Playing*.

Machine learning merupakan bagian dari AI *expert system* dimana suatu keputusan akan muncul berdasarkan informasi dari data-data yang dimasukkan ke dalam sistem. Banyak metode yang termasuk pada bagian *Machine learning*, *Support Vector Machine* merupakan salah satu diantaranya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.6. *Support Vector Machine* (SVM)

Suatu teknik yang relatif baru untuk melakukan prediksi, baik dalam kasus klasifikasi maupun regresi adalah *Support vector machine*(SVM). (SVM) pertama kali dikenalkan tahun 1992 dan dikembangkan oleh Boser, Guyon, dan Vapnik, pada *Annual Workshop on Computational Learning Theory*. Konsep dasar metode SVM merupakan gabungan dari berbagai teori komputasi yang telah ada sebelumnya, seperti kernel dikenalkan oleh Aronszajn tahun 1950, Lagrange Multiplier yang dikenalkan oleh Joseph Louis Lagrange pada tahun 1766, serta konsep-konsep pendukung lain(Kurniawati , 2017).



Gambar 2.10 SVM
(Lai, Begg†, And Palaniswami , 2008)

Banyak ilmuan atau praktisi yang telah menerapkan teknik SVM untuk menyelesaikan masalah nyata dalam kehidupan sehari-hari. Penerapannya antara lain dalam masalah gen, expression analysis, prediksi finansial, cuaca hingga bidang kedokteran(Santosa , n.d.).

2.7. *Support Vector Regression* (SVR)

SVR merupakan penerapan *Support Vector Machine* (SVM) pada permasalahan regresi, perbedaan antara SVM dan SVR adalah penerapan SVM dilakukan untuk mencari fungsi pemisah (*hyperplane*) terbaik untuk memisahkan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

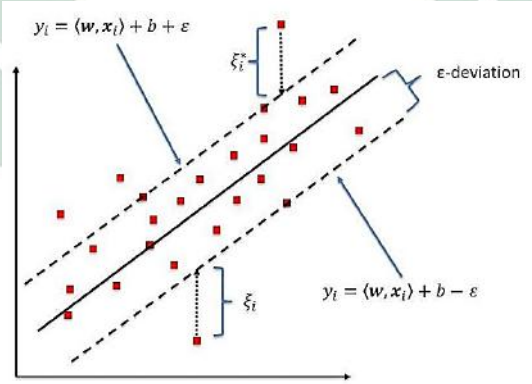
dua objek. Sedang SVR memiliki penerapan untuk menemukan fungsi sebagai suatu *hyperplane* (garis pemisah) yang merupakan fungsi garis regresi sesuai pada semua input data dengan sebuah error ε dan membuat ε setipis mungkin(Smola & Scholkopf , 2004). Berikut ini merupakan fungsi regresi dari metode SVR:

$$f(x) = \langle w, x \rangle + b \tag{2.2}$$

pada regresi akan terdapat residual yang dapat didefinisikan dengan (r), yaitu mengurangkan hasil keluaran scalar y dengan estimasi f(x)

$$r = y – f(x), dengan : \tag{2.3}$$

$$E(r) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } |r| \leq \varepsilon \\ |r| - \varepsilon & \text{untuk yang lain} \end{cases} \tag{2.4}$$



Gambar 2.11 Jaringan *Support Vector Regression* (SVR)
(Sumber: www.medium.com)

D(x,y) = $\pm\varepsilon$ merupakan jarak terjauh *support vector* dari *hyperplane*, yang kemudian disebut margin. Margin dapat dimaksimalkan yang juga akan meningkatkan probabilitas data kedalam radius $\pm\varepsilon$. Jarak dari hyperplane D(x,y) = 0 ke data (x,y) adalah $\frac{|D(x,y)|}{\|w\|}$, dimana:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$w = (1 - w)^T \tag{2.5}$$

Kemudian diasumsikan bahwa jarak maksimum data terhadap *hyperplane* adalah δ, maka:

$$\frac{|D(x, y)|}{\|w\|} \leq \delta \tag{2.6}$$

$$|D(x, y)| \leq \delta \|w\| \tag{2.7}$$

$$\delta \|w\| = \varepsilon \tag{2.8}$$

Untuk memaksimalkan margin δ, memerlukan $\|w\|$ yang minimum. Optimasi penyelesaian masalah dengan menggunakan bentuk *quadratic programming*:

$$min \frac{1}{2} \|w\|^2 \tag{2.9}$$

dengan syarat:

$$yi - \langle w, x \rangle - b \leq \varepsilon, untuk\ i = 1, \cdots, l \tag{2.10}$$

$$\langle w, x \rangle - yi + b \leq \varepsilon, untuk\ i = 1, \cdots, l \tag{2.11}$$

Faktor $\|w\|^2$ akan mengakibatkan fungsi dapat *flat* atau tipis, sehingga dapat mengontrol kapasitas fungsi. Semua titik yang berada diluar margin akan dikenakan penalti, yang kemudian problem untuk optimasi masalah tersebut diformulasikan sebagai berikut:

$$min \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^{l} (\xi_i + \xi_i^*) \tag{2.12}$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan syarat:

$$yi - \langle w, x \rangle - b \leq \varepsilon, untuk\ i = 1, \cdots, l \tag{2.13}$$

$$\langle w, x \rangle - yi + b \leq \varepsilon, untuk\ i = 1, \cdots, l \tag{2.14}$$

$$\xi_i \xi_i^* \geq 0 \tag{2.15}$$

Fungsi yang menunjukkan hubungan antara *error*, apakah *error* tersebut terkena penalti atau tidak disebut *loss function*. *Loss function* yang paling sederhana adalah ε-*insensitive loss function* yang memiliki formulasi sebagai berikut:

$$L_\varepsilon(y) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } |f(x) - y| \leq \varepsilon \\ |f(x) - y| - \varepsilon & \text{untuk yang lain} \end{cases} \tag{2.16}$$

Seluruh batas deviasi yang lebih besar dari ε akan dikenakan penalti sebesar C, dengan C merupakan konstanta yang lebih besar dari nol. Untuk mendapatkan solusi yang optimal dapat dilakukan optimasi dengan *fungsi lagrange*,

$$\begin{aligned} L = \tfrac{1}{2}\|w\|^2 + C\textstyle\sum_{i=1}^{l}(\xi + \xi_i^*) - \sum_{i=1}^{l}(\eta_i \xi_i + \eta_i^* \xi_i^*) \\ - \textstyle\sum_{i=1}^{l} \alpha_i (\varepsilon + \xi_i - y_i + \langle x, x_i \rangle + b) \\ - \textstyle\sum_{i=1}^{l} \alpha_i (\varepsilon + \xi_i^* + y_i - \langle x, x_i \rangle - b) \end{aligned} \tag{2.17}$$

L merupakan lagrangian dengan $\eta_i, \eta_i^*, \alpha_i, \alpha_i^*$ sebagai *lagrange multipliers* Dengan syarat:

$$\alpha_i^{(*)} \eta_i^{(*)} \geq 0 \tag{2.18}$$

$\eta_i^{(*)}$ dan $\alpha_i^{(*)}$ merupakan $\eta_i, \eta_i^*, \alpha_i, \alpha_i^*$

Mengikuti kondisi *saddle point* bahwa turunan parsial L pada persamaan 2.17 dengan memperhatikan variabel primal (w,b,η_i, η_i^*) harus hilang untuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

optimalisasi.

$$\partial_b L = \sum_{i=1}^{l} (\alpha_i - \alpha_i^*) = 0 \tag{2.19}$$

$$\partial_w L = w - \sum_{i=1}^{l} (\alpha_i - \alpha_i^*) x_i = 0 \tag{2.20}$$

$$\partial_{\xi_i^*} L = C - \alpha_i^* - \eta_i^* = 0 \tag{2.21}$$

Substitusi persamaan 2.19, 2.20, 2.21 kedalam persamaan 2.17, sehingga menghasilkan masalah optimisasi ganda.

$$Maximize \begin{cases} -\frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^{l} (\alpha_i - \alpha_i^*)(\alpha_j - \alpha^*) \langle x, x_i \rangle - \cdots \\ \varepsilon \sum_{i=1}^{l} (\alpha_i - \alpha_i^*) + \sum_{i=1}^{l} y_i (\alpha_i - \alpha_i^*) \end{cases} \tag{2.22}$$

dengan syarat, $(\alpha_i - \alpha_i^*) = 0$ dan $\alpha_i - \alpha_i^* \in [0, C]$

dengan menurunkan persamaan 2.22 dual variable η_i, η_i^* pada persamaan 2.21 dapat tereliminasi, sehingga dapat dibentuk $\eta_i^{(*)} = C - \alpha_i^{(*)}$, serta persamaan 2.20 dapat ditulis:

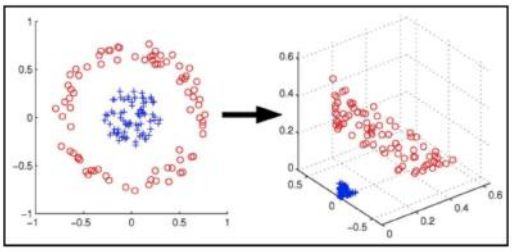
$$w = (\alpha_i - \alpha_i^*) x_i \tag{2.23}$$

sehingga optimal hyperplane ditulis:

$$f(x) = (\alpha - \alpha_i^*) \langle x, x_i \rangle + b \tag{2.24}$$

Beberapa fungsi kernel yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah pada SVM linear dan non linear dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.12 Matahari
(Sumber: www.medium.com)

1. Fungsi Kernel Linear

$$k\left(x_i, x_j\right) = x_i.x_j \tag{2.25}$$

2. Fungsi Kernel Polynomial

$$k\left(x_i, x_j\right) = \left(1 + x_i.x_j\right)^q, q = 1, 2, 3, \cdots, n \tag{2.26}$$

3. Fungsi Kernel Radial Basis

$$k\left(x_i, x_j\right) = exp\frac{-\left\|x_i - x_j\right\|^2}{2\sigma^q} \tag{2.27}$$

4. Fungsi Kernel sigmoid

$$k\left(x_i, x_j\right) = tanh\left[kx_j^T x_i + \theta\right] \tag{2.28}$$

2.8. Evaluasi hasil

Keakuratan dari suatu sistem prediksi perlu untuk ditinjau guna mengetahui kinerjanya, karena sistem prediktor tidak akan luput dari kesalahan dalam kinerjanya. Untuk menelaah ketepatan dari model peramalan, dapat dibandingkan antara hasil peramalan dari model dengan data aktual yang ada. Apabila suatu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

model menghasilkan nilai *error* yang semakin minimum maka metode peramalan tersebut dianggap sebagai metode yang baik untuk peramalan.

Beberapa perhitungan yang telah lazim digunakan untuk mengawasi sistem prediksi guna memastikan apakah suatu sistem prediksi berjalan dengan baik diantaranya:

1. *Mean Square Error* (MSE)

$$MSE = \sum_{t=1}^{n} \frac{(A_t - F_t)^2}{n} \tag{2.29}$$

2. *Root Mean Square Error* (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\sum_{t=1}^{n} \frac{(A_t - F_t)^2}{n}} \tag{2.30}$$

3. *Mean Arctangent Absolute Percentage Error* (MAAPE)

$$MAAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} \left(arctan \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \right) \tag{2.31}$$

dimana:

A_t = data aktual periode ke − t

F_t = data peramalan periode ke − t

n = banyaknya data observasi

(Zufar , 2018) (Kim and Kim , 2016)

Untuk mengetahui seberapa akurat sistem prediksi jika melihat dari nilai MSE dan RMSE dapat dilakukan dengan meninjau sebaran data aktual. Apabila nilai MSE atau RMSE mendekati nilai maksimum data aktual maka sistem

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

prediksi tidak bagus, sebaliknya jika nilai MSE RMSE semakin kecil maka sistem prediksi semakin baik pula. MAAPE merupakan pengembangan dari MAPE, MAAPE digunakan untuk mengatasi adanya data aktual yang bernilai nol, karena jika terdapat data aktual yang nilainya nol akan menghasilkan nilai tak hingga pada MAPE.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis penelitian

Penelitian tentang prediksi bilangan *sunspot* menggunakan Support Vector Regression (SVR) merupakan penelitian dengan pendekatan kuantitatif karena menggunakan data dalam bentuk numerik atau angka yang didapat dari hasil proses pengamatan matahari, merupakan jenis penelitian terapan jika dilihat dari aspek fungsinya. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang merupakan penelitian yang memberikan paparan bayangan atau uraian terhadap suatu kedaan secara obyektif tanpa ada perlakuan khusus pada obyek yang diteliti. Data *sunspot* yang digunakan pada penelitian ini adalah data *sunspot* harian, bulanan, dan tahunan yang dihimpun dari *Sunspot Index and Long-term Solar Observations* (SILSO). Data harian digunakan dari tanggal 1 Oktober 2018 hingga 30 September 2019, kemudian untuk data bulanan digunakan dari Agustus 2010 hingga september 2019, dan data tahunan dari tahun 1989 hingga 2018.

3.2. Pengumpulan data

Data yang digunakan adalah data bilangan *sunspot* dari *Sunspot Index and Long-term Solar Observations* (SILSO). Jenis data yang diambil adalah data runtut waktu (timeseries) karena data tersebut disusun berdasarkan waktu yang mempengaruhi perubahan suatu peristiwa sunspot.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.3. Analisis data

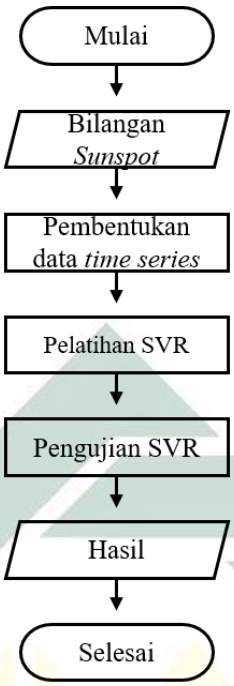
Data bilangan sunspot dipecah menjadi dua komponen. komponen pertama digunakan untuk training, dan komponen kedua untuk proses testing. Capaian tujuan dalam penelitian ini, analisis data perlu dilakukan dengan berbagai langkah menggunakan beberapa tahap, yaitu proses rekonstruksi data menjadi data timeseries dan proses prediksi.

Langkah awal yang dilakukan adalah pembentukan data atau rekonstruksi data menjadi data timeseries. Setelah terbentuknya pola data timeseries, kemudian data hasil rekonstruksi dibagi menjadi dua bagian data yaitu untuk pelatihan (training) dan untuk pengujian (testing).

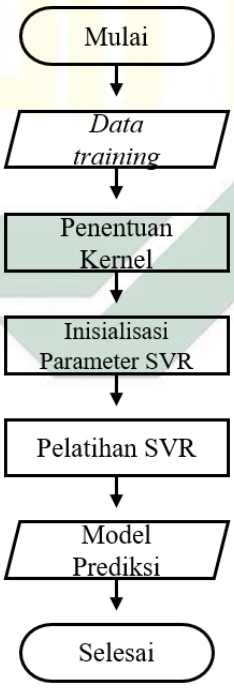
3.4. Pengujian dan evaluasi

Pengujian diawali dengan eksperimen atau uji coba untuk menentukan variabel *independent*, Setelah didapatkan konstruksi data input dari variabel *independent* dilakukan prediksi menggunakan SVR, dan dilakukan pengukuran kerja prediktor dengan mencari besaran *error*. Tujuan penelitian ini akan tercapai jika langkah-langkah urut serta sistematis dilaksanakan, representasi dari alur prediksi bilangan *sunspot* menggunakan SVR termuat pada Gambar 3.1.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.1 *Flowchart* Prediksi Bilangan *Sunspot*

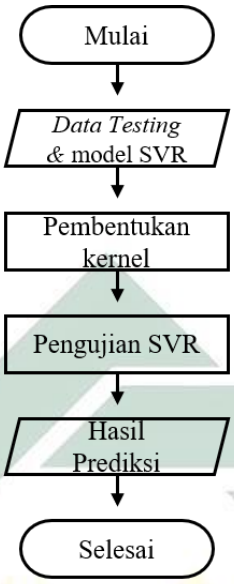


Gambar 3.2 Alur *training* SVR

Untuk mendapatkan hasil prediksi diperlukan proses *training* (pelatihan) dan *testing* (pengujian), langkah-langkah dari pelatihan dan pengujian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menggunakan SVR dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Alur *testing* SVR

Tahapan-tahapan prediksi bilangan *sunspot* adalah sebagai berikut:

1. Proses pembentukan data *time series* (rekonstruksi) data.
2. Pembagian data bilangan *sunspot*, data dipecah untuk proses pelatihan dan pengujian.
3. Pemilihan parameter dan penghitungan kernel SVR menggunakan persamaan 2.25, 2.26, 2.27, atau 2.28.
4. Pemilihan $\varepsilon - insensitive$ sebagai *loss function*.
5. Pembentukan model SVR menggunakan data latih.
6. Setelah didapatkan model SVR, dilakukan pengujian model menggunakan data uji.
7. Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil prediksi dan kemudian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dihitung *error* MSE, RMSE, dan MAAPE menggunakan persamaan 2.29, 2.30, atau 2.31 guna mengetahui akurasi prediksi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembentukan struktur data *time series*

Pada penelitian prediksi bilangan *sunspot* ini, tahap pertama yang harus dilakukan untuk agar proses prediksi dapat dijalankan adalah dengan melakukan analisis data atau *trial and error*. Data masukan yang berupa total bilangan *sunspot* harian, bulanan, dan tahunan diurutkan menjadi data deret waktu (*time series*).

Penelitian ini akan dilakukan beberapa uji coba atau trial dalam proses penyusunan data deret waktu. Percobaan dimulai dari data total bilangan *sunspot* harian dengan urutan data deret waktu $\{X_t,\ X_{t+1}\}$, $\{X_{t-1},\ X_t,\ X_{t+1}\}$, $\{X_{t-2},\ X_{t-1},\ X_t,\ X_{t+1}\}$, $\{X_{t-3},\ X_{t-2},\ X_{t-1},\ X_t,\ X_{t+1}\}$, $\{X_{t-4},\ X_{t-3},\ X_{t-2},\ X_{t-1},\ X_t,\ X_{t+1}\}$, $\{X_{t-5},\ X_{t-4},\ X_{t-3},\ X_{t-2},\ X_{t-1},\ X_t,\ X_{t+1}\}$, dan $\{X_{t-6},\ X_{t-5},\ X_{t-4},\ X_{t-3},\ X_{t-2},\ X_{t-1},\ X_t,\ X_{t+1}\}$ dengan X_{t+1} merupakan variabel keluaran atau target dari sistem prediksi sedangkan data yang lain merupakan variabel masukan data *input* untuk sistem prediksi.

Tabel 4.1 Sampel Data Satu Variabel *Input*

X_t	X_{t+1} (target)
0	0
0	0
0	16
16	14
14	12

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.1 sampai 4.7 merupakan beberapa sampel data total bilangan *sunspot* yang telah terstruktur menjadi data deret waktu. Pada Tabel 4.1 untuk memprediksi bilangan *sunspot* diwaktu mendatang hanya diperlukan data satu hari sebelumnya untuk data masukan. Sedangkan pada Tabel 4.2 diperlukan data masukan sebanyak dua data bilangan *sunspot*.

Tabel 4.2 Sampel Data Dua Variabel *Input*

X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
0	0	0
0	0	16
0	16	14
16	14	12
14	12	16

Tabel 4.3 Sampel Data Tiga Variabel *Input*

X_{t-2}	X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
0	0	0	0
0	0	0	16
0	0	16	14
0	16	14	12
16	14	12	16

Tabel 4.3 diatas menyatakan bahwa diperlukan data tiga hari sebelumnya untuk mendapatkan hasil prediksi satu hari kedepan. Untuk Tabel 4.4 ketika akan dilakukan prediksi besaran bilangan *sunspot* di hari berikutnya diperlukan data masukan sebanyak empat hari sebelum-sebelumnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.4 Sampel Data Empat Variabel *Input*

X_{t-3}	X_{t-2}	X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	16
0	0	0	16	14
0	0	16	14	12

Tabel 4.5 Sampel Data Lima Variabel *Input*

X_{t-4}	X_{t-3}	X_{t-2}	X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	16
0	0	0	0	16	14
0	0	0	16	14	12
0	0	16	14	12	16

Sama halnya dengan tabel sebelumnya pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 untuk mendapatkan estimasi bilangan *sunspot* diwaktu yang mendatang dengan menggunakan data masukan sebanyak lima hari untuk Tabel 4.5 dan enam data sebelumnya untuk Tabel 4.6.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.6 Sampel Data Enam Variabel *Input*

X_{t-5}	X_{t-4}	X_{t-3}	X_{t-2}	X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	16
0	0	0	0	0	16	14
0	0	0	0	16	14	12
0	0	0	16	14	12	16

Tabel 4.7 Sampel Data Tujuh Variabel *Input*

X_{t-6}	X_{t-5}	X_{t-4}	X_{t-3}	X_{t-2}	X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
0	0	0	0	0	0	0	16
0	0	0	0	0	0	16	14
0	0	0	0	0	16	14	12
0	0	0	0	16	14	12	16
0	0	0	16	14	12	16	14

Uji coba yang terakhir untuk prediksi bilangan *sunspot* harian, digunakan data masukan sebanyak tujuh hari atau satu minggu sebelumnya untuk melakukan prakiraan besarnya bilangan *sunspot* satu hari kedepan.

Selanjutnya pada data total bilangan *sunspot* bulanan akan dilakukan uji coba dalam penyusunan data deret waktu dengan struktur $\{X_t,\ X_{t+1}\}$, $\{X_{t-2}, X_{t-1}, X_t, X_{t+1}\}$, $\{X_{t-3}, X_{t-2}, X_{t-1}, X_t, X_{t+1}\}$, $\{X_{t-5}, X_{t-4}, X_{t-3}, X_{t-2}, X_{t-1}, X_t,\ X_{t+1}\}$, $\{X_{t-8},\ X_{t-7},\ X_{t-6},\ X_{t-5},\ X_{t-4},\ X_{t-3},\ X_{t-2},\ X_{t-1},\ X_t,\ X_{t+1}\}$, dan $\{X_{t-11}, X_{t-10}, X_{t-9}, X_{t-8}, X_{t-7}, X_{t-6}, X_{t-5}, X_{t-4}, X_{t-3}, X_{t-2}, X_{t-1}, X_t, X_{t+1}\}$. Susunan data tersebut untuk variabel X_{t+1} merupakan variabel keluaran atau

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

target, sedangkan untuk data lainnya merupakan variabel masukan atau input data. Pada 4.8 hingga 4.13 ditunjukkan beberapa contoh data total bilangan *sunspot* bulanan yang telah disusun menjadi data deret waktu. Untuk Tabel 4.8 prediksi bilangan *sunspot* bulanan dilakukan dengan menggunakan data satu bulan sebelumnya untuk memprediksi pada bulan berikutnya.

Tabel 4.8 Sampel Data Bulanan Satu Variabel *Input*

X_t	X_{t+1} (target)
7.1	7.7
7.7	6.9
6.9	163.0
163.0	19.5
19.5	28.5

Tabel 4.9 Sampel Data bulanan Tiga Variabel *Input*

X_{t-2}	X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
7.1	7.7	6.9	163.0
7.7	6.9	163.0	19.5
6.9	163.0	19.5	28.5
163.0	19.5	28.5	24.0
19.5	28.5	24.0	10.4

Data sebanyak tiga bulan (triwulan) yang sudah terjadi seperti pada Tabel 4.9 pada penelitian ini digunakan untuk uji coba dalam memprediksi besarnya bilangan *sunspot* bilangan *sunspot* di bulan selanjutnya. Tabel 4.10 merupakan bentuk dari prediksi bilangan *sunspot* di bulan berikutnya dengan menggunakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

empat data masukan.

Tabel 4.10 Sampel Data bulanan Empat Variabel *Input*

X_{t-3}	X_{t-2}	X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
7.1	7.7	6.9	163.0	19.5
7.7	6.9	163.0	19.5	28.5
6.9	163.0	19.5	28.5	24.0
163.0	19.5	28.5	24.0	10.4
19.5	28.5	24.0	10.4	13.9

Tabel 4.11 Sampel Data bulanan Enam Variabel *Input*

X_{t-5}	X_{t-4}	X_{t-3}	X_{t-2}	X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
7.1	7.7	6.9	163.0	19.5	28.5	24.0
7.7	6.9	163.0	19.5	28.5	24.0	10.4
6.9	163.0	19.5	28.5	24.0	10.4	13.9
163.0	19.5	28.5	24.0	10.4	13.9	18.8
19.5	28.5	24.0	10.4	13.9	18.8	25.2

Selain dengan menggunakan satu, tiga, dan empat data masukan, pada penelitian ini juga digunakan enam data bulanan atau satu semester (Tabel 4.11), sembilan data (Tabel 4.12), serta dua belas data atau setahun (Tabel 4.13) untuk melakukan prakiran bilangan *sunspot* bulan berikutnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.12 Sampel Data bulanan Sembilan Variabel *Input*

X_{t-8}	X_{t-7}	X_{t-6}	X_{t-5}	X_{t-4}	X_{t-3}	X_{t-2}	X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
7.1	7.7	6.9	163.0	19.5	28.5	24.0	10.4	13.9	18.8
7.7	6.9	163.0	19.5	28.5	24.0	10.4	13.9	18.8	25.2
6.9	163.0	19.5	28.5	24.0	10.4	13.9	18.8	25.2	29.6
163.0	19.5	28.5	24.0	10.4	13.9	18.8	25.2	29.6	36.4
19.5	28.5	24.0	10.4	13.9	18.8	25.2	29.6	36.4	33.6

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.13 Sampel Data bulanan 12 Variabel *Input*

X_{t-11}	X_{t-10}	X_{t-9}	X_{t-8}	X_{t-7}	X_{t-6}	X_{t-5}	X_{t-4}	X_{t-3}	X_{t-2}	X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
7.1	7.7	6.9	163.0	19.5	28.5	24.0	10.4	13.9	18.8	25.2	29.6	36.4
7.7	6.9	163.0	19.5	28.5	24.0	10.4	13.9	18.8	25.2	29.6	36.4	33.6
6.9	163.0	19.5	28.5	24.0	10.4	13.9	18.8	25.2	29.6	36.4	33.6	34.4
163.0	19.5	28.5	24.0	10.4	13.9	18.8	25.2	29.6	36.4	33.6	34.4	24.5
19.5	28.5	24.0	10.4	13.9	18.8	25.2	29.6	36.4	33.6	34.4	24.5	27.3

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kemudian untuk data bilangan *sunspot* tahunan akan disusun secara time series. Variabel keluaran yang akan digunakan untuk data ini adalah X_{t+1} dan variabel masukannya adalah data yang tidak dijadikan sebagai target. Entri-entri dari data deret waktu yang akan dibentuk adalah sebagai berikut: $\{X_t,\ X_{t+1}\}$, $\{X_{t-4}, X_{t-3}, X_{t-2}, X_{t-1}, X_t, X_{t+1}\}$, $\{X_{t-7}, X_{t-6}, X_{t-5}, X_{t-4}, X_{t-3}, X_{t-2}, X_{t-1}, X_t,\ X_{t+1}\}$, dan $\{X_{t-9},\ X_{t-8},\ X_{t-7},\ X_{t-6},\ X_{t-5},\ X_{t-4},\ X_{t-3},\ X_{t-2},\ X_{t-1},\ X_t,\ X_{t+1}\}$. Susunan data time series dari total bilangan *sunspot* tahunan dapat dilihat pada Tabel 4.14 sampai Tabel 4.17.

Tabel 4.14 Sampel Data Tahunan Satu Variabel *Input*

X_t	X_{t+1} (target)
211.1	191.8
191.8	203.3
203.3	133.0
133.0	76.1
76.1	44.9

Tabel 4.15 Sampel Data Tahunan Lima Variabel *Input*

X_{t-4}	X_{t-3}	X_{t-2}	X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
211.1	191.8	203.3	133.0	76.1	44.9
191.8	203.3	133.0	76.1	44.9	25.1
203.3	133.0	76.1	44.9	25.1	11.6
133.0	76.1	44.9	25.1	11.6	28.9
76.1	44.9	25.1	11.6	28.9	88.3

Selain dengan menggunakan satu data masukan, uji coba juga dilakukan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan menggunakan data lima tahun sebelum-sebelumnya seperti yang tampak pada Tabel (4.15). Kemudian pada Tabel 4.16 untuk memprediksi bilangan *sunspot* setahun berikutnya digunakan data sebanyak delapan tahun sbelumnya atau sewindu sebelumnya.

Tabel 4.16 Sampel Data Tahunan Delapan Variabel *Input*

X_{t-7}	X_{t-6}	X_{t-5}	X_{t-4}	X_{t-3}	X_{t-2}	X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
211.1	191.8	203.3	133.0	76.1	44.9	25.1	11.6	28.9
191.8	203.3	133.0	76.1	44.9	25.1	11.6	28.9	88.3
203.3	133.0	76.1	44.9	25.1	11.6	28.9	88.3	136.3
133.0	76.1	44.9	25.1	11.6	28.9	88.3	136.3	173.9
76.1	44.9	25.1	11.6	28.9	88.3	136.3	173.9	170.4

Uji coba yang terakhir pada penelitian ini adalah untuk melakukan prakiraan ditahun depan digunakan data *input* sebanyak sepuluh tahun (satu dasawarsa) sebelumnya seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.17.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.17 Sampel Data Tahunan 10 Variabel *Input*

X_{t-9}	X_{t-8}	X_{t-7}	X_{t-6}	X_{t-5}	X_{t-4}	X_{t-3}	X_{t-2}	X_{t-1}	X_t	X_{t+1} (target)
211.1	191.8	203.3	133.0	76.1	44.9	25.1	11.6	28.9	88.3	136.3
191.8	203.3	133.0	76.1	44.9	25.1	11.6	28.9	88.3	136.3	173.9
203.3	133.0	76.1	44.9	25.1	11.6	28.9	88.3	136.3	173.9	170.4
133.0	76.1	44.9	25.1	11.6	28.9	88.3	136.3	173.9	170.4	163.6
76.1	44.9	25.1	11.6	28.9	88.3	136.3	173.9	170.4	163.6	99.3

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2. Prediksi Menggunakan *Support Vector Regression* (SVR)

Proses prediksi dengan menggunakan *Support Vector Regression* (SVR) terdiri dari dua tahap. Tahap awal adalah tahap pelatihan atau pembentukan model. Tahap selanjutnya adalah tahap pengujian, dimana model yang dihasilkan dari proses pelatihan akan diuji keakuratannya. Perbandingan data latih dan data uji yang diterapkan pada penelitian ini diantaranya sebesar 60:40, 70:30, 80:20, dan 90:10. Pada penelitian ini akan dilakukan pembangunan model dengan menggunakan beberapa jenis kernel diantaranya *linear, Gaussian, Radial Basis Function* (RBF), juga *polynomial*.

4.2.1. Algoritma SVR

Algoritma SVR untuk prediksi bilangan *sunspot* adalah sebagai berikut:

1. Penyiapan variabel serta parameter yang diperlukan, diantaranya:

   x = $[x_1, x_2, \cdots, x_n]$: Sampel data *training*

   y = $[y_1, y_2, \cdots, y_n]$: Target data *training*

   Kernel : Jenis kernel

   C : Konstanta $(C = 1)$

   $\alpha = [\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_n], b$: Lagrange multiplier dan bias

2. Menghitung kernel.

3. Menentukan fungsi tujuan Quadratic Programming (QP).

4. Penyelesaian masalah QP untuk menemukan α dan b

Untuk melakaukan prediksi dengan SVR, langkah yang dilakukan adalah menyiapkan data time series dan parameter-parameter yang dibutuhkan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.18 Data time series total bilangan *sunspot*

X	Y
211.1	191.8
191.8	203.3
203.3	133.0
133.0	76.1
76.1	44.9
44.9	25.1
25.1	11.6
11.6	28.9
28.9	88.3
88.3	136.3
136.3	173.9
173.9	170.4
170.4	163.6
163.6	99.3
99.3	65.3
65.3	45.8
45.8	24.7
24.7	12.6
12.6	4.2
4.2	4.8
4.8	24.9
24.9	80.8
80.8	84.5

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.18 diatas merupakan sampel data time series dari total bilangan *sunspot* yang akan digunakan prediksi.

Prediksi dilakukan dengan berbagai model, untuk total bilangan *sunspot* dilakukan prediksi dengan variabel masukan sebanyak satu sampai tujuh data, kemudian untuk total bilangan *sunspot* bulanan variabel masukan yang digunakan adalah satu, tiga empat, enam, Sembilan, dan dua belas, dan untuk total bilangan *sunspot* tahunan variabel masukannya terdiri dari satu, lima, delapan, dan sepuluh variabel. Parameter serta variabel yang digunakan pada perhitungan ini diantaranya, jenis kernel yang digunakan adalah kernel linear, konstanta sama dengan satu, lagrange multiplier $\{\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_n\}$ dan bias adalah *b*.

Langkah selanjutnya adalah menghitung matriks kernel K dengan variabel masukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X &= [211.1191.8 \cdots 80.8] \\ Y &= [76.144.9 \cdots 84.5] \end{aligned}$$

Penghitungan matriks kernel linear K dapat dilakukan dengan menggunakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

persaman 2.25

$$\begin{aligned}
K(1,1) &= x_1 x_1^{transpose} \\
&= [211.1][211.1]^{transpose} \\
&= 44563.2 \\
K(1,2) &= x_1 x_2^{transpose} \\
&= [211.1][191.8]^{transpose} \\
&= 40488.9 \\
K(23,23) &= x_{23} x_{23}^{transpose} \\
&= [80.8][80.8]^{transpose} \\
&= 6528.6
\end{aligned}$$

Sehingga didapat matriks kernel K sebagai berikut:

$$K_{23\times 23} = \begin{bmatrix} 44563.2 & 40488.9 & 42916.6 & \cdots & 31322.1 \\ 40488.9 & 36787.2 & 38992.9 & \cdots & 27945.2 \\ 42916.6 & 38992.9 & 41330.8 & \cdots & 23873.7 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 17056.8 & 15497.4 & 16426.6 & \cdots & 6528.6 \end{bmatrix}.$$

Setelah didapatkan mariks kernel kemudian akan dibentuk persamaan lagrange yang kemudian dicari *lagrange multiplier* dari persamaan tersebut. Persamaan lagrange yang dibentuk harus memenuhi standar *Quadratic Programming* (QP). Penyelesaian untuk mendapatkan *lagrange multiplier* dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan *software computer*.

Hasil penyelesaian QP dengan bantuan software didapatkan nilai-nilai:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

β = 16.06192

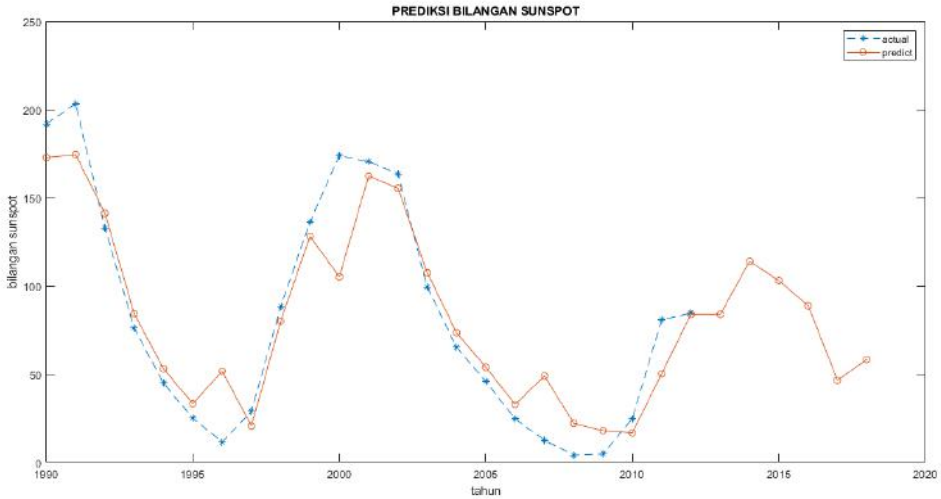
b = 69.7491

Setelah didapatkan nilai β dan b, maka model SVR dapat digunakan untuk memprediksi total bilangan *sunspot*.

Tabel 4.19 Hasil pengujian model prediksi total bilangan *sunspot*

X	Y	Prediksi
80.8	84.5	83.8
84.5	94.0	113.9
94.0	113.3	103.1
113.3	69.8	88.8
69.8	39.8	46.6
39.8	21.7	58.3

Hasil yang tertera pada Tabel 4.18 dan 4.19 diatas kemudian disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar



Gambar 4.1 Prediksi Bilangan *Sunspot*

Berdasarkan Tabel 4.24 dan Gambar 4.1 diatas, dapat dilihat bahwa

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

bilangan *sunspot* terbesar terjadi pada tahun 1991 hal tersebut menunjukkan bahwa pada tahun tersebut aktivitas matahari sedang berada pada kondisi tertinggi, kemudian mengalami penurunan hingga pada tahun 1996 mencapai puncak yang rendah dan mengalami penaikan aktivitas kembali hingga puncaknya terjadi pada tahun 2000, penurunan kemudian terjadi kembali hingga tercapai kondisi terendah pada tahun 2008. Prediksi Bilangan *sunspot* pada daerah-daerah ekstrim memiliki galat yang sangat ekstrim pula, misal pada tahun 1991 bilangan *sunspot* adalah sebesar 203.3 sedangkan pada hasil prediksinya hanya tercapai besaran bilangan *sunspot* sebesar 174.43. Kondisi paling ekstrim terjadi pada tahun 2000 dengan bilangan *sunspot* sebesar 173.9 dan nilai prediksinya sebesar 105.21, hal tersebut merupakan penyebab besarnya nilai error prediksi.

4.2.2. Pemilihan Kernel

Konsep dari SVR adalah pendekatan dengan *hyperplane* linear yang merepresentasikan sebuah garis regresi, akan tetapi tidak semua data dapat didekati secara linear. Untuk mengatasi data yang tidak dapat didekati secara linear tersebut dapat digunakan trik berupa *kernel function*. Seperti yang telah dijelaskan pada kajian pustaka bahwa kernel merupakan fungsi pemetaan yang memetakan fitur data dari dimensi saat ini menjadi fitur baru dengan dimensi yang lebih tinggi.

Penelitian ini akan menggunakan beberapa kernel diantaranya *linear, gaussian, RBF*, dan *polynomial*. Berdasarkan variabel-variabel masukan yang telah ditentukan pada sub bab sebelumnya, maka perbedaan hasil *error* MSE, RMSE, dan MAAPE dari penggunaan berbagai macam kernel tersebut akan terlihat.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2.3. Penggunaan Kernel linear

Penggunaan kernel linear untuk memprediksi total bilangan *sunspot* pada penelitian ini akan dilakukan beberapa percobaan dalam menentukan banyaknya data latih (*training*) dan data uji(*testing*). Uji coba perbandingan banyaknya data training dan testing pada penelitian ini diantarnya adalah sebesar 60:40, 70:30, 80:20, dan 90:10. Besarnya tingkat keakuratan dari model SVR yang terbentuk akan dihitung menggunakan MSE, RMSE, dan MAAPE dengan persamaan 2.29 sampai 2.31 Hasil uji coba dengan empat macam perbandingan data menggunakan kernel linear dapat dilihat pada Tabel 4.20 dibawah.

Tabel 4.20 Kernel Linear

Perbandingan Data	Data	MSE	RMSE	MAAPE
60:40	Harian	14.59	3.82	1.24
	Bulanan	622.46	24.94	0.91
	Tahunan	634.84	25.19	0.58
70:30	Harian	10.15	3.17	1.40
	Bulanan	382.00	19.54	0.96
	Tahunan	899.80	29.99	0.42
80:20	Harian	10.10	3.17	1.42
	Bulanan	311.67	17.65	1.09
	Tahunan	375.71	19.38	0.29
90:10	Harian	9.46	3.07	1.52
	Bulanan	100.56	10.02	1.01
	Tahunan	357.98	18.92	0.34

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2.4. Penggunaan Kernel *gaussian*

Layaknya perlakuan pada kernel linear, pada uji coba dengan kernel *gaussian* pun dilakukan dengan perbandingan banyaknya data untuk proses training dan testing diantaranya 60:40, 70:30, 80:20, serta 90:10. Hasil percobaan dari kernel *gaussian* ini ditampilkan pada Tabel 4.21 dibawah.

Tabel 4.21 Kernel *gaussian*

Perbandingan Data	Data	MSE	RMSE	MAAPE
60:40	Harian	13.24	3.63	1.22
	Bulanan	422.99	20.56	0.83
	Tahunan	722.99	26.88	0.61
70:30	Harian	11.51	3.39	1.41
	Bulanan	351.93	18.76	0.93
	Tahunan	596.02	24.41	0.32
80:20	Harian	13.31	3.64	1.44
	Bulanan	513.67	22.64	1.19
	Tahunan	204.37	14.29	0.12
90:10	Harian	13.64	3.69	1.52
	Bulanan	72.72	8.52	0.98
	Tahunan	55.92	7.47	0.14

4.2.5. Penggunaan Kernel RBF

Sama halnya dengan dua kernel yang digunakan sebelumnya, uji coba pada kernel RBF dilakukan dengan empat macam perbandingan data latih (*training*)-data uji (*testing*) dan hasilnya dapat ditinjau pada Tabel 4.22

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.22 Kernel RBF

Perbandingan Data	Data	MSE	RMSE	MAAPE
60:40	Harian	13.24	3.63	1.22
	Bulanan	437.62	20.91	0.84
	Tahunan	804.31	28.36	0.61
70:30	Harian	11.45	3.38	1.41
	Bulanan	356.62	18.88	0.93
	Tahunan	584.04	24.16	0.30
80:20	Harian	13.71	3.70	1.44
	Bulanan	525.23	22.91	1.19
	Tahunan	35.32	5.94	0.12
90:10	Harian	13.43	3.66	1.52
	Bulanan	75.69	8.70	0.98
	Tahunan	58.23	7.63	0.26

4.2.6. Penggunaan Kernel *polynomial*

Penggunaan kernel *polynomial* pun sama dengan penggunaan kernel sebelum-sebelumnya, dan untuk hasil percobaan atau *trial* dengan kernel *polynomial* dinyatakan pada Tabel 4.23.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.23 Kernel *polynomial*

Perbandingan Data	Data	MSE	RMSE	MAAPE
60:40	Harian	13.49	3.67	1.23
	Bulanan	367.23	19.16	0.75
	Tahunan	661.92	25.72	0.59
70:30	Harian	10.07	3.17	1.40
	Bulanan	138.71	11.77	0.68
	Tahunan	944.74	30.73	0.37
80:20	Harian	12.25	3.50	1.43
	Bulanan	103.11	10.15	0.73
	Tahunan	841.35	29.00	0.29
90:10	Harian	11.51	3.39	1.52
	Bulanan	20.70	4.54	0.61
	Tahunan	177.47	13.32	0.26

4.2.7. Hasil Prediksi

Berdasarkan uji coba dengan menggunakan berbagai kernel diatas dapat diketahui bahwa hasil terbaik prediksi bilangan *sunspot* didapatkan dari kernel RBF dan juga pembagian data untuk pelatihan (*training*) serta pengujian (*testing*) sebesar 80:20. Nilai MSE, RMSE, dan MAAPE yang didapatkan adalah sebesar 35.32, 5.94, dan 0.12. Nilai RMSE sebesar 5.94 jika dilakukan pengamatan dengan jarak atau *range* data terkecil dan terbesar antara 4.2-203.3 maka prediksi dapat dikatakan akurat.

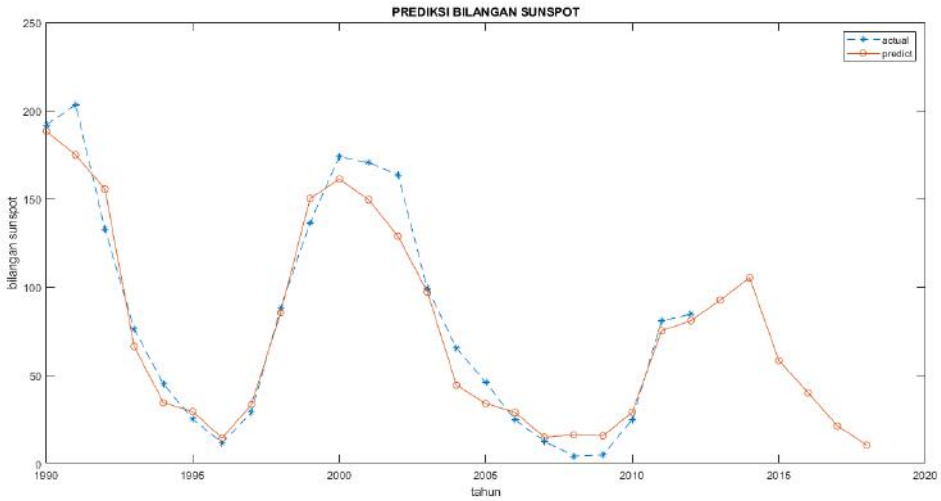
Hasil prediksi yang didapat dari model SVR dengan menggunakan kernel RBF dan pembagian data 80:20 dapat dilihat pada Tabel 4.24.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.24 Hasil pengujian model prediksi total bilangan *sunspot*

X	Y	Prediksi
84.5	94.0	92.5
94.0	113.3	105.2
113.3	69.8	58.3
69.8	39.8	40.0
39.8	21.7	21.2
21.7	7.0	10.4

Setelah didapatkan hasil prediksi tersebut kemudian dapat dilakukan pengevaluasian atas hasil yang ada dengan menggunakan persamaan 2.29, 2.30, dan 2.31. Nilai evaluasi yang didapatkan diantaranya MSE, RMSE, dan MAAPE sebesar 35.32, 5.94, dan 0.12. Hasil yang ditampilkan pada Tabel 4.24 diatas dapat direpresentasikan kedalam bentuk diagram yang dapat ditinjau pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Prediksi Bilangan *Sunspot*

Berdasarkan Tabel 4.24 dan Gambar 4.2 diatas dapat diketahui perbedaan yang paling signifikan diperoleh pada saat tahun 1991-1992, 2000-2002, dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2008-2009. Perbedaan tersebut berakibat pada besarnya error akan tetapi error yang didapat dengan menggunakan kernel RBF ini merupakan yang paling kecil dibandingkan dengan penggunaan kernel-kernel lain.

Prediksi dengan SVR apabila menggunakan *non-linear* kernel nilai *weight (w)* atau β sukar untuk ditampilkan secara eksplisit karena sulitnya proses penghitungan. Smola pada penelitiannya telah menyatakan bahwa *"Even when evaluating f(x) we need not compute w explicitly"* (Smola & Scholkopf , 2004).

4.3. Pembahasan

Besar kecilnya bilangan *sunspot* merupakan cerminan dari aktivitas yang sedang terjadi di matahari. *Sunspot* merupakan sumber asal ledakan matahari (flare) dan semburan partikel enerjetik (CME) yang dapat membahayakan teknologi tinggi serta iklim di Bumi. Apabila aktivitas matahari yang ditandai dengan besarnya bilangan *sunspot* sedang pada fase tinggi atau hingga terjadi badai matahari akan memiliki berbagai dampak buruk. Dampak yang paling terasa di bumi adalah Dampak yang mungkin terjadi yang adalah peningkatan aktivitas aurora di Kutub Utara atau Selatan Bumi. Ini disebabkan pengaruh pertukaran dan interaksi partikel atmosfer Bumi daerah kutub dengan terganggunya lapis selimut magnet bumi. Akan tetapi tidak semua *sunspot* yang muncul dipermukaan matahari akan menyebabkan ledakan (*flare*) di matahari. Selain itu, besar kecilnya ledakan tergantung bentuk dan kompleksitas magnetik dari *sunspot*.

Mengutip dari penelitian yang dilakukan oleh Zulkarnain dan Andika Putriani di tahun 2017 dipaparkan bahwa "Rata-rata bilangan *sunspot* dan indeks flare memiliki korelasi positif yang ditandai dengan hasil fitting kurva antara indeks flare dan bilangan *sunspot* diperoleh koefisien korelasi (R)sebesar 0,878.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kondisi ini dapat dikatakan bahwa bilangan *sunspot* dan indeks flare memiliki korelasi yang cukup kuat. Produktivitas terjadinya flare dapat dilihat berdasarkan parameter *sunspot* seperti bilangan *sunspot*. Flare dapat terjadi pada saat bilangan *sunspot* mencapai nilai maksimum" (Zulkarnain dan Putriani , 2017). Dari paparan tersebut dengan memperhatikan data bilangan *sunspot* mulai tahun 1989 hingga 2018, informasi yang dapat diambil adalah badai matahari dapat mengancam seisi bumi di tahun 1991, 2000, dan 2014 karena pada tahun-tahun tersebut bilangan *sunspot* menunjukkan berada diposisi yang tinggi dengan nilai 203.3, 173.9, dan 113.3.

Berdasar pada paparan paragraf diatas untuk mengetahui terjadinya badai matahari dapat dilakukan pengamatan pada bintik matahari *sunspot*. Antisipasi dampak buruk yang akan terjadi mendatang, hasil prediksi bilangan *sunspot* seperti yang dilakukan pada penelitian ini dapat dijadikan sebagai tolak ukur serta informasi awal atau *early warning*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V

PENUTUP

Mengacu pada materi-materi yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya pada bab ini akan diberikan simpulan dan saran-saran. Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai penelitian prediksi total bilangan *sunspot* menggunakan *Support Vector Regression* (SVR) didapat kesimpulan bahwa:

5.1. Simpulan

Setelah menyelesaikan pembuatan skripsi ini, penulis dapat mengambil beberapa simpulan atas bahasan-bahasan yang telah terurai, diantaranya:

1. Hasil prediksi bilangan sunspot menggunakan SVR terbaik diperoleh pada prediksi bilangan sunspot tahunan yang didapatkan dengan menggunakan kernel RBF dan perbandingan antara data latih (*training*) dan data uji (*testing*) sebesar 80:20 serta dengan MSE, RMSE, dan MAAPE masing-masing sebesar 35.32, 5.94, dan 0.12. Dengan nilai MAAPE sebesar 0.12 dapat dikatakan bahwa prediksi dapat dikatakan akurat.

2. Hasil RMSE yang didapat sekilas terlihat memiliki rentan jarak yang cukup jauh. Hal tersebut didasari oleh data bilangan sunspot tahunan tersebut terdapat beberapa data dengan range jarak yang memang cukup jauh antar tahun satu dengan lainnya sperti pada tahun 1991 dengan bilangan sunspot sebesar 203.3 kemudian di tahun 2009 bilagan sunspotnya sebesar 4.2. Sehingga RMSE yang dihasilkan besar.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. Berdasarkan hasil prediksi terbaik yaitu prediksi bilangan sunspot tahunan dengan perbandingan data training testing 80:20. Model yang dihasilkan dengan menggunakan kernel linear adalah β sebesar 16.06192 dan bias b sebesar 69.7491. Kemudian untuk model prediksi dengan kernel *non-linear* (*gaussian*, RBF, *polynomial*) tidak dapat ditampilkan secara eksplisit mengenai nilai β, dan bias.

5.2. Saran

Setelah membahas dan mengimplementasikan SVR untuk memprediksi total bilangan sunspot, penulis ingin menyampaikan beberapa saran untuk pengembangan serta penyempurnaan penelitian ini.

1. Dilakukan pengecekan data masukan *time series* menggunakan plot autokorelasi ACF dan PACF.
2. Menggunakan proses normalisasi data karena data jarak atau *range* data yang cukup jauh.
3. Menggunakan metode prediksi lain seperti *deep learning* untuk meningkatkan performa prediksi dalam memprediksi besarnya bilangan sunspot pada waktu yang akan datang.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Abdel-Rahman, H. I., and Marzouk, B. A., 2018, *Statistical method to predict the sunspots number*, NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics, 175-179.

Admiranto, A. G. (2009), *Menjelajahi Tata Surya*, Yogyakarta: Kanisius.

Adyanti, D. A., Asyhar, A. h., Novitasari, D. C., Lubab, A., & Hafiyusholeh, M., 2017, *Forecasts Marine Weather On Java Sea Using Hybrid Methods: TS-ANFIS*, EECSI.

Andini, T. D. dan Auristandi, P., 2016, *Peramalan Jumlah Stok Alat Tulis Kantor Di UD ACHMAD JAYA Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing*, Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasia ASIA (JITIKA), Vol. 10, No. 1, 1-10.

Basyaruddin dan Effendy, S., 2007, *Keterkaitan Cuaca Di Indonesia Dengan Fenomena Bintik Matahari (Sunspot)*, J.Agromet Indonesia, 21(1), 36-46.

Budhi, G. S., Adipranata, R., Sugiarto, M., Anwar, B., & Setiahadi, B., 2011, *Pengelompokan Sunspot Pada Citra Digital Matahari Menggunakan Metode Clustering DBSCAN*, Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, Yogyakarta.

Chattopadhyay, G. and Chattopadhyay, S., (n.d.), *Monthly Sunspot Number Time Series Analysis and its Modeling Through Autoregressive Artificial Neural Network*.

Fanani, A., Farida, Y., Arhandi, P. P., Hidayat, M. M., Muhid, A., Montolalu, B., 2019, *Regression model focused on query for multi documents summarization*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

based on significance of the sentence position, TELKOMNIKA, 17(6), 3050-3056.

Gkana, A. and Zachilas, L., 2015, *Sunspot numbers: data analysis, predictions and economic impacts*, Journal of Engineering Science and Technology Review (Jestr), 8(1), 79-85.

Hasan, Sutrisno, & Setiahadi, B., 2015, *Analisis Terjadinya Flare Berdasarkan Pergeseran Sudut Rotasi Group Sunspot pada Bulan Januari - Maret 2015 Melalui LAPAN Watukosek*.

Hathaway, D. H., 2015, *Living Reviews in Solar Physics*, The Solar Cycle, pp.12-13.

Hikmat, 2015, *Pengertian Matahari dan Bagian-Bagian) Retrieved Agustus 18, 2017*, from http://www.kliksma.com

Kaplan, A. and Haenlein, M., 2019, *Siri, Siri in my Hand, Who's the Fairest in the Land? On the Interpretations, Illustrations and Implications of Artificial Intelligence*, Business Horizons, 62(1), 15-25.

Kim, S. and Kim, H., 2016, *A New Metric of Absolute Percentage Error for Intermittent Demand Forecasts*, International Journal of Forecasting, 32, 669-679.

Kurniawati, A. W., 2017, *Implementasi Metode Support Vector Machine Untuk Identifikasi Penyakit Daun Tanaman Kubis (Studi Kasus: Temu Tani Malang)*, Malang: Politeknik Negeri Malang.

Lai, D. T. H., Begg†, R. And Palaniswami, M., 2008, *SVM Models For Diagnosing Balance Problems Using Statistical Features Of The MTC Signal*, International Journal Of Computational Intelligence And Applications, Vol. 7, No. 3, 317–331.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Maspupu, J., 2011, *Prediksi Bintik Matahari Untuk Siklus 24 Secara Numerik*, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, (p. 25), Yogyakarta.

McFadden, L. A., Weissmen, P. R., & Johnson, T. V., 2007, *Encyclopedia of the Solar System*, Canada: Academic Press.

Mehedintu, A., Sterpu, M., and Soava, G., 2018, *Estimation and Forecasts for the Share of Renewable Energy Consumption in Final Energy Consumption by 2020 in the European Union*, Sustainability, 1-22.

Melati, A., 2015, *Analisis Pengaruh Flare dan CME Terhadap Indeks DST Pasca Gerhana Bulan Total*, Kaunia, XI(1), 53.

Nachrowi, N. D., & Usman, H., 2004, *Teknik Pengambilan Keputusan*, Grasindo.

Peter, I. & Papics, 2007, *Solar Prominences, Solar Flares and Coronal Mass Ejections*, A Solar Physics Report, 1-10.

Priyadarshini, D., Acharya, M., and Mishra, A. P., 2011, *Link Load Prediction using Support Vector Regression and Optimization*, International Journal of Computer Applications, 22-25.

Radhika, Y. and Shashi M., 2009, *Atmospheric Temperature Prediction using Support Vector Machines*, International Journal of Computer Theory and Engineering, 55-58.

Rukhansah, N., Muslim, M. A., & Arifudin, R., 2015, *Fuzzy Time Series Markov Chain dalam Meramalkan Harga Saham*, Seminar Nasional Ilmu Komputer (SNIK 2015), 310.

Santosa, B., (n.d.), *Tutorial Support Vector Machines*, Surabaya: ITS.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Septiningrum, L., Yasin, Y., & Sugito, 2015, *Prediksi Indeks Harga Saham Gabungan Menggunakan Support Vector Regression (SVR) Dengan Algoritma Grid Search*, Jurnal Gaussian, 315-321.

Setiahadi, B., 2001, Hasil Uji Simulasi MHD Matahari-Bumi, *Observation Matahari Watukosek*, LAPAN.

Smola, A. J., & Scholkopf, B., 2004, *A Tutorial on Support Vector Regression*, Statistics and Computing, 199-222.

Subagyo, A., 2008, *Studi Kelayakan Teori dan Aplikas*, Jakarta: PT Eka Media Komputindo.

Surdijani, D., & Sumala, 2006, *Be Smart : Ilmu Pengetahuan Alam*, Grafindo Media Pratama.

Umar, H., 2003, *Business an Introduction*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Wang, T., 2016, *Forecast of Economic Growth by Time Series and Scenario Planning Method—A Case Study of Shenzhen*, Scientific Research Publishing, 7, 212-222.

Zufar, M. A., 2018, *Perbandingan Metode ARIMA dengan RBFNN dalam Peramalan Rata-rata Banyaknya Bilangan Sunspot*, Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Zulkarnain dan Putriani, A., 2017, *Korelasi Bilangan Sunspot sebagai Parameter Produktivitas Flare pada Siklus Matahari Ke 24*, Proseding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau 2017, 104-107.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id