# PREDIKSI AWAL WAKTU SHALAT BERDASARKAN TITIK BELOK KECERAHAN LANGIT MENGGUNAKAN METODE *SUPPORT VECTOR REGRESSION* DAN *RESTRICTED CUBIC SPLINE*

## SKRIPSI

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A


Disusun Oleh

**NURUL ARDHIYAH**

**H02216013**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA**
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL**
**SURABAYA**


**2019**

# PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

| | | |
|---|---|---|
| Nama | : | Nurul Ardhiyah |
| NIM | : | H02216013 |
| Program Studi | : | Matematika |
| Angkatan | : | 2016 |

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul " Prediksi Awal Waktu Shalat Berdasarkan Titik Belok Kecerahan Langit Menggunakan Metode *Support Vector Regression* dan *Restricted Cubic Spline* ". 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, 30 Desember 2019

Yang menyatakan,

METERAI TEMPEL

5F9D7AHF153734112

6000

ENAM RIBU RUPIAH

Nurul Ardhiyah

NIM. H02216013

# LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

| | | |
|---|---|---|
| Nama | : | Nurul Ardhiyah |
| NIM | : | H02216013 |
| Judul Skripsi | : | Prediksi Awal Waktu Shalat Berdasarkan Titik Belok Kecerahan Langit Menggunakan Metode *Support Vector Regression* dan *Restricted Cubic Spline* |

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, Desember 2019

Pembimbing

Dian Candra Rini Novitasari, M.Kom

NIP. 198511242014032001

# PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

| | | |
|---|---|---|
| Nama | : | Nurul Ardhiyah |
| NIM | : | H02216013 |
| Judul Skripsi | : | Prediksi Awal Waktu Shalat Berdasarkan Titik Belok Kecerahan Langit Menggunakan Metode *Support Vector Regression* dan *Restricted Cubic Spline* |

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal Desember 2019

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I

Dian Candra Rini Novitasari, M.Kom
NIP. 198511242014032001

Penguji II

Dr. Moh. Hafiyusholeh, M.Si
NIP. 198002042014031001

Penguji III

Yuniar Farida, M.T
NIP. 197905272014032002

Penguji IV

Nurissaidah Ulinnuha, M.Kom
NIP. 199011022014032004

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Eni Purwati, M.Ag
NIP. 197312272005012003

**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 : NURUL ARDHIYAH
NIM : H02216013
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / MATEMATIKA
E-mail address : nurulardhiyah@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 AWAL WAKTU SHALAT BERDASARKAN TITIK BELOK KECERAHAN LANGIT MENGGUNAKAN METODE SUPPORT VECTOR REGRESSION DAN RESTRICTED CUBIC SPLINE

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, 31 Desember 2019

Penulis

( NURUL ARDHIYAH )
*nama terang dan tanda tangan*

# ABSTRAK


**Prediksi Awal Waktu Shalat Berdasarkan Titik Belok Kecerahan Langit Menggunakan Metode *Support Vector Regression* dan *Restricted Cubic Spline***

Penelitian mengenai kecerahan langit merupakan salah satu faktor yang penting untuk observasi astronomi, karena setiap perubahan waktu ditandai dengan perubahan kondisi langit. Data kecerahan langit yang digunakan diperoleh dari alat SQM di LAPAN BPAA Pasuruan yang akan digunakan untuk mengetahui ketepatan awal waktu Shalat Shubuh dan Shalat Isya. Pada penelitian ini dilakukan 3 tahap untuk memprediksi awal waktu Shalat, yaitu tahap prediksi menggunakan *Support Vector Regression*, tahap pembentukan model persamaan garis regresi menggunakan *Restricted Cubic Spline*, dan yang terakhir tahap penentuan titik belok kecerahan langit. Prediksi data kecerahan langit untuk penentuan titik belok awal waktu Shalat Isya menggunakan metode *Support Vector Regression* mendapatkan nilai akurasi RMSE sebesar 0,05146 dan MAPE sebesar 0,23%, sedangkan pada data kecerahan langit untuk penentuan titik belok awal waktu Shalat Shubuh mendapatkan nilai akurasi RMSE sebesar 0,26974 dan MAPE sebesar 2,28%. Pembentukan model persamaan garis regresi menggunakan *Restricted Cubic Spline* pada data kecerahan langit untuk penentuan titik belok awal waktu Shalat Isya mendapatkan nilai akurasi RMSE sebesar 0,0349 dan $R^2$ sebesar 0,9482, sedangkan pada data kecerahan langit untuk penentuan titik belok awal waktu Shalat Shubuh mendapatkan nilai akurasi RMSE sebesar 0,0747 dan $R^2$ sebesar 0,9120. Kemudian didapatkan nilai titik belok awal waktu Shalat Isya pada 4-8 Oktober sebesar 72,81 atau awal waktu Shalat Isya dimulai pukul 18.33 WIB. Sedangkan nilai titik belok awal waktu Shalat Shubuh pada 4-8 Oktober sebesar 7,05 atau awal waktu Shalat Isya dimulai pukul 03.57 WIB.



**Kata kunci**: Kecerahan Langit, Awal Waktu Shalat, *Support Vector Regression*, *Restricted Cubic Spline*, Titik Balik





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


**Prediction of Prayers Time Based on The Inflection Point of Sky Brightness Using Support Vector Regression and Restricted Cubic Spline Methods**

The research on the sky brightness is one of the important factors for astronomical observations. Sky brightness data used to obtained the device SQM at LAPAN BPAA Pasuruan and used to determine the initial accuracy of the Fajr Prayer times and Isha Prayers. In this study, three process were carried out to predict the start Prayer times, which are prediction process using Support Vector Regression, process the formation of regression models using Restricted Cubic Spline, and the last process is determining the turning point. The prediction of sky brightness data for determine the initial turning point when the Isha Prayer time using the Support Vector Regression gets an accuracy value RMSE is 0.05146 and MAPE is 0.23%, while determine the initial turning point when the Fajr Prayers get a value RMSE is 0.26974 and MAPE is 2.28%. The formation regression equation model uses Restricted Cubic Spline in the sky brightness data for the determination of the initial turning point when the Isha Prayer gets the accuracy value of RMSE is 0.0349 and $R_2$ is 0.9482, while determine the initial turning point when the Fajr Prayer get an accuracy value of RMSE is 0.0747 and $R_2$ is 0.9120. The initial turning point value for Isha Prayer time on October $4^{th} - 8^{th}$ was 72.81 or the beginning of the Isha Prayer time starting at 18.33 WIB. While the initial turning point value for Fajr prayer on October $4^{th} - 8^{th}$ of 7.05 or the beginning of the Isha Prayer starts at 03.57 WIB.



**Keywords**: Sky Brightness, Early Prayer Times, Support Vector Regression, Restricted Cubic Spline, Turning Point





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 TABEL** . . . . . **xii**
**ABSTRAK** . . . . . **xiii**
**ABSTRACT** . . . . . **xiv**
**I PENDAHULUAN** . . . . . **1**
1.1. Latar Belakang Masalah . . . . . 1
1.2. Rumusan Masalah . . . . . 7
1.3. Tujuan Penelitian . . . . . 7
1.4. Manfaat Penelitian . . . . . 8
1.5. Batasan Masalah . . . . . 8
1.6. Sistematika Penulisan . . . . . 9
**II TINJAUAN PUSTAKA** . . . . . **11**
2.1. Kecerahan Langit . . . . . 11
2.1.1. Definisi . . . . . 11
2.1.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kecerahan langit . . . . 14
2.1.3. Alat Pengukur Kecerahan Langit . . . . . 18
2.2. Support Vector Regression (SVR) . . . . . 20
2.2.1. Definisi . . . . . 20
2.2.2. Fungsi Kernel . . . . . 29



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

2.3. *Restricted Cubic Splines* (RCS) . . . . . 31
2.4. Evaluasi Model . . . . . 33
2.5. Titik Belok . . . . . 35
2.6. Integrasi Keislaman . . . . . 39
**III METODE PENELITIAN . . . . . 41**
3.1. Jenis Penelitian . . . . . 41
3.2. Sumber Data . . . . . 41
3.3. Pengumpulan Data . . . . . 42
3.4. Alur Penelitian dan Tahap Pengolahan Data . . . . . 42
**IV HASIL DAN PEMBAHASAN . . . . . 47**
4.1. Analisis Data . . . . . 47
4.2. *Support Vector Regression* . . . . . 55
4.3. *Restricted Cubic Spline* . . . . . 63
4.4. Titik Belok . . . . . 70
**V PENUTUP . . . . . 74**
5.1. Simpulan . . . . . 74
5.2. Saran . . . . . 75
**DAFTAR PUSTAKA . . . . . 76**
**VI Tabel Data Rata-Rata Bulan Agustus 2019 . . . . . 82**

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 Keterangan Kecerahan Langit Malam Skala Bortle (*Bortle Dark-sky scale*) . . . . . 14

2.2 Tingkat Keakuratan MAPE . . . . . 34

4.1 Data Kecerahan Langit Agustus - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal Waktu Shalat Isya . . . . . 48

4.2 Data Kecerahan Langit Agustus - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal Waktu Shalat Shubuh . . . . . 49

4.3 Data Rata-Rata Kecerahan Langit Agustus - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal Waktu Shalat Isya . . . . . 52

4.4 Data Rata-Rata Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal Waktu Shalat Shubuh . . . . . 53

4.5 Pola Input Data Training (Contoh Data Acak) . . . . . 55

4.6 Titik-Titik Knot yang Optimal untuk Data Kecerahan Langit . . . . 68

4.7 Estimasi Koefisien *Spline*untuk Data Kecerahan Langit Pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB . . . . . 68

4.8 Estimasi Koefisien *Spline* untuk Data Kecerahan Langit Pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB . . . . . 68

4.9 Hasil Perhitungan Titik Belok Awal Waktu Shalat Isya . . . . . 73

4.10 Hasil Perhitungan Titik Belok Awal Waktu Shalat Shubuh . . . . . 73




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 Kecerahan Langit Malam Skala Bortle (*Bortle Dark-sky scale*) . . . 14
2.2 Ilustrasi Fase Bulan . . . . . 17
2.3 Alat Fotometer . . . . . 18
2.4 Macam-Macam Alat SQM . . . . . 19
2.5 Ilustrasi *Support Vector Regression* SVR . . . . . 23
2.6 Ilustrasi Titik Belok . . . . . 36

3.1 Alur Penelitian . . . . . 43
3.2 Alur Pengolahan Data Menggunakan SVR . . . . . 44
3.3 Alur Pengolahan Data Mencari Titik Belok . . . . . 46

4.1 Data Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal waktu Shalat Shubuh . . . . . 48
4.2 Data Kecerahan Langit 1 Agustus 201 - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal waktu Shalat Shubuh . . . . . 50
4.3 Data Rata-Rata Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal Waktu Shalat Isya . . . . . 53
4.4 Data Rata-Rata Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal Waktu Shalat Shubuh . . . . . 54
4.5 Proses *Training* Data Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 . . . . . 60
4.6 Proses *Training* Data Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 . . . . . 61
4.7 Proses *Testing* Data Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 . . . . . 62
4.8 Proses *Testing* Data Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 . . . . . 62
4.9 Plot Garis *Restricted Cubic Spline* pada Data Hasil Prediksi . . . . . 69
4.10 Plot Garis *Restricted Cubic Spline* pada Data Hasil Prediksi . . . . . 70




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

Alam semesta sangatlah besar dan luas karena selalu berkembang seiring dengan perubahan waktu. Galaksi ada di setiap bagian dalam alam semesta dan setiap galaksi itu sendiri berisi banyak sekali benda-benda langit, diantaranya adalah komet, planet, satelit, asteroit, bintang, dan benda langit lainnya (Scott, 2007). Matahari merupakan benda langit yang dinamis, sejenis bintang yang terdekat dengan Bumi dengan jarak sekitar 149.680.000 km. Berbagai aktivitas yang terjadi pada Matahari memiliki pengaruh terhadap kondisi di Bumi. Energi yang sampai pada permukaan Bumi dapat berdampak terhadap kehidupan makhluk hidup di Bumi, seperti manusia, tumbuhan, hewan, termasuk mempengaruhi keadaan metabolisme, fisiologis dan psikologis, serta komunikasi dan sosialisasi. Selain itu, tingkat aktivitas Matahari berpengaruh besar terhadap kondisi atmosfer Bumi dimana dapat menyebabkan gangguan komunikasi, saluran radio, komponen elektronik satelit, kemunculan aurora, serta salah satunya adalah mempengaruhi tingkat kecerahan langit (Azzahidi dkk., 2011) seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Krisciunas (1997) menunjukkan bahwa kecerahan langit malam dipengaruhi oleh aktivitas Matahari terhadap atmosfer (Maula dkk., 2014).

Kecerahan langit malam merupakan salah satu faktor yang penting untuk observasi astronomi. Hal tersebut dikarenakan ketika langit malam semakin gelap, maka semakin banyak pula benda langit yang nampak. Kecerahan langit malam



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 berpengaruh penting dalam menjaga tata kehidupan makhluk hidup di Bumi serta pemeliharaan ekosistem, terutama untuk makhluk hidup yang beraktivitas di malam hari, seperti tumbuhan dan hewan *nocturnal*. Ketika langit malam terlalu terang, hal itu dapat mengubah pola prilaku, siklus perkembang biakan dan migrasi dari beberapa jenis hewan, serta berdampak pada kemampuan tumbuhan dalam merespon perubahan kecerahan lingkungannya (Muttaqim dkk., 2018).

Banyak organisasi dari berbagai bidang yang mulai memberi perhatian pada permasalah kecerahan langit, seperti Himpunan Astronomi Internasional (IAU – *International Astronomical Union*) yang membentuk komisi 50 sebagai kelompok kerja untuk menangani polusi cahaya, Asosiasi Langit Gelap Internasional (IDA – *International Dark-Sky Association*) yang aktif melakukan kampanye langit gelap dan melakukan penelitian tentang dampak ekspos cahaya berlebih bagi makhluk hidup, dan ada juga IESNA (*Illuminating Engineering Society of North America*) serta ILE (*The Institution of Lighting Engineers*) di Inggris (Al Faruq , 2013). Sedangkan jika di Indonesia, penelitian tentang polusi cahaya dan kecerahan langit malam dilakukan oleh Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional (LAPAN). Semua pengamatan mengenai kecerahan langit malam tersebut bertujuan untuk menyadarkan masyarakat mengenai pentingnya mengetahui kegelapan langit malam karena hal itu sangat berpengaruh terhadap keseimbangan hidup semua makhluk di Bumi (Utama, 2018).

Terdapat beberapa alat untuk mengukur tingkat kecerahan langit, salah satunya adalah fotometri. Alat fotometri memerlukan waktu yang panjang dan peralatan yang cukup mahal, sehingga muncul alat yang lebih modern dan lebih sederhana untuk mengukur tingkat kecerahan langit, yaitu *Sky Quality Meter* (SQM). Alat SQM menghasilkan nilai dengan satuan magnitudo per satuan detik

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

busur kuadrat (MPDB), sehingga dapat mempermudah penelitian (Al Faruq , 2013). Penggunaan alat SQM untuk mengukur kecerahan langit pernah dilakukan oleh beberapa penelitian sebelumnya, antara lain (Dhani dkk., 2011), (Herdiwijaya dkk., 2012), (Herdiwijaya, 2016) , (Herdiwijaya, 2014).

Penelitian mengenai kecerahan langit dengan alat SQM dapat juga digunakan untuk menguji kadar polusi cahaya, ketepatan waktu gerhana bulan maupun gerhana matahari, dan juga ketepatan awal waktu Shalat Shubuh dan awal waktu Shalat Isya (Al Faruq , 2013). Perputaran Bumi maupun planet-planet lainnya terhadap porosnya dapat menyebabkan pergantian siang dan malam (*Twilight*), berupa fajar dan senja, atau yang lebih sering dikenal dengan istilah fenomena terbit (*rise*) dan tenggelam (*set*). Waktu fajar merupakan periode transisi dari waktu malam menuju waktu siang, begitu pula sebaliknya disebut dengan waktu senja. Menurut penelitian, dalam satu hari permukaan Bumi yang mengalami siang sekitar 42-45%, sedangkan malam hari mencakup 33-35%. Terdapat beberapa daerah transisi dengan peralihan siang menuju malam sebesar 20-25%. Kompleksitas dapat terjadi karena waktu fajar dan senja sangat peka terhadap atmosfer, yaitu selubung lapisan berupa udara tipis yang menyelimuti planet (Herdiwijaya, 2016).

Dalam hal peribadatan, ibadah umat Islam tidak hanya ditentukan oleh posisi dan kenampakan obyek langit berupa Matahari dan Bulan saja, tetapi juga bergantung terhadap atmosfer Bumi yang berlapis-lapis dengan interaksi jejak pembiasan cahaya Matahari yang kompleks, yaitu saat waktu fajar dan senja. Penentuan awal waktu fajar untuk ibadah Shalat Shubuh bervariasi untuk setiap negara. Dalam al-Qur'an surah al-Isra' ayat 78 menerangkan bahwa awal waktu Shalat Isya ditandai dengan mulai hilangnya cahaya merah (*asy-syafaq al-ahmar*)

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

di langit sebelah barat sebagai tanda mulainya malam yang gelap. Sedangkan awal waktu Shalat Subuh dimulai sejak terbit fajar (fajar shadiq) sampai akan terbit Matahari sebagaimana yang disebutkan pada hadits ’Abdullah bin ’Amr (HR.Muslim no.612) (Alimuddin , 2012). Sedangkan menurut acuan, penggunaan rentang sudut elevasi Matahari yaitu antara -15 sampai -20, begitu pula untuk awal waktu Shalat Isya (Herdiwijaya, 2016). Kementrian Agama Republik Indonesia sudah menetapkan acuan untuk waktu Shalat Shubuh ketika sudut depresi Matahari 20 di bawah ufuk dan sudut depresi Matahari 18 di bawah ufuk untuk awal waktu Shalat Isya (Al Faruq , 2013), sehingga perlu adanya kajian dan analisis ulang sebagai dukungan berbasis data pengamatan dengan perhitungan lebih lanjut, sekaligus sebagai upaya pembelajaran tentang fenomena-fenomena alam, terutama tingkat kecerahan langit malam (Herdiwijaya, 2016). Pada perhitungan awal waktu Shalat yang digunakan biasanya menggunakan ilmu falak yang memerlukan berbagai parameter seperti, sudut deklinasi matahari, deklinasi bulan, dan lain sebagainya. Sedangkan dalam penelitian ini, hanya digunakan satu macam parameter saja yaitu data kecerahan langit dari alat SQM.

Hasil pengukuran dengan alat SQM berupa satuan kecerahan langit MPDB sehingga lebih cepat untuk diteliti mengenai pola atau model dari data, sehingga dapat dilakukan analisis regresi untuk menentukan hubungan antara variabel *independent* dengan variabel *dependent* pada data kecerahan langit tersebut. *Metode Support Vector Regression* (SVR) biasanya digunakan untuk peramalan yang merupakan pengembangan dari *Support Vector Machine* (SVM) dengan metode regresi, sehingga dapat digunakan untuk meramalkan layaknya metode regresi pada pendekatan statistik (Muhammad dkk., 2017). SVR menggunakan konsep *loss function* yang dapat digunakan untuk kasus regresi (Amanda dkk.,

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

2014). Penelitian menggunakan metode SVR sudah banyak dilakukan, seperti pada peramalan curah hujan menggunakan metode SVR-IPSO yang menghasilkan RMSE 0,213389% (Muhammad dkk., 2017), prediksi kurs rupiah terhadap dollar Amerika Serikat yang menghasilkan nilai $R^2$ 99,99% dan MAPE 0,6131% (Amanda dkk., 2014), pemodelan debit sungai dan curah hujan menggunakan dengan hasil model yang bagus (Choy et al., 2014), prediksi pemulihan obligasi korporasi dengan hasil estimasi yang akurat (Nazemi et al., 2017), dan lain sebagainya.

Metode regresi lainnya yang lebih sederhana salah satunya yaitu metode *Restricted Cubic Spline* yang merupakan jenis dari regresi non parametrik dengan asumsi bahwa pola fungsi tidak diketahui sehingga diharapkan mampu mempunyai fleksibilitas yang bagus karena data diharapkan mampu mencari sendiri bentuk estimasi kurva regresinya. Penelitian mengenai penggunaan dari metode ini pernah dilakukan untuk memprediksi model hubungan temperatur dengan produksi *Pytalic Anhydride* dalam proses reaksi oksidasi dengan tingkat signifikan 5% (Asiyah, 2004). Penelitian lain juga pernah dilakukan dengan judul *the Restricted Cubic Spline hazard model* dimana modelnya sangat efisien untuk mengestimasi probabilitas kelangsungan hidup (Herdon and Harrel, 2010). Dari beberapa penelitian tersebut menunjukkan bahwa hasil model persamaan dari metode *Restricted Cubic Spline* memiliki tingkat signifikan yang baik dan fleksibel terhadap pola data yang diberikan.

Penelitian mengenai penentuan titik belok awal waktu sholat pernah dilakukan dengan melihat perubahan kecekungan dari grafik SQM data kecerahan langit malam dan grafik ketinggian Matahari di Telok Kemang, Pantai Cahaya, dan Telok Kemang. Penelitian tersebut menghasilkan awal waktu Shalat Maghrib

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

adalah 18.25 dan awal waktu Shalat Isya adalah 20.09 (Nor, 2012). Penelitia lain yaitu dengan menghitung sudut elevasi matahari dan juga mengukur ketinggian atmosfer. Penelitian tersebut dilakukan di Observatorium Bosscha, Cimahi, Yogyakarta, dan Kupang yang menghasilkan perubahan kecerahan langit mulai terjadi ketika sudut elevasi -170 yaitu sekitar 65 menit sebelum matahari terbit sebagai penentuan awal waktu Shalat Shubuh (Herdiwijaya, 2016). Adapun penelitian mengenai awal waktu Shalat menggunakan data kecerahan langit malam dengan mencari model persamaan regresi polinomial orde 3 kemudian mencari titik beloknya. Penelitian tersebut dilakukan di LAPAN BPAA Pasuruan yang menghasilkan awal waktu Shalat Shubuh sekitar pukul 04.09 - 04.12 (Widodo, 2019).

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu mengenai metode *Support Vector Regression* sebagai metode yang baik untuk peramalan, serta regresi *Restricted Cubic Spline* yang mampu menghasilkan model persamaan yang signifikan, maka pada penelitian ini digunakan kombinasi dari metode *Support Vector Regression* untuk meramalkan tingkat kecerahan langit malam di Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional (LAPAN) Pasuruan dengan koordinat posisi $7^o56'$ LS di waktu yang akan datang. Kemudian dilanjutkan dengan mencari persamaan garis atau model fungsi dari data ramalan menggunakan metode *Restricted Cubic Spline* untuk mengetahui titik belok awal waktu Shalat Shubuh dan Isya.

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat dalam segala bidang, terutama penyadaran kepada masyarakat tentang kondisi langit malam di wilayah Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional (LAPAN), sehingga lebih efisien dalam mengonsumsi energi. Selain itu, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai

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

salah satu acuan untuk menentukan waktu dan lokasi pengamatan yang tepat dengan memanfaatkan data pengukuran kecerahan langit malam, serta yang utama adalah dapat juga digunakan untuk mengetahui awal penentuan waktu Shalat Shubuh dan Isya.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah yang akan diteliti sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil prediksi tingkat kecerahan langit malam di LAPAN BPAA Pasuruan dengan koordinat posisi $7^o56'$ LS menggunakan metode *Support Vector Regression*?
2. Bagaimana hasil model persamaan tingkat kecerahan langit malam di LAPAN BPAA Pasuruan dengan koordinat posisi $7^o56'$ LS menggunakan metode *Restricted Cubic Spline*?
3. Bagaimana hasil perhitungan nilai titik belok terhadap model persamaan *Restricted Cubic Spline* pada data tingkat kecerahan langit malam sebagai penentuan awal waktu Shalat?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil prediksi tingkat kecerahan langit malam di LAPAN BPAA Pasuruan dengan koordinat posisi $7^o56'$ LS menggunakan metode *Support Vector Regression*.
2. Mengetahui hasil model persamaan tingkat kecerahan langit malam di

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

LAPAN BPAA Pasuruan dengan koordinat posisi $7^o56'$ LS menggunakan metode *Restricted Cubic Spline*.

3. Mengetahui hasil perhitungan nilai titik belok terhadap model persamaan *Restricted Cubic Spline* pada data tingkat kecerahan langit malam sebagai penentuan awal waktu Shalat.

## 1.4. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

   Secara teoritis, penelitian ini dapat menambah pengetahuan tentang tingkat kecerahan langit malam yang sangat bermanfaat bagi kehidupan di Bumi dan mengetahui titik belok sebagai penentuan awal waktu Shalat.

2. Manfaat Praktis

   Secara Praktis, bagi masyarakat umum serta bagi penulis, penelitian ini dapat membantu masyarakat untuk mengetahui tingkat kecerahan langit serta akibat dari peristiwa tersebut, seperti dapat mengetahui awal waktu Shalat Subuh dan Isya. Bagi BPAA LAPAN Pasuruan, penelitian ini dapat menambah referensi pada bagian perpustakaan agar dapat dimanfaatkan oleh pihak yang membutuhkan.

## 1.5. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang diperoleh, untuk mempermudah dalam memahami penelitian ini, maka penulis membatasi permasalahan tersebut pada data yang akan diteliti, yaitu data kecerahan langit malam di langit LAPAN BPAA

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

Pasuruan dengan koordinat posisi $7^o56'$ LS, $112^o67'$ BT pada keadaan cuaca yang cerah. Pengambilan lokasi di LAPAN BPAA Pasuruan dikarenakan terdapatnya alat pengukur kecerahan langit SQM serta letaknya yang strategis di atas bukit, sehingga proses pengambilan data oleh alat SQM tidak terganggu oleh polusi cahaya lingkungan sekitar.

### 1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan sistematika penulisan yang terdiri dari lima bab, dimana setiap bab dibagi dalam subbab beserta dengan sistematika penulisan.

Bab I pendahuluan membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penulisan dan sistematika penulisan.

Bab II kajian pustaka membahas tentang beberapa teori yang berhubungan dengan penelitian, meliputi kecerahan langit dan awal waktu Shalat, *Support Vector Regression*, evaluasi model, *Restricted Cubic Spline*, dan titik belok.

Bab III metode peneltian menjelaskan mengenai langkah-langkah dalam penelitian yang meliputi jenis penelitian, objek penelitian, lokasi dan waktu penelitian, pengumpulan data, serta alur dan tahap pengolahan data.

Bab IV pembahasan menjelaskan hasil dari penelitian yaitu analisis tingkat kecerahan langit malam di LAPAN BPAA Pasuruan dengan koordinat $7^o56'$ LS, $112^o67'$ BT beserta perhitungan prediksi pada data kecerahan langit tersebut dengan metode *Support Vector Regression* (SVR). Selanjutnya membentuk model persamaan kecerahan langit malam dengan metode *Restricted Cubic Spline* dan menentukan titik belok dari model persamaan yang dihasilkan untuk mengetahui awal waktu Shalat.

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 akan memaparkan kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

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. Kecerahan Langit

### 2.1.1. Definisi

Kecerahan langit merupakan suatu peristiwa dimana langit menyebarkan cahayanya. Kecerahan langit sangat bervariasi sepanjang hari, seperti pada siang hari ketika cahaya Matahari sampai ke Bumi, hamburan langsung sinar Matahari adalah sumber yang sangat dominan. Sinar Matahari yang berserakan secara tidak langsung datang dari atmosfer maupun dari luar angkasa. Seketika setelah Matahari terbenam atau disebut dengan fenomena senja, cahayanya masih menerangi atmosfer atas secara langsung. Karena jumlah cahaya matahari yang tersebar sebanding dengan julah penghambur (molekul udara) di garis pandang, intensitas cahaya ini berkurang dengan cepat ketika matahari turun lebih jauh di bawah cakrawala dan kurang menerangi atmosfer (Herdiwijaya, 2016).

Fenomena Fajar merupakan salah satu peristiwa dari waktu-waktu istimewa dalam islam. Dalam Al-Quran disebutkan bahwa terdapat tujuh waktu istimewa, yaitu fajar (Shubuh), duha, zuhur, 'ashr, maghrib, isya', dan lail. Setiap terjadi perubahan waktu akan diikuti pula dengan perubahan kondisi langit. Pada saat fajar, langit yang awalnya gelap mengalami perubahan menuju terang. Pada waktu Isya karena posisi matahari $-18^o$ di bawah ufuk, maka saat penetapan Isya' banyak menemui kendala (Widodo, 2019). Terdapat dalil yang menjelaskan masuknya waktu Isya' adalah "*Apabila kalian telah shalat maghrib, maka itu*



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

*waktunya, sampai hilang seberkas cahaya merah di ufuk barat. Lalu setelah kalian shalat isya, itulah waktunya, sampai pertengahan malam*" (HR. Muslim 1416). Perubahan kecerahaan langit dalam astronomi dibagi menjadi dua macam, yaitu *astronomical twilight* dan *nautical twilight*.

Saat menjelang waktu malam hari, Matahari tenggelam di ufuk barat sampai kedalaman $-18^o$ dengan dibedakan dalam 3 kategori senja.

a. Senja Sipil, waktu senja yang dimulai dari posisi seluruh cakram Matahari berada di bawah horizon $-0,5^o$ sampai ketinggian $-6^o$ dibawah horizon. Kondisi langit masih sangat terang, sehingga mudah sekali membedakan benda-benda di sekitar kita.

b. Senja Nautikal, waktu senja antara interval $-6^o$ sampai $-12^o$ dibawah horizon. Tingkat kecerahan langit mulai remang-remang/ mega merah, sehingga batas garis pantai tidak terlihat jelas.

c. Senja Astronomi, Matahari berada pada ketinggian $-12^o$ sampai $-18^o$. Tingkat kecerahan langit sudah semakin pekat, sehingga kita sulit membedakan semua benda tanpa bantuan penerangan.

CIE *Sky Model* (*The International Lighting Commission*) merupakan bentuk penyederhanaan dari Perez *Sky Model* yang dibuat oleh pihak CIE. Terdapat 4 jenis CIE *Sky Model* berdasarkan kondisi awan/langit, yaitu (Gegana, 2019)

1. *Clear*

   Tingkat kecerahan langit bervariasi pada altitude dan azimuth yang berbeda. Bagian paling terang adalah yang terdekat dengan Matahari dan yang tergelap adalah yang berlawanan arah dengan Matahari (Nor, 2012). Tingkat

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

kecerahan horizon berada di antara keduanya. Menggambarkan kondisi langit cerah terik berwarna biru tanpa awan dan kabut uap air.

2. *Intermediate*

   Matahari tidak secerah *clear Sky* dan perubahan tingkat kecerahan langit tidak drastis antara bagian terdekat dan terjauh dari posisi Matahari. Menggambarkan kondisi langit berwarna biru dengan sedikit awan atau kabut uap air.

3. *Overcast*

   Tingkat kecerahan langit bervariasi pada altitude yang berbeda-beda. Bagian tengah/puncak lebih terang 3 kali lipat dbandingkan bagian horizon. Menggambarkan kondisi langit berwarna putih dengan kondisi cerah berawan sehingga sinar Matahari tersebar merata pada langit.

4. *Uniform*

   Tingkat kecerahan langit seragam pada semua altitude dan azimuth.

John E. Bortle (2001), telah mengklasifikasikan langit malam ke dalam 9 kelas pada sebuah skala berdasarkan tingkat kecerahannya. Skala tersebut dinamakan *Bortle Dark-sky scale* atau skala Bortle seperti yang ditunjukkan pada Gambar 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

**Gambar 2.1 Kecerahan Langit Malam Skala Bortle (*Bortle Dark-sky scale*)**

(Sumber: (Muttaqim dkk., 2018))

**Tabel 2.1 Keterangan Kecerahan Langit Malam Skala Bortle (*Bortle Dark-sky scale*)**

| Warna Magnitudo | Kecerahan Langit (mpdbp) | Kelas Bortle | Nama |
|---|---|---|---|
| Hitam (7,6-8,0) | >21,9 | 1 | Excellent dark-sky site |
| Abu-abu (7,1-7,5) | 21,90-21,50 | 2 | Dark sky site |
| Biru (6,6-7,0) | 21,50-21,30 | 3 | Rural sky |
| Hijau (6,3-6,5) | 21,30-20,80 | 3 | Rural sky |
| Kuning (6,1-6,3) | 20,80-20,10 | 4,5 | Rural/Suburban transition |
| Orange (5,6-6,0) | 20,10-19,1 | 5 | Suburban sky |
| Merah (4,6-5,3) | 19,1-18,00 | 6,7 | Bright Suburban, Urban transition |
| Putih (<4,5) | <18,00 | 8,9 | City sky, Inner-city sky |

### 2.1.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kecerahan langit

Kecerahan langit malam di suatu wilayah dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik faktor alami, maupun faktor yang berasal dari aktivitas manusia. Faktor alami yang dimaksud adalah sumber cahaya yang berasal dari benda-benda langit, seperti galaksi Bima Sakti, cahaya zodiak, aurora, emisi cahaya fajar dan senja, serta fase Bulan. Sedangkan faktor yang berasal dari aktivitas manusia maksudnya

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

adalah pencahayaan yang bersumber dari buatan manusia, seperti lampu penerangan jalan, lampu reklame, lampu taman dan lampu penerangan lainnya, sehingga menjadi polusi cahaya bagi kondisi gelapnya langit malam (Nor, 2012).

Salah satu faktor alami yang mempengaruhi kecerahan langit adalah Matahari. Matahari merupakan pusat dari tata surya dengan sumber energi yang tidak terbatas dimana berbagai planet termasuk Bumi dan benda langit lainnya bergerak mengitarinya. Matahari termasuk bintang karena mampu memancarkan cahayanya sendiri yang letaknya paling dekat dengan Bumi (McFadden et al., 2007). Matahari adalah jenis bintang yang cukup khas di galaxi Bima Sakti, dengan jari–jari $3,8 \times 10^{26}$ W dan berumur $4,6 \times 10^{9}$ tahun (McFadden et al., 2007). Cahaya yang dipancarkan oleh Matahari berasal dari hasil reaksi termonuklir yang terjadi di pusat Matahari (Budhi, 2011). Struktur dasar dari Matahari dan sistem tata surya terbentuk bersama dari sebuah awan antar bintang dengan molekul hidrogen sekitar 5 milyar tahun yang lalu. Setelah terjadi penyusutan gravitasi dan keruntuhan, selanjutnya objek terpusatnya menjadi Matahari yang memiliki temperatur cukup panas di pusatnya untuk menyalakan reaksi termonuklir yang kemudian menjadi sumber energi utama untuk seluruh sistem tata surya. Komposisi kimia dari Matahari tersusun atas 92,1% hidrogen dan 7,8% helium, serta 0,1% elemen yang lebih berat atau 1,9% kebanyakan dari massa C, N, O, Ne, Mg, Si, S, Fe (McFadden et al., 2007).

Sumber alami kedua yang mempengaruhi kecerahan langit malam adalah Bulan. Bulan merupakan salah satu satelit alami yang terletak paling dekat dengan Bumi. Bulan tidak dapat memancarkan cahayanya sendiri melainkan dengan memantulkan cahaya dari Matahari. Bentuk Bulan yang sering terlihat dari Bumi seolah-olah berubah dari hari ke hari, tetapi sebenarnya bentuk Bulan tidak pernah

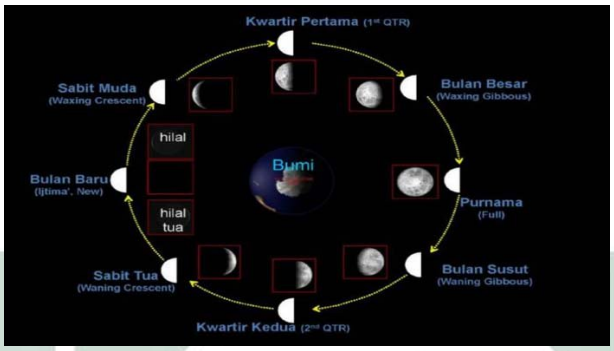
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berubah-ubah. Hal tersebut dikarenakan Bulan melakukan 3 macam gerakan dalam peredarannya, antara lain (Dhani, 2013) rotasi Bulan, revolusi Bulan, dan Bulan bersama Bumi bergerak mengitari Matahari. Rotasi Bulan memerlukan waktu kira-kira 1 Bulan atau sekitar 30-31 hari, sama dengan waktu revolusinya maka penampakan Bulan yang terlihat dari Bumi selalu sama (Triyanta, 2005). Sedangkan revolusi Bulan mengakibatkan kedudukan Bulan terhadap Bumi selalu berubah-ubah setiap saat, sehingga terjadi fase-fase Bulan. Kejadian fase-fase Bulan merupakan proses perubahan bentuk Bulan yang terlihat dari Bumi, seperti Bulan baru, Bulan mati, Bulan sabit, Bulan cembung, dan Bulan purnama. Waktu yang dibutuhkan oleh Bulan dari Bulan mati menuju Bulan baru adalah sekitar 29,5 hari (Triyanta, 2005). Selain itu, akibat dari adanya gaya gravitasi Bumi dan Bulan dapat mempengaruhi pasang surut air laut. Pasang surut air laut juga berkaitan erat dengan fase Bulan dimana air laut akan mengalami pasang yang tinggi pada saat Bulan purnama dan Bulan baru (Warsiman dan Subkan, 2015). Selain bergerak mengitari Bumi, Bulan bersama Bumi juga melakukan gerakan mengelilingi Matahari. Pergerakan tersebut yang mengakibatkan letak Bulan dan Bumi dapat berada dalam satu garis lurus atau sejajar dalam garis orbitnya. Hal tersebut yang kemudian dikenal dengan istilah gerhana.

Fase-fase Bulan merupakan visualisai dari bentuk Bulan yang selalu nampak berubah-ubah apabila dilihat dari Bumi. Hal tersebut dikarenakan bagian Bulan yang terkena sinar Matahari selalu mengalami perubahan secara teratur (Mundilarto dan Istiyono, 2007). Fase-fase Bulan ditentukan oleh konfigurasi kedudukan Bumi, Bulan, dan Matahari. Kalender yang menggunakan peredaran Bulan, tanggal 1 diambil pada saat Bulan baru atau Bulan mati (Admiranto, 2009). Periode fase Bulan adalah satu Bulan sinodik, yaitu Bulan baru, Bulan sabit,

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

perbani awal, Bulan benjol, Bulan purnama, Bulan benjol, perbani akhir, Bulan sabit, dan Bulan baru berikutnya (Mundilarto dan Istiyono, 2007). Fase-fase Bulan ditunjukkan pada Gambar 2.2




**Gambar 2.2 Ilustrasi Fase Bulan**

(Sumber : (Ayres dkk., 2004))

Posisi atau fase 1 pada gambar menunjukkan bahwa Matahari, Bulan, dan Bumi terletak sejajar. Bagian dari Bulan yang tidak mendapat cahaya Matahari mengarah ke Bumi. Akibat dari peristiwa tersebut adalah Bulan tidak nampak jika dilihat dari Bumi dan disebut dengan Bulan baru (Bulan muda).

Posisi atau fase 2 pada gambar menunjukkan bahwa bagian Bulan yang mendapat cahaya Matahari hanya seperempatnya. Akibat dari peristiwa tersebut adalah Bulan yang nampak dari Bumi hanya seperempat dan disebut dengan yang namanya Bulan sabit.

Posisi atau fase 3 pada gambar menunjukkan bahwa bagian Bulan yang terkena sinar Matahari kira-kira sepenuhnya, sehingga yang terlihat dari Bumi juga sepenuhnya. Akibatnya bisa terlihat yang namanya Bulan separuh (kuartir pertama).

Posisi atau fase 4 pada gambar menunjukkan bahwa bagian Bulan yang mendapat cahaya Matahari tiga perempatnya. Akibat dari peritiwa tersebut adalah

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

Bulan yang nampak dari Bumi hanya tiga perempatnya dan disebut dengan yang namanya Bulan cembung.

Posisi atau fase 5 pada gambar menunjukkan bahwa bagian Bulan yang mendapat cahaya Matahari semua bagian Bulan, begitu pula yang nampak dari Bumi dan disebut dengan yang namanya Bulan purnama (kuartir kedua).

### 2.1.3. Alat Pengukur Kecerahan Langit

Fotometer merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah cahaya (intensitas) yang biasanya mendeteksi intensitas cahaya hamburan, penyerapan, juga fluoresensi. alat fotometer ditunjukkan pada Gambar 2.3.

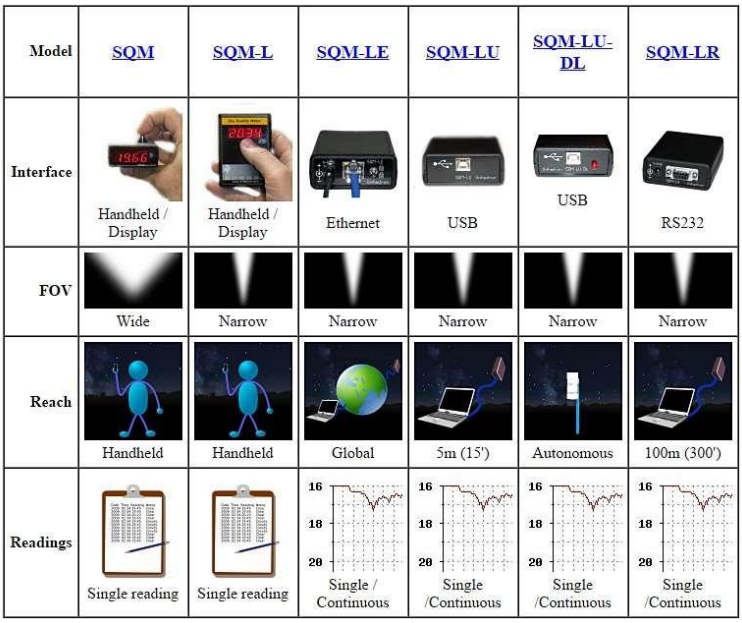
**Gambar 2.3 Alat Fotometer**

(Sumber: sasmedicalkess.blogspot.com)

*Sky Quality Meter* (SQM) merupakan alat fotometer modern dan sederhana, dengan ukuran yang cukup kecil, efektif dibawa kemanapun, dan dengan harga yang masih dibawah harga fotometer. Penelitian menggunakan SQM menghasilkan *output* berupa tingkat kecerahan langit pada malam hari di suatu tempat. Selain itu, alat SQM juga dapat digunakan untuk mendeteksi kemunculan fajar sadik yang merupakan tanda awal untuk masuk waktu Shalat Shubuh. Hasil

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

pengukuran SQM dinyatakan dalam besaran kecerahan langit dengan satuan magnitudo per satuan detik busur persegi (MPDB). Oleh karena itu, hasil *output* dari SQM lebih mudah untuk dilakukan perhitungan ataupun dteliti (Herdiwijaya dkk., 2012). Alat SQM ditunjukkan pada Gambar 2.4.




**Gambar 2.4 Macam-Macam Alat SQM**

(Sumber: www.geoptik.com)

SQM dibuat dengan beberapa model berdasar spesifikasi yang berbeda dari setiap tipenya seperti bidang pandang, pengukuran otomatis, data logging maupun kemampuan mengkomunikasikan data. Model pertama yaitu SQM, memiliki tampilan pembaca data yang dapat dilihat secara langsung oleh pengamat dan bidang pandang yang luas. Pengambilan data menggunakan SQM dilakukan dengan cara diarahkan ke langit atau ke arah yang diinginkan. Pembacaan data yang dapat dilihat secara langsung di setiap pengambilan data merupakan tipe *single reading* yang pencatatan hasil pengamatannya dilakukan secara manual oleh pengamat (Cinzano, 2005). Model kedua yaitu SQM-L (Lens), tipe SQM yang memiliki lensa, yang memiliki spesifikasi hampir sama dengan model 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

SQM. Hal yang membedakan hanya pada bidang pandang yang dimiliki SQM-L yaitu lebih sempit dibanding dengan SQM. Bidang pandang yang sempit akan membuat hasil pengamatan menjadi lebih akurat, karena area cakupan yang sempit dapat meminimalisir cahaya-cahaya yang akan masuk ke dalam area yang diamati (Cinzano, 2005).

Model ketiga yaitu SQM-LE (Lens *Ethernet*). SQM-LE memiliki penghubung pembacaan data hasil pengamatan melalui *ethernet* yang dapat tersambung secara global. Dalam pengamatan, SQM-LE dihubungkan melalui *ethernet* ke komputer pengamat sehingga terkoneksi dengan jaringan LAN86. Pembacaan data hasil pengamatan SQM-LE dapat diambil secara *single* maupun kontinu sesuai dengan interval waktu pengamatan yang dihendaki oleh pengamat (Cinzano, 2005).

Model keempat yaitu SQM-LU (Lens USB), yang tampilan pembaca data hasil pengamatan dihubungkan melalui kabel USB ke komputer pengamat. Yang membedakan dengan SQM-LE adalah SQM-LU tidak memerlukan sambungan *ethernet* ketika pengamatan (Cinzano, 2005). Model kelima yaitu SQM-LU-DL (Lens USB-Data Logger) dengan spesifikasi seperti SQM-LU, namun pada SQM tipe ke lima ini terdapat penambahan fungsi DL yang membuat SQM dapat secara otomatis merekam data dengan baterai adaptor tanpa koneksi komputer ketika pengamatan (Cinzano, 2005). Model keenam yaitu SQM-LR (Lens RS232)

## 2.2. Support Vector Regression (SVR)

### 2.2.1. Definisi

*Support Vector Machines* (SVM) adalah sebuah *machine learning* yang menerapkan prinsip induktif dengan minimalisasi risiko struktural 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

mendapatkan generalisasi yang baik pada sejumlah pola belajar (Basak et al., 2007). *Support Vector Machine* (SVM) merupakan suatu teknik yang tergolong baru yakni mulai tahun 1995 yang digunakan sebagai metode prediksi, baik dalam kasus klasifikasi dan juga regresi (Santosa, 2007) atau disebut dengan *Support Vector Classification* (SVC) dan *Support Vector Regression* (SVR). SVM mengimplementasikan algoritma pembelajaran yang berguna untuk mengenali pola halus dalam suatu set data yang kompleks. Algoritma SVM melakukan diskriminatif klasifikasi dengan contoh untuk memprediksi klasifikasi data sebelumnya tak terlihat. SVM dapat menggeneralisasi struktur tingkat abu-abu yang rumit dengan hanya sedikit support vector, sehingga dengan demikian dapat menyediakan mekanisme baru untuk kompresi citra (Basak et al., 2007). Algoritma *Support Vector* (SV) merupakan generalisasi nonlinear dari algoritma Portrait yang umum dikembangkan di Rusia pada tahun enam puluhan. Burges (1998) menerbitkan sebuah tutorial komprehensif tentang pengklasifikasi SV. Performansi yang sangat baik telah diperoleh dalam aplikasi prediksi terhadap regresi maupun *time series* (Budhi, 2011).

*Support Vector Machine* (SVM) adalah metode yang kegunaan dan kondisi permasalahan sekelas dengan ANN yaitu kelas *supervised learning* yang penerapannya melalui tahap *training* kemudian taham *testing*. Penerapan metode ini biasanya untuk masalah-masalah dalam kehidupan sehari-hari, seperti prediksi finansial, bidang kedokteran, analisis ekspresi, hingga masalah cuaca (Santosa, 2007). SVM menggunakan sistem pembelajaran dengan ruang fitur dimensi tinggi. Hal ini menghasilkan fungsi prediksi yang diperluas pada subset dari support vector. Sebuah versi dari SVM untuk regresi telah diusulkan pada tahun 1997 oleh Vapnik, Steven Golowich, dan Alex Smola yang disebut *Support Vector Regression*

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

(SVR) (Basak et al., 2007). Dalam berbagai implementasi, terbukti bahwa SVM dapat menghasilkan solusi yang lebih baik daripada ANN, dimana SVM dapat menghasilkan solusi yang global optimal sedangkan ANN menghasilkan solusi yang lokal optimal. Dengan teknik tersebut, didapatkan fungsi pemisah yang optimal untuk memisahkan dua set data dari dua kelas yang berbeda. Oleh karena itu, teknik tersebut dapat menarik perhatian orang dalam bidang data *mining* ataupun *machine learning* dikarenakan performansinya yang meyakinkan dalam hal memprediksi kelas suatu data baru (Vapnik , 1995).

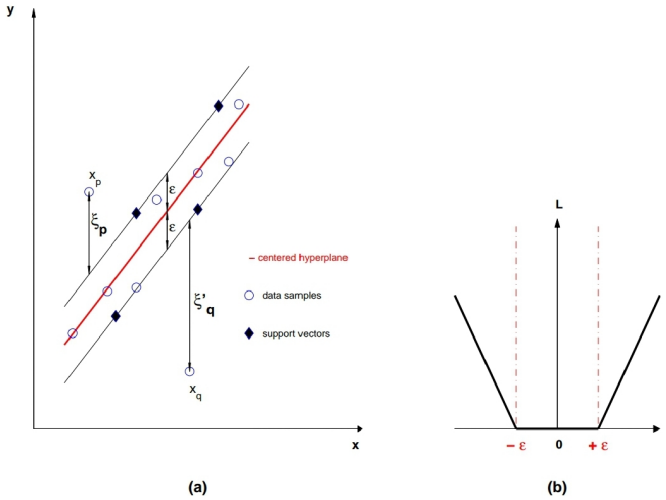
*Support Vector Regression* (SVR) adalah bentuk penerapan yang paling umum dari SVM. Ide dasar yang mendasari *Support Vector* (SV) mesin untuk estimasi regresi. Dalam kasus regresi, *output* adalah angka kontinu. *Support Vector Regression* SVR adalah metode yang bisa mengatasi *overfitting*, sehingga akan menghasilkan kinerja yang baik (Fanani dkk., 2019). Selain itu, *Support Vector Regression* SVR sudah termasuk ringkasan algoritma yang saat ini digunakan untuk melatih SVM, baik yang meliputi pemrograman kuadrat (cembung) dan metode canggih untuk mengatasi dataset yang besar. Akhirnya, beberapa modifikasi dan ekstensi telah diterapkan pada algoritma SV standar (Basak et al., 2007).

Bentuk klasik regresi linier melibatkan peyesuaian model linier untuk data yang diamati dengan cara meminimalkan jumlah kesalahan kuadrat (yaitu residual antara observasi dan model). *Support Vector Regression* SVR merupakan perbaikan atas regresi linier dasar karena dapat diperluas untuk menentukan model non-linier pada data dimensi tinggi. *Support vector*" merupakan sub himpunan dari titik data yang membawa informasi paling banyak. Ide dasar di balik *Support Vector Regression* SVR juga dijelaskan oleh Hamel (2011) bahwa terdapat masalah

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

regresi dimana semua pengamatan dari regresi himpunan data training cocok ke *hypertube* yang mempunyai lebar $2\varepsilon$ dengan $\varepsilon > 0$. Dari permisalan tersebut, dapat dinyatakan bahwa *hypertube* sebagai model regresi dan terdapat *hyperplane* yang berada tepat di tengah *tube* sebagai hasil dari model pengamatan. Terdapat berbagai cara untuk meletakkan *hypertube* dengan lebar $2\varepsilon$ dan masih memasukkan semua *training* pengamatan yang terkandung dalam *tube*.Persekutuan *hypertube* optimal dicapai ketika jarak pengamatan dari *hyperplane* pusat dimaksimalkan.

Pengamatan yang tidak terkandung dalam *hypertube* $2\varepsilon$ diperhitungkan dengan memperkenalkan dua variabel *slack* $\xi_i$ (untuk pengamatan di atas *hypertube*) dan $\xi_i^*$ (untuk pengamatan di bawah *hypertube*). Variabel-variabel ekstra mengambil nilai-nilai sesuai dengan fungsi eror (*loss function*) L sebagai penalti data pengamatan yang terletak di luar. *hypertube* (Parkan, 2012) dimana $\varepsilon$ yang disebut dengan *hypertube* merupakan garis yang mengapit *hyperplane* atau garis diantara *hyperplane*.




**Gambar 2.5 Ilustrasi *Support Vector Regression* SVR**

(Sumber: (Parkan, 2012))

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

Pada Gambar 2.5 (a) menunjukkan bahwa pusat *hyperplane* selaras dalam *hypertube* $2\varepsilon$ Titik-titik pada tepi *hypertube* yang disebut dengan *support vector*. Sedangkan pada Gambar 2.5 (b) menunjukkan bahwa variabel *slack* sama dengan nol dalam *tube* $2\varepsilon$ dan meningkatkan poin di luar sesuai dengan fungsi eror (*loss function*) L (di sini $\varepsilon$ linier tidak termasuk fungsi eror (loss function))

*Support Vector Regression* SVR dapat dijadikan sebagai metode peramalan jangka panjang karena *output* global optimasi yang berarti regresi/parameter yang akan dipilih dapat menjadi regresi/parameter untuk semua periode selanjutnya tidak hanya pada periode tertentu. Pemilihan regresi atau parameter juga didasarkan atas seluruh data historis yang ada, tidak hanya data pada periode tertentu. Pemilihan parameter tersebut yang membuat hasil *output* tidak berubah-ubah walau dengan berkali-kali iterasi karena tidak terdapat angka random di dalamnya. Seperti yang sudah dijelaskan, *output* dari *Support Vector Regression* SVR berupa bilangan kontinu, sedangkan SVM memiliki *output* bilangan diskrit berupa klasifikasi data (Osuna, 1999).

Fungsi basis yang banyak digunakan pada pendekatan non parametrik adalah fungsi kernel. Model linier untuk fungsi regresi seperti pada Persamaan (2.1).

$$y(x) = w^T \phi(x) + b \tag{2.1}$$

Dimana $b$ adalah bias. Pada model regresi linier tersebut, untuk mendapatkan parameter bobot $w$ dan bias $b$ yaitu dengan cara meminimumkan fungsi eror yang diregularisasi (mengatur agar model matematika mengikuti pola data atau mengontrol adanya *over-fitting*) dengan cara menambah pinalti ke fungsi eror. Secara matematis, ini adalah masalah optimasi yang dibatasi dimana tujuannya adalah untuk meminimalkan nilai-nilai variabel *slack* sementara

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

memaksimalkan jarak (margin) antara *hyperplane* dan data pengamatan dalam *hypertube* tersebut.

Memaksimalkan margin setara dengan meminimalkan $\|\vec{w}\|^2$ yaitu nilai vektor bobot. Perhitungan untuk mencari panjang vertor adalah dengan menghitung akar dari jumlah selisih vektor kuadrat, sehingga ketika panjang vektor $\|\vec{w}\|$ di kuadratkan, maka akan menjadi skala bobot $\vec{w}$. Sebagai contoh diberikan satu himpunan dari *m*-pasang pengamatan $D = (\vec{x}_i, y_i), (\vec{x}_i, y_i), \ldots, (\vec{x}_m, \vec{y}_m)$ dengan dimensi $\vec{x}$ menjadi jumlah fitur seperti yang ditunjukkan pada Persamaaan (2.4).

$$min \left[ \frac{1}{2}\|\vec{w}\|^2 + \overbrace{C}^{parameterregularisasi} \sum_{i=1}^{m} (\xi_i + \xi_i^*) \right] \tag{2.2}$$

Dengan kendala, $\begin{cases} y_i - \vec{w}^T \vec{x}_i - b \ \leq \ \varepsilon + \xi_i \\ \left(\vec{w}^T \vec{x}_i + b\right) - y_i \ \leq \ \varepsilon + \xi_i^* \\ {}_i, \ \xi_i^* \ \geq \ 0, \ i = 1, 2, 3, ..., m \end{cases}$

Kendala pertama merupakan syarat yang harus dipenuhi ketika data ramalan maupun data aktual berada diatas *hyperplane* (*hypertube* atas), sedangkan kendala kedua merupakan syarat yang harus dipenuhi ketika data ramalan maupun data aktual berada dibawah *hyperplane* (*hypertube* bawah). Nilai $\varepsilon$ pada setiap kendala bernilai positif $(\varepsilon \ \geq \ 0)$ baik untuk $\varepsilon$ *hypertube* atas maupuan $\varepsilon$ *hypertube* bawah. Kendala ketiga merupakan interpretasi dari pinalti yang didapatkan ketika data ramalan berada diluar *hypertube*, dimana nilai dari $\xi_i$ maupun $\xi_i^*$ bernilai positif.

Diketahui bahwa parameter *C* telah dimasukkan dalam Persamaan (2.2). Parameter ini (regularisasi) memberikan kontrol pada keseimbangan antara

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

maksimalisasi margin dan minimalisasi variabel *slack*. Nilai *C* yang kecil akan membatasi pengaruh variabel *slack* dan akan mendukung model sederhana (dengan kesalahan besar). Di sisi lain, nilai *C* yang besar akan menghasilkan model yang lebih kompleks dengan kecocokan data pengamatan yang lebih baik (error lebih kecil). Meskipun didapatkan hasil yang baik pada himpunan data pengamatan, model yang kompleks menanggung risiko tidak cocok ketika data pengamatan yang baru ditambahkan pada permasalahan tersebut (*overcomplexity* yang mengarah pada ketidakmerataan). Pada akhirnya, model terbaik adalah dengan menggabungkan antara kompleksitas dan eror (Parkan, 2012).

*Loss function* merupakan fungsi yang menunjukkan hubungan antara eror dengan bagaimana eror tersebut terkena pinalti. Dengan adanya perbedaan *loss function* akan menyebabkan formulasi *Support Vector Regression* (SVR) yang berbeda-beda (Mubarok, 2015). Terdapat 2 jenis *loss function* yang sering digunakan, yaitu $\varepsilon$-*insensitive* dan *quadratic loss function* (Caraka, 2017). *Loss function* yang paling sederhana adalah $\varepsilon$-*insensitive loss function* seperti pada Persamaan (2.3).

$$L_\varepsilon(y) = \begin{cases} 0 & ; untuk\ |f(x) - y| \leq \varepsilon \\ |f(x) - y| - \varepsilon & ; untuk\ yang\ lain \end{cases} \tag{2.3}$$

Dimana *f(x)* merupakan data ramalan dan *y* merupakan data asli. Masalah pemrograman kuadrat pada penentuan parameter *w* dan *b* dapat diselesaikan dengan menggunakan metode perkalian Lagrange $\alpha_i \geq 0,\ \alpha_i^* \geq 0,\ \mu_i \geq 0$, dan $\mu_i^* \geq 0$ dengan satu pengali Lagrange untuk setiap kendala seperti pada Persamaan (2.4).

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

$$
\begin{aligned}
L\left(w, b, \alpha_i, \alpha_i^*, \mu, \mu^*\right) &= C \sum_{i=1}^{m}\left(\xi_i+\xi_i^*\right)+\frac{1}{2}|\vec{w}||^2+\sum_{i=1}^{m}\left(\mu_i \xi_i+\mu_i^* \xi_i^*\right) \\
&-\sum_{i=1}^{m} \alpha_i\left(\varepsilon+\xi_i+\left(w^T \phi(x)+b\right)-y\right) \\
&-\sum_{i=1}^{m} \alpha_i^*\left(\varepsilon+\xi_i^*+\left(w^T \phi(x)+b\right)-y\right) \qquad (2.4)
\end{aligned}
$$

Kemudian turunkan L terhadap $w, b, \xi_i, \xi_i^*$

$$
\begin{aligned}
\frac{\partial L}{\partial w} &= w-\sum_{i=1}^{m}\left(\alpha_i-\alpha_i^*\right) \phi\left(x_i\right)=0 \rightarrow w=\sum_{i=1}^{m}\left(\alpha_i-\alpha_i^*\right) \phi\left(x_i\right) \qquad (2.5) \\
\frac{\partial L}{\partial b} &= \sum_{i=1}^{m}\left(\alpha_i-\alpha_i^*\right)=0 \qquad (2.6) \\
\frac{\partial L}{\partial \xi_i} &= C-\alpha_i-\mu_i=0 \rightarrow C=\alpha_i+\mu_i \qquad (2.7) \\
\frac{\partial L}{\partial \xi_i^*} &= C-\alpha_i^*-\mu_i^*=0 \rightarrow C=\alpha_i^*+\mu_i^* \qquad (2.8)
\end{aligned}
$$

Substitusikan pada Persamaan Lagrangian sehingga menjadi bentuk dual dari masalah *Support Vector Regression* SVR (maksimasi).

$$
max\left[\sum_{i=1}^{m} y_i\left(\alpha_i-\alpha_i^*\right)-\varepsilon \sum_{i=1}^{m}\left(\alpha_i-\alpha_i^*\right)-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m}\left(\alpha_i-\alpha_i^*\right)\left(\alpha_j-\alpha_j^*\right)\left(\vec{x}_i-\vec{j}_j\right)\right] \qquad (2.9)
$$

Dengan syarat, $\begin{cases} 0 \leq \alpha_i \leq C \\ 0 \leq \alpha_i^* \leq C \\ \sum_{i=1}^{m} \alpha_i^*=\sum_{i=1}^{m} \alpha_i \end{cases}$

Masalah optimasi kuadrat ini dapat diselesaikan secara numerik dengan menggunakan metode berbeda. Pada akhirnya, model regresi optimal *f(x)* seperti

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

pada Persamaan (2.10).

$$f(x) = \sum_{i=1}^{m} (\alpha_i - \alpha_i^*) \left( \underbrace{\vec{x}_i \vec{x}}_{dot\ product} \right) + b \tag{2.10}$$

Pengoptimalan vektor bobot $\vec{w}^*$ dikaitkan dengan fitur yang menyediakan kemampuan untuk mengurutkan fitur menurut kepentingan relatif (seberapa informatif fitur) dalam menentukan hasil dari prediksi. Hal ini diberikan pada Persamaan (2.11).

$$\vec{w}^* = \sum_{i=1}^{m} (\alpha_i - \alpha_i^*) \vec{x}_i \tag{2.11}$$

Algoritma yang disajikan tersebut dapat disesuaikan dengan regresi non-linier. Ekstensi untuk masalah nonlinier dimungkinkan dengan memanfaatkan bukti yang dibuat oleh matematikawan James Mercer (1883-1932) yang menyatakan bahwa beberapa fungsi definit positif (kernel) dapat dinyatakan sebagai produk titik di ruang dimensi tinggi yang disebut teorema Mercer. Implikasi praktis dari teorema ini pada metode *Support Vector Regression* SVR adalah bahwa pengamatan dapat dipetakan ke ruang dimensi yang lebih tinggi di mana mereka memiliki struktur linier, tanpa menghitung pemetaan eksplisit. Model regresi yang baru untuk kasus non-linier dituliskan pada Persamaan (2.12).

$$f(x) = \sum_{i=1}^{m} (\alpha_i - \alpha_i^*) K(\vec{x}_i, \vec{x}) + b \tag{2.12}$$

Substitusi $K(\vec{x}_i, \vec{x})$ disebut trik kernel yang berperan penting sebagai jantung pada metode *Support Vector Regression* SVR (Parkan, 2012). Dimana *x* merupakan data, dan *i=1,2,3,..,m* merupakan banyaknya data.

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

### 2.2.2. Fungsi Kernel

Pendekatan metode kernel memiliki empat aspek utama. Pertama, data masuk ke dalam *euclidean feature space*. Kedua, hubungan linier yang dicari pada *feature space*. Ketiga, ketika algoritma diimplementasikan, hanya inner produk antara vektor dalam *feature space* yang diperlukan. Keempat, produk dapat langsung dihitung dari data asli oleh efisien atau yang dikenal sebagai fungsi kernel. Hal ini juga dikenal sebagai kernel *trick* (Caraka, 2017).

Teknik data *mining* maupun *machine learning* dikembangkan dengan asumsi linearitas, sehingga algoritma yang dihasilkan masih sebatas kasus dengan persamaan yang linier (Santosa, 2007). Oleh sebab itu, untuk mengatasi masalah non-linier menggunakan algoritma *Support Vector Regression* (SVR) adalah dengan mengubah data menuju ke dimensi yang lebih tinggi, sehingga digunakan sebuah fungsi kernel (Arumsari dkk., 2017). Kelebihan dari fungsi kernel adalah memiliki hubungan dengan ruang fitur yang berdimensi lebih tinggi tanpa menggunakan perhitungan pemetaan eksplisit. Kinerja dari algoritma *Support Vector Regression* SVR ditentukan oleh jenis kernel yang gunakan dan juga pengaturan parameter kernel (Maulana dkk., 2009).

Dalam belajar mesin terminologi, ruang asli yang disebut ruang *input* dan ruang baru implisit dipetakan menggunakan trik kernel bernama ruang fitur. Kernel tidak hanya mendefinisikan produk titik ruang fitur, tetapi juga dapat dilihat sebagai ukuran kesamaan antara dua vektor yang memberikan nilai skalar unik yang mendefinikan kesamaan antara dua vektor sama panjang. Pada ruang *input* fungsi kernel, K hanyalah titik produk linier (kernel linier, bahkan jika secara teknis itu tidak benar-benar kernel).

Hal yang penting untuk dicatat bahwa tidak semua fungsi dapat digunakan

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

sebagai kernel. Menurut Mercer, hanya fungsi definit positif yang cocok. Penggunaan kernel linier dan kernel Gaussian relatif mudah. Secara umum linier dan kernel Gaussian sangat cocok untuk sebagian besar jenis fitur. Salah satu hal penting dalam algoritma *support vector* yang dibahas sampai sekarang adalah bahwa hanya memungkinkan memilih satu kernel untuk semua fitur (Parkan, 2012). Sedangkan fungsi kernel yang biasanya dipakai adalah *Radial Basis Function* (RBF) kernel (Maulana dkk., 2009) yang ditunjukkan pada Persamaan (2.13).

$$K\left(\vec{x}_i, \vec{x}_j\right) = exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}\right)\left(\vec{x}_i - \vec{x}_j\right) \tag{2.13}$$

Dengan $\sigma$ adalah standart deviasi. Fungsi kernel Linear ditunjukkan padda Persamaan (2.14).

$$K\left(\vec{x}_i, \vec{x}_j\right) = \vec{x}_i^T\ \vec{x}_j \tag{2.14}$$

Fungsi kernel Polinomial ditunjukkan pada Persamaan (2.15) (Arumsari dkk., 2017).

$$K\left(\vec{x}_i, \vec{x}_j\right) = \left(\left(\vec{x}_i \vec{x}_j\right) + 1\right)^p \tag{2.15}$$

Dengan $p$ adalah sebuah konstanta dimana $p > 0$. Fungsi kernel Gaussian ditunjukkan pada Persamaan (2.16).

$$K\left(\vec{x}_i, \vec{x}_j\right) = exp\left(\frac{\|\vec{x}_i - \vec{x}_j\|^2}{2\sigma^2}\right) \tag{2.16}$$

Dengan $\sigma$ adalah standar deviasi yang dapat dihitung menggunakan Persamaaan (2.17).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(x_i - \overline{x}\right)^2} \tag{2.17}$$

$N$ merupakan jumlah data dan $\overline{x}$ merupakan nilai rata-rata data. Fungsi

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

kernel perpotongan Histogram ditunjukkan pada Persamaan (2.18).

$$K\left(\vec{x}_i, \vec{x}_j\right) = \sum_{i=1}^{m} min\left(\left(\vec{x}_i \vec{x}_j\right) + 1\right)^p \tag{2.18}$$

## 2.3. *Restricted Cubic Splines* (RCS)

Analisis regresi merupakan suatu ilmu yang berguna untuk mengetahui hubungan antara variabel respons (*dependent*) terhadap satu atau lebih variabel predictor *independent*. Estimasi kurva regresi dibagi menjadi regresi parametrik dan regresi non parametrik. Pada regresi parametrik diasumsikan bahwa pola fungsi diketahui dan didasarkan pada teori atau adanya sumber-sumber lain yang mampu memberikan informasi yang rinci, seperti linear, kuadratik, polinomial derajat-*p*, eksponensial, kubik, dan lain-lain. Sedangkan regresi nonparametrik digunakan apabila terdapat informasi mengenai bentuk dan pola hubungan angtar variabel prediktor dan variabel respon (Tripana, 2011).

Regresi nonparametrik mempunyai fleksibilitas yang bagus karena data diharapkan mampu mencari sendiri bentuk estimasi kurva regresinya. Beberapa teknik estimasi yang dapat dilakukan pada regresi nonparametrik adalah pendekatan histogram, estimator *kernel*, deret *orthogonal*, analisis *wavelet*, MARS, deret *Fourier*, *spline*, dan lain-lain. Pendekatan *spline* memiliki suatu basis fungsi yang biasa digunakan, yaitu *spline truncated* dan *B-spline*.

*Spline* merupakan salah satu jenis *piecewise polynomial* yakni polinomial yang memiliki sifat tersegmen yang membuatnya memiliki sifat fleksibilitas lebih tinggi terhadap karakteristik fungsi suatu data daripada polinomial biasa dan tetap memperhatikan kemulusan kurva (Yani et al., 2017). Regresi *spline* linier umumnya digunakan pada data dengan pola yang masih sederhana, sedangkan *spline* kuadrat

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

dan kubik biasanya digunakan pada data dengan pola yang lebih kompleks.

Bentuk estimator *spline* sangat dipengaruhi oleh nilai parameter penghalus $\lambda$ yang merupakan pemilihan lokasi knot beserta dengan banyaknyaa knot yang digunakan (Tripana, 2011). Fungsi kendala untuk membuat linear adalah $k + 3 \rightarrow k - 1$ parameter. Sedangkan untuk membentuk linearitas ketika $X < a$

Pemilihan titik knot dapat dilakukan melalui berbagai cara, seperti persentil yang ditunjukkan pada Persamaan (2.19), maupun kuantil yang ditunjukkan pada Persamaan (2.20) (Asiyah, 2004).

$$P_i = \frac{i(n+1)}{100} \tag{2.19}$$

$$Q_i = \frac{i(n+1)}{4} \tag{2.20}$$

Dimana $P_i$ merupakan persentil ke-*i*, $Q_i$ merupakan kuartil ke-*i*, dan *n* adalah jumlah data

Fungsi *restricted cubic spline* (RCS) dengan *k* knot, yaitu $t_1, ..., t_k$ diberikan pada Persamaan (2.21).

$$f(X) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + ... + \beta_{k-1} X_{k-1} \tag{2.21}$$

Dimana $X_1 = X$ dan untuk $j = 1, 2, ..., k - 2$

$$\mathrm{X}_{j+1} = (X - t_j)_+^3 - (X - t_{k-1})_+^3 \frac{(t_k - t_j)}{(t_k - t_{k-1})} + (X - t_k)_+^3 \frac{(t_{k-1} - t_j)}{(t_k - t_{k-1})} \tag{2.22}$$

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

$X_j$ linier pada X untuk $X \geq t_k$.

Ketika nilai $\beta_0, ...\beta_{k-1}$ diestimasi, fungsi *restricted cubic spline* (RCS) dapat di bentuk seperti pada Persamaan (2.23).

$$f(X) = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 (X - t_1)_+^3 + ... + \beta_{k+1}(X - t_k)_+^3 \tag{2.23}$$

Matriks estimasi nilai $B(\lambda)$ dituliskan pada Persamaan (2.24).

$$B(\lambda) = (B(\lambda)^T B(\lambda))\ B(\lambda)^T\ y \tag{2.24}$$

Dengan membagi $\beta_2, ..., \beta_{k-1}$ dengan $\tau$ dan menghitung nilai estimasi 2 koefisien knot terakhir menggunakan Persamaan (2.25).

$$\begin{aligned} \beta_k &= \frac{[\beta_2(t_1 - t_k) + \beta_3(t_2 - t_k) + ... + \beta_{k-1}(t_{k-2} - t_k)]}{(t_k - t_{k-1})} \\ \beta_{k+1} &= \frac{[\beta_2(t_1 - t_{k-1}) + \beta_3(t_2 - t_{k-1}) + ... + \beta_{k-1}(t_{k-2} - t_{k-1})]}{(t_{k-1} - t_k)} \end{aligned} \tag{2.25}$$

## 2.4. Evaluasi Model

Dalam hal peramalan, ketepatan atau tingkat akurasi menjadi suatu kriteria utama penolakan atau penerimaan dalam memilih suatu metode peramalan. Dengan kata lain, perhitungan eror dapat menunjukkan seberapa akurat data hasil peramalan dengan data aslinya. Sehingga, ketepatan model peramalan dapat melihat seberapa jauh model peramalan mampu menghasilkan data yang telah diketahui. Salah satu metode perhitungan eror adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yaitu metode yang digunakan untuk mengevaluasi/menghitung nilai kesalahan metode peramalan. Nilai MAPE dapat mengindikasikan seberapa besar rata-rata kesalahan absolut peramalan dibanding dengan nilai data yang asli dan dihitung 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

Persamaan (2.26) (Makridakis et al., 2007).

$$MAPE = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{m} y_i - f(x)_i|}{y_i}}{m} \times 100\% \tag{2.26}$$

Kriteria tingkat keakuratan MAPE dibagi menjadi 4 macam seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Tingkat Keakuratan MAPE**

| Tingkat Keakuratan | Presentase MAPE |
|---|---|
| Peramalan sangat baik | $< 10\%$ |
| Peramalan baik | $10\% - 20\%$ |
| Peramalan cukup | $20\% - 50\%$ |
| Peramalan tidak akurat | $> 50\%$ |

Membuat model regresi terhadap suatu data pada dasarnya hampir sama dengan membuat model peramalan. Dalam hal tersebut, pada dasarnya hasil yang diperoleh tidak selalu sesuai dengan data aktual atau tidak selalu sesuai dengan kenyataan. Dimisalkan bahwa $Y_i$ merupakan nilai observasi data ke-i dan $\overline{Y_i}$ adalah nilai rata-rata data (Maharesi, 2013), maka ukuran eror untuk menilai tingkat ketepatan model yang dihasilkan melalui prosedur validasi estimasi model secara statistik dengan menggunakan *Root Mean Squared Error* (RMSE) pada Persamaan (2.27) dan nilai koefisien determinasi $(R^2)$ yang ditunjukkan pada Persamaan (2.28) (Muhammad dkk., 2017).

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m} y_i - f(x)_i^2}{n}} \tag{2.27}$$

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

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{m} (y_i - f(x)_i)^2}{\sum_{i=1}^{m} (y_i - \overline{y_i})^2} \tag{2.28}$$

Dimana *y* merupakan data aktual, *f(x)* merupakan data ramalan, dan *m* merupakan jumlah data. Nilai RMSE yang dihasilkan berguna untuk membedakan performansi model dalam periode kalibrasi dengan periode validasi. Nilai RMSE juga digunakan untuk membandingakan performansi antara model individual dengan model perdiksi yang lain (Maulana dkk., 2009). Sedangkan nilai Koefisien Determinasi berguna untuk melihat tingkat pengaruh yang diberikan variabel *x* (*input*) terhadap variabel *y* (*output*). Persyaratan yang harus terpenuhi agar dapat memaknai koefisien determinasi adalah dengan hasil uji F yang bernilai signifikan. Berdasarkan ukuran galat RMSE dan $R^2$, jika nilai RMSE yang didapatkan bernilai kecil serta proporsi variabilitas pada model $R^2$ besar, maka model yang digunakan sudah bagus atau sesuai. Sehingga dapat ditentukan model yang akan digunakan untuk memprediksi nilai variabel *dependent*.

## 2.5. Titik Belok

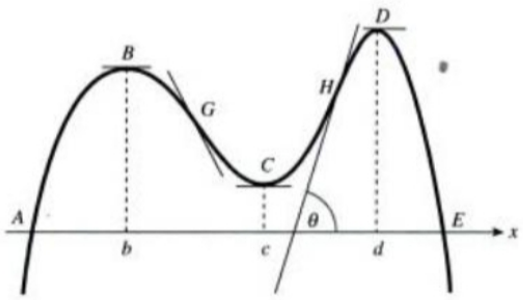
Titik belok dalam kalkulus turunan merupakan titik pada kurva yang menunjukkan perubahan bentuk kurva dari positif menjadi negatif maupun sebaliknya atau disebut dengan perubahan kecekungan fungsi. Kecekungan fungsi adalah bentuk grafik kurva yang memiliki kecenderungan cekung ke atas (grafik terbuka ke atas) atau cekung ke bawah (grafik terbuka ke bawah), seperti pada fungsi polinomial yang memiliki 2 kemungkinan kecekungan tersebut. Fungsi cekung (grafik terbuka ke bawah) adalah fungsi di mana garis yang menghubungkan dua titik dalam grafik tidak pernah berada di atas grafik. Fungsi cembung (grafik terbuka ke atas) adalah fungsi di mana garis 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

menghubungkan dua titik dalam grafik tidak pernah berada di bawah grafik. Penerapan titik belok ini digunakan dalam beragam ilmu matematika, termasuk teknik, ekonomi, dan statistik, yang bertujuan untuk menentukan perubahan yang mendasar dalam data.

Karakteristik dari suatu fungsi yang naik atau turun dapat digunakan untuk mendeskripsikan grafik fungsi tersebut. Selain itu, apabila diketahui letak selang yang membuat *f'* naik atau turun maka dapat ditentukan arah kecekungan grafik fungsi *f*. Konsep kecekungan fungsi yang terdefinisikan pada suatu selang terbuka dirancang berdasarkan kemonotonan turunan pertamanya. Kemonotonan turunan pertama ini pada suatu selang dapat ditentukan dari tanda turunan keduanya pada selang itu. Secara formal, kecekungan fungsi pada suatu selang didefinisikan seperti pada Definisi 2.5.1.

**Definisi 2.5.1** *(Ayres dkk., 2004) Misalkan f memiliki turunan pada selang terbuka I. Grafik f akan cekung ke atas pada selang terbuka I jika f' naik pada selang tersebut dan akan berubah cekung ke bawah pada selang terbuka I jika f' turun pada selang tersebut.*




**Gambar 2.6 Ilustrasi Titik Belok**

(Sumber : (Ayres dkk., 2004))

Pada Gambar 2.6 menunjukkan bahwa *G* dan *H* adalah titik-titik belok

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

kurva. Dapat terlihat bahwa pada titik-titik antara *A* dan *G* garis-garis singgung terhadap kurva yang terletak di atas kurva, pada titik-titik antara *G* dan *H* garis singgung terletak dibawah kurva, dan pada titik titik antara *H* dan *E* garis singgung berada di atas kurva. Pada *G* dan *H* titik belok, garis singgung, memotong kurva. Oleh karena itu, *f'(x)* pasti bernilai nol pada titik belok dan berubah tanda disana (Ayres dkk., 2004).

Karena fungsi bersifat monoton, hal tersebut dapat dikaitkan pada hasil dari turunan pertamanya apakah positif atau negatif. Selanjutnya, turunan kedua pada selang terbuka dari suatu fungsi dapat menentukan arah kecekungan fungsi. Misalkan fungsi *f* terdifirensial dua kali pada selang terbuka *I*. Jika *f"(x)* $> 0$ pada selang terbuka *I*, maka fungsi *f* akan cekung ke atas pada selang terbuka *I*, dan sebaliknya jika *f"(x)* $< 0$ pada selang terbuka *I*, maka fungsi *f* cekung ke bawah pada selang terbuka *I*. Titik belok dari suatu fungsi yang kontinu terjadi apabila terdapat perubahan kecekungan di titik tertentu pada grafik fungsi kontinu tersebut dan terdapat garis singgung, maka titik tersebut merupakan nilai dari titik belok yang dicari pada fungsi kontinu tersebut.

**Definisi 2.5.2** *(Ayres dkk., 2004) Misalkan fungsi f kontinu pada selang terbuka I yang memuat c. Fungsi f dapat mencapai titik blok di c apabila disekitar c terjadi perubahan kecekungan fungsi f dan di* $x = c$ *terdapat garis singgung pada grafik fungsi f. Dalam hal ini* $c(f(c))$ *merupakan titik belok dari fungsi f.*

Turunan kedua di titik belok adalah apabila dimisalkan funsgi *f* memiliki turunan pada selang terbuka *I* yang terdapat titik *c*. Jika fungsi *f* memiliki titik belok di *c*, dan *f'(c)* ada, maka *f"(c) = 0*. Dari konsep titik belok dan teorema sebelumnya, diperoleh sifat yang menyatakan bahwa jika *f"(c) = 0* dan fungsi *f* di sekitar *c* mengalami perubahan kecekungan, maka fungsi *f* mencapai titik belok di

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

$x = c$. Syarat adanya perubahan kecekungan dari fungsi $f$ disekitar $c$ dapat diganti oleh *f"'(c) ¡ 0* (turunan ketiga di titik belok), asalkan fungsi $f$ mempunyai turunan kedua di sekitar $c$ dan *f"'(c)* ada (Martono, 2009). Penentuan titik belok suatu persamaan fungsi dapat dituliskan dalam 5 langkah.

1. Langkah pertama dengan cara memahami fungsi cekung (grafik terbuka ke bawah) dan fungsi cembung (grafik terbuka ke atas)
2. Langkah kedua dengan mencari turunan pertama dari fungsi, seperti pada Persamaan (2.29).

$$f(x) = ax^n, \rightarrow \ f'(x) = (na)\, x^{n-1} \tag{2.29}$$

3. Langkah ketiga dengan mencari turunan kedua sama dengan nol dari fungsi, seperti pada Persamaan (2.30).

$$f''(x) = 0 \tag{2.30}$$

4. Langkah yang ke empat dengan cara mencari turunan ketiga dari fungsi, jika turunan ketiga ada dam tidak sama dengan nol, maka nilai yang diperoleh merupakan titik belok sebenarnya, seperti pada Persamaan (2.31).

$$f'''(x) \neq 0 \text{ atau } f'''(x) \text{ ada} \tag{2.31}$$

5. Langkah yang terakhir adalah penulisan titik belok dengan koordinat yang dituliskan $(x, f(x))$, dimana nilai $x$ merupakan titik belok dan *f(x)* merupakan sebuah persamaan atau bentuk fungsi yang memiliki titik belok tersebut.

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. Integrasi Keislaman

Berbagai gejala yang terjadi di alam semesta, salah satunya adalah mengenai bagaimana Matahari yang memberikan cahayanya di Bumi pada siang hari serta Bulan dan bintang yang bersinar pada malam hari, dan berbagai fenomena lain yang terjadi di Bumi, di langit, dan di antara keduanya telah dibahas dalam Al-Qur'an surat an-Nahl ayat 12 (YPM Salman, 2014).

وَسَخَّرَ لَكُمُ ٱلَّيۡلَ وَٱلنَّهَارَ وَٱلشَّمۡسَ وَٱلۡقَمَرَۖ وَٱلنُّجُومُ
مُسَخَّرَٰتُۢ بِأَمۡرِهِۦٓۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَأٓيَٰتٖ لِّقَوۡمٖ يَعۡقِلُونَ

"Dan Matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui. Dan telah kami terapkan bagi Bulan manzilah-manzilah, sehingga (Setelah dia sampai ke manzilah yang terakhir) kembalilah dia sebagai bentuk tandan yang tua" (QS. Yasin(36):38–39).

Berdasarkan informasi dan pesan yang disampaikan pada ayat tersebut, hal itu dapat mendorong manusia atau para ilmuwan untuk menggunakan akalnya dalam memikirkan berbagai kejadian yang terjadi di sekitarnya termasuk alam semesta dan jagat raya. Salah satunya adalah fenomena tentang apa saja yang terjadi pada Matahari, Bulan, Bumi, langit, dan sebagainya. Matahari yang merupakan sumber energi utama bagi Bumi, memiliki berbagai manfaat dari cahaya yang dipancarkannya salah satunya yaitu mempengaruhi kecerahan langit. Kecerahan langit dapat digunakan untuk menentukan awal waktu Shalat Isya maupun Shubuh dengan menemukan titik belok dari data kecerahan langit tersebut. Sebagaimana yang dijelaskan dalam al-Qur'an surah al-Isra' ayat 78.

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

أَقِمِ ٱلصَّلَوٰةَ لِدُلُوكِ ٱلشَّمْسِ إِلَىٰ غَسَقِ ٱلَّيْلِ وَقُرْءَانَ ٱلْفَجْرِ ۖ إِنَّ قُرْءَانَ
ٱلْفَجْرِ كَانَ مَشْهُودًا ﴿٧٨﴾ وَمِنَ ٱلَّيْلِ فَتَهَجَّدْ بِهِۦ نَافِلَةً لَّكَ عَسَىٰٓ
أَن يَبْعَثَكَ رَبُّكَ مَقَامًا مَّحْمُودًا ﴿٧٩﴾

”Didirikanlah Shalat dari sesudah matahari tergelincir sampai gelap malam dan (didirikanlah pula Shalat) Shubuh. Sesungguhnya Shalat Shubuh itu disaksikan (oleh malaikat).” (QS. Al-Irsa’(17):78)

Ayat tersebut menerangkan bahwa awal waktu Shalat Isya ditandai dengan mulai hilangnya cahaya merah (*asy-syafaq al-ahmar*) di langit sebelah barat sebagai tanda mulainya malam yang gelap. Sedangkan awal waktu Shalat Subuh dimulai sejak terbit fajar (fajar shadiq) sampai akan terbit Matahari sebagaimana yang disebutkan pada hadits ’Abdullah bin ’Amr (HR.Muslim no.612) (Alimuddin , 2012).

وَوَقْتُ صَلاَةِ الصُّبْحِ مِنْ طُلُوعِ الْفَجْرِ

”Waktu Shalat Shubuh adalah mulai terbit fajar (shodiq)” (HR. Muslim, no.612)

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

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, yaitu merupakan jenis penelitian yang dilakukan menggunakan data yang berbentuk angka sebagai dasar yang digunakan dalam penelitian untuk memperoleh hasil dari tujuan penelitian ini. Jenis data kuantitatif yang digunakan pada penelitian ini berupa data kecerahan langit malam di BPAA LAPAN Pasuruan yang dimulai dari tanggal 1 Agustus 2019 sampai 3 Oktober 2019.

## 3.2. Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini diperoleh dari BPAA LAPAN Pasuruan pada sudut z = $0^o$ dengan koordinat $7^o56'$ LS, $112^o67'$ BT dan ketinggian 50 mdpl. Lokasi tersebut sangat strategis karena merupakan pusat peneropongan utama di Jawa Timur dan secara geografis letaknya tidak berdempetan dengan daerah perkotaan, dimana terletak di perbukitan. Berdasarkan letak geografis yang strategis tersebut, alat SQM yang digunakan tidak akan terhalang oleh gedung-gedung tinggi maupun pepohonan serta sinar lampu yang dapat mengganggu proses pengambilan data oleh alat SQM. SQM yang dipakai berjumlah 1 dipasang. Zenit adalah titik yang mengarah ke langit tepat di atas kepala si pengamat.



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. Pengumpulan Data

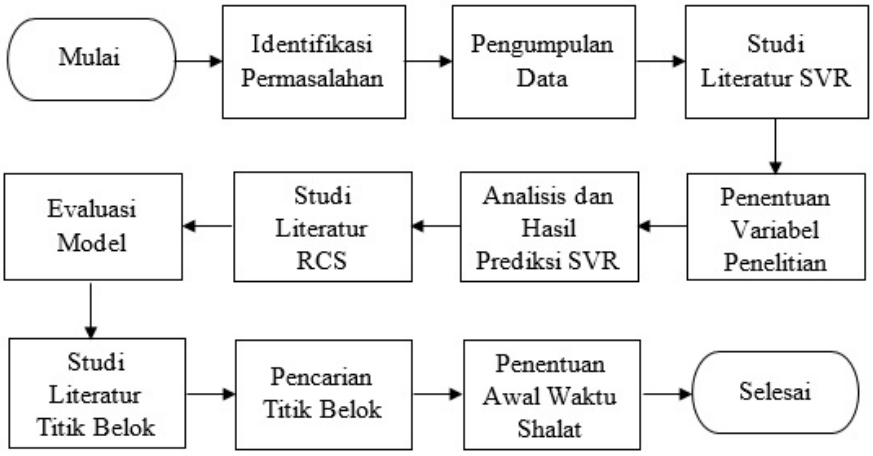
Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh atau dikumpulkan dari berbagai sumber yang ada atau dengan kata lain peneliti sebagai orang kedua. Data sekunder dapat diperoleh dari berbagai sumber, dimana dalam penelitian ini data kecerahan langit diperoleh dari Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional (LAPAN) Pasuruan dengan menggunakan alata berupa SQM. Pengambilan data dimulai dari Bulan Agustus sampai Oktober 2019. Penelitian ini menggunakan data permenit setiap harinya. Untuk mengetahui awal waktu Shalat Isya diambil data dari pukul 17.20 WIB sampai 19.00 WIB. Sedangkan Data kecerahan langit yang digunakan untuk mengetahui awal waktu Shalat Shubuh diambil dari pukul 03.50 WIB sampai 05.30 WIB. Rentang waktu yang digunakan dalam proses pengambilan data dapat berubah sesuai dengan revolusi Bumi. Data yang digunakan berupa data kecerahan langit permenit yang diambil setiap harinya menggunakan alat ukur kecerahan langit SQM jenis LU-DL.

### 3.4. Alur Penelitian dan Tahap Pengolahan Data

Alur penelitian ini dimulai dengan melakukan identifikasi masalah, yaitu mengenai tingkat kecerahan langit malam untuk menentukan titik belok awal waktu Shalat. Kemudian memulai proses pengumpulan data, dilanjutkan dengan studi literatur meliputi tinjauan statistik mengenai metode SVR dan penentuan variabel penelitian yaitu tingkat kecerahan langit. Setelah mendapatkan data, maka dilakukan analisis/perhitungan terhadap metode SVR agar didapatkan hasil berupa model persamaan $f(x)$ untuk memprediksi tingkat kecerahan langit di waktu yang akan datang. Hasil prediksi tersebut kemudian dievaluasi tingkat keakuratannya

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

untuk selanjutnya dilanjutkan pada proses pembuatan model persamaan suatu fungsi menggunakan metode *Restricted cubic Spline* RCS. Setelah didapatkan model persamaan fungsi dari data prediksi tersebut, kemudian dicari titik belok dari persamaan yang dihasilka dengan memahami konsep titik belok terlebih dahulu serta tinjauan non statistik mengenai kecerahan langit dan awal waktu Shalat. Titik belok yang dihasilkan menjadi penentuan awal waktu Shalat. Alur pada penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.




**Gambar 3.1 Alur Penelitian**

Pada penelitian ini, digunakan metode Support Vector Regression untuk mendapatkan model persamaan dari data kecerahan langit yang mendekati data asli. Analisis data yang perlu dilakukan terdiri dari beberapa langkah.

1. Pembagian data menjadi data *training* dan data *testing* dengan cara *trial and error*
2. Inisialisai parameter $C,\ \varepsilon,\ \sigma$ yang diperoleh dari proses *training*
3. Menentukan fungsi kernel seperti pada Persamaan (2.13), Persamaan (2.14), Persamaan (2.15), Persamaan (2.16), atau Persamaan (2.18) dan menentukan

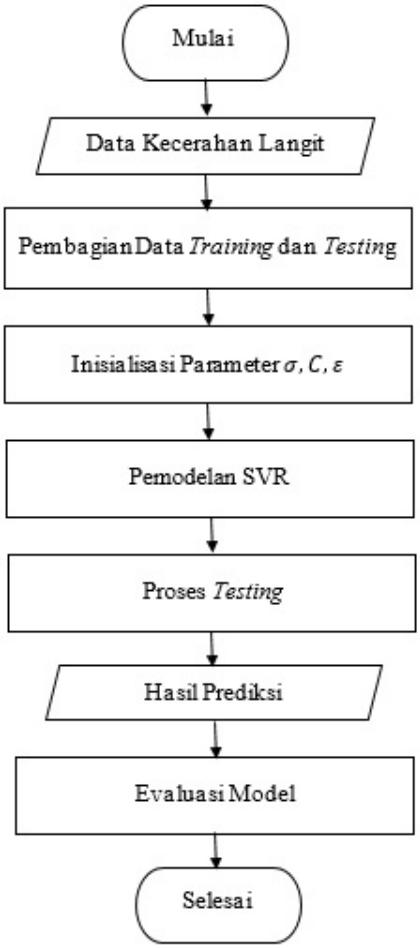
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

*loss function* yang akan digunakan

4. Mencari nilai beta dari Persamaan (2.11) serta mencari nilai bias dari Persamaan (2.4)

5. Menghitung data prediksi berdasarkan nilai-nilai yang sudah didapat dari proses *training*

Proses perhitungan menggunakan SVR ditampilkan pada gambar 3.2.




**Gambar 3.2 Alur Pengolahan Data Menggunakan SVR**

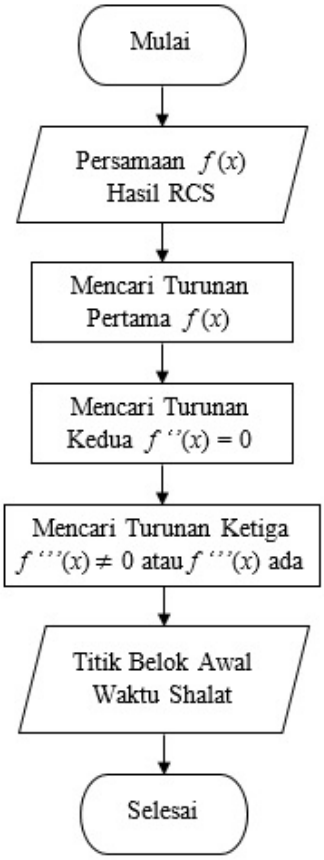
Setelah dihasilkan nilai prediksi tingkat kecerahan langit di waktu yang akan datang, selanjutnya dilakukan regresi *Restricted cubic Spline* RCS untuk

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

mengetahui persamaan fungis dari data prediksi tersebut. Model persamaan yang dihasilkan dari regresi *Restricted cubic Spline* RCS akan diproses kembali untuk mencari titik belok dari persamaan tersebut. Pada Gambar 3.3 di ilustrasikan alur pada proses penentuan titik belok sebagai awal waktu Shalat.

Metode pengukuran dan pengolahan data untuk awal waktu Shalat Isya sama dengan metode pengolahan data kecerahan langit untuk awal waktu Shalat Shubuh. Data yang dipakai dimulai saat menjelang fajar sampai Matahari terbit untuk mengetahui titik belok saat awal Shalat Shubuh dan pada saat Matahari terbenam sampai malam gelap untuk mendapatakan titik belok saat awal waktu Shalat Isya. Setelah didapatkan model persamaan menggunakan SVR, selanjutnya dicari titik belok dari model persamaan yang sudah dihasilkan. langkah pertama yaitu mencari turunan pertama, seperti pada Persamaan (2.29). Langkah kedua yaitu mencari turunan kedua sama dengan 0, seperti pada Persamaan (2.30). Kemudian langkah ketiga yaitu mencari turunan ketiga tidak sama dengan 0 atau jika turunan ketiga ada, seperti pada Persamaan (2.31), maka dapat ditentukan titik beloknya.

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 3.3 Alur Pengolahan Data Mencari Titik Belok**

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. Analisis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data kecerahan langit malam di daerah Pasuruan. Satuan data kecerahan langit dinyatakan dengan MPDB (Magnitudo per Satuan Detik Busur Persegi) yang diperoleh dari BPAA LAPAN Pasuruan dengan koordinat posisi $7^o56'$ LS dan ketinggian tempat 50 meter diatas permukaan laut. Detektor pada alat SQM yang digunakan oleh pihak LAPAN BPAA Pasuruan dapat mengumpulkan cahaya dari sudut sempit yaitu kurang dari $20^o$. Pada umumnya, tingkat kegelapan langit yang ideal pada malam hari berada pada interval 22 – 16 mag/$arcsec^2$, sedangkan menurut sampel data yang diambil menunjukkan bahwa tingkat kegelapan langit di LAPAN BAPAA Pasuruan paling tinggi atau paling gelap adalah 19,56 MPDB. Dalam hal ini, kelas kecerahan langit wilayah Pasuruan menurut skala *Bortle* termasuk dalam kategori kelas 5 yaitu Suburban *sky* dengan warna magnitudo orange (5,6 - 6,0).

Data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari perekaman oleh pihak BPAA LAPAN Pasuruan menggunakan alat SQM jenis LU-DL, dimana alat tersebut mengambil atau merekam tingkat kecerahan langitnya setiap menit sekali. Total data yang digunakan untuk perhitungan titik belok awal waktu Shalat Isya adalah sebanyak 1616 data yang dimulai pukul 17.20 WIB sampai pukul 19.00 WIB atau sebanyak 101 data setiap harinya. Pengambilan data dimulai dari 1 Agustus 2019 sampai 3 Oktober 2019 yang ditampilkan pada Tabel 4.1 dan

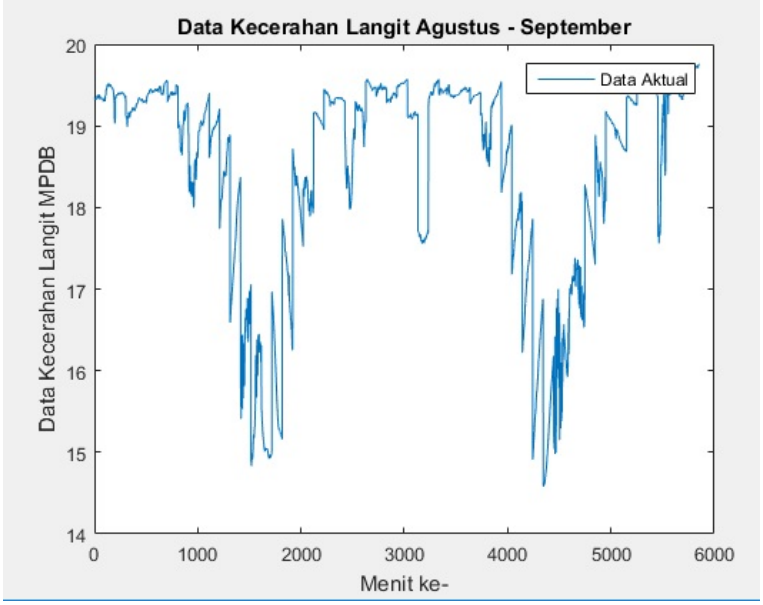


digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.1.

**Tabel 4.1 Data Kecerahan Langit Agustus - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal Waktu Shalat Isya**

| Data ke- | Tangggal | Waktu | Data | Data ke- | Tanggal | Waktu | Data |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 01-08-19 | 17.20 | 19,34 | 1015 | 01-10-19 | 17.20 | 19,37 |
| 2 | 01-08-19 | 17.21 | 19,33 | 1016 | 01-10-19 | 17.21 | 19,37 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 101 | 01-08-19 | 19.00 | 19,35 | 1414 | 01-10-19 | 19.00 | 19,25 |
| 102 | 02-08-19 | 17.20 | 19,30 | 1415 | 02-10-19 | 17.20 | 19,56 |
| 103 | 02-08-19 | 17.21 | 19,32 | 1416 | 02-10-19 | 17.21 | 19,55 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 607 | 31-08-19 | 19.00 | 19,10 | 1615 | 03-10-19 | 18.59 | 19,59 |
| 1014 | 31-09-19 | 19.00 | 19,57 | 1616 | 03-10-19 | 19.00 | 19,47 |




**Gambar 4.1 Data Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal waktu Shalat Shubuh**

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa data kecerahan langit permenit 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

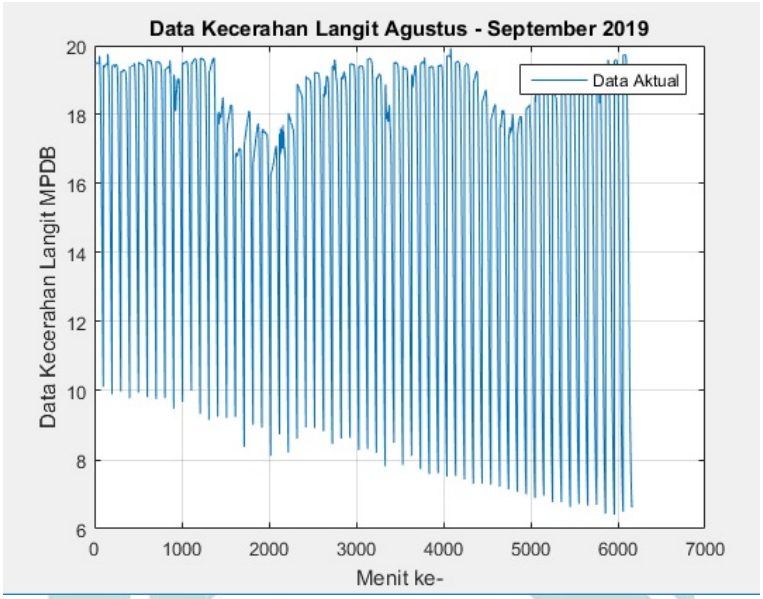
dimulai dari 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 menunjukkan adanya perubahan setiap waktunya (permenit) yang mengalami kenaikan dan penurunan yang cukup signifikan dan bervariasi. Serta, mengalami pola yang hampir sama di bulan selanjutnya.

Total data yang digunakan untuk perhitungan titik belok awal waktu Shalat Shubuh adalah sebanyak 1616 data yang dimulai pukul 03.50 WIB sampai pukul 05.30 WIB atau sebanyak 101 data setiap harinya. Pengambilan data dilakukan persis seperti data untuk penentuan awal waktu Shalat isya yang dimulai dari 1 Agustus 2019 sampai 3 Oktober 2019 yang ditampilkan pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.2.

**Tabel 4.2 Data Kecerahan Langit Agustus - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal Waktu Shalat Shubuh**

| Data ke- | Tangggal | Waktu | Data | Data ke- | Tanggal | Waktu | Data |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 01-08-19 | 03.50 | 16,30 | 1015 | 01-10-19 | 03.50 | 15,37 |
| 2 | 01-08-19 | 03.51 | 16,32 | 1016 | 01-10-19 | 03.51 | 15,37 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 101 | 01-08-19 | 05.29 | 16,35 | 1414 | 01-10-19 | 05.30 | 16,25 |
| 101 | 01-08-19 | 05.30 | 16,36 | 1414 | 01-10-19 | 05.30 | 16,25 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 607 | 31-08-19 | 05.30 | 17,10 | 1514 | 03-10-19 | 03.50 | 14,59 |
| 1014 | 31-09-19 | 05.30 | 17,57 | 1616 | 03-10-19 | 05.30 | 14,47 |

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 4.2 Data Kecerahan Langit 1 Agustus 201 - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal waktu Shalat Shubuh**

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa data kecerahan langit permenit yang dimulai dari Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 menunjukkan adanya perubahan setiap waktunya (permenit) yang mengalami kenaikan dan penurunan yang cukup signifikan dan bervariasi. Serta, mengalami pola yang hampir sama di hari-hari berikutnya.

Pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat dilihat juga bahwa data kecerahan langit menunjukkan sedikit sekali perbedaan pada tanggal-tanggal tertentu, seperti antara tanggal 1 dan 2, tanggal 3 - tanggal 7, dan seterusnya. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan kecerahan langit malam juga dapat dipengaruhi oleh polusi atau hamburan dari cahaya Bulan seperti yang sudah dijelaskan di bab sebelumya. Oleh karena itu, untuk meminimalisir data dan membuat proses perhitungan lebih efisien, maka data yang dikumpulkan dalam satu bulan akan dibagi menjadi 7 kelompok atau 7 fase seperti halnya jumlah fase Bulan dalam satu Bulan.

Setiap kelompok atau fase akan bejumlah 101 data yang merupakan hasil

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

dari rata-rata 1-5 hari. Pengolahan data dalam penentuan awal waktu Shalat akan dibedakan antara awal waktu Shalat Isya yang dimulai dari pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB (101 menit = 101 data) dengan awal waktu Shalat Shubuh yang dimulai dari pukul 03.50 WIB sampai 05.30 WIB (101 menit = 101 data).

1. Fase *New Moon*
2. Fase sabit awal (*Waxing Cresent*) yang terjadi tanggal 1 (Mei, Juni, Desember), 1-2 (Juli, Agustus, Oktober, November), 1-3 (Oktober), 1-5 (Januari, Maret, April).
3. Fase paruh awal (*First Quarter*) yang terjadi tanggal 2-6 (Mei, Juni, Desember), 3-7 (Juli, Agustus, Oktober, November), 4-8 (Oktober), 6-10 (Januari, Maret, April).
4. Fase cembung awal (*Waxing Gibbous*) tanggal 7-11 (Mei, Juni, Desember), 8-12 (Juli, Agustus, Oktober, November), 9-13 (Oktober), 11-15 (Januari, Maret, April).
5. Fase bulan penuh (*Full Moon*) (*full moon*) yang terjadi tanggal 12-16 (Mei, Juni, Desember), 13-17 (Juli, Agustus, Oktober, November), 14-18 (Oktober), 16-20 (Januari, Maret, April).
6. Fase cembung akhir (*Wanning Gibbous*) yang terjadi tanggal 17-21 (Mei, Juni, Desember), 18-22 (Juli, Agustus, Oktober, November), 19-23 (Oktober), 21-25 (Januari, Maret, April).
7. Fase paruh akhir (*Third Quarter*) yang terjadi tanggal 22-26 (Mei, Juni, Desember), 23-27 (Juli, Agustus, Oktober, November), 24-28 (Oktober), 26-31 (Januari, Maret, April).

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

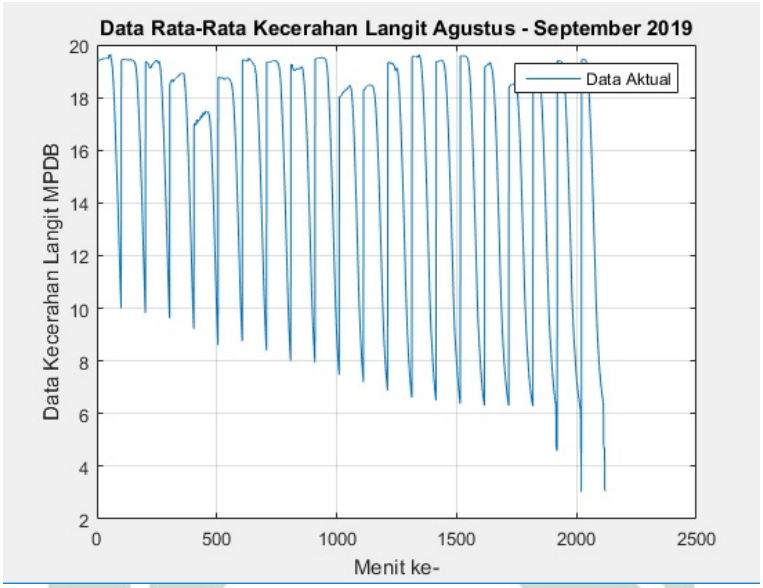
8. Fase sabit akhir (*Wanning Cresent*) yang terjadi tanggal 27-31 (Mei, Juni, Desember), 28-31 (Juli, Agustus, Oktober, November), 29-31 (Oktober).

Hasil rata-rata dari beberapa tanggal atau beberapa fase tersebut ditampilkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 untuk data kecerahan langit pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB serta Tabel 4.4 dan Gambar 4.4 untuk data kecerahan langit pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB.

**Tabel 4.3 Data Rata-Rata Kecerahan Langit Agustus - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal Waktu Shalat Isya**

| Fase | Waktu | Data | Fase | Waktu | Data |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Agu | 17.20 | 19,32 | 1 Sep | 17.20 | 19,54 |
| 2 Agu | 17.20 | 19.35 | 2 Sep | 17.20 | 19.52 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 6 Agu | 17.20 | 19,24 | 31 Okt | 17.20 | 19,40 |
| 7 Agu | 17.20 | 19,40 | 1 Okt | 17.20 | 19,41 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 1 Sep | 17.20 | 19.03 | 2 Okt | 17.20 | 19.35 |
| 2 Sep | 17.20 | 19.48 | 3 Okt | 17.20 | 19.15 |

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

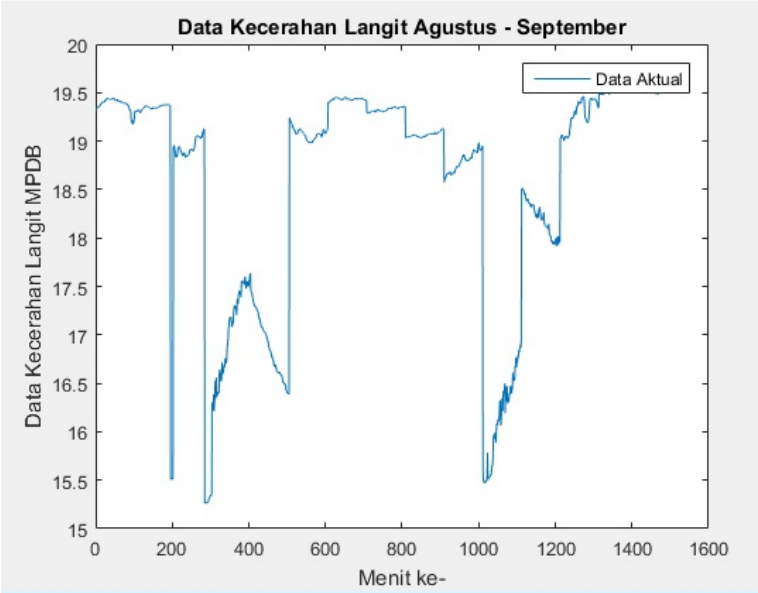



**Gambar 4.3 Data Rata-Rata Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal Waktu Shalat Isya**

**Tabel 4.4 Data Rata-Rata Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal Waktu Shalat Shubuh**

| Fase | Waktu | Data | Fase | Waktu | Data |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Agu | 03.50 | 19,32 | 1 Okt | 03.50 | 19,54 |
| 2 Agu | 03.50 | 19.35 | 2 Okt | 03.50 | 19.52 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 6 Agu | 03.50 | 17,24 | 8 Sep | 03.50 | 15,40 |
| 7 Agu | 03.50 | 16,40 | 9 Sep | 03.50 | 15,41 |
| 1 Sep | 03.50 | 17.30 | 10 Sep | 03.50 | 15.35 |
| 2 Sep | 03.50 | 15,29 | 11 Sep | 03.50 | 15,32 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 6 Sep | 03.50 | 14.03 | 2 Okt | 03.50 | 16.35 |
| 7 Sep | 03.50 | 16.48 | 3 Okt | 03.50 | 16.15 |

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 4.4 Data Rata-Rata Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 untuk Penentuan Titik Belok Awal Waktu Shalat Shubuh**

Pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 dapat terlihat bahwa hasil dari rata-rata perhari pada data kecerahan langit tidak menunjukkan perubahan pola yang signifikan atau dengan kata lain pola yang dibentuk tidak jauh berbeda dengan pola yang dibentuk oleh data harian pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.

Pada penelitian ini, untuk mendapatkan prediksi nilai titik belok keceraahan langit akan dilakukan dengan 3 proses, yaitu proses pertama dengan memprediksi tingkat kecerahan langit yang akan datang menggunakan metode *Support Vector Regression*. Setelah mendapatkan nilai tingkat kecerahan langit hasil prediksi, kemudian proses yang kedua adalah membuat model persamaan (garis regresi) dari data kecerahan langit tersebut menggunakan salah satu jenis regresi nonparametrik yaitu metode *Restricted Cubic Spline*. Proses ketiga yaitu dengan mencari nilai titik belok dari fungsi yang dihasilkan pada tahap sebelumnya. Regresi non parametrik digunakan ketika pola data dan persamaannya tidak diketahui.

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. *Support Vector Regression*

Penerapan metode *Support Vector Regression* dilakukan untuk memprediksi tingkat kecerahan langit di waktu yang akan datang. Sebelum dilakukannya proses prediksi menggunakan metode *Support Vector Regression* dilakukan pembagian data menjadi data *training* dan data *testing*. Pembagian data dalam penelitian kali ini dengan menggunakan proses *trial error* yaitu 94% untuk data *training* dan 6% untuk data *testing*.

Data yang digunakan berjumlah 1616 dibagi menjadi 1516 data *training* dan 100 data *testing*. Tahap *training* dilakukan untuk mencari parameter-parameter (beta, bias, C, Kernel) yang sesuai agar bisa dibentuk model persamaan untuk digunakan pada tahap *testing*. Sehingga, dapat diketahui apakah model yang dibentuk sudah optimal atau masih kurang optimal. Sebagai contoh perhitungannya diberikan beberapa sampel data acak dengan 4 variabel, yaitu $t-4, t-3, t-2, t-1$ dengan target *y* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. Sedangkan perhitungan pada data kecerahan langit baik dari pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB maupuan pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB menggunakan variabel sejumlah satu fase sebelumnya, atau 101 variabel.

**Tabel 4.5 Pola Input Data Training (Contoh Data Acak)**

| Data ke- | t-4 | t-3 | t-2 | t-1 | y |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,4 |
| 2 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,3 |
| 3 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,7 |
| 4 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,7 | 0,8 |
| 5 | 0,4 | 0,3 | 0,7 | 0,8 | 0,6 |

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

Jenis kernel yang digunakan pada penelitian ini adalah kernel *Gaussian*. Pada contoh data acak yang diberikan, didapatkan nilai sigma atau standar deviasi sebesar 0,2227 menggunakan Persamaan (2.17).

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{1}{9}\sum_{i=1}^{9}(x_i - 0,389)^2} \\ &= 0,2227 \end{aligned}$$

Sedangkan proses untuk menghitung kernel adalah dengan menggunakan Persamaan (2.16).

$$Matriks\ input\ x_{5,4} = \begin{cases} x(1) = [0,1\ 0,3\ 0,1\ 0,2] \\ x(2) = [0,3\ 0,1\ 0,2\ 0,4] \\ x(3) = [0,1\ 0,2\ 0,4\ 0,3] \\ x(4) = [0,2\ 0,4\ 0,3\ 0,7] \\ x(5) = [0,4\ 0,3\ 0,7\ 0,8] \end{cases}$$

Hasil kernel *Gaussian* baris ke 1, kolom ke 1,

$$K\left(x_1, x_1\right) = exp\left(-\frac{\|x_1 - x_1\|^2}{(2)(0,2227^2)}\right)$$

$$K\left(x_1, x_1\right) = exp\left(-\frac{\sqrt{(0,1-0,1)^2 + (0,3-0,3)^2 + (0,1-0,1)^2 + (0,2-0,2)^2}}{(2)(0,2227^2)}\right)$$

$$K\left(x_1, x_1\right) = exp\left(-\frac{0}{0,0992}\right)$$

$$K\left(x_1, x_1\right) = exp\left(-0\right) = 1,0000$$

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

Hasil kernel *Gaussian* baris ke 1, kolom ke 2.

$$K\left(x_1, x_2\right) = exp\left(-\frac{\|x_1 - x_2\|^2}{(2)(0,2227^2)}\right)$$

$$K\left(x_1, x_1\right) = exp\left(-\frac{\sqrt{(0,1-0,3)^2 + (0,3-0,1)^2 + (0,1-0,2)^2 + (0,2-0,4)^2}}{(2)(0,2227^2)}\right)$$

$$K\left(x_1, x_1\right) = exp\left(-\frac{0,1411}{0,0992}\right)$$

$$K\left(x_1, x_1\right) = exp\left(-1,411\right) = 0,2438$$

Hasil kernel *Gaussian* baris ke 2, kolom ke 1.

$$K\left(x_2, x_1\right) = exp\left(-\frac{\|x_2 - x_1\|^2}{(2)(0,2227^2)}\right)$$

Hasil kernel *Gaussian* baris ke 2, kolom ke 2.

$$K\left(x_2, x_2\right) = exp\left(-\frac{\|x_2 - x_2\|^2}{(2)(0,2227^2)}\right)$$

Untuk perhitungan isi matriks kernel seluruhnya dilakukan dengan cara yang sama sampai diperoleh ukuran matriks kernel *Gaussian* ber-ordo 5 x 5 ($K_{5,5}$).

$$K_G = \begin{pmatrix} 1,0000 & 0,2438 & 0,1332 & 0,0088 & 0,0002 \\ 0,2438 & 1,0000 & 0,0727 & 0,0107 & 0,0039 \\ 0,1332 & 0,0727 & 1,0000 & 0,0984 & 0,0107 \\ 0,0088 & 0,0107 & 0,0984 & 1,0000 & 0,0727 \\ 0,0002 & 0,0039 & 0,0107 & 0,0727 & 1,0000 \end{pmatrix}$$

Hasil dari matriks kernel *Gaussian* yang didapat pada data kecerahan langit

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 persamaan yang serupa akan digunakan pada proses berikutnya untuk mencari nilai beta untuk solusi linear dual primal, sedangkan nilai dari $\sum_{i=1}^{m}(\alpha_i - \alpha_i^*)$ untuk solusi nonlinear dual primal. Selain mendapatkan nilai beta, didapatkan juga nilai bias.

Nilai beta yang berupa permasalahan *quadratic progamming* dapat diselesaikan dengan mengubahnya ke bentuk fungsi Lagrange. Setelah mengubahnya kedalam persamaan Lagrange, didapatkan solusi dari fungsi Lagrange tersebut menggunakan bantuan *software* dikarenakan untuk membantu proses perhitungan yang panjang untuk mendapatkan nilai Lagrange yaitu $\alpha$ dan $\alpha^*$. Sedangkan untuk solusi optimum nilai bias didapatkan dari perhitungan KKT (Karush-Kuhn-Tucker).

Penyelesaian fungsi Lagrange dan perhitungan KKT (Karush-Kuhn-Tucker) menghasilkan nilai beta dan bias ditambahkan dengan nilai parameter regularisasi C dan epsilon $\varepsilon$. Pada data kecerahan langit dari pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB didapatkan 5 nilai parameter-parameter yang sesuai.

1. Kernel *Gaussian* dengan nilai sigma sebesar 0,26943
2. Nilai beta ( $\sum_{i=1}^{m}(\alpha_i - \alpha_i^*)$) sebesar 0,0000116573
3. Nilai bias (*b*) sebesar 0,0501
4. Nilai parameter regularisasi *C* sebesar 1, dan
5. Nilai epsilon ($\varepsilon$) sebesar 0,0334.

Pada data kecerahan langit dari pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB didapatkan nilai- nilai parameter-parameter yang sesuai.

1. Kernel *Gaussian* dengan nilai sigma sebesar 0,2395

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. Nilai beta ( $\sum_{i=1}^{m}(\alpha_i - \alpha_i^*)$) sebesar 0,000001102

3. Nilai bias (*b*) sebesar 0,5801

4. Nilai parameter regularisasi *C* sebesar 1, dan

5. Nilai epsilon ($\varepsilon$) sebesar 0,0254.

Setelah didapatkan nilai-nilai parameter tersebut, maka model SVR yang dibuat dapat digunakan untuk memprediksi. Model persamaan yang dihasilkan dibentuk menggunakan Persamaan (2.14) untuk memprediksi nilai kecerahan langit di waktu yang akan datang atau digunakan pada proses selanjutnya yaitu tahap *testing* data. Model persamaan prediksi untuk data kecerahan langit pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB untuk awal waktu Shalat Isya.

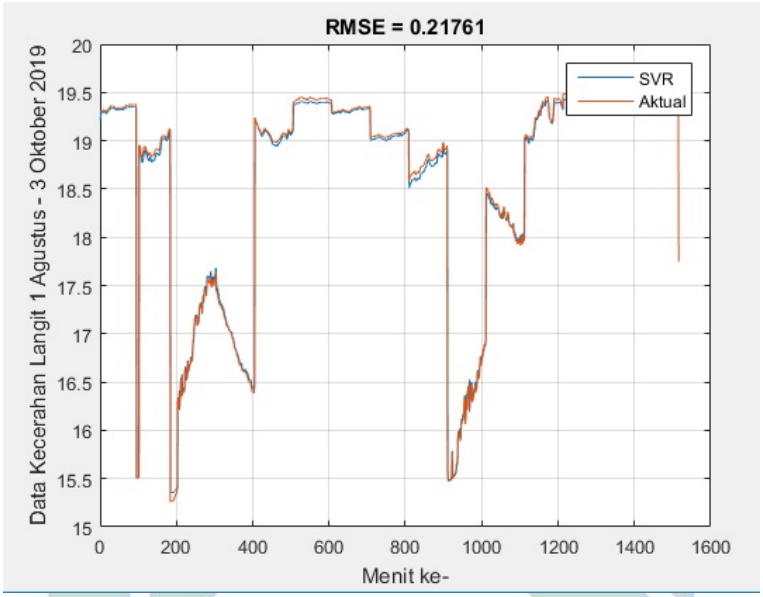
$$f(x) = 0,0000116573\left(exp\left(\frac{\|\vec{x}_i - \vec{x}_j\|^2}{2,26943^2}\right)\right) + 0,501$$

Model persamaan prediksi untuk data kecerahan langit pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB untuk awal waktu Shalat Isya.

$$f(x) = 0,000001102\left(exp\left(\frac{\|\vec{x}_i - \vec{x}_j\|^2}{2,2395^2}\right)\right) + 0,5801$$

Hasil dari proses *training* yang dilakukan ppada data kecerahan langit pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB ditunjukkan pada Gambar 4.5.

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

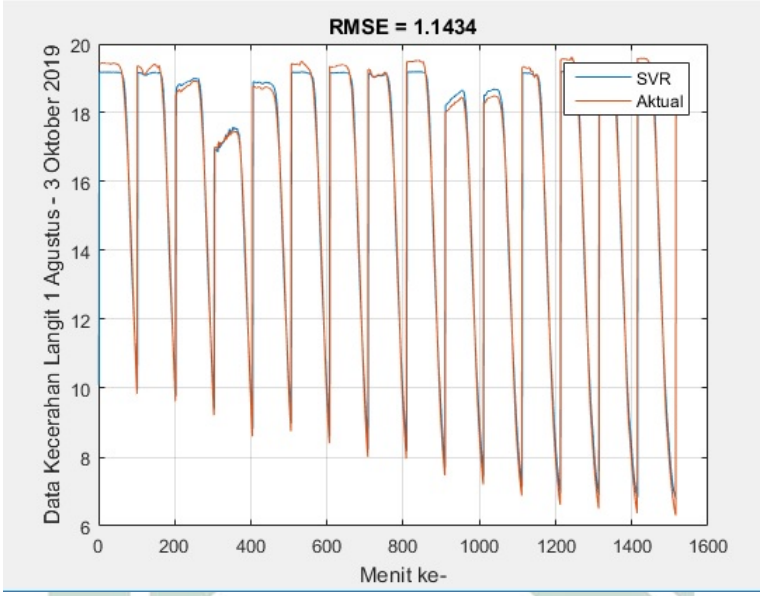



**Gambar 4.5 Proses *Training* Data Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019**

Pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa secara visual pola data hasil keluaran model SVR dapat mengikuti pola data *training*. Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa peramalan terhadap data *training* menggunakan kernel *Gaussian*, *loss function* $\varepsilon - insensitive$, C = 1 dan epsilon = 0,0334 menghasilan nilai RMSE sebesar 0,2176. Sehingga, dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa peramalan terhadap data *training* pada data kecerahan langit memberikan performa bagus yang ditunjukkan oleh *error* yang cukup kecil. Sehingga, model yang sudah didapatkan dari proses *training* tersebut dapat digunakan untuk memprediksi data *testing* sebanyak 100 data.

Hasil dari proses *training* yang dilakukan pada data kecerahan langit pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB ditunjukkan pada Gambar 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

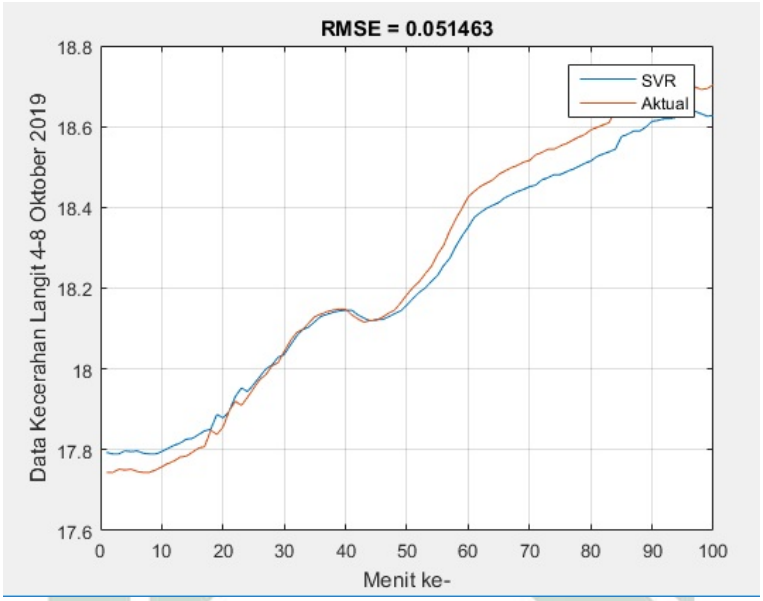



**Gambar 4.6 Proses *Training* Data Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019**

Pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa secara visual pola data hasil keluaran model SVR dapat mengikuti pola data *training*. Dari gambar 4.6 dapat dilihat bahwa peramalan terhadap data *training* menggunakan kernel *Gaussian*, *loss function* $\varepsilon - insensitive$, C = 1 dan epsilon = 0,03254 menghasilan nilai RMSE sebesar 1,1434. Sehingga, dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa peramalan terhadap data *training* pada data kecerahan langit memberikan performa bagus yang ditunjukkan oleh *error* yang cukup kecil. Sehingga, model yang sudah didapatkan dari proses *training* tersebut dapat digunakan untuk memprediksi data *testing* sebanyak 100 data.

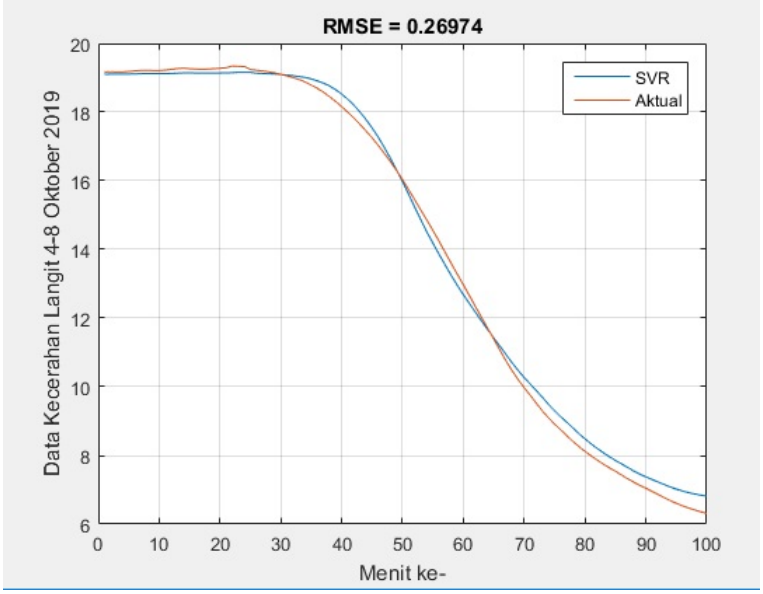
Hasil dari proses *testing* menggunakan model yang didapatkan pada proses *training* data kecerahan langit pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB untuk awal waktu Shalat Isya ditunjukkan pada Gambar 4.7.

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 4.7 Proses *Testing* Data Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019**

Hasil dari proses *testing* menggunakan model yang didapatkan pada proses *training* data kecerahan langit pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB untuk awal waktu Shalat Shubuh ditunjukkan pada Gambar 4.8.




**Gambar 4.8 Proses *Testing* Data Kecerahan Langit 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019**

Pada Gambar 4.7 dan Gammbar 4.8 dapat dilihat bahwa model SVR dari

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

data *training* yang diterapkan pada data *testing* menunjukkan RMSE yang kecil pula yakni sebesar 0,0514 pada data kecerahan langit pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB dan MAPE 0,23%. Sedangkan pada data kecerahan langit pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB menunjukkan RMSE 0,26974 dan MAPE 2,2778%. Dilihat dari nilai RMSE yang kecil tersebut menunjukkan bahwa performansi model baik dan didukung dengan nilai MAPE yang kurang dari 10% menunjukkan bahwa peramalan yang dihasilkan masuk dalam kategori sangat baik. Oleh karena itu, nilai tingkat kecerahan langit yang diprediksi dapat di proses untuk tahap selanjutnya dalam mencari titik belok dengan membentuk model persamaan regresinya menggunakan *Restricted Cubic Spline*.

### 4.3. *Restricted Cubic Spline*

1. Menentukan Ordo Matriks $B(\lambda)$ dan Titik Knot

   Pada penelitian ini, baik untuk data kecerahan langit pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB dan data kecerahan langit pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB menggunakan 100 data dengan jumlah titik knot sebanyak 6. Sehingga, untuk ordo matriks $B(\lambda)$ adalah $100 \times (6+2)$ menjadi matriks $B(\lambda)_{100\times 8}$. Jumlah titik knot optimal yang digunakan didapatkan berdasarkan perhitungan persentil.

2. Membentuk Matriks $B(\lambda)$ dengan Indeks *j*

   Matriks $B(\lambda)$ yang ditampilkan merupakan hasil dari perhitungan pada data kecerahan langit pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB, sedangkan untuk data kecerahan langit pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB dapat dihitung dengan cara

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

yang sama.

$$B(\lambda) = \begin{pmatrix} B_{-1,2}(x_1) & B_{0,2}(x_1) & \cdots & B_{5,2}(x_1) & B_{6,2}(x_1) \\ B_{-1,2}(x_2) & B_{0,2}(x_2) & \cdots & B_{5,2}(x_2) & B_{6,2}(x_2) \\ B_{-1,2}(x_3) & B_{0,2}(x_3) & \cdots & B_{5,2}(x_3) & B_{6,2}(x_3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ B_{-1,2}(x_{99}) & B_{0,2}(x_{99}) & \cdots & B_{5,2}(x_{99}) & B_{6,2}(x_{99}) \\ B_{-1,2}(x_{100}) & B_{0,2}(x_{100}) & \cdots & B_{5,2}(x_{100}) & B_{6,2}(x_{100}) \end{pmatrix}$$

3. Menguraikan setiap baris pada matriks $B(\lambda)$

   Pada titik knot 1 sampai 5 dilakukan perhitungan pada Persamaan (2.22).

   Pada titik knot $K_1 = 1$

$$\begin{aligned} X_2 &= (X - t_1)_+^3 - (X - t_5)_+^3 \frac{(t_6 - t_1)}{(t_6 - t_5)} + (X - t_6)_+^3 \frac{(t_5 - t_1)}{(t_6 - t_5)} \\ X_2 &= (X - 1)_+^3 - (X - 80,5)_+^3 \frac{(100 - 1)}{(100 - 80,5)} + (X - 100)_+^3 \frac{(80,5 - 1)}{(100 - 80,5)} \end{aligned}$$

   Pada titik knot $K_2 = 20,5$

$$\begin{aligned} X_3 &= (X - t_2)_+^3 - (X - t_5)_+^3 \frac{(t_6 - t_2)}{(t_6 - t_5)} + (X - t_6)_+^3 \frac{(t_5 - t_2)}{(t_6 - t_5)} \\ X_3 &= (X - 20,5)_+^3 - (X - 80,5)_+^3 \frac{(100 - 20,5)}{(100 - 80,5)} \\ &\quad + (X - 100)_+^3 \frac{(80,5 - 20,5)}{(100 - 80,5)} \end{aligned}$$

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

Pada titik knot $K_3 = 40,5$

$$
\begin{aligned}
X_4 &= (X-t_3)_+^3 - (X-t_5)_+^3 \frac{(t_6-t_3)}{(t_6-t_5)} + (X-t_6)_+^3 \frac{(t_5-t_3)}{(t_6-t_5)} \\
X_4 &= (X-40,5)_+^3 - (X-80,5)_+^3 \frac{(100-40,5)}{(100-80,5)} \\
&\quad +(X-100)_+^3 \frac{(80,5-40,5)}{(100-80,5)}
\end{aligned}
$$

4. Membentuk Matriks $B(\lambda)$

Pembentukan matriks $B(\lambda)$ untuk $B_{-1,2}(x)$ bernilai 1, dan untuk $B_{0,2}(x)$ bernilai 0.

$$
B(\lambda) = \begin{pmatrix}
1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 3 & 8 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 4 & 27 & 0 & 0 & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
1 & 97 & 861929 & 429383 & 166655 & 39527 \\
1 & 98 & 885463 & 443634 & 173756 & 41878 \\
1 & 99 & 909046 & 457923 & 180882 & 44241 \\
1 & 100 & 932654 & 472230 & 188020 & 46610
\end{pmatrix}
$$

5. Estimasi Nilai Koefisien *Spline*

Setelah didapatkan nilai dari matriks $B(\lambda)$ dimana dalam perhitungan ini $B(\lambda)$ disebut juga dengan $\widehat{\alpha}$. Setelah didapatkan nilai $\widehat{\alpha}$, selanjutnya adalah menghitung nilai estimator *spline* menggunakan Persamaan (2.24). Karena proses perhitungan dengan nilai matriks yang berukuran besar maka proses

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

perhitungan dibagi menjadi beberapa bagian.

$$\zeta = B(\lambda)^T B(\lambda)$$

maka,

$$\zeta = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ 1 & 2 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 1 & 99 & \cdots & 180882 & 44241 \\ 1 & 100 & \cdots & 188020 & 46610 \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} 1 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ 1 & 2 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 1 & 99 & \cdots & 180882 & 44241 \\ 1 & 100 & \cdots & 188020 & 46610 \end{pmatrix}$$

$$\zeta = \begin{pmatrix} 100 & 5050 & \cdots & 3,1177e+06 & 5,5885e+05 \\ 5050 & 338350 & \cdots & 2,7492e+08 & 5,1369e+07 \\ 2,4300e+07 & 1,9553e+09 & \cdots & 21087e+12 & 41881e+11 \\ 10076e+07 & 84946e+08 & \cdots & 99824e+11 & 20247e+11 \\ 31177e+06 & 27492e+08 & \cdots & 35820e+11 & 74957e+10 \\ 55888e+05 & 51369e+07 & \cdots & 74957e+10 & 16405e+10 \end{pmatrix}$$

Langkah selanjutnya menghitung invers dari matriks $\zeta$

$$\zeta' = \begin{pmatrix} 0,2197 & -0,0169 & \cdots & -2,9714e-05 & -1,5430e-05 \\ -0,0169 & 0,0017 & \cdots & -3,6877e-06 & 2,2543e-06 \\ 1,1731e-05 & -1,3349e-06 & \cdots & 3,93667e-09 & -2,7543e-09 \\ -2,9714e-05 & 3,5675e-06 & \cdots & -1,2309e-09 & 9,43311e-09 \\ 2,8054e-05 & -3,6877e-06 & \cdots & 1,6901e-08 & -1,5207e-08 \\ -1,5430e-05 & 2,2543e-06 & \cdots & -1,5207e-08 & 1,6901e-08 \end{pmatrix}$$

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

Sehingga didapatkan nilai $\widehat{\alpha}$.

$$\widehat{\alpha} = \zeta^{'} B(\lambda)^T y$$

dimana $y$ merupakan data yang akan dimodelkan untuk mendapatkan fungsi regresinya (ditentukan persamaan garisnya).

$$\widehat{\alpha} = \begin{pmatrix} 17,7446 \\ 0,0074 \\ 2,1099e-06 \\ -5,9303e-06 \\ 8,1304e-06 \\ -1,1664e-05 \end{pmatrix}$$

Pada perhitungan ini, digunakan jumlah titik knot sebanyak 6. Sedangkan nilai $\widehat{\alpha}$ atau $B(\lambda)$ yang didapatkan pada tahap sebelumnya berjumlah 6 sehingga masih memerlukan 2 nilai $B(\lambda)$ untuk 2 knot terakhir. Keenam nilai $B(\lambda)$ yang sudah didapatkan, yaitu $B(\lambda)_0,\ B(\lambda)_1,\ B(\lambda)_2,\ B(\lambda)_3,\ B(\lambda)_4,\ B(\lambda)_5\ B(\lambda)_6$. Untuk mendapatkan nilai $B(\lambda)_7$ dan $B(\lambda)_8$ dilakukan estimasi seperti pada Persamaan (2.25).

$$B(\lambda)_7 = 1,2283e-05$$

$$B(\lambda)_8 = -4,9299e-06$$

6. Membentuk Persamaan Garis *Spline*

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan, didapatkan nilai titik-titik knot dan koefisien tiap spline. Titik knot yang optimal disajikan pada 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

untuk persamaan data kecerahan langit pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB dan persamaan data kecerahan langit pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB. Koefisien spline yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 4.7 untuk persamaan data kecerahan langit pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB dan Tabel 4.8 untuk persamaan data kecerahan langit pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB

**Tabel 4.6 Titik-Titik Knot yang Optimal untuk Data Kecerahan Langit**

| Knot(k) | Nilai | Knot(k) | Nilai |
|---|---|---|---|
| $k_1$ | 1 | $k_4$ | 60,5 |
| $k_2$ | 20,5 | $k_5$ | 80,5 |
| $k_3$ | 40,5 | $k_6$ | 100 |

**Tabel 4.7 Estimasi Koefisien *Spline*untuk Data Kecerahan Langit Pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB**

| Koefisien *Spline* | Nilai | Koefisien *Spline* | Nilai |
|---|---|---|---|
| $b_0$ | 17,744579 | $b_4$ | 0,000008 |
| $b_1$ | 0,007377 | $b_5$ | -0,000012 |
| $b_2$ | 0,000002 | $b_6$ | 0,000012 |
| $b_3$ | -0,000005 | $b_7$ | -0,000005 |

**Tabel 4.8 Estimasi Koefisien *Spline* untuk Data Kecerahan Langit Pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB**

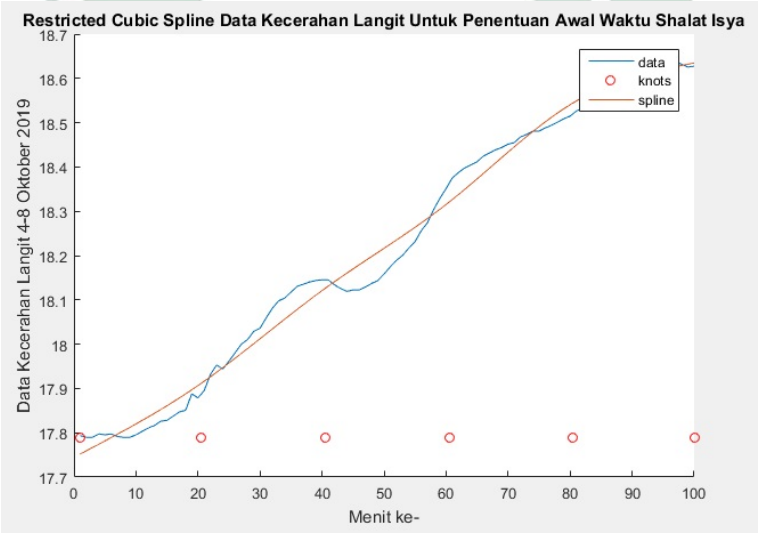
| Koefisien *Spline* | Nilai | Koefisien *Spline* | Nilai |
|---|---|---|---|
| $b_0$ | 19,202000 | $b_4$ | 0,000476 |
| $b_1$ | -0,014100 | $b_5$ | -0,000293 |
| $b_2$ | 0,000264 | $b_6$ | 0,000029 |
| $b_3$ | -0,000236 | $b_7$ | -0,000057 |

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

Sehingga, dengan mensubstitusi nilai-nilai knot dan koefisien *spline* yang didapatkan menggunakan Persamaan (2.23), maka didapatlah bentuk persamaan garis untuk data kecerahan langit pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB.

$$\begin{aligned} f(x) &= 17,744579 + 0,007378x + 0,000002(x-1)^3 - 0,000006(x-20,5)^3 \\ &\quad +0,000008(x-40,5)^3 0,000012(x-60,5)^3 + 0,000012(x-80,5)^3 \\ &\quad -0,000005(x-100)^3 \end{aligned}$$

Persamaan garis yang dihasilkan dari metode *Restricted Cubic Spline* memiliki nilai RMSE sebesar 0,0349 dan koefisien determinasi 0,9482. Nilai RMSE yang kecil dan koefisien determinasi yang mendekati satu menunjukkan bahwa model yang dibuat menunjukkan hasil yang baik dan pengaruh variabel *x* terhadap variabel *y* sangat kuat. Persamaan garis yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 4.9.




**Gambar 4.9 Plot Garis *Restricted Cubic Spline* pada Data Hasil Prediksi**

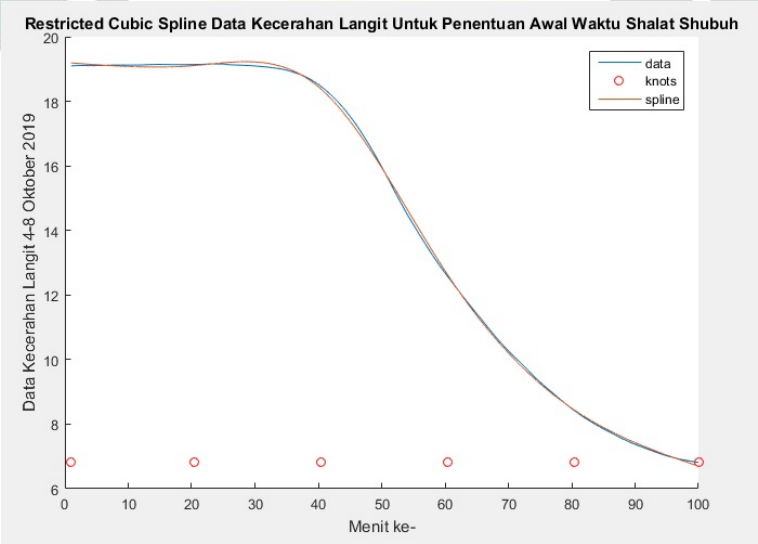
Langkah yang sama dilakukan untuk menemukan bentuk persamaan garis

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

pada data kecerahan langit pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB.

$$
\begin{aligned}
f(x) &= 19,202000 - 0,014100x + 0,000026(x-1)^3 - 0,000236(x-20,5)^3 \\
&\quad +0,000476(x-40,5)^3 0,000293(x-60,5)^3 + 0,000029(x-80,5)^3 \\
&\quad +0,000057(x-100)^3
\end{aligned}
$$

Persamaan garis yang dihasilkan dari metode *Restricted Cubic Spline* memiliki nilai RMSE sebesar 0,0747 dan koefisien determinasi 0,9120. Nilai RMSE yang kecil dan koefisien determinasi yang mendekati satu menunjukkan bahwa model yang dibuat menunjukkan hasil yang baik dan pengaruh variabel *x* terhadap variabel *y* sangat kuat. Persamaan garis yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 4.10.




**Gambar 4.10 Plot Garis *Restricted Cubic Spline* pada Data Hasil Prediksi**

## 4.4. Titik Belok

Setelah mendapatkan persamaan garis pada data kecerahan langit menggunakan metode *Restricted Cubic Spline*, untuk mencari titik belok dari

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

fungsi tersebut adalah dengan mencari turunan pertama, turunan kedua, dan turunan ketiganya. Untuk mencari turunan pertama adalah dengan menggunakan Persamaan (2.29).

$$\begin{aligned} f(x) &= 17,744579 + 0,007378x + 0,000002(x-1)^3 - 0,000006(x-20,5)^3 \\ &\quad +0,000008(x-40,5)^3 - 0,000012(x-60,5)^3 + 0,0000123(x-80,5)^3 \\ &\quad -0,000005(x-100)^3 \\ f'(x) &= 0,000159x^2 - 0,028431x + 0,803998 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai turunan pertamanya, selanjutnya adalah mencari nilai turunan keduanya dengan menggunakan Persamaan (2.30).

$$f"(x) = 0,0003190x - 0,0284314$$

Untuk mencari nilai titik belok adalah dengan membuat turunan keduanya sama dengan nol (0).

$$\begin{aligned} f"(x) &= 0 \\ 0,0003190x - 0,0284314 &= 0 \\ 0,0003190x &= 0,0284314 \\ x &= \frac{0,0284314}{0,0003190} \\ x &= 72,8105 \end{aligned}$$

Setelah mendapat nilai $x$ sebagai titik belok pada turunan keduanya, selanjtnya untuk menunjukkan bahwa titik belok tersebut adalah titik belok 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

sebenarnya, maka persamaan tersebut diturunkan pada turunan ketiganya dengan Persamaan (2.31).

$$f'''(x) \quad = \quad 0,0003190$$

Karena turunan ketiganya ada dan tidak sama dengan nol (0), maka $x$ = 72,8105 merupakan titik belok yang sebenarnya. Proses perhitungan titik belok yang serupa juga dilakukan pada data kecerahan langit pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB, dan didapatkan nilai titik belok sebesar 7,0525.

Pada penelitian ini, perhitungan untuk awal waktu Shalat Isya dilakukan saat pukul 17.20 WIB, sehingga ketika didapatkan nilai titik beloknya sebesar 73 (pembulatan), maka titik belok awal waktu Shalat Isya adalah 17.20 WIB ditambahkan dengan 73 menit, menjadi 18.33 WIB pada tanggal 4-8 Oktober 2019. Sedangkan untuk perhitungan awal waktu Shalat Shubuh dilakukan saat pukul 03.50 WIB, sehingga ketika didapatkan nilai titik beloknya sebesar 7 (pembulatan), maka titik belok awal waktu Shalat Isya adalah 03.50 WIB ditambahkan dengan 7 menit, menjadi 03.57 WIB pada tanggal 4-8 Oktober 2019.

Dalam hal ini, terdapat sedikit perbedaan dalam penentuan awal waktu Shalat Shubuh, yaitu sekitar 1-4 menit lebih lambat dari perhitungan yang dilakukan oleh Nahdlatul Ulama (NU) dan ketentuan pemerintah yang berdasarkan batas senja astronomi (S.A) $-18^o$. Sedangkan dalam penentuan awal waktu Shalat Isya terdapat perbedaan sekitar 1-2 menit lebih cepat. Jadwal awal waktu Shalat Isya dan Shubuh menurut Nahdlatul Ulama (NU) dapat dilihat pada *website* falakiyah.nu.or.id dan untuk ketentuan pemerintah yang berdasarkan batas senja astronomi (S.A) $-18^o$ dapat dilihat pada *website* www.jadwalsholat.org yang ditampilkan pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10.

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 4.9 Hasil Perhitungan Titik Belok Awal Waktu Shalat Isya**

| Tanggal | Prediksi | NU | S.A |
|---|---|---|---|
| 4 Oktober 2019 | 18.33 WIB | 18.34 WIB | 18.34 WIB |
| 5 Oktober 2019 | 18.33 WIB | 18.34 WIB | 18.34 WIB |
| 6 Oktober 2019 | 18.33 WIB | 18.34 WIB | 18.34 WIB |
| 7 Oktober 2019 | 18.33 WIB | 18.34 WIB | 18.35 WIB |
| 8 Oktober 2019 | 18.33 WIB | 18.34 WIB | 18.34 WIB |

**Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Titik Belok Awal Waktu Shalat Shubuh**

| Tanggal | Prediksi | NU | S.A |
|---|---|---|---|
| 4 Oktober 2019 | 03.57 WIB | 03.55 WIB | 03.56 WIB |
| 5 Oktober 2019 | 03.57 WIB | 03.55 WIB | 03.56 WIB |
| 6 Oktober 2019 | 03.57 WIB | 03.54 WIB | 03.55 WIB |
| 7 Oktober 2019 | 03.57 WIB | 03.54 WIB | 03.55 WIB |
| 8 Oktober 2019 | 03.57 WIB | 03.53 WIB | 03.55 WIB |

Pada perhitungan yang dilakukan berdasarkan acuan batas senja astronomi (S.A) $-18^o$ memberikan waktu *Ihtiyath* sebesar 2 menit. Waktu *Ikhtiyat* yaitu waktu kehati-hatian sebagai bentuk toleransi agar kota-kota sekitar yang terletak di sebelah baratnya dapat melaksanakan Shalat sesuai dengan masuknya waktu Shalat. Oleh karena itu, untuk awal waktu Shalat Isya yang memiliki waktu lebih cepat sekitar 1-2 menit jika diberikan nilai toleransi 2 menit maka akan sesuai dengan perhitungan yang didasarkan batas senja astronomi (S.A) $-18^o$ maupun perhitungan yang dilakukan oleh pihak Nahdlatul Ulama (NU).

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

Pada bab ini akan diberikan simpulan dan saran-saran yang dapat diambil berdasarkan materi-materi yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya.

## 5.1. Simpulan

Simpulan yang dapat diambil penulis setelah menyelesaikan pembuatan skripsi ini adalah :

1. Hasil dari prediksi menggunakan metode *Support Vector Regression* pada data tingkat kecerahan langit permenit dengan data *training* 1 Agustus 2019 - 3 Oktober 2019 yang dimulai dari pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB menghasilkan nilai RMSE yang cukup kecil yaitu 0,05146 dan MAPE sebesar 0,23%. Sedangkan data tingkat kecerahan langit pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB menghasilkan nilai RMSE yang cukup kecil yaitu 0,26974 dan MAPE sebesar 2,28%. Kedua hasil peramalan tersebut dapat dikatakan sebagai model peramalan yang sangat baik.

2. Hasil dari penerapan metode *Restricted Cubic Spline* pada data ramalan pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB menghasilkan nilai RMSE sebesar 0,0349 dan nilai $R^2$ sebesar 0,9482. Sedangkan pada data ramalan pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB menghasilkan nilai RMSE sebesar 0,0747 dan nilai $R^2$ sebesar 0,9120. Hasil dari kedua model persamaan tersebut menunjukkan bahwa model garis regresi yang dibuat dikatakan bagus atau cocok dengan pola data aktual.



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. Perhitungan titik belok kecerahan langit pada tanggal 4-8 Oktober 2019 pukul 17.20 WIB - 19.00 WIB menghasilkan nilai titik belok berada pada 72,81 atau 73 menit, sedangkan pukul 03.50 WIB - 05.30 WIB menghasilkan nilai titik belok berada pada 7,05 atau 7 menit. Sehingga, didapatkan hasil awal waktu Shalat Isya pada tanggal 4-8 Oktober 2019 adalah pukul 18.33 WIB dan awal waktu Shalat Shubuh pukul 03.57 WIB. Dari hasil yang didapat tersebut, terdapat sedikit perbedaan kurang lebih 1 sampai 4 menit terhadap awal waktu Shalat NU dan ketentuan pemerintah yang berdasarkan batas senja astronomi (S.A) $-18^o$.

## 5.2. Saran

Setelah membahas dan mengimplementasikan metode *Support Vector Regression* serta metode *Restricted Cubic Spline*, maka saran yang dapat disampaikan adalah:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mencoba menggunakan nilai parameter-parameter untuk $C$, $\varepsilon$, ataupun nilai $\sigma$ yang berbeda pada metode *Support Vector Regression*

2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mencoba menggunakan metode lain untuk optimasi titik knot pada metode *Restricted Cubic Spline*, seperti metode kuartil ataupun GCV.

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


Alimuddin, 2012, Perspektif Syar'i dan Sains Awal Waktu Shalat, *Al-Daulah*, Vol.1, No.1, 120-131.

V. Vapnik, 1995, *The Nature of Statistical Learning Theory*, Springer-Verlag New York, Inc., USA.

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

Al Faruq, A. R., 2013, *Kecerahan Langit Malam Arah Zenit di Observatorium Bosscha dan Analisis Awal Waktu Subuh dan Isya Menggunakan Sky Quality Meter*.

Amanda, R., Yasin, H., dan Prahutama, 2017, Analisis Support Vector Regression (SVR) dalam Memprediksi Kurs Rupiah Terhadap Dollar Amerika Serikat, *Gaussian*, 849-857.

Arumsari, N., dan Pamuji, 2017, Peramalan Irradiance Cahaya Matahari pada Sel Surya untuk Memenuhi Kebutuhan Energi LIistrik Dengan Metode Support Vector Regression (SVR), *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 19-24.

Asiyah, N., 2004, Pendekatan Regresi *Spline* Untuk Memprediksi Model Hubungan Temperatur Dengan Produksi *Pytalic Anhydride* Dalam Proses Reaksi Oksidasi, *Journal of Mathematics and Its Applications*, 41-47.

Ayres, F., and Schdmidt, P., 2004, *Matematika Universitas*, Erlangga, Jakarta.




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

Azzahidi, Irfan, dan Utama, 2011, Pengukuran Kecerahan Langit (Sky Brightness) Observatiorium Bosscha Menggunakan Teleskop Portabel dan CCD, *Prosidings Seminar Himpunan Astronomi Indonesia* , 61-64, ITB, Bandung.

Basak, D., Pal, S., and Patranabis, D.C., 2007, Support Vector Regression, *Neural Information Processing – Letters and Reviews*, 203-225.

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

Caraka, R.E., 2017, Peramalan Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Support Vector Regression Kernel Radial Basis, *Jurnal Matematika*, 43-57.

Choy, K. Y., and Chan, C. W., 2014, Modelling of River Discharges and Rainfall Using Radial Basis Function Networks Based on Support Vector Regression, *International Journal of Systems Science3*, 763-77.

Cinzano, P., 2005, Nigth Sky Photometry with Sky Quality Meter, *ISTILL*, 9-14.

Dhani, H., S. Nurlaela, Y. Fadilah, S. Kurnia, dan Adam., 2011, Penentuan Waktu Gerhana Bulan Total 16 Juni 2011 Berdasarkan Sky Quality Meter , *Seminar Himpunan Astronomi Indonesia*, 32.

Dhani, M., 2013, *Kamus Super Lengkap IPA Sains*, Kunci Komunikasi, Jakarta.

Herdon, J.,and Harrel, F., 2010, The Restricted Cubic Spline Hazard Model, *Communication and Statistic*, Vol.19, No.2, 639-663.

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

Fanani, A., Farida, Y., Arhandi, P.P., dan Hidayat, 2019, Regression Model Focused on Query for Multi Documents Summarization Based on Significance of the Sentence Position, *TELKOMNIKA*, Vol.17, No.6, 3050-3056.

Fitriani, D.R., Darsyah, M.Y., dan Wasono, 2015, Peramalan Fungsi Transfer Single Input Pada Harga Emas Pasar Komoditi, *Proceeding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur Teknik Sipil)*, 57-69.

Gegana, G., 2019, *Autodesk Revit - Building Analysis*, Independently Publisher, Jakarta.

Herdiwijaya., 2016, Pengukuran Kecerahan Langit Malam arah Zenith untuk Penentuan Awal Waktu Fajar, *Prosiding SKF*, 95-102, ITB, Bandung.

Herdiwijaya, dan Arumatingtyas., 2012, Pengukuran Kecerlangan Langit Arah Zenith di Bandung dan Cimahi dengan Menggunakan Sky Quality Meter, ITB, Bandung.

Herdiwijaya, D., 2014, Implications of Twilight Sky Brightness Measurements on Fajr Prayer and Young Crescent Observation, *The 7th International Conference on Physics and Its Applications (ICOPIA 2014)*, 26.

Herdiwijaya, D., 2016, Sky Brightness and Twilight Measurements at Yogyakarta City, Indonesia, *Journal of Physics*, 771.

Jason, C.S., So, C.W., Leung, W.Y., and Wong, 2013, Contributions of Artificial Lighting Sources on Light Pollution in Hongkong Measuredd trough a Night Sky Brightness Monitoring Network, *Journal of Quantitative Spectroscopy Radiative Transfer*, 321-333.

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

Maharesi, R., 2013, Penggunaan Support Vector Regression (SVR) pada Prediksi Return Saham Syariah BEI, *Proceeding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur Teknik Sipil)*, 178-186, Bandung.

Choy, K. Y., and Chan, C. W., 2014, Modelling of River Discharges and Rainfall Using Radial Basis Function Networks Based on Support Vector Regression, *International Journal of Systems Science3*, 763-77.

Martono, K., 2009, *Kalkulus*, Erlangga, Jakarta.

Maula, L. H., Utama, J. A., dan Ramalis, T. R., 2014, Pengaruh Fase Tinggi dan Tenang Matahari Terhadap Kecerahan Langit Malam Terkait Visibilitas Objek Langit, *Seminar Nasional Sains Atmosfer dan Antariksa (SNSAA)*, 71-82.

Maulana, N. D., Setiawan, D. B., dan Dewi, C., 2009, Implementasi Metode Support Vector Regression (SVR) Dalam Peramalan Penjualan Roti (Studi kasus: Harum Bakery), *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2986-2995.

Makridakis, S.,Steven, C., Wheelwright, and Victor, 2009, *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Binarupa Aksara, Jakarta.

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

Mubarok, A., 2015, Penerapan Algoritma Support Vector Regression (SVR) dalam Prediksi Saham Emas (ANTM JK),*Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2986-2995.

Muhammad, H., Cholissodin, I., dan Setiawan, B. D., 2017, Optimasi Support Vector Regression (SVR) Menggunakan Algoritma Improved-Particle Swarm

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

Optimization (IPSO) untuk Peramalan Curah Hujan, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1142-1151.

Mundilarto, dan Istiyono, E., 2007, *Fisika*, Yudhistira, Jakarta.

Muttaqim, F., Muttaqim, I., and Sulistiyowati., 2018, Studi Kecerahan Langit Malam Di Laboratorium Terpadu UIN Sunan Gunung Djati Bandung Berdasarkan Skala Bortle, *ALHAZEN Journal of Physics*, 26-32.

Nazemi, A., Heidenreich, K., and Fabozzi, F., 2017, Improving Corporate Bond Rate Prediction Using Multi-Factor Support Vector Regression, *European Journal of Operational Research*, 1-12.

Yani, N., Srimadi, M., and Sumarjaya, W., 2017, Aplikasi Model Regresi Smemiparametric Spline Truncated, *E-Jurnal Matematika*, 65-73.

Nor, S.A., and Zainuddin., 2011, Sky Brightness for Determination of Fajr and Isha Prayer by Using Sky Quality Meter, *International Journal of Scientific Engineering Research 3*.

Osuna, and F. Girosi., 1999, *Reducing The Run-Time Complexity in Support Vector Regression*, MIT Press, Cambridge.

Parkan, M., 2012, *Coastal Atmospheric Temperature Prediction in Greenland using Support Vector Regression*, LASIG, English.

Paulus, E., 2013, *Buku Saku Fototografi Landscape*, PT.Gramedia, Jakarta.

Raharyani, M. P., Putri, R. R., dan Setiawan, B. D. , 2018, Implementasi Algoritme Support Vector Regression Pada Prediksi Jumlah Pengunjung Pariwisata, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1501-1509.

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

Tripana, A., 2011, Analisis Regresi Spline Kuadratik, *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika*, 978-979.

Santosa, B., 2007, *Teknik Pemanfaatan Data untuk Keperluan Bisnis*,Graha Ilmu, Yogyakarta.

Scott, C., 2007, *Seri Pengetahuan Bintang dan Planet*, Erlangga, London.

Triyanta, L., 2005, *Sains*, Kanisius, Yogyakarta.

Utama J A., 2018, *Aspek Sosial-Ekonomi Polusi Cahaya*, LAPAN, Bandung.

Warsiman, Subkan., 2015, Sains dan Islam: Sebuah Simfoni Mengagungkan Rabb Semesta Alam, UB Press, Malang.

Widodo, N., Filawati, S., 2019, Penentuan Fajar Menggunakan Pendekatan Titik Belok Persamaan Tingkat Kecerahan Langit di LAPAN BPAA Pasuruan, *PRISMA Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 910-916.

YPM Salman., 2014, *Tafsir Salman*, Mizan Pustaka, Bandung.

Zhang, H., Dong, Y., and Zhao, Y., 2013, Moon Night Sky Brightness Simulation for Xinglong Station, *Research in Astronomy And Astropysics*, 1255-1268.

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