



TUGAS AKHIR – TF 141581

PENGGUNAAN *DECISION SUPPORT SYSTEM* UNTUK PREDIKSI POTENSI KEBOCORAN TAMBAK AKIBAT KONDISI MARITIM DI UJUNG PANGKAH MENGGUNAKAN *INTEGRATED NEURO-FUZZY*

Muhammad Agil Falal
NRP 0231144000085

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT
Dr.Ir. Syamsul Arifin, MT

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Halaman ini memang dikosongkan



FINAL PROJECT – TF 141581

***AN APPLICATION OF DECISION SUPPORT
SYSTEM TO PREDICT POTENTIAL FISPOND
LEAKAGE CAUSED BY MARITIME
CONDITION IN UJUNG PANGKAH USING
INTEGRATED NEURO-FUZZY***

Muhammad Agil Falal
NRP 0231144000085

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT
Dr.Ir. Syamsul Arifin, MT

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Halaman ini memang dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

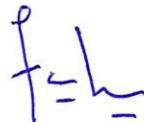
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Agil Falal
NRP : 02311440000085
Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Penggunaan *Decision Support System* untuk Prediksi Potensi Kebocoran Tambak Akibat Kondisi Maritim di Ujung Pangkah Menggunakan *Integrated Neuro-Fuzzy*” adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 7 Juni 2018
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Agil Falal
NRP. 02311440000085

Halaman ini memang dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

PENGGUNAAN *DECISION SUPPORT SYSTEM* UNTUK PREDIKSI POTENSI KEBOCORAN TAMBAK AKIBAT KONDISI MARITIM DI UJUNG PANGKAH MENGGUNAKAN *INTEGRATED NEURO-FUZZY*

Oleh:



Muhammad Agil Falal
NRP. 0231144000085

Surabaya, 25 Juni 2018
Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.
NIP. 19660116 198903 2 001

Pembimbing II



Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.
NIP. 19540406 198103 1 003



Kepala Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS

Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIP. 19780902 200312 1 002

Halaman ini memang dikosongkan

PENGGUNAAN *DECISION SUPPORT SYSTEM* UNTUK PREDIKSI POTENSI KEBOCORAN TAMBAK AKIBAT KONDISI MARITIM DI UJUNG PANGKAH MENGGUNAKAN *INTEGRATED NEURO-FUZZY*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MUHAMMAD AGIL FALAL
NRP. 0231144000085

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T  (Pembimbing I)
2. Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T  (Pembimbing II)
3. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc  (Ketua Penguji)
4. Dr.Eng Dhany Arifianto, S.T, M.Eng  (Penguji)
5. Ir. Zulkifli M.Sc  (Penguji)

SURABAYA, Juli 2018

Halaman ini memang dikosongkan

**PENGUNAAN DECISION SUPPORT SYSTEM UNTUK
PREDIKSI POTENSI KEBOCORAN TAMBAK AKIBAT
KONDISI MARITIM DI UJUNG PANGKAH
MENGUNAKAN INTEGRATED NEURO-FUZZY**

Nama Mahasiswa : Muhammad Agil Falal
NRP : 0231144000085
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Dr. Ir. Aulia Siti AISjah, M.T
2. Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T

Abstrak

Kebocoran tambak merupakan peristiwa yang sering dialami oleh petani tambak di Ujung Pangkah. Kejadian ini diakibatkan oleh kondisi geografis tambak yang berbatasan langsung dengan laut Jawa. Tinggi gelombang dan pasang surut air laut merupakan keadaan maritim yang mempengaruhi kondisi tambak. Kebocoran tambak seringkali terjadi secara tiba-tiba sehingga menyebabkan kerugian besar bagi petani tambak. Informasi data maritim seperti tinggi gelombang dan pasang surut air laut sangat penting digunakan oleh petani tambak untuk mencegah kerugian akibat kebocoran tambak. Namun, peramalan kondisi maritim untuk kepentingan keamanan tambak belum tersedia dalam layanan BMKG. Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan *decision support system* keamanan tambak berdasarkan sistem prediktor keadaan maritim. Sistem prediktor dirancang dengan jaringan saraf tiruan *backpropagation*, sementara sistem *decision support system* menggunakan logika fuzzy mamdani. Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data keadaan maritim tahun 2012 hingga 2016 pada koordinat $6.8997^{\circ}\text{S} - 112.5259^{\circ}\text{E}$. Arsitektur terbaik jaringan saraf tiruan menggunakan pola 4-15-1 dengan learning rate 0.3. Hasil menunjukkan nilai RMSE 0.0280 untuk tinggi gelombang dan 0.0289 untuk pasang surut dengan arsitektur terbaik 4-10-1 pada learning rate 0.5. *fuzzy decision support system* yang dirancang mampu melakukan prediksi kondisi keamanan tambak berdasarkan nilai tinggi gelombang dan pasang surut.

Kata Kunci : Kebocoran tambak, sistem prediktor, *decision support system*

Halaman ini memang dikosongkan

APPLICATION OF DECISION SUPPORT SYSTEM TO PREDICT POTENTIAL FISPOND LEAKED CAUSED BY MARITIME CONDITION IN UJUNG PANGKAH USING INTEGRATED NEURO-FUZZY

Nama Mahasiswa : **Muhammad Agil Falal**
NRP : **0231144000085**
Jurusan : **Teknik Fisika FTI-ITS**
Dosen Pembimbing : **1. Prof. Dr. Ir. Aulia Siti AISjah, M.T**
2. Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T

Abstract

Leakage fishpond is a frequently event for fish farmer in Ujung Pangkah. This event generally happened since the geographic condition of fishpond directly bordering with the java sea. Wave height and tidal level is the main variable that affected fishpond condition in Ujung Pangkah. Leakage fishpond often happened suddenly, it makes loss a lot in material value towards the fish farmer. Maritime data information such as wave heigth and tidal level of ocean became important value for fish farmer to avoid the loss from leakage at fishpond. However, maririme condition prediction for fishpond safety is not avialible yet from BMKG. This final project research intend to provide a proper decision support system for fishpond safety based on maritime condition predictor system. Maritime condition predictor System designed using backpropagation neural network, while the decision support system designed with mamdani fuzzy logic. This research using data of marime condition at year 2012 until 2016 in coordinate $6.8997^{\circ}\text{S} - 112.5259^{\circ}\text{E}$. System predictor with the best output shows on neural network with arsitrectural design 4-15-1 with 0.3 learning rate. The validation result shows the number of RMSE 0.0280 for wave height and 4-10-1 with 0.3 learning rate with 0.0289RMSE for tidal level. Meanwhile, the result from fuzzy decision support system shows the good result among the experts. Therefore the system conclude as a good system. The output shows that there are a view number of potential danger condition for fishpond.

Keyword : **Leakage Fishpond, System predictor, Fuzzy decision support system**

Halaman ini memang dikosongkan

KATA PENGANTAR

Kebocoran tambak merupakan peristiwa yang sering dialami oleh petani tambak di Ujung Pangkah. Peristiwa ini mengakibatkan kerugian finansial yang besar. Penanggulangan yang dilakukan oleh petani tambak masih belum optimal dalam mengurangi kerugian. Hal ini disebabkan karena peristiwa kebocoran tambak belum pernah terdefiniskan secara ilmiah.

Penulis memiliki inisiatif untuk melakukan penelitian pertama tentang kebocoran yang terjadi pada tambak di Ujung Pangkah. Peneliti bertujuan untuk dapat melakukan pendekatan ilmiah terhadap peristiwa kebocoran tambak yang terjadi di Ujung Pangkah.

Upaya yang penulis lakukan adalah dengan melakukan perancangan system prediktor. Sistem prediktor yang peneliti rancang berguna untuk melakukan prediksi potensi kebocoran tambak di Ujung Pangkah pada periode aktu tertentu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak mungkin terwujud tanpa bantuan dari berbagai pihak. Perkenankan penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Agus M. Hatta, S.T. , M.Si, Ph.D selaku kepala departemen Teknik Fisika ITS.
2. Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis, yang selalu memberikan saran dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Dr. Ir. Syamsul Arifin, MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis, yang selalu memberikan saran dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Segenap Bapak/Ibu dosen pengajar di departemen Teknik Fisika - ITS.
5. Ibu penulis Ummu Salamah dan Ayah penulis Elza Faiz atas doa,restu dan semangat yang diberikan.
6. Adik penulis Reza Marabinga Putra yang telah senantiasa memberikan do'a dan dukungannya.
7. PT. Petrokimia Gresik selaku pemberi beasiswa pendidikan selama penulis menempuh masa perkuliahan.

8. Partner tugas akhir, Thoriq, Alfian, Niken, Gama, Mbak Novia, Mbak Chair dan Mbak Sarah yang telah banyak membantu dan menemani selama pengerjaan tugas akhir, serta memberikan do'a dan dukungannya.
9. Segenap keluarga besar penulis yang telah memberikan do'a dan dukungannya.
10. Segenap asisten Laboratorium Fisika Rekayasa Teknik Fisika ITS atas waktu, tempat dan kebersamaan yang diberikan.
11. Pihak BMKG Stasiun perak II Surabaya yang telah menerima penulis dan memberikan informasi yang dibutuhkan dalam penyelesaian tugas akhir.
12. Petambak ikan di daerah Ujung Pangkah atas informasi, ilmu dan harapan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Fisika - ITS, yang senantiasa memberikan motivasi.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala amal dan kebaikan pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini. Penulis juga menyadari bahwa pada tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang membangun akan diterima dengan senang hati. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan berguna bagi penulis, para pembaca, dan pihak-pihak yang membutuhkan.

Penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
<i>TITLE PAGE</i>	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN..... Error! Bookmark not defined.	
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR NOTASI	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kebocoran Tambak	5
2.2 Kondisi Maritim	6
2.3 Jaringan Saraf Tiruan	17
2.4 Logika Fuzzy.....	19
2.5 <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	21
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Perumusan Masalah	26
3.2 Studi Literatur	27
3.3 Penentuan Variabel Penelitian	27
3.4 Pengumpulan Data Maritim	27
3.5 Pengumpulan Data Kepakaran.....	31
3.6 Pengujian Data	31
3.7 Perancangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan untuk Sistem Pedikor	38
3.8 Validasi Sistem Prediktor.....	45
3.9 Perancangan <i>Fuzzy Decision Support System</i>	45

3.10	Validasi <i>Fuzzy Decision Support System</i>	52
3.11	Analisis Hasil dan Pembahasan.....	53
3.12	Kesimpulan dan Saran.....	54
BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN.....		55
4.1	Arsitektur Terbaik Jaringan Saraf Tiruan untuk Tinggi Gelombang	55
4.2	Arsitektur Terbaik Jaringan Saraf Tiruan untuk Pasang Surut	62
4.3	Hasil Rancangan <i>Fuzzy Decision Support System</i>	69
4.4	Validasi Rancangan <i>Fuzzy Decision Support System</i> ...	71
BAB V KESIMPULAN		73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran.....	73
DAFTAR RUJUKAN		75
Lampiran A Validasi Kepakaran		79
Lampiran B Source Code MATLAB Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Tinggi Gelombang		81
Lampiran C Source Code MATLAB Pengujian Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Tinggi Gelombang		85
Lampiran D Source Code MATLAB Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Pasang Surut.....		87
Lampiran E Source Code MATLAB Pengujian Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Pasang Surut.....		91
Lampiran F Source Code MATLAB Penggunaan Integrated Neuro-Fuzzy		93
Lampiran G Hasil Pengujian Sistem Integrated Neuro-Fuzzy Periode Februari 2018 – Mei 2018		95
BIODATA PENULIS.....		113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tambak Tepi Laut	6
Gambar 2. 2 Terbentuknya Pasang Air Laut (Haryono,2004)	7
Gambar 2. 3 Gelombang Laut (Sampurna, 2011)	9
Gambar 2. 4 Mawar Angin (Varma,2013)	16
Gambar 2. 5 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan	18
Gambar 2. 6 Perbedaan Logika Fuzzy dengan Boolean.....	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3. 2 Diagram Blok Penelitian	25
Gambar 3. 3 Lokasi Penelitian (BPS Gresik, 2017).....	28
Gambar 3. 4 Data Outlier pada Tinggi Gelombang	33
Gambar 3. 5 Data Outlier pada Pasang Surut.....	34
Gambar 3. 6 Hasil Uji Missing Data	36
Gambar 3. 7 Diagram Blok Sistem Prediktor.....	38
Gambar 3. 8 Rancangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan.....	39
Gambar 3. 9 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan Terbaik untuk Prediktor Tinggi Gelombang.....	41
Gambar 3. 10 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan Terbaik untuk Prediktor Pasang Surut	44
Gambar 3. 11 Diagram Blok <i>Decision Support System</i>	46
Gambar 3. 12 Skema Sistem Fuzzy.....	47
Gambar 3. 13 Membership Function Tinggi Gelombang	48
Gambar 3. 14 Membership Function Pasang Surut.....	49
Gambar 3. 15 Penyusunan Rule Base	50
Gambar 3. 16 State Kondisi Keamanan Tambak	51
Gambar 3. 17 Surface Rancangan Sistem	52
Gambar 4. 1 JST sebagai Prediktor Tinggi Gelombang.....	58
Gambar 4. 2 Regresi JST sebagai Prediktor Tinggi Gelombang.....	59
Gambar 4. 3 Pengujian JST sebagai Prediktor Tinggi Gelombang	61
Gambar 4. 4 Performansi JST sebagai Prediktor Pasang Surut... ..	65
Gambar 4. 5 Regresi JST sebagai Prediktor Pasang Surut	67
Gambar 4. 6 Hasil Pengujian JST sebagai Prediktor Pasang Surut	68

Gambar 4. 7 Contoh Pengambilan Keputusan pada *Decision Support System*71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Skala <i>Beufort</i> Acuan Perkiraan Ketinggian Gelombang (Mourice, 2005).....	11
Tabel 2. 2 Besar sudut dan arah angin (Mourice, 2005)	15
Tabel 3. 1 Data Laporan Cuaca Maritim BMKG (BMKG, 2017)	29
Tabel 3. 2 Data Laporan Pasang Surut BIG (BIG, 2017).....	30
Tabel 3. 3 Uji Normalitas Data	32
Tabel 3. 4 Hasil Uji Data Outlier pada Variabel Penelitian	35
Tabel 3. 5 Hasil Uji Missing Data pada Variabel Penelitian.....	37
Tabel 3. 6 Rule Base Rancangan Sistem Fuzzy	49
Tabel 4. 1 Hasil Pelatihan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan untuk Tinggi Gelombang	56
Tabel 4. 2 Hasil Pelatihan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan untuk Pasang Surut.....	63
Tabel 4. 3 Hasil Keluaran <i>Fuzzy Decision Support System</i>	69
Tabel 4. 4 Kondisi Berbahaya Hasil Prediksi.....	72

Halaman ini memang dikosongkan

DAFTAR NOTASI

Notasi	Nama	Satuan
g	Gravitasi Bumi	m/s
H	Tinggi Gelombang	m
U_a	Tegangan Angin	m/s
T_p	Periode Gelombang	s
T_d	Durasi Waktu Data	s
$U(10)$	Kecepatan angin pada elevasi 10	m/s
U_z	Kecepatan Angin Pengukuran	m/s
Z	Ketinggian Pengukuran	m
U	Kecepatan Angin Koreksi	m/s
n	Jumlah Data	-
WNDS	Kecepatan angin rata-rata harian	Knot
z	Nilai standardisasi data	-
df	Derajat kebebasan (<i>Degree of Freedom</i>)	-
Sig.	Nilai signifikansi data	-
v_{ij}	Bobot yang berasal dari <i>input node</i> ke- i ke <i>hidden node</i> ke- j	-
w_j	Bobot yang berasal dari <i>hidden node</i> ke- j	-
$S_{in\ i}$	<i>Input node</i> atau node masukan ke- i	-
$S_{hn\ j}$	Fungsi aktivasi pada <i>hidden node</i> atau node tersembunyi ke- j	-
S_{out}	Fungsi aktivasi pada <i>output node</i> atau node keluaran	-
RMSE	<i>Root Mean Square Error</i>	-

Halaman ini memang dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tambak merupakan pusat perekonomian di daerah Ujung Pangkah Gresik. Petani tambak menyumbang peranan penting bagi pendapatan daerah Ujung Pangkah dengan luas areal tambak mencapai 41% dari luas area total kecamatan Ujung Pangkah (BPS Gresik, 2017). Sektor pertanian tambak merupakan mata pencaharian utama disamping industri di kabupaten Gresik (BPS Gresik, 2017). Selain mendapat pemasukan dari penjualan ikan hasil panen, tambak juga memberikan pengaruh terhadap mata pencaharian lain dalam lingkungan sekitar melalui usaha kecil menengah dibidang pengolahan ikan, distribusi hasil panen serta perdagangan hasil tambak lainnya.

Tambak memiliki bentuk dan kondisi yang berdeba sesuai dengan letak geografis. Adapun kondisi tambak di Ujung Pangkah merupakan tambak tepi laut yang membentang dari desa Pangkah Kulon hingga Pangkah Wetan dengan letak koordinat $06^{\circ} 51' 32''$ LS dan $112^{\circ} 32' 01''$ BT hingga $06^{\circ} 52' 51''$ LS dan $112^{\circ} 36' 18''$ BT. Tambak di Ujung Pangkah memiliki kontur tanah *aluvial*. Tanah *aluvial* memiliki struktur tanah yang pejal dan tergolong liat atau liat berpasir dengan kandungan pasir kurang dari 50%. Struktur ini menyebabkan ketahanan dinding tambak tidak optimal sehingga rentan terjadi kebocoran (Sunarko, 2004). Kebocoran tambak merupakan peristiwa keluarnya ikan dari area tambak yang disebabkan oleh rusaknya tanggul atau masuknya air laut yang berlebih.

Permasalahan dalam kebocoran tambak adalah waktu kejadian yang seringkali tidak terduga sehingga petani tambak tidak bisa melakukan pencegahan dan berujung pada kegagalan panen (Iskandar, 2017). Dengan berkembangnya IPTEK, pemberian informasi mengenai kondisi maritim dapat dilakukan dengan mudah. Cara yang sering digunakan adalah dengan menyusun sebuah sistem prediktor. Penggunaan sistem prediktor memungkinkan petani untuk mengetahui kondisi maritim pada beberapa hari kedepan (Afrita, 2017). Hal ini memungkinkan

petani tambak untuk mendapatkan informasi terkait prediksi kondisi maritim yang terjadi pada kurun waktu tertentu sebagai upaya *preventif* untuk penanggulangan kebocoran tambak.

Sistem prediktor dapat memberikan informasi berupa kondisi maritim yang akan terjadi pada kurun waktu tertentu dan dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti *manual wind, waves and swell reflection*, jaringan saraf tiruan maupun metode statistic (WMO, 2015). Metode manual merupakan metode awal yang dilakukan untuk tujuan *forecasting*. Dalam perkembangannya metode manual mengalami penambahan yang signifikan, dari yang awalnya hanya memperhatikan *wind, wave* serta *swell*, sekarang sudah memperhatikan faktor-faktor lain (WMO, 2015). Metode statistic dapat digunakan untuk peramalan tinggi dan periode gelombang signifikan dengan masukan berupa parameter iklim dan cuaca (T.P. DAS, 2009). Sedangkan metode jaringan saraf tiruan merupakan representasi buatan dari otak manusia yang melakukan pembelajaran dari proses yang dijalani. Jaringan saraf tiruan merupakan metode bebas model sehingga memungkinkan pengguna untuk menyelesaikan permasalahan linear maupun non linear, sehingga cakupan penggunaan jaringan saraf tiruan tergolong luas (Maria, 2012). Perancangan sistem prediktor menggunakan jaringan saraf tiruan tidak membutuhkan waktu komputasional lama dengan hasil peramalan yang tergolong akurat (Rizianiza, 2015).

Sistem prediktor menggunakan jaringan saraf tiruan memerlukan beberapa parameter sebagai nilai masukan. Adapun penyusunan parameter yang digunakan akan mempengaruhi sistem arsitektur dan kinerja prediktor yang dirancang (Maria, 2012) (Sampurna, 2011). Sistem prediktor dengan jaringan saraf tiruan tidak dapat digunakan secara langsung sebagai skema penanggulangan kebocoran tambak, sistem prediktor hanya dapat menghasilkan keluaran berupa nilai suatu variabel pada periode tertentu. Dibutuhkan skema tambahan yang mampu merepresentasikan hasil keluaran sistem prediktor dalam *state* tertentu (Berbic, 2017) (Cioca, 2015). *Decision support system* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk

merubah hasil keluaran sistem pediktor menjadi *state* yang telah ditentukan (Lewis, Vrabie, & Syrmos, 2012).

Decision support system dapat disusun dengan menggunakan berbagai metode seperti metode sistem pakar (*Expert System*), regresi linear dan metode logika fuzzy (Rahayu, 2016). Logika fuzzy merupakan *multivalued logic* yang mampu mendefinisikan banyak nilai serta mampu menggambarkan kesimpulan pasti dari informasi yang ambigu, samar-samar dan tidak tepat (Gunawan, 2009). Penggunaan logika fuzzy dalam penyusunan *decision support system* banyak dilakukan untuk penelitian kualitatif. Hal ini dikarenakan logika fuzzy mampu diterapkan dalam berbagai situasi dan kondisi (Rahayu, 2016). Penggunaan logika fuzzy dalam penyusunan *decision support system* bertujuan untuk menerjemahkan data yang didapatkan dari sistem prediktor dalam bentuk himpunan fuzzy sehingga memungkinkan untuk menghasilkan *state* yang diinginkan.

Penelitian tentang pengaruh karakteristik kondisi maritim terhadap peristiwa kebocoran tambak di Ujung Pangkah belum pernah dilakukan sebelumnya. Peneliti ingin membuat sistem yang dapat memperkirakan tingkat keamanan tambak berdasarkan kondisi maritim. Solusi yang peneliti tawarkan adalah membuat integrasi antara sistem prediktor dengan *fuzzy decision support system*. Oleh karena itu, dengan menggunakan *decision support system* yang dirancang, diharapkan petani dapat mengetahui potensi kebocoran tambak yang akan terjadi pada periode tertentu.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang didapatkan dari latar belakang adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana penyusunan arsitektur pada jaringan saraf tiruan agar dapat menghasilkan sistem prediktor kondisi maritim dengan $RMSE < 1$?
- b. Berapa parameter system logika fuzzy agar dapat menghasilkan *decision support system* untuk prediksi potensi kebocoran tambak dengan tingkat kepercayaan $> 50\%$?

- c. Apakah *integrated neuro-fuzzy* yang dirancang mampu memprediksi potensi kebocoran tambak di Ujung Pangkah ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Mendapatkan susunan arsitektur jaringan saraf tiruan yang dapat menghasilkan sistem prediktor kondisi maritim dengan $RMSE < 1$.
- b. Mendapatkan parameter logika fuzzy agar dapat menghasilkan *decision support system* untuk prediksi potensi kebocoran tambak di Ujung Pangkah dengan tingkat kepercayaan $>50\%$.
- c. Mengetahui kesesuaian *integrated neuro-fuzzy* yang dirancang untuk menyelesaikan permasalahan kebocoran tambak di Ujung Pangkah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ditetapkan peneliti pada tugas akhir ini adalah:

- a. Tidak membahas kondisi kebocoran tambak akibat rusaknya tanggul, kondisi yang diteliti adalah melubernya air dalam tambak karena ketinggian air laut.
- b. Tidak membahas pengaruh kondisi maritim terhadap tambak daratan, hanya meneliti tambak tepi laut yang rentan akan pengaruh ketinggian air laut.
- c. Kondisi maritim yang digunakan sebagai variabel hanya mengacu pada pembentukan ketinggian air laut oleh pasang surut serta tinggi gelombang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kebocoran Tambak

Kebocoran tambak merupakan peristiwa keluarnya ikan dari areal tambak. Peristiwa bocornya tambak disebabkan oleh ketinggian air laut. Ketinggian air laut dapat menyebabkan melubernya tambak dan jebolnya tanggul. Kejadian ini sering dialami oleh petani di Ujung Pangkah. Peristiwa ini umumnya terjadi pada tambak tepi laut. Tambak tepi laut merupakan kawasan pertanian ikan yang dikembangkan pada galian permukaan tanah dengan menggunakan gundukan sebagai pembatas yang berseberangan langsung dengan laut lepas. Tambak tepi laut merupakan salah satu jenis tambak yang banyak dikembangkan didaerah pesisir.

Kecamatan ujung pangkah sebagai daerah pesisir di pantai utara pulau jawa memiliki tambak tepi laut yang luas. Luas daerah yang dipergunakan sebagai tambak mencapai 41% dari total luas kecamatan Ujung Pangkah (BPS Gresik, 2017). Adapun penggunaan tambak laut di ujung pangkah tersebar mulai dari desa Ngimboh, Banyuurip, Pangkahwetan dan Pangkahkulon. Tambak tepi laut memiliki beberapa karakteristik khusus, seperti kontur tanah dan sedimentasi batuan. Kontur tanah pada tambak tepi laut merupakan tanah *alluvial* yang umumnya lebih mudah terkikis oleh air. *Alluvial* adalah jenis tanah yang terbentuk karena endapan. Tanah aluvial tergolong sebagai tanah muda yang memiliki struktur pejal dan tergolong liat atau liat berpasir dengan kandungan pasir kurang dari 50% (Sunarko, 2004).

Kondisi maritim laut jawa merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya kebocoran tambak. Terbentuknya ketinggian permukaan air laut mengakibatkan melubernya air dalam tambak, hal ini menyebabkan ikan keluar dari areal tambak menuju laut (Iskandar, 2017). Jebolnya tanggul akibat energi air laut juga merupakan salah satu penyebab terjadinya kebocoran tambak di Ujung Pangkah. Peninjauan aspek kebocoran pada tambak dapat dilakukan menggunakan dua pendekatan tersebut.



Gambar 2. 1 Tambak Tepi Laut (Google Earth,2017)

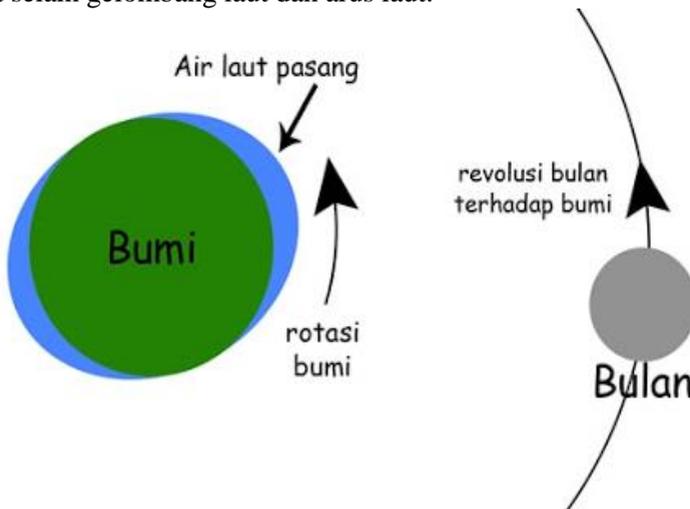
Peristiwa bocornya tambak di Ujung Pangkah umumnya terjadi karena pengaruh aktivitas maritim serta lokasi tambak yang dekat dengan laut jawa seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.1. Dekatnya jarak antara tambak dengan laut jawa menjadi penyebab utama terjadinya kebocoran di tambak pesisir Ujung Pangkah. Sementara itu, kondisi maritim laut jawa digunakan oleh petani tambak sebagai pedoman untuk menentukan waktu yang sesuai guna melakukan aktivitas pertanian. Selain memperhatikan kondisi laut jawa, petani tambak juga memperhitungkan potensi persebaran penyakit ikan dan hama lainnya.

2.2 Kondisi Maritim

Kondisi maritim merupakan keadaan laut di suatu daerah yang dipengaruhi oleh faktor cuaca, iklim, atmosfer dan kondisi lingkungan. Keadaan ini dapat mempengaruhi jalannya berbagai aktivitas yang dilakukan masyarakat. Kondisi maritim sangat penting bagi masyarakat yang memiliki aktivitas di perairan (T.P. DAS, 2009). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi maritim adalah sebagai berikut:

2.2.1 Pasang Surut

Pasang surut air laut adalah peristiwa perubahan tinggi rendahnya permukaan laut yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi benda-benda astronomi, terutama matahari dan bulan. Pengaruh benda astronomi lainnya sangatlah kecil karena ukuran mereka yang lebih kecil dari matahari dan jaraknya lebih jauh dari bulan (Haryono, 2004). Periode pasang surut yang terjadi bervariasi di seluruh dunia, kebanyakan antara 12 jam 25 menit – 24 jam 50 menit. Pasang surut air laut merupakan salah satu dari 3 gerak air laut selain gelombang laut dan arus laut.



Gambar 2. 2 Terbentuknya Pasang Air Laut (Haryono, 2004)

Penyebab utama terjadinya pasang surut adalah adanya gaya gravitasi bulan dan matahari. Bulan sebagai satelit bumi memiliki gaya gravitasi yang kuat sehingga dapat mempengaruhi gerak air laut yang ada di bumi, begitu juga matahari, meskipun jaraknya cukup jauh, gaya gravitasi matahari juga ikut mempengaruhi pergerakan air laut di bumi (Haryono, 2004).

Terdapat 2 teori yang menjelaskan tentang terjadinya pasang surut air laut, yaitu:

a. Teori Keseimbangan

Teori keseimbangan diperkenalkan oleh Sir Isaac Newton. Teori ini menjelaskan sifat-sifat pasang surut air laut secara kualitatif. Teori ini terjadi pada bumi ketika seluruh permukaannya ditutupi oleh air dengan mengabaikan pengaruh kelembaban. Teori keseimbangan menyatakan bahwa naik turunnya permukaan air laut sebanding dengan gaya pembangkit pasang surut. Oleh karena itu untuk mempelajari tentang gaya pembangkit pasang surut, perlu dilakukan pemisahan sistem pergerakan antara bumi-bulan-matahari, menjadi dua sistem yaitu bulan-matahari dan bumi-bulan. Teori ini menyatakan bahwa pasang surut air laut berhubungan dengan laut, massa air yang naik, bulan dan matahari. Karenanya ada 3 faktor utama dalam teori keseimbangan ini, yaitu :

- a. Rotasi Bumi pada Sumbu
- b. Revolusi Bulan Terhadap Matahari
- c. Revolusi Bumi Terhadap Matahari

b. Teori Dinamis

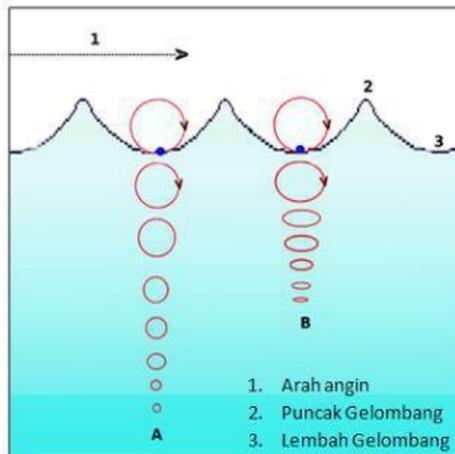
Teori ini diperkenalkan oleh Laplace. Teori ini bisa dikatakan merupakan teori pelengkap dari teori keseimbangan Newton. Teori ini lebih menilai pasang surut air laut secara kuantitatif. Teori dinamis menyatakan gaya pembangkit pasang surut menghasilkan gelombang pasang surut (*tide wave*) yang periode gelombangnya sebanding dengan gaya pembangkit pasang surut. Karena terbentuknya gelombang, maka terdapat faktor lain yang perlu diperhitungkan, faktor-faktor tersebut adalah :

- a. Kedalaman dan Luas Perairan
- b. Pengaruh Rotasi Bumi (Gaya Coriolis)
- c. Gesekan Dasar

2.2.2 Gelombang Laut

Gelombang laut merupakan suatu peristiwa pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus dari permukaan air laut yang membentuk suatu kurva sinusoidal. Bentuk gelombang disebabkan oleh angin di atas lautan yang mengalirkan energi ke

perairan dan menyebabkan riak-riak, alun atau bukit (Sampurna, 2011). Bentuk dari suatu gelombang menunjukkan gerakan partikel air yang ada di dalam gelombang. Walaupun gelombang bergerak semakin maju ke depan, partikel di dalam gelombang akan meninggalkan jejak dan membentuk lingkaran. (WMO, 2015) Jejak lingkaran yang dibuat oleh partikel akan menjadi lebih kecil sesuai dengan makin besarnya kedalaman di bawah permukaan gelombang.



Gambar 2. 3 Gelombang Laut (Sampurna, 2011)

Gelombang laut memiliki puncak gelombang dan lembah gelombang. Puncak gelombang merupakan titik tertinggi yang mampu dijangkau oleh air laut, sedangkan lembah gelombang merupakan titik terendah yang dapat dijangkau. Puncak gelombang sering kali terjadi pada fase pembentukan riak gelombang.

Faktor-faktor yang menjadi gaya pembangkit dari gelombang adalah sebagai berikut:

- a. Gelombang angin yang dibangkitkan oleh angin di permukaan laut memiliki panjang gelombang sampai kira-kira 130 meter dan periode 0,2 – 0,9 detik. Gelombang yang disebabkan oleh angin yang bertiup lama memiliki panjang gelombang sampai ratusan meter dan periode 0,9-15 detik.

- b. Gelombang pasang surut yang di bangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi. Gelombang pasang surut memiliki d panjang gelombang beberapa kilometer dengan periode 5 jam, 12 jam, dan 25 jam oleh fluktuasi gaya gravitasi Matahari dan Bulan.
- c. Gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau vulkanik.
- d. Gelombang yang diakibatkan oleh gerakan lempeng yang berasal dari dalam bumi atau tektonik
- e. Gelombang yang disebabkan oleh kapal dan objek lain yang bergerak.

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju ke pantai akan mengalami perubahan bentuk karena adanya perubahan kedalaman laut. Gelombang bergerak mendekati pantai, pergerakan gelombang di bagian bawah yang berbatasan dengan dasar laut akan melambat. Hal tersebut diakibatkan oleh gesekan antara air dan dasar pantai (Sampurna, 2011). Tinggi dan periode gelombang dihitung berdasarkan formula menurut SPM (*Shore Protection Manual*), (Fossen, 1994) 1984 vol.1 sebagai berikut :

$$T_o = 6.238 \times 10^{-2} \times (U_A \times F)^{0.33} \quad (2.1)$$

$$H_o = 5.112 \times 10^{-4} \times U_A \times F^{0.5} \quad (2.2)$$

H_o = tinggi gelombang laut (m)

T_o = periode gelombang laut (s)

U_A = faktor tegangan angin

Tinggi gelombang dan periode gelombang memiliki keterkaitan dengan faktor tegangan angin yang terjadi. Keterkaitan yang terjadi menjadikan faktor tegangan angin sebagai salah satu komponen utama dalam pembangkitan gelombang. Upaya melakukan prediksi ketinggian gelombang membutuhkan data angin yang terjadi pada tempat tujuan. Adapun dalam kaitannya dengan kondisi maritim ketinggian

gelombang adalah faktor yang paling besar mempengaruhi aktivitas maritim.

Aktivitas maritim harus memperhatikan nilai ketinggian gelombang. Ketinggian gelombang merupakan aspek penting dalam aktivitas kelautan seperti sektor pelayaran, transportasi laut serta sektor perikanan. Kriteria tinggi gelombang yang mempengaruhi aktivitas maritim dapat diketahui dari skala *beaufot*. Skala beufot merupakan suatu konstanta yang umum digunakan dalam aktivitas maritim terutama pada daerah laut lepas pantai dan samudera. Skala *beaufot* mampu menunjukkan kondisi keamanan perairan dengan mempertimbangkan kecepatan angin dan tinggi gelombang. Adapun skala *Beaufot* dapat dijadikan acuan sebagai perkiraan ketinggian gelombang yang disajikan pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1 Skala *Beaufort* Acuan Perkiraan Ketinggian Gelombang (Fossen, 2011)

Skala Beaufort	Kecepatan Angin (m/s)	Tinggi gelombang (m)	Keterangan
0 Bft	0,0 – 0,5	Datar (0 ft; 0m)	Laut tenang seperti cermin.
1 Bft	0,6 – 1,7	5 – 10 cm (2-4 inc) ; (0-1 ft, 0-0,3 in)	Muncul riak air berbentuk sisik tanpa buih
2 Bft	1,8 – 3,3	10-15 cm (4-6 inc); (0-1 ft, 0-0,03 inc)	Muncul gelombang kecil yang pendek namun lebih terlihat puncak gelombang lebih tampak dan tidak pecah
3 Bft	3,4 – 5,2	60 cm (2ft) ; (1-2 ft, 0,3 – 0,6 m)	Gelombang besar, puncak gelombang mulai pecah, muncul buih yang tampak seperti kuda putih.

Skala Beaufort	Kecepatan Angin (m/s)	Tinggi gelombang (m)	Keterangan
4 Bft	5,3 – 7,4	1 m (3,5ft); (2-4 ft, 0,6 – 1,2 m)	Muncul ombak – ombak kecil dalam frekuensi yang lama, dan tampak seperti kuda putih
5 Bft	7,5 – 9,8	2 m (6-7 ft); (4-8 ft; 1,2 – 2,4 m)	Bentuk gelombang panjang tampak jelas, banyak terbentuk kuda putih, menyemburkan air
6 Bft	9,9 – 12,4	3 m (9-10 ft); (8-13ft; 2,4 – 4 m)	Gelombang besar mulai terbentuk , puncak gelombang berbuih luas dan menyemburkan air
7 Bft	12,5 – 15,2	4 m (13-14 ft) ; (13-20 ft; 4-6 m)	Air laut timbul dengan buih dan mulai ditutup oleh angin sesuai dengan arah angin yang berhembus.
8 Bft	15,3 – 18,2	5,5 m (18 ft); (13-20 ft; 4 – 6 m)	Gelombang tinggi yang panjang. Ditandai dengan arah angin
9 Bft	18,3 – 21,5	7 m (23 ft); (13-20 ft; 4 – 6 m)	Gelombang tinggi, busa padat yang terbentuk sepanjang arah angin, puncak gelombang mulai jatuh dan berguling, semprotan air laut dapat mempengaruhi visibilitas.

Skala Beaufort	Kecepatan Angin (m/s)	Tinggi gelombang (m)	Keterangan
10 Bft	21,6 – 25,1	9m (29 ft); (20-30 ft 6-9 m)	Gelombang sangat tinggi dengan puncak panjang, permukaan laut menjadi berwarna putih, air laut yang jatuh ke laut menjadi berat, berdampak pada visibilitas.
11 Bft	25,2 – 29	11 m (37ft) : 9 - 14 m (30-45ft)	Ombak yang muncul sangat tinggi
12 Bft	> 29	> 11 m : (>45 ft > 14 m)	Udara dipenuhi dengan buih dan air laut memuih, visibilitas sangat terganggu.

Skala beaufort dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan kondisi keamanan maritim pada suatu daerah. Keamanan kondisi laut dapat ditentukan berdasarkan skala beaufort yang terbentuk. Kondisi aman terjadi pada skala beaufort 0-4, sedangkan skala 5-12 dapat dikategorikan sebagai kondisi yang berbahaya.

2.2.3 Arus Laut

Arus laut adalah pergerakan massa air di laut secara vertikal atau secara horizontal sehingga membentuk gerakan seimbang yang sangat luas di seluruh lautan di dunia. Ada beberapa penyebab dari muncul nya air laut, diantaranya adalah tiupan angin atau perbedaan densitas atau pergerakan dari gelombang laut (T.P. DAS, 2009).

Secara umum ada dua faktor penyebab terjadinya arus laut, yaitu :

- Faktor internal, merupakan faktor yang berhubungan dengan air laut itu sendiri, contohnya adalah densitas air, gradien tekanan, serta gesekan lapisan air laut.
- Faktor eksternal, merupakan faktor yang berhubungan dengan komponen-komponen laut di sekitar lautan, contohnya adalah gerakan angin, tekanan udara, gaya gravitasi, gaya tarik matahari, dan bulan

Air laut terbentuk karena proses pergerakan massa air dalam menuju keseimbangan yang melibatkan perpindahan secara horizontal dan vertikal massa air tersebut. Gerakan ini terbentuk dari resultan beberapa gaya yang bekerja dan beberapa faktor yang mempengaruhinya (Iskandar, 2017).

Hembusan angin menyebabkan energi laut ditransferkan dari angin ke permukaan. Semakin cepat angin bergerak, semakin besar pula gaya gesekan yang bekerja pada permukaan sehingga semakin besar pula arus laut yang terbentuk. Kemudian pada saat yang bersamaan terjadi perputaran bumi pada porosnya sehingga akan menimbulkan gaya *coriolis*, gaya ini akan membelokkan arus dibagian bumi utara ke kanan, dan dibagian bumi selatan ke kiri. Pada saat yang sama pula faktor faktor seperti gaya gravitasi, kadar garam, densitas, suhu, tekanan udara, sinar matahari, dll, ikut berperan dalam sistem pembentukan arus laut.

2.2.4 Angin

Angin merupakan pergerakan udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Udara bergerak dari daerah yang mempunyai tekanan tinggi menuju ke daerah yang mempunyai tekanan rendah, pergerakan tersebut yang akan menyebabkan munculnya angin. Perbedaan tekanan udara akan mengakibatkan terjadinya pergerakan udara yang arahnya secara vertical atau horizontal. Pergerakan udara bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah, disebut angin (Afrita, 2017).

Angin mempunyai asal usul yang kompleks atau rumit. Umumnya yang menjadi penyebab langsung terjadinya angin adalah karena perbedaan tekanan udara secara horizontal, namun sumber energi utamanya diperoleh dari perbedaan pemanasan dan pendinginan yang terjadi pada lintang-lintang rendah dan tinggi.

Sumber energi ini digunakan untuk membentuk angin dan mempertahankan kecepatannya terhadap rintangan yang timbul akibat adanya gesekan dengan permukaan (T.P. DAS, 2009).

Angin merupakan besaran vektor yang memiliki arah dan nilai. Satuan yang digunakan untuk menyatakan arah angin adalah derajat, sedangkan satuan untuk menyatakan kecepatan dari angin adalah kilometer per jam atau knot. Arah angin dinyatakan dalam derajat seperti yang dilihat pada tabel 2.2 berikut:

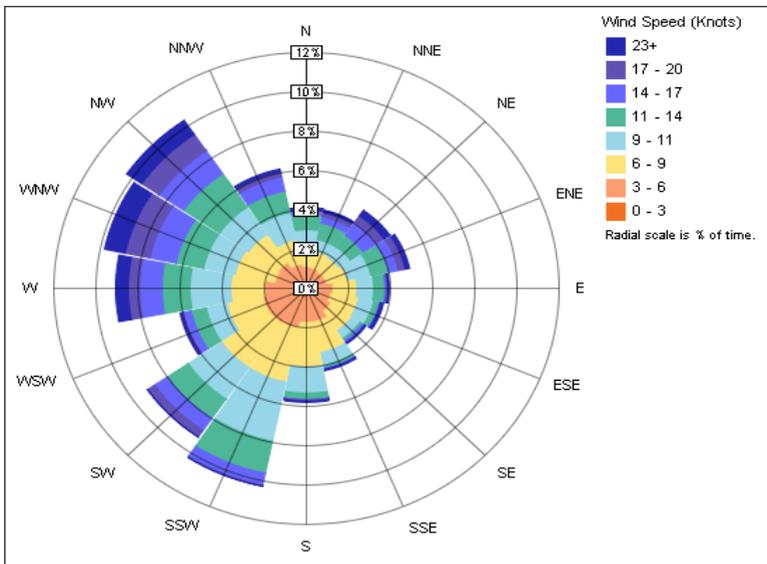
Tabel 2. 2 Besar sudut dan arah angin (Fossen, 2011)

No	Besar Sudut	Arah yang ditunjukkan
1	360 ⁰	Utara (U)
2	22,5 ⁰	Utara Timur Laut (UTL)
3	45 ⁰	Timur Laut (TL)
4	67,5 ⁰	Timur Laut Timur (TLT)
5	90 ⁰	Timur (T)
6	112,5 ⁰	Timur Tenggara (TTg)
7	135 ⁰	Tenggara (Tg)
8	157,5 ⁰	Selatan Tenggara (STg)
9	180 ⁰	Selatan (S)
10	202,5 ⁰	Selatan Barat Daya (SBD)
11	225 ⁰	Barat Daya (BD)
12	247,5 ⁰	Barat Barat Daya (BBD)
13	270 ⁰	Barat (B)
14	292,5 ⁰	Barat Barat Laut (BBL)
15	315 ⁰	Barat Laut (BL)
16	337,5 ⁰	Utara Barat Laut (UBT)
17	0 ⁰	Angin Tenang (<i>Calm</i>)

Arah angin selalu diartikan sebagai arah dari mana angin berhembus dan bukan kemana angin berhembus. Arah angin dapat ditunjukkan oleh alat penunjuk arah angin yaitu *wind vane* atau *aerovane*. Arah angin ditunjukkan dalam satuan derajat yang dihitung searah jarum jam dimulai dari utara yang menunjukkan

0°. Secara klimatologis, arah angin diamati dalam 8 arah, tetapi dalam dunia penerbangan angin diamati dalam 16 arah. Kecepatan angin dapat dinyatakan dalam satuan meter per sekon (m/s), kilometer per jam (Km/h), dan juga knot (T.P. DAS, 2009).

Angin memiliki arah yang dinyatakan dengan satuan derajat. Perubahan arah dan kecepatan angin pada waktu tertentu di suatu lokasi dapat ditentukan dengan menggunakan windrose. *Windrose* merupakan diagram yang mempresentasikan nilai kecepatan angin pada setiap arah mata angin dengan tujuan untuk mengetahui arah dominan angin yang terjadi pada tempat yang diteliti. Diagram *windrose* membantu untuk menggambarkan pola angin pada suatu tempat, diagram windsore merupakan cara yang umum digunakan untuk menggambarkan data angin, dapat diukur dengan “*Speed Distribution*” dan “*Frequency Distribution*”. *Windrose* dapat merupakan data tahunan, atau pada rentang waktu tertentu, beberapa juga menyantumkan informasi temperature tempat yang diamati (Varma, 2013).



Gambar 2. 4 Mawar Angin (Varma, 2013)

Mawar angin digunakan untuk membantu peneliti dalam menentukan arah angin dominan pada periode waktu tertentu. Mawar angin menyatakan presentase dari kecepatan angin yang terjadi. Hal ini dapat dijadikan acuan dalam menentukan kekuatan angin, karena besarnya kekuatan angin ditentukan oleh kecepatannya, semakin besar kekuatan angin maka kecepatan angin tersebut semakin tinggi (Sampurna, 2011) (Varma, 2013).

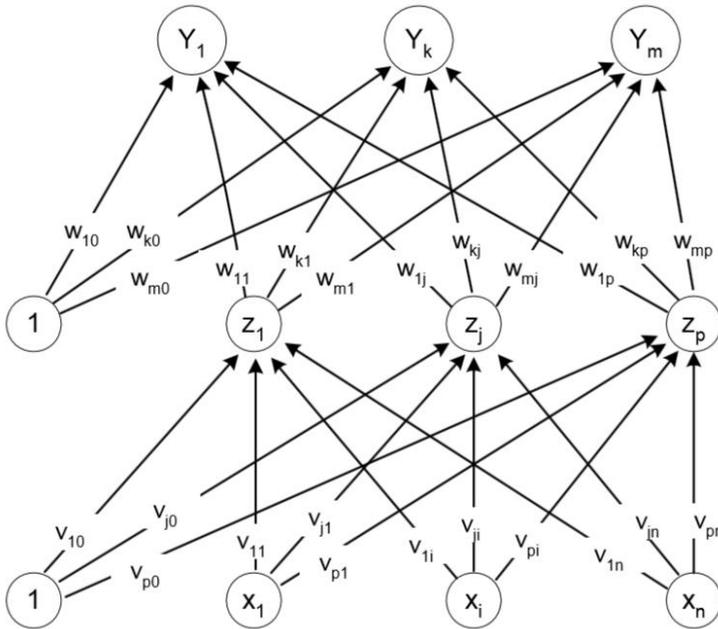
2.3 Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network* (ANN) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang memiliki karakteristik performansi yang mirip dengan jaringan saraf biologis. Jaringan saraf tiruan telah dikembangkan sebagai generalisasi dari model matematik untuk kesadaran manusia atau saraf biologis (Berbic, 2017), dengan asumsi dasar sebagai berikut:

- a. Informasi yang diproses muncul sebagai beberapa elemen sederhana yang disebut neuron atau node.
- b. Sinyal dilewatkan diantara neuron menggunakan link koneksi atau koneksi yang terhubung.
- c. Setiap link koneksi membunyai bobot tertentu, dimana pada jaringan saraf secara umum, bobot tersebut akan melipatgandakan sinyal yang ditransmisikan antara neuron yang satu dengan yang lainnya.
- d. Setiap neuron mengaplikasikan fungsi aktivasi (biasanya non linear) menuju masukan jaringan (gabungan bobot dari sinyal masukan) untuk menentukan sinyal keluaran dari neuron.

Arsitektur jaringan merupakan rangkaian bobot pada koneksi yang disebut sebagai algoritma pelatihan atau pembelajaran, yang disertai fungsi aktivasi. Arsitektur jaringan saraf tiruan akan memiliki pola dan nilai beda pada setiap kasus yang diproses menggunakan jaringan saraf tiruan. (Berbic, 2017) Arsitektur jaringan saraf tiruan berperan dalam menentukan performansi sistem. Sebuah sistem akan menghasilkan keluaran yang baik dengan menggunakan arsitektur jaringan saraf tiruan yang sesuai. Kesesuaian arsitektur jaringan saraf tiruan dengan kinerja sistem

dapat diketahui dengan melakukan pengujian pada berbagai tipe arsitektur yang dirancang. (Keshavarzi & Sarmadian, 2010)



Gambar 2.5 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Gambar 2.5 merupakan salah satu arsitektur jaringan saraf tiruan yang menggunakan pola atau arsitektur *Multilayer Network* dengan tiga layer masukan (*input layer*), tiga layer tersembunyi (*hidden layer*), dan tiga layer keluaran (*output layer*). Node masukan (*input node*) disimbolkan sebagai X_i node tersembunyi (*hidden node*) disimbolkan sebagai Z_j , dan node keluaran (*output node*) disimbolkan sebagai Y_k , dimana nilai i, j , dan k sesuai dengan jumlah node yang digunakan. Persamaan untuk memperoleh besar sinyal masukan ke node tersembunyi adalah sebagai berikut,

$$y_{in,j} = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (2.3)$$

dengan:

$y_{in,j}$ = sinyal masukan ke node tersembunyi ($j=1,2,3,\dots,n$)

v_{0j} = nilai bobot dari bias menuju node tersembunyi

x_i = sinyal keluaran dari node masukan ($i=1,2,3,\dots,m$)

v_{ij} = nilai bobot dari node masukan menuju node tersembunyi.

Persamaan untuk memperoleh besar sinyal masukan ke node keluaran adalah sebagai berikut,

$$z_{in.k} = w_{0k} + \sum_{j=1}^n y_j w_{jk} \quad (2.4)$$

dengan:

$z_{in.k}$ = sinyal masukan ke node keluaran ($k=1,2,3,\dots,p$)

w_{0k} = nilai bobot dari bias menuju node keluaran

y_j = sinyal keluaran dari node tersembunyi ($j=1,2,3,\dots,n$)

w_{jk} = nilai bobot dari node tersembunyi menuju node keluaran.

Sinyal keluaran dari node tersembunyi dan node keluaran dapat diperoleh dengan mengaplikasikan sinyal masukan pada fungsi aktivasi. Salah satu fungsi aktivasi yang dapat digunakan yaitu *bipolar sigmoid* atau disebut juga *tangen hiperbolik*. Persamaan berikut dapat digunakan untuk mencari sinyal keluaran node tersembunyi.

$$y_j = \tanh(y_{in.j}) \quad (2.5)$$

dengan:

y_j = sinyal keluaran dari node tersembunyi ($j=1,2,3,\dots,n$).

Persamaan mencari sinyal keluaran dari node keluaran adalah sebagai berikut:

$$z_k = \tanh(z_{in.k}) \quad (2.6)$$

dengan:

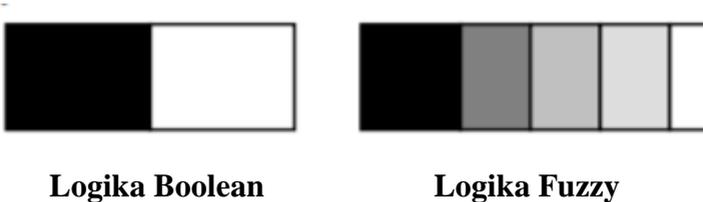
z_k = sinyal keluaran dari node keluaran ($k=1,2,3,\dots,p$).

2.4 Logika Fuzzy

Pada pertengahan tahun 1960, Profesor Lotfi Zadeh dari Universitas California di Berkelay memperkenalkan logika fuzzy sebagai suatu media untuk menangani dan memproses linguistic information. Zadeh menyimpulkan bahwa nilai true atau false pada logika ompute tidak memperhitungkan banyaknya perbedaan yang ada pada dunia nyata.

Perhitungan gradasi yang tidak terhingga antara *true* dan *false* merupakan sebuah gagasan yang dapat merubah sudut pandang peneliti, Zadeh menggunakan gagasan dari himpunan klasik menjadi suatu hal yang dinamakan himpunan fuzzy. Tidak seperti logika Boolean yang hanya mempunyai dua nilai (True

dan False; 0 dan 1), logika fuzzy mempunyai banyak nilai seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6:



Gambar 2. 6 Perbedaan Logika Fuzzy dengan Boolean
(Gunawan, 2009)

Penggunaan logika fuzzy berperan dalam mempercepat perkembangan teknologi mulai dari sektor industri, pembuat software dan pendesain aplikasi. Sehingga mampu memberikan respon yang lebih cerdas pada kondisi tertentu. Logika fuzzy memiliki beberapa cara dalam merepresentasikan data. Metode yang sering digunakan adalah metode mamdani, metode sugeno dan metode tsukamoto. Ketiga metode tersebut memiliki beberapa karakteristik tertentu yang dapat disesuaikan penggunaannya berdasarkan kebutuhan output yang diinginkan dalam penelitian.

Metode Mamdani dikenal dengan nama metode MIN - MAX. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output diperlukan 4 tahapan, diantaranya (Gunawan, 2009):

a. Fuzzifikasi

Variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy, dan di setiap variabel input maupun output terdapat variabel linguistik. Fuzzifikasi merupakan proses yang bertujuan untuk mengubah variabel nyata menjadi variabel fuzzy. Variabel nyata merupakan nilai asli dari variabel yang digunakan dalam penelitian, sementara itu variabel fuzzy merupakan nilai fuzzy dari variabel yang digunakan.

Fuzzifikasi dilakukan agar masukan kontroler fuzzy bisa dipetakan menuju jenis yang sesuai dengan himpunan fuzzy. Pemetaan dilakukan dengan bantuan model dari fungsi

keanggotaan agar dapat diketahui besar masukan tersebut (derajat keanggotaan). Terdapat beberapa jenis penggambaran fungsi keanggotaan, antara lain:

- Segitiga
- Trapesium
- Dll

b. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada Metode Mamdani, setelah diperoleh variabel input dan output, langkah selanjutnya adalah menentukan aplikasi fungsi implikasi.

c. Komposisi Aturan

Setelah diperoleh hasil dari fungsi implikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan komposisi tiap-tiap aturan dan metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu Metode MAX (maximum).

d. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses yang digunakan untuk mengubah kembali variabel fuzzy menjadi variabel nyata, atau dengan kata lain aksi kontrol fuzzy yang masih berupa himpunan, dirubah menjadi nilai nyata yang berupa nilai tunggal. Banyak metode yang dapat digunakan untuk defuzzifikasi, salah satu contohnya adalah metode centroid yang digunakan dalam penelitian ini. (Lewis, Vrabie, & Syrmos, 2012). Input dari proses defuzzy adalah suatu himpunan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut.

2.5 Root Mean Square Error (RMSE)

Evaluasi performansi model jaringan saraf tiruan (JST) antara nilai aktual dan nilai yang diprediksi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode pengukur nilai error. Parameter perhitungan nilai error yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Root Mean Squared Error* (RMSE). Performansi jaringan saraf tiruan dapat diketahui dengan mengukur nilai RMSE. Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai RMSE:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y' - Y)^2}{n}} \quad (2.7)$$

Keterangan tambahan:

Y = data aktual

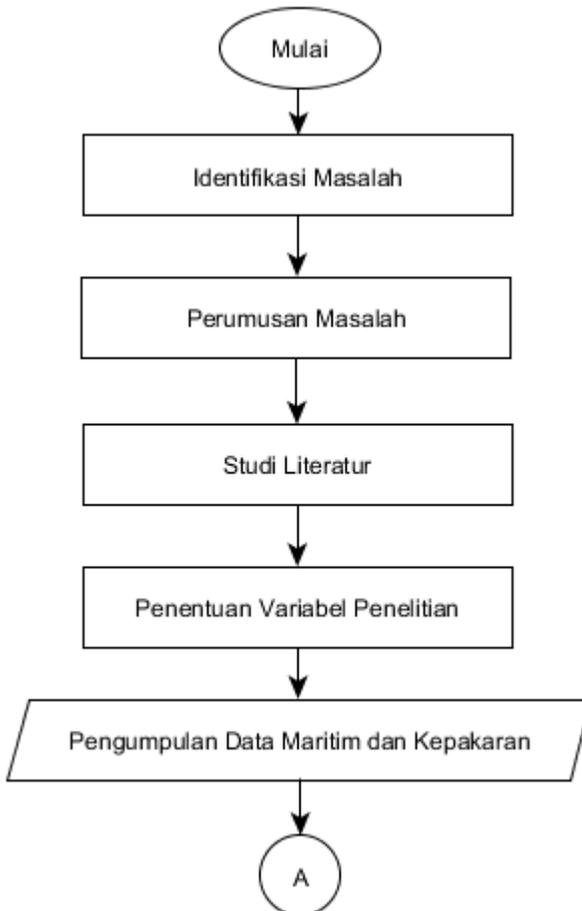
Y' = data hasil prediksi

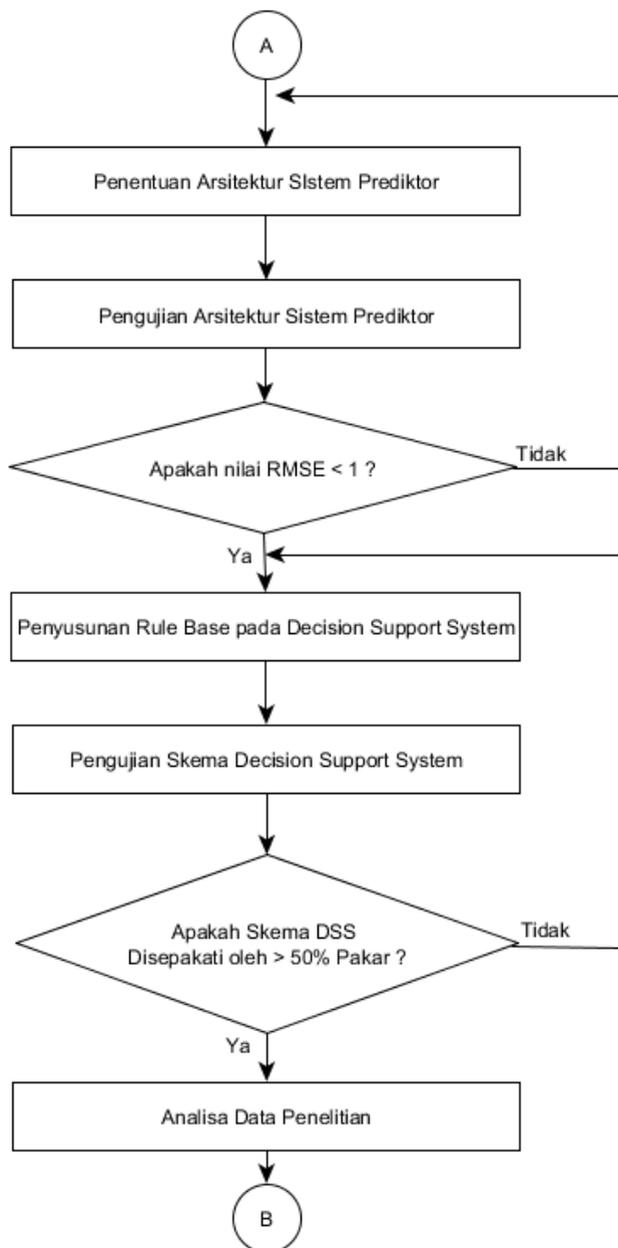
n = jumlah data.

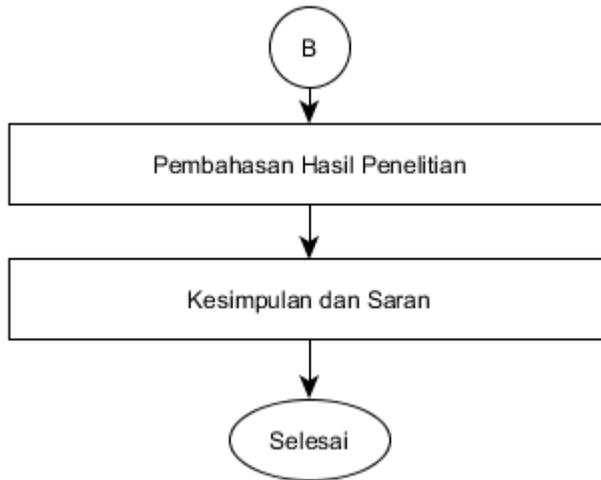
Root Mean Squared Error dapat dilakukan untuk mengukur akurasi dan *reliability* untuk kalibrasi dan tes data set (Keshavarzi & Sarmadian, 2010). Pengukuran dilakukan dengan membandingkan antara data hasil prediksi dengan data aktual.

BAB III METODE PENELITIAN

Berikut ini merupakan diagram alir dari penelitian tugas akhir yang dilakukan:

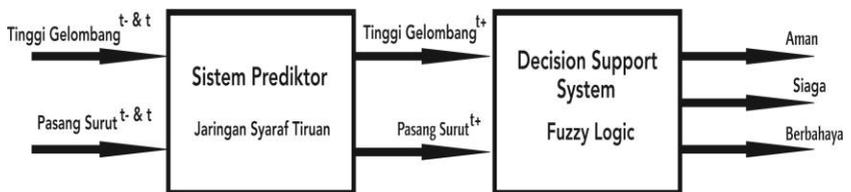






Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan urutan yang telah ditentukan. Perancangan skema pada penelitian ini dapat dijelaskan melalui diagram blok. Diagram blok penelitian dapat digunakan untuk mengetahui skema sistem yang ingin dirancang. Skema yang peneliti gunakan dalam penelitian ini merupakan skema *integrated neuro-fuzzy*. Skema ini tersusun atas jaringan saraf tiruan dan *fuzzy logic*. Skema *integrated neuro-fuzzy* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut:



Gambar 3. 2 Diagram Blok Penelitian

Skema *integrated Neuro-Fuzzy* merupakan sebuah rancangan penggabungan jaringan saraf tiruan dan logika fuzzy. Jaringan saraf tiruan digunakan untuk menghasilkan sistem prediktor ketinggian gelombang dan pasang surut air laut. Hasil keluaran dari sistem prediktor adalah nilai tinggi gelombang dan pasang surut air laut pada periode selanjutnya. Nilai tinggi gelombang dan pasang surut air laut pada periode lanjut akan ditransformasikan menjadi beberapa state/ keadaan oleh logika fuzzy.

3.1 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahapan identifikasi masalah yang ingin diselesaikan menggunakan metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini. Perumusan masalah dapat menjadi pedoman dan fokus untuk mengerjakan penelitian tugas akhir. Perumusan masalah didapatkan dari hasil observasi peneliti terhadap permasalahan yang dihadapi.

Permasalahan yang diangkat penulis dalam penelitian ini berkaitan dengan terjadinya peristiwa kebocoran tambak di daerah Ujung Pangkah. Kebocoran tambak terjadi pada tambak yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Oleh karena itu penulis berasumsi bahwa kebocoran tambak yang terjadi di Ujung Pangkah disebabkan oleh kondisi laut (maritim).

Hipotesa yang diambil oleh penulis didasarkan atas observasi lapangan yang telah penulis lakukan. Dari hipotesa yang ada, dilakukan pengujian dan validasi dengan metode wawancara dan sistem kepakaran. Wawancara yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan informasi primer dari petani tambak yang mengalami kebocoran tambak. Sementara itu sistem kepakaran dilakukan dengan tujuan validasi informasi dari narasumber. Sistem pakar dalam penelitian ini berasal dari staff BMKG stasiun pengamatan II Perak Surabaya.

Informasi yang didapatkan setelah tahapan pengujian dan validasi digunakan sebagai acuan utama dalam menentukan permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini. Oleh karena itu perumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini diharapkan sesuai dengan kondisi dan kebutuhan masyarakat

serta dapat menyelesaikan permasalahan kebocoran tambak yang terjadi di Ujung Pangkah.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mempelajari prinsip dasar permasalahan yang akan diselesaikan beserta metode dan cara yang akan digunakan dalam menyelesaikan permasalahan tersebut. Literatur yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu variabel yang mempengaruhi kebocoran tambak, metode jaringan saraf tiruan (JST) dan logika *fuzzy*. Jenis literatur yang digunakan adalah buku, jurnal penelitian ilmiah, artikel ilmiah, laporan tugas akhir, dan juga informasi yang diperoleh dari pihak BMKG Perak II, Surabaya.

Informasi yang didapatkan dari literatur akan digunakan sebagai acuan peneliti dalam merumuskan serta merancang metode yang sesuai dalam penyelesaian permasalahan penelitian ini. Selain digunakan untuk menambah informasi, literatur juga dapat difungsikan sebagai pembanding dan pendukung.

3.3 Penentuan Variabel Penelitian

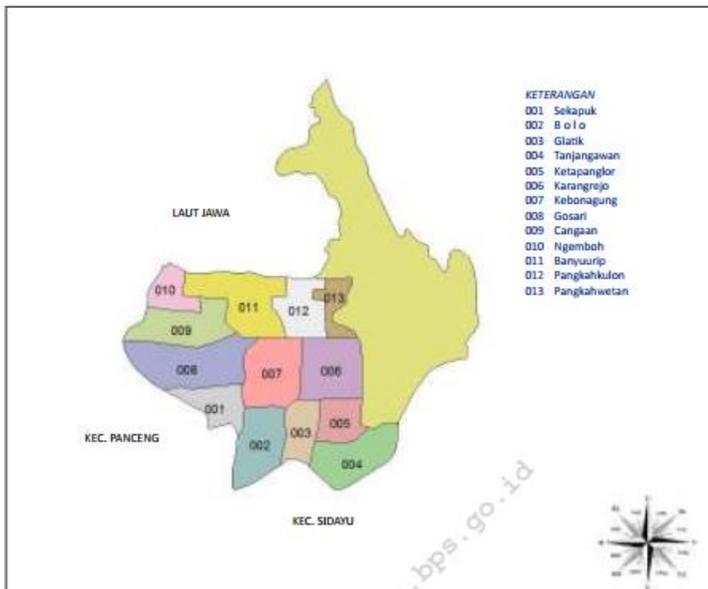
Variabel yang digunakan dalam penelitian didapatkan dari analisa korelasi antara kondisi maritim dengan pembangkitan gelombang laut dan pasang surut. Sehingga variabel yang digunakan dalam penelitian merupakan faktor pembentukan ketinggian air laut yang dapat mengakibatkan melubernya tambak.

Hasil dari observasi dan wawancara menunjukkan bahwa variabel yang berpengaruh terhadap penelitian ini adalah pasang surut air laut dan tinggi gelombang. Ketinggian air laut dipengaruhi oleh keadaan pasang surut air laut serta tinggi gelombang yang terjadi pada periode tertentu.

3.4 Pengumpulan Data Maritim

Data yang dikumpulkan adalah data laporan kondisi maritim pada Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika yang diperoleh dari stasiun pengamatan BMKG Tanjung Perak II Surabaya dan data laporan kondisi pasang surut air laut pada

Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia. Data yang diambil adalah data laporan dalam periode pengamatan setiap jam pada periode 2012-2016 di wilayah Ujung Pangkah dengan koordinat 6.8997^0 LS – 112.5259^0 BT seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.3 berikut:



Gambar 3. 3 Lokasi Penelitian (BMKG, 2017)

Data laporan kondisi maritim yang tersedia adalah data ketinggian gelombang, arah angin, kecepatan angin, serta arus laut (BMKG, 2017). Data yang didapatkan kemudian dianalisa untuk mendapatkan data yang dibutuhkan. Dari analisa pembangkitan gelombang laut, didapatkan nilai ketinggian gelombang merupakan aspek yang dominan, Hal ini diketahui dari nilai korelasi variabel lain dengan ketinggian gelombang dengan nilai korelasi tinggi. Selain dari analisa pembangkitan gelombang, tinggi gelombang digunakan berdasarkan pembobotan informasi yang didapatkan dari wawancara dan sistem pakar yang telah dilakukan sebelumnya. Sehingga tinggi

gelombang ditetapkan sebagai salah satu variabel dalam penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini memiliki *range* periode 1 jam. Data yang digunakan memiliki susunan seperti tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 Data Laporan Cuaca Maritim BMKG (BMKG, 2017)

Year (UTC)	Month (UTC)	Day (UTC)	Hour (UTC)	WindSpd (knots)	CuSpd (cm/s)	H 1/10 (m)
2012	1	1	3	3.39	5.47	1.02
2012	1	1	9	0.94	4.1	0.98
2012	1	1	15	1.27	2.85	0.94
2012	1	1	21	5.05	1.73	0.88
2012	1	2	3	5.24	2.1	0.78
2012	1	2	9	2.48	3.02	0.74
2012	1	2	15	2.48	4.35	0.8
2012	1	2	21	3.76	6.09	0.81
2012	1	3	3	4.41	6.59	0.82
2012	1	3	9	5.13	5.93	0.88
2012	1	3	15	5.77	7.38	0.94
2012	1	3	21	5.48	10.9	0.96
2012	1	4	3	5.55	14.39	0.95
2012	1	4	9	5.97	18.45	0.94
2012	1	4	15	5.26	19.22	0.91
2012	1	4	21	3.43	17.51	0.86
2012	1	5	3	3.28	18.11	0.81
2012	1	5	9	4.75	20.78	0.79
2012	1	5	15	5.36	22.26	0.8
2012	1	5	21	5.47	23.67	0.86
2012	1	6	3	6.05	22.81	0.89
2012	1	6	9	6.87	19.74	0.91

Data tinggi gelombang yang didapatkan dari stasiun pengamatan BMKG meruakan data laopran konndisi maritim dalam periode jam. Data yang didapatkan dari BMKG merupakan data yang sesuai dengan kebutuhan peneliti karena adanya *range* waktu yang sama pada setiap variabel yang digunakan.

Tabel 3. 2 Data Laporan Pasang Surut BIG (BIG, 2017)

Lat	Lon	Date	Hours	(UTC) z(m)
-6.8997	112.5259	1/1/2012	15:00:00	0.396
-6.8997	112.5259	1/1/2012	14:00:00	0.382
-6.8997	112.5259	1/1/2012	16:00:00	0.376
-6.8997	112.5259	1/1/2012	13:00:00	0.342
-6.8997	112.5259	1/1/2012	17:00:00	0.319
-6.8997	112.5259	1/1/2012	12:00:00	0.284
-6.8997	112.5259	1/1/2012	18:00:00	0.225
-6.8997	112.5259	1/1/2012	11:00:00	0.217
-6.8997	112.5259	1/1/2012	10:00:00	0.146
-6.8997	112.5259	1/1/2012	19:00:00	0.104
-6.8997	112.5259	1/1/2012	9:00:00	0.074
-6.8997	112.5259	1/1/2012	8:00:00	0.001
-6.8997	112.5259	1/1/2012	20:00:00	-0.033
-6.8997	112.5259	1/1/2012	7:00:00	-0.074
-6.8997	112.5259	1/1/2012	6:00:00	-0.152
-6.8997	112.5259	1/1/2012	21:00:00	-0.169
-6.8997	112.5259	1/1/2012	5:00:00	-0.231
-6.8997	112.5259	1/1/2012	22:00:00	-0.288
-6.8997	112.5259	1/1/2012	4:00:00	-0.306
-6.8997	112.5259	1/1/2012	3:00:00	-0.371
-6.8997	112.5259	1/1/2012	23:00:00	-0.376
-6.8997	112.5259	1/1/2012	0:00:00	-0.402
-6.8997	112.5259	1/1/2012	2:00:00	-0.414

Data pasang surut didapatkan dari pusat jaring kontrol geodesi dan geodinamika Republik Indonesia pada tahun 2012-2016 dengan koordinat 6.8997^0 LS – 112.5259^0 BT. Data yang didapat kemudian disusun sehingga memiliki format yang sama dengan data tinggi gelombang (BIG, 2017).

3.5 Pengumpulan Data Kepakaran

Data kepakaran adalah kumpulan informasi yang didapatkan dari hasil interview. Informasi yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah informasi umum terkait dengan terjadinya kebocoran tambak, faktor yang menyebabkan serta waktu potensial terjadinya kebocoran tambak. Informasi yang ingin didapatkan direpresentasikan dengan quisioner/daftar pertanyaan kepada narasumber. Narasumber pada penelitian ini adalah petani tambak daerah Ujung pangkah yang mengalami kebocoran tambak.

Informasi yang telah didapatkan selama proses interview dibobotkan sesuai dengan data yang diperlukan. Proses pengujian dan validasi data kepakaran dilakukan dengan bantuan pakar. Pakar yang membantu dalam validasi data adalah pakar dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika yang diperoleh dari stasiun Tanjung Perak II Surabaya. Pakar yang membantu dalam proses validasi terdiri dari 3 orang. Hasil dari pertimbangan pakar akan menentukan kelayakan dari data yang dihasilkan selama interview. Apabila data telah disepakati pakar, maka data dapat digunakan dalam penelitian.

3.6 Pengujian Data

Data maritime yang telah diambil kemudian diuji dan dianalisa. Uji dan analisa data maritim dilakukan menggunakan *software* IBM SPSS Statistics 22, tahapan analisa yang dilakukan adalah:

a. Uji Normalitas Data

Pengujian normalitas data dilakukan untuk mengetahui apakah sebuah data mengikuti atau mendekati dsitribusi normal, yaitu distribusi data dengan bentuk lonceng. Data yang baik adalah data yang mempunyai pola distribusi normal.

Uji normalitas data menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov*. Metode ini mampu menentukan tingkatan normalitas data berdasarkan test yang dilakukan. Data dikategorikan berdistribusi normal apabila memiliki nilai test statistic $> 0,05$.

Tabel 3. 3 Uji Normalitas Data

Parameter Uji	Variabel Penelitian	
	Tinggi Gelombang (m)	Pasang Surut (m)
Jumlah Data	43848	438484
Mean	1.264	-.001
Standard Deviasion	0.428	0.373
Most Extreme Absolute	0.074	0.430
Most Extreme Positive	0.074	0.430
Most Extreme Negative	-0.028	-0.410
Test Statistic Result	0.074	0.053

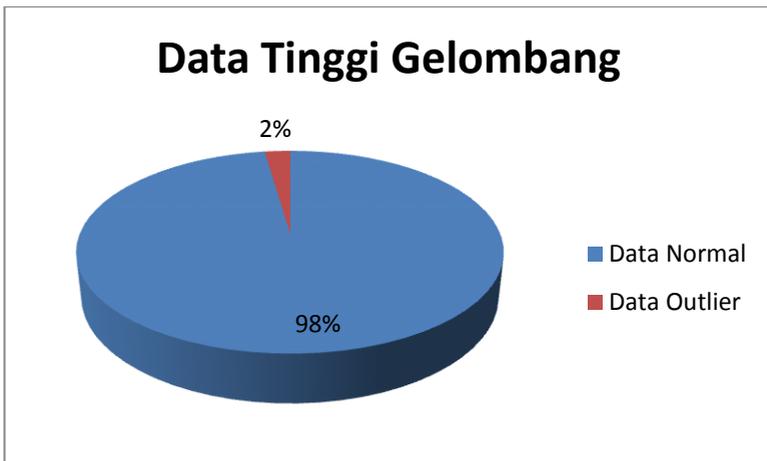
Uji normalitas data yang dilakukan dengan metode *Kormogolov-Smirnov* pada tabel 3.3 menunjukkan data yang digunakan dalam penelitian merupakan data dengan distribusi normal. Hal ini diketahui dari besaran nilai statistik yang menunjukkan nilai 0,074 dan 0,053 yang lebih besar dari 0,05. Sehingga dapat dikategorikan sebagai data dengan disribusi normal. Hasil uji *Kormogolov-Smirnov* menunjukkan data tinggi gelombang yang digunakan memiliki nilai yang lebih heterogen dan tersebar merata. Hal ini dipengaruhi oleh nilai standard deviasi tinggi gelombang yang lebih besar dari pasang surut. Persebaran data pada variable pasang surut bersifat max-min. hal ini dipengaruhi oleh nilai extreme data pada kondisi positif dan negatif yang relatif sama, selain itu rata-rata nilai data keseluruhan pasang surut yang digunakan adalah -0.001. Hal ini menunjukkan bahwa data pada variable pasang surut lebih homogen dari variabel tinggi gelombang.

Uji normalitas data merupakan tahapan pengujian data pertama kali. Hal ini dilakukan karena sebuah data harus

terdistribusi normal agar dapat menghasilkan keluaran yang sesuai dengan kaidah statistik. Apabila data yang digunakan tidak terdistribusi normal, maka hasil pengujian data diragukan validitasnya. Oleh karena itu pengujian normalitas data merupakan salah satu tahapan penting dalam mengolah data statistik.

b. Uji Data *Outlier*

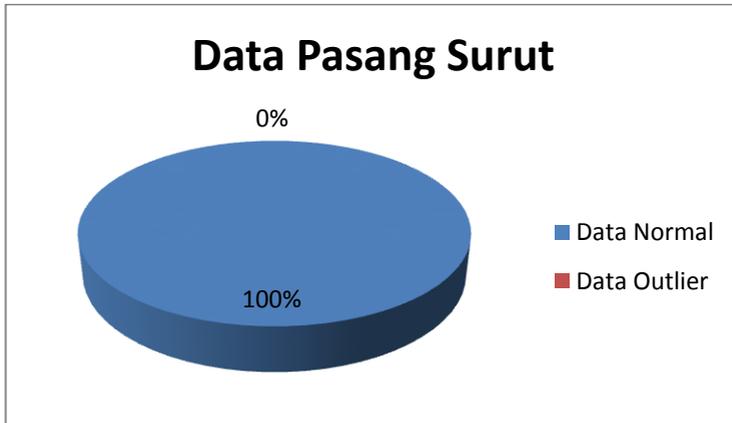
Data *outlier* adalah data yang secara nyata berbeda dengan data-data yang lainnya, atau dengan kata lain memiliki nilai yang jauh lebih besar ataupun jauh lebih kecil dibanding data lainnya. Keberadaan data *outlier* atau data yang sangat ekstrem, pada banyak kasus akan mengganggu keseluruhan data yang dapat menyebabkan biasanya kesimpulan yang diambil.



Gambar 3. 4 Komposisi Data Outlier pada Variabel Tinggi Gelombang

Data tinggi gelombang dan pasang surut yang diuji menunjukkan adanya data yang memiliki nilai ekstrim pada kedua variabel. Data dengan nilai ekstrim merupakan data yang memiliki nilai persebaran yang jauh dari data lainnya. Hasil pengujian menunjukkan data tinggi gelombang yang digunakan

memiliki nilai outlier sebanyak 1006 data. Meskipun tergolong besar data tinggi gelombang yang diuji masih dikategorikan pada data yang dapat digunakan, karena presentase data outlier pada variabel tinggi gelombang hanya mencapai 2,29% dari data keseluruhan.



Gambar 3. 5 Komposisi Data Outlier pada Variabel Pasang Surut

Data yang digunakan pada variabel pasang surut hanya memiliki 1 data dengan nilai ekstrim. Apabila dilakukan perbandingan dengan jumlah keseluruhan data yang digunakan, jumlah data ekstrim pada variabel pasang surut hanya sebesar 0,0023%. Hal ini menunjukkan bahwa data pasang surut yang digunakan memiliki distribusi data yang baik. Komposisi data *outlier* pada variabel pasang surut tidak mempengaruhi nilai tengah dai variabel pasang surut.

Hasil pengujian data *outlier* pada variabel tinggi gelombang dan pasang surut menunjukkan bahwa data tinggi gelombang dan pasang surut yang akan digunakan telah memenuhi kaidah data ekstrim sehingga dapat digunakan sebagai input data pada sistem prediktor. Oleh karena itu data tinggi gelombang dan pasang surut yang diuji dapat digunakan untuk proses pengujian data statistik lainnya.

Tabel 3. 4 Hasil Uji Data Outlier pada Variabel Penelitian

No	Variabel	Data Outlier	Data Keseluruhan	Presentase Data Outlier
1	Tinggi Gelombang	1006	43848	2.2900 %
2	Pasang Surut	1	43848	0.0023 %

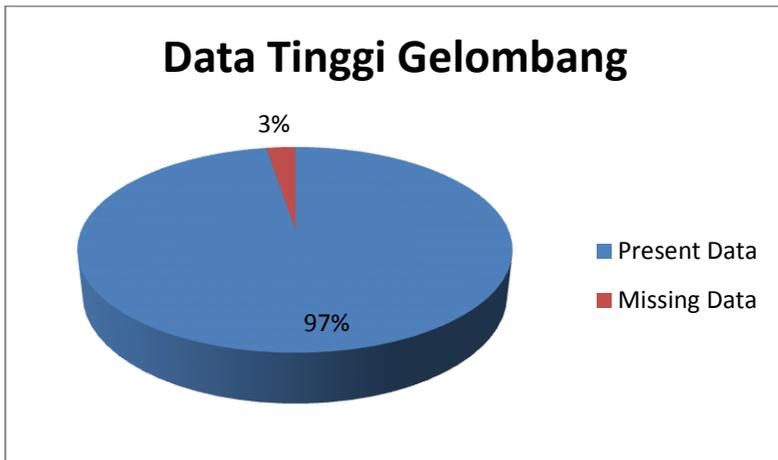
Tabel 3.4 menunjukkan hasil pengujian data *outlier* yang dilakukan terhadap variabel tinggi gelombang dan pasang surut. Hasil pengujian menunjukkan adanya nilai data ekstrem pada kedua variabel. Nilai ekstrem yang terdapat dalam kedua variabel tergolong kecil $< 2,5\%$. Sehingga data tinggi gelombang dan pasang surut yang telah diuji dapat digunakan sebagai data masukakn sistem prediktor.

c. Uji Missing Data

Pengujian data yang hilang atau *missing data* dilakukan untuk menguji data yang tidak lengkap atau adanya data hilang yang akan mempengaruhi pengolahan data secara keseluruhan. Dalam penggunaan SPSS, *missing data* adalah adanya sel yang kosong pada satu atau beberapa variabel. Data yang hilang terjadi karena informasi untuk suatu objek tidak diberikan, sulit dicari, atau memang tidak ada informasi. bagian yang hilang pada kumpulan data dapat dipengaruhi oleh pembacaan sensor, transmisi data dari tempat pengambilan ke tempat pengolahan data, penyimpanan data base hingga kondisi cuaca ekstrim yang menghambat pengambilan data.

Uji *missing data* dilakukan untuk mengetahui jumlah data yang hilang. Data yang hilang kemudian dibobotkan untuk mengetahui presentase data yang memungkinkan untuk digunakan. Apabila *missing data* bernilai 5% atau lebih dari total keseluruhan data yang digunakan maka, data yang diuji tidak dapat digunakan karena diragukan keabsahannya. Uji *misiing data* yang digunakan dalam penelitian ini diterapkan untuk

variabel tinggi gelombang, dikarenakan nilai tinggi gelombang pada beberapa periode waktu tidak memiliki nilai. Hal ini disebabkan karena adanya beberapa periode waktu yang memang tidak diamati oleh stasiun BMKG Perak II Surabaya. Sedangkan untuk nilai pasang surut didapatkan missing data sebesar 0% atau data yang didapatkan sempurna. Pengamatan dan pengambilan data yang dilakukan oleh BIG lebih teratur dan dilakukan secara terus menerus. Sehingga dapat menyediakan data yang utuh (100%).



Gambar 3. 6 Hasil Uji Missing Data untuk Variabel Tinggi Gelombang

Data yang hilang pada variabel tinggi gelombang adalah 3% dari data keseluruhan. Data yang hilang tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap data tinggi gelombang secara keseluruhan. Data yang dapat digunakan berjumlah > 97%. Ketersediaan data ini menunjukkan bahwa pengambilan data tinggi gelombang oleh BMKG berjalan secara berkala, dan hanya berhenti bekerja pada periode tertentu dikarenakan berbagai gangguan yang dihadapi. Perbandingan antara data tinggi gelombang dan pasang surut dapat dilihat pada tabel 3.5 berikut:

Tabel 3. 5 Hasil Uji Missing Data pada Variabel Penelitian

No	Variabel	Missing Data	Data Keseluruhan	Presentase Missing Data
1	Tinggi Gelombang	1137	43848	2.59 %
2	Pasang Surut	0	43848	0.00 %

Uji missing data yang dilakukan menunjukkan banyaknya data tinggi gelombang yang tidak terbaca sebesar 2,5%. Komposisi 2,5% dapat dikategorikan sebagai nilai yang tidak terlalu signifikan untuk merubah komposisi data. Hasil yang lebih baik dapat didapatkan dengan melakukan pengujian tambahan pada *missing data* menggunakan metode pembangkitan data.

d. Analisa Pembangkitan Data

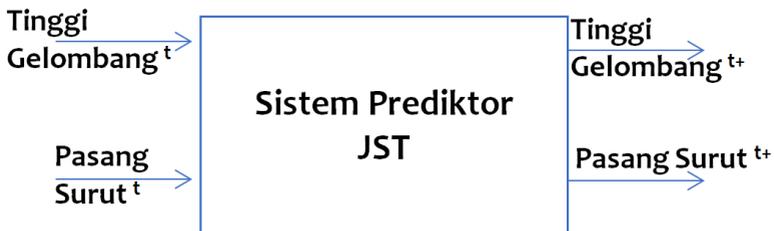
Analisa pembangkitan data digunakan untuk mengubah *missing data* menjadi data yang memiliki nilai. Metode yang digunakan dalam pembangkitan data adalah metode pembangkitan data rata-rata. Metode ini dianggap sebagai metode yang sesuai karena data yang dibangkitkan berupa nilai tengah dari data. Metode ini dapat mempertahankan nilai tengah dari data asli sehingga tidak ada pergeseran atau perubahan nilai tengah data yang signifikan.

Uji pembangkitan data pada penelitian ini hanya dilakukan pada data yang mengalami missing. Uji pembangkitan data hanya digunakan pada data tinggi gelombang. Dari analisa pembangkitan data didapatkan nilai tengah data tinggi gelombang sebesar 1,28 m. Sehingga nilai missing pada tinggi gelombang nantinya akan digantikan dengan 1,28 m. Nilai data pengganti akan digunakan sebagai nilai data pada periode yang hilang. Pergantian nilai yang dilakukan akan menghasilkan data tinggi gelombang yang lebih baik dengan keterkumpulan data sebesar 100%.

3.7 Perancangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan untuk Sistem Pedikor

Perancangan Arsitektur jaringan saraf tiruan untuk membangun sistem prediktor membutuhkan komponen input serta pemrosesan data, sehingga dapat menghasilkan suatu sistem yang dapat melakukan proses peramalan kondisi maritim yakni tinggi gelombang dan pasang surut secara temporal. Tahapan perancangan sistem prediktor dilakukan dengan blok diagram yang ditunjukkan pada gambar 3.7 berikut:

Perancangan parameter dalam *decision support system* diperlukan untuk mengetahui kesimpulan yang akan didapatkan berdasarkan nilai variabel input serta rule base yang digunakan dalam fuzzy (Putri, 2015). Dalam penyusunan *decision support system* diperlukan komposisi terbaik.

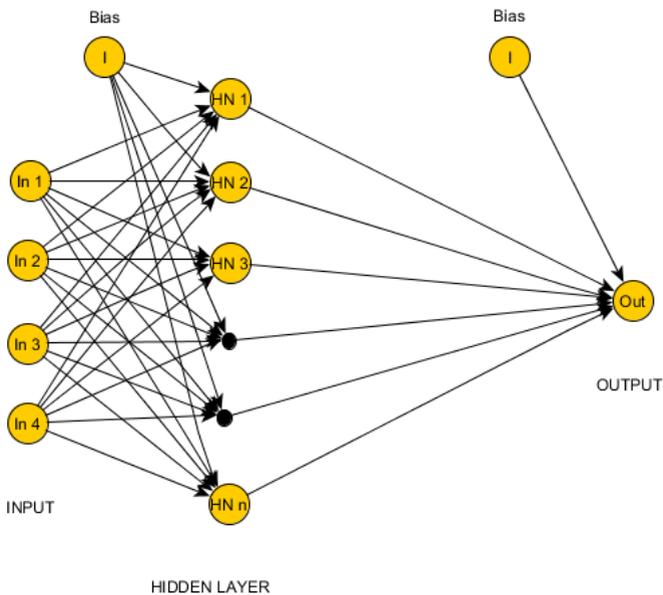


Gambar 3. 7 Diagram Blok Sistem Prediktor

Sistem prediktor dirancang dengan metode *backpropagation* dengan parameter sebagai berikut :

- Arsitektur jaringan dirancang dengan 4 masukan ; 5-20 lapisan tersembunyi ; 1 keluaran dan learning rate 0,1 ; 0,3 ; 0,5; 0,7 dan 0,9 dengan 80% data pelatihan dan 20% data pengujian.
- Inisiasi dilakukan dengan menggunakan set point 1000 epoch untuk mengetahui efektivitas tiap arsitektur.
- Fungsi aktivasi yang digunakan adalah *sigmoid biner*

Arsitektur jaringan saraf tiruan disusun berdasarkan jumlah *hidden node* dan nilai *learning rate* yang digunakan. Perubahan komposisi *hidden node* dan *learning rate* dapat mempengaruhi eror yang dihasilkan. Variasi nilai *learning rate* dan *hidden node* didapatkan dari penelitian serupa tentang sistem prediktor menggunakan jaringan saraf tiruan. Arsitektur jaringan saraf tiruan secara umum terdiri dari input, hidden layer, output dan bias, seperti tampilan gambar 3.8 berikut:



Gambar 3. 8 Skema Rancangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

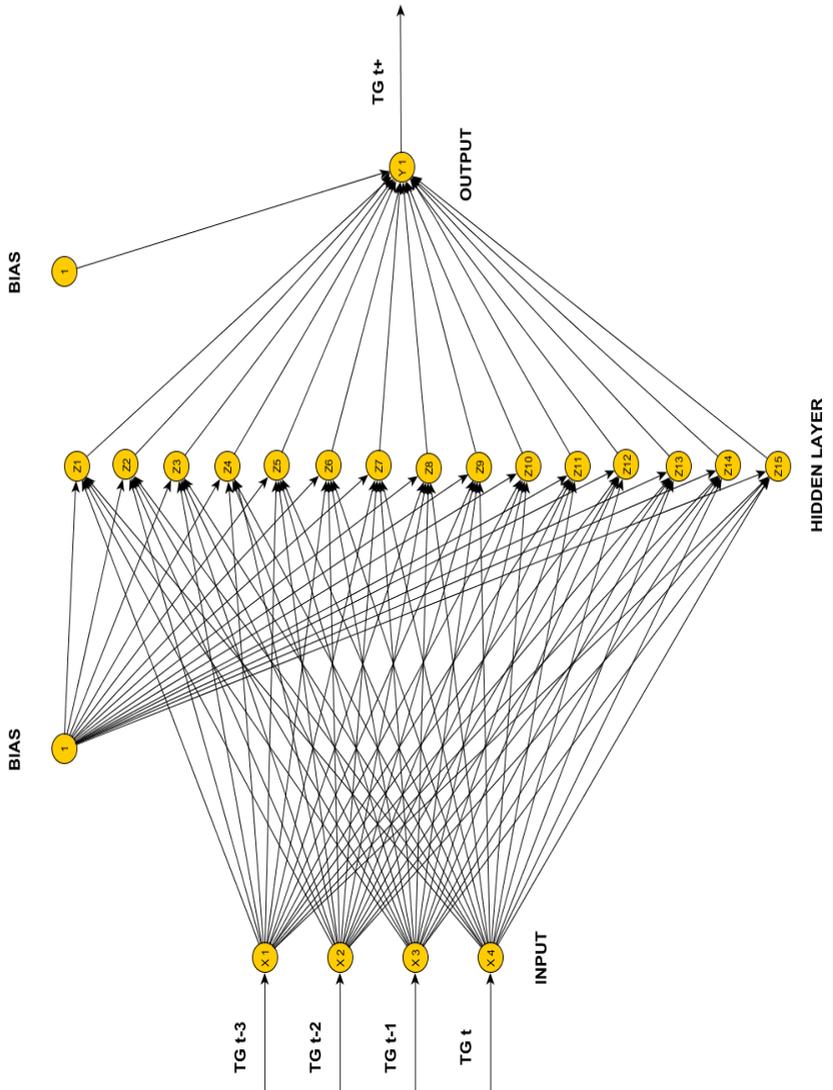
Arsitektur merupakan sebuah susunan yang merepresentasikan kinerja jaringan saraf tiruan. Sistem arsitektur jaringan saraf tiruan disusun berdasarkan parameter penyusun seperti jumlah input, jumlah *hidden node* dan jumlah output. Perancangan sistem prediktor pada penelitian ini menggunakan variasi susunan parameter *hidden node* dan *learning rate* guna mengetahui susunan aritektur terbaik.

Jumlah *hidden node* pada arsitektur jaringan saraf tiruan dapat mempengaruhi performa dan akurasi dari hasil keluaran arsitektur (Nugraha & SN, 2014). *Hidden layer* tersusun dari beberapa *hidden node*. Jumlah *hidden node* mempengaruhi hasil pelatihan dan validasi dari prediksi yang akan dilakukan.

Bobot data yang digunakan sebagai data latih dan data uji adalah 80%-20%. 80% data digunakan untuk data latih dan 20% data digunakan sebagai data uji. Data yang digunakan adalah data tinggi gelombang dari tahun 2012 hingga 2016 sebanyak 7308 set data. Data dibagi menjadi dua bagian, yaitu sebanyak 5844 untuk data pelatihan dan 1464 untuk validasi. Data pasang surut dari tahun 2012 hingga 2016 sebanyak 7308 data. 5844 digunakan sebagai data latih dan 144 sebagai data uji.

Data pelatihan jaringan saraf tiruan menggunakan data tinggi gelombang dan pasang surut pada periode Januari 2012 hingga Desember 2015. Pengujian arsitektur jaringan saraf tiruan menggunakan data tinggi gelombang dan pasang surut pada periode Januari 2016 sampai Desember 2016. Penggunaan bobot 80%-20% dipilih karena skema latih dilakukan lebih banyak, sehingga mampu menghasilkan prediktor dengan akurasi tinggi. Untuk mengetahui berapa jumlah *hidden node* yang akan menghasilkan nilai terbaik, dilakukan percobaan dengan menggunakan *hidden node* dengan jumlah 5, 10, 15 dan 20 dengan menggunakan algoritma jaringan saraf tiruan. Variasi *hidden node* menghasilkan nilai RMSE yang berbeda. Nilai RMSE terkecil dipilih dan digunakan untuk melakukan prediksi pasang surut dan tinggi gelombang. (Fausett, 1994)

Parameter error yang digunakan untuk mengukur kinerja arsitektur adalah MSE. MSE merupakan salah satu parameter error yang dapat merepresentasikan error rata-rata suatu data. Apabila nilai MSE semakin mendekati 0, maka arsitektur jaringan saraf tiruan memiliki performansi yang lebih baik. Gambar 3.9 menunjukkan arsitektur terbaik jaringan saraf tiruan untuk variabel tinggi gelombang. Sedangkan gambar 3.10 menunjukkan arsitektur terbaik jaringan saraf tiruan untuk variabel pasang surut.



Gambar 3. 9 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan Terbaik untuk Prediktor Tinggi Gelombang

Arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik yang dapat digunakan sebagai sistem prediktor ketinggian gelombang tersusun atas 4 input, 15 *hidden node*, 1 output dengan *learning rate* 0.3. Susunan ini mampu menghasilkan error yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan susunan lainnya. Selain menghasilkan nilai error yang paling kecil, susunan ini hanya membutuhkan 97 kali iterasi untuk mencapai target. Iterasi yang dibutuhkan merupakan iterasi yang lebih sedikit apabila dibandingkan dengan susunan lainnya. Meskipun pada susunan arsitektur 4-10-1 dan 0.3 *learning rate* hanya membutuhkan 95 kali iterasi, namun error yang dihasilkan masih lebih besar dibandingkan dengan susunan arsitektur 4-15-1 dengan 0.3 *learning rate*.

Perancangan arsitektur terbaik menghasilkan parameter bobot pada *hidden layer* dan *output layer*. Arsitektur terbaik untuk prediksi tinggi gelombang memiliki beberapa bobot keluaran pada setiap hubungan antar *node*. Bobot menunjukkan adanya proses saling mendukung untuk mencapai nilai variabel output, apabila pada bobot *hidden* dan bobot *output* memiliki tanda notasi yang sama. Tanda notasi bobot yang berbeda mengindikasikan adanya upaya untuk mengurangi nilai variabel output. Kondisi mendukung dan mengurangi nilai variabel output bertujuan untuk mendapatkan nilai yang memenuhi target pada setiap elemen *node* sehingga mampu menghasilkan error yang minimal. (Nugraha & SN, 2014)

Tabel 3. 6 Bobot Arsitektur JST untuk Sistem Prediktor Tinggi Gelombang

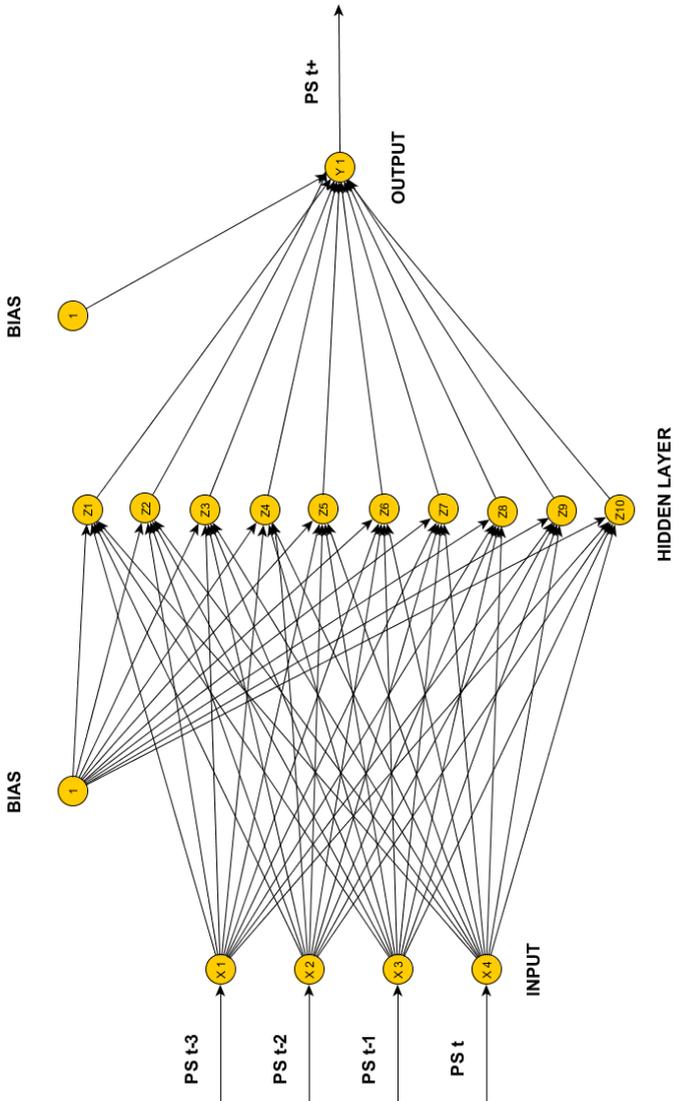
Hidden Node	Bobot Hidden				Bobot Output
	Input 1	Input 2	Input 3	Input 4	
1	8.35	-9.49	5.47	-0.27	0.51
2	8.92	-1.72	-10.29	-1.20	-0.48
3	-8.30	9.25	-4.97	3.25	-0.13
4	8.03	5.67	-8.77	4.07	0.48
5	2.77	9.43	-8.15	5.27	0.88
6	-9.43	3.73	7.69	-5.22	0.59

Hidden Node	Bobot Hidden				Bobot Output
	Input 1	Input 2	Input 3	Input 4	
7	-5.29	-11.07	4.62	4.26	-0.24
8	1.46	11.23	-5.97	4.96	-0.21
9	7.42	7.04	7.31	-5.53	-0.01
10	8.16	3.11	-8.25	-6.77	-0.70
11	-10.92	8.17	-1.97	-0.07	0.46
12	9.11	4.71	-2.30	8.90	0.08
13	11.17	-2.67	6.48	-3.92	0.47
14	-0.60	6.20	11.79	3.39	-0.38
15	6.79	-7.40	-7.05	-6.21	0.67

Tampilan bobot pada arsitektur prediktor tinggi gelombang dapat dilihat pada tabel 3.6, sedangkan tabel 3.7 menampilkan bobot pada pasang surut.

Tabel 3. 7 Bobot Arsitektur JST untuk Sistem Prediktor Tinggi Gelombang

Hidden Node	Bobot Hidden				Bobot Output
	Input 1	Input 2	Input 3	Input 4	
1	-3.48	-4.99	-9.13	-5.86	-0.18
2	0.65	9.35	6.22	-5.34	0.17
3	-6.14	-6.39	5.83	-6.51	0.07
4	2.06	6.55	7.38	-7.34	-0.77
5	-4.94	0.70	-8.66	7.44	-0.11
6	3.60	11.57	-2.29	1.92	0.35
7	4.48	-10.07	-5.77	1.10	-0.62
8	5.77	-1.41	6.97	-8.43	-0.32
9	-1.16	-9.16	-1.61	8.19	-0.05
10	-6.92	7.56	6.71	1.95	-0.79



Gambar 3. 10 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan Terbaik untuk Prediktor Pasang Surut

Arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik yang dapat digunakan sebagai sistem prediktor pasang surut tersusun atas 4 input, 10 *hidden node*, 1 output dengan *learning rate* 0.5. Susunan ini mampu menghasilkan error yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan susunan lainnya. Selain menghasilkan nilai error yang paling kecil, susunan ini hanya membutuhkan 110 kali iterasi untuk mencapai target. Iterasi yang dibutuhkan merupakan iterasi yang lebih sedikit apabila dibandingkan dengan susunan lainnya. Meskipun pada susuna arsitektur 4-10-1 dan 0.3 *learning rate* hanya membutuhkan 93 kali iterasi, namun error yang dihasilkan asih jauh lebih besar apabila dibandingkan dengan susunan arsitektur 4-15-1 dan 0.3 *learning rate*. Gambar 3.10 menunjukkan arsitektur terbaik jaringan saraf tiruan untuk variabel pasang surut.

Penamaan bobot JST mengacu pada buku *Fundamental of Neural Network Architecture, Algorithms, and Application* (Fausett, 1994). Penamaan dasar adalah v_{ij} . i merupakan *node* yang dituju dan j adalah *node* awal. Bobot yang didapatkan bisa mencapai angka puluhan. Nilai bobot maksimal dan minimal masing-masing adalah 11,79 dan -11,07.

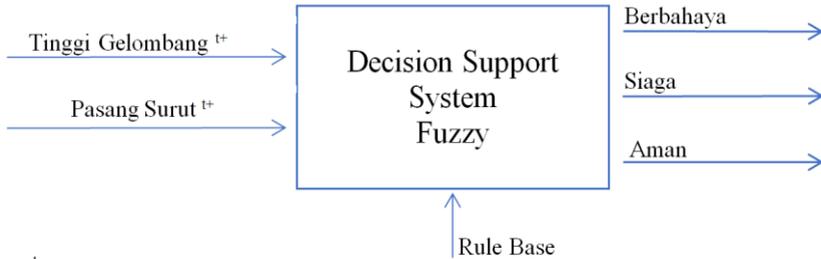
3.8 Validasi Sistem Prediktor

Validasi sistem prediktor bertujuan untuk mengetahui nilai respon yang baik dari sistem jaringan saraf tiruan yang dirancang. Validasi dilakukan dengan membandingkan respon yang dihasilkan dari simulasi pengujian terhadap respon data target yang digunakan, yakni data target tahun 2016. Parameter nilai validasi yang digunakan adalah nilai RMSE. Nilai RMSE yang menjadi acuan adalah nilai error yang < 1 . Sehingga apabila nilai RMSE sistem prediktor rancangan masih > 1 . Maka arsitektur perlu dirubah dan mencari parameter yang lebih baik agar dapat menghasilkan hasil dengan error yang lebih kecil.

3.9 Perancangan Fuzzy Decision Support System

Perancangan parameter dalam *decision support system* diperlukan untuk mengetahui kesimpulan yang akan didapatkan berdasarkan nilai variabel input serta rule base yang digunakan

dalam fuzzy. Dalam penyusunan *decision support system* diperlukan komposisi terbaik.



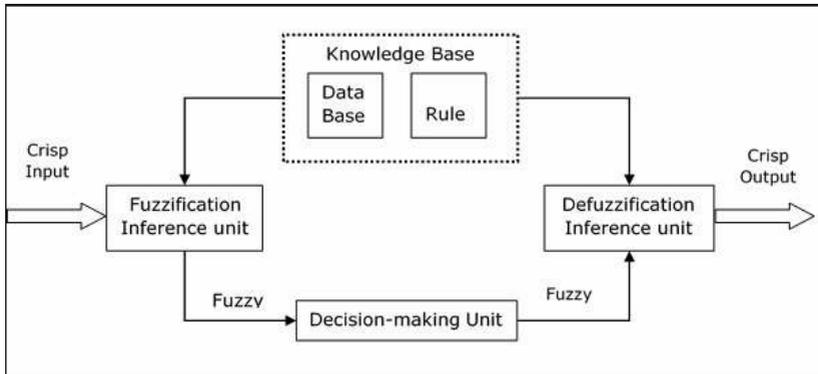
Gambar 3. 11 Diagram Blok *Decision Support System*

Decision Support System dirancang menggunakan fuzzy logic dengan parameter sebagai berikut :

- Tinggi gelombang periode yang akan datang hasil dari sistem prediktor akan ditransformasikan dalam himpunan fuzzy
- Pasang surut periode yang akan datang hasil dari sistem prediktor akan ditransformasikan dalam himpunan fuzzy
- Rule base akan dirancang sesuai dengan hasil observasi lokasi serta data kepakaran yang didapatkan

Hasil *decision support system* yang diharapkan adalah *notice* untuk petani tambak pada waktu tertentu, sehingga petani tambak diharapkan mampu mempersiapkan keadaan tambak sebaik mungkin guna menanggulangi bahaya kebocoran.

Fuzzy *decision support system* merupakan sebuah sistem yang dirancang untuk membuat keputusan. Dalam penelitian ini keputusan yang akan dibuat adalah tingkat keamanan tambak apabila ditinjau dari bahaya kebocoran akibat tinggi gelombang dan pasang surut air laut. Adapun perancangan *fuzzy decision support system* digambarkan dalam gambar 3.12.



Gambar 3. 12 Skema Sistem Fuzzy

Perancangan *decision support system*, dilakukan dalam beberapa tahap antara lain :

- **Fuzzifikasi**

Proses fuzzifikasi pada penelitian ini dilakukan berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang telah peneliti lakukan. Adpaun skema fuzzifikasi yang telah dirancang untuk variabel tinggi gelombang adalah sebai berikut :

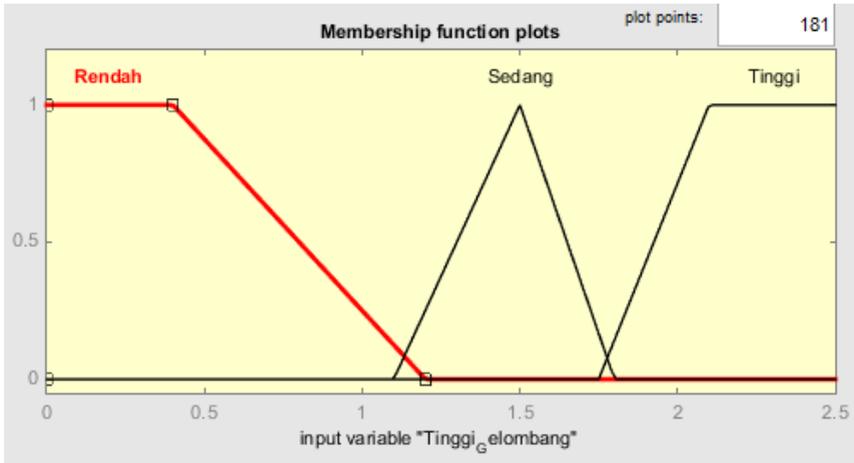
Tinggi gelombang dikategorikan menjadi 3 sub bagian, yakni tinggi gelombang rendah, tinggi gelombang sedang dan tinggi gelombang tinggi. Klasifikasi dilakukan dengan mempertimbangkan hasil observasi serta wawancara. Hal ini bertujuan untuk melakukan transformasi nilai asli variabel menjadi nilai fuzzy variabel (Gunawan, 2009). Perubahan nilai akan menentukan *membership function* serta fungsi keanggotaan. Adapun *membership function* yang telah dirancang adalah:

- Tinggi gelombang rendah

Membership function type	: Trapezium (Trapmf)
Membership parameter	: [0 ; 0 ; 0,4 ; 1,2]
Fungsi keanggotaan (0-1)	: 0 – 1,2 m
- Tinggi gelombang sedang

Membership function type	: Triangle (Trimf)
Membership parameter	: [1,1 ; 1,5 ; 1,8]
Fungsi keanggotaan (0-1)	: 1,1 – 1,8 m

- Tinggi gelombang tinggi
 Membership function type : Trapezium (Trapmf)
 Membership parameter : [1,75 ; 2,1 ; 4 ; 4]
 Fungsi keanggotaan (0-1) : 1.75 – 4 m

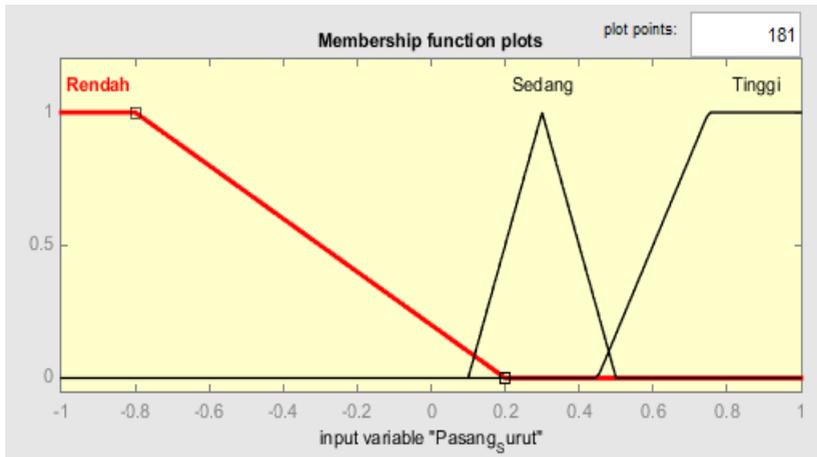


Gambar 3. 13 Membership Function Tinggi Gelombang

Pasang surut dikategorikan menjadi 3 sub bagian juga, yakni pasang surut rendah, pasang surut sedang dan pasang surut tinggi. Klasifikasi dilakukan dengan mempertimbangkan hasil observasi serta wawancara yang telah dilakukan. Hal ini bertujuan untuk melakukan transformasi nilai asli variabel menjadi nilai fuzzy variabel. Perubahan nilai akan menentukan *membership function* serta fungsi keanggotaan (Putri, 2015). Adapun *membership function* yang telah dirancang adalah:

- Pasang surut rendah
 Membership function type : Trapezium (Trapmf)
 Membership parameter : [-1,2 ; -1,2 ; -0,8 ; 0,2]
 Fungsi keanggotaan (0-1) : (- 1,2) – 0,2 m
- Pasang surut sedang
 Membership function type : Triangle (Trimf)
 Membership parameter : [0,1 ; 0,3 ; 0,5]
 Fungsi keanggotaan (0-1) : 0,1 – 0,5 m

- Pasang surut tinggi
 Membership function type : Trapezium (Trapmf)
 Membership parameter : [0,45 ; 0,75 ; 1 ; 1,2]
 Fungsi keanggotaan (0-1) : 0,45 – 1,2 m



Gambar 3. 14 Membership Function Pasang Surut

• Penentuan Rule Base

Rule base merupakan kaidah dasar yang berisi aturan-aturan secara linguistik yang menunjukkan kepakaran terhadap plant. Penelitian ini menggunakan format tabular. Format Tabular lebih sederhana daripada format lainnya. Sisi luar dari tabel menunjukkan kondisi sedangkan sisi dalam berisi dari keputusannya. Contoh dari penggunaan format tabular dapat dilihat pada tabel 3.6.

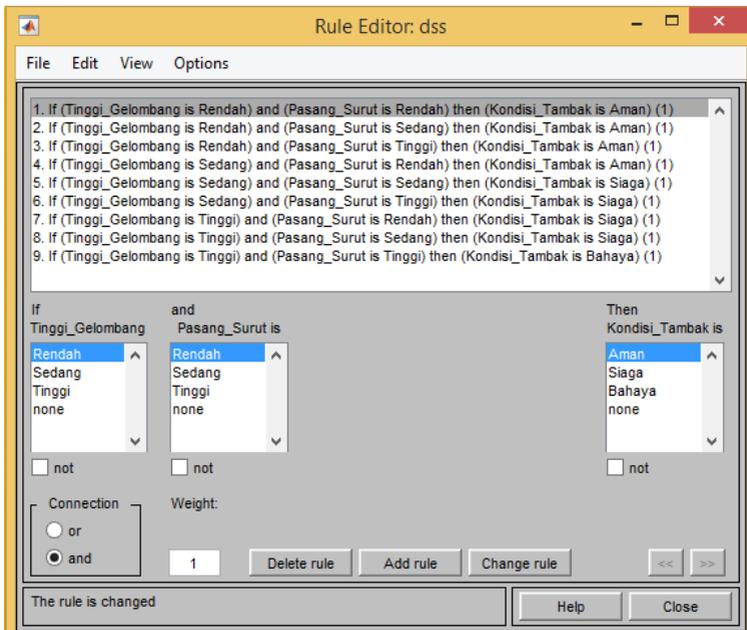
Tabel 3. 8 Rule Base Rancangan Sistem Fuzzy

TG\PS	R	S	T
R	A	A	A
S	A	Si	Si
T	Si	Si	B

Keterangan lanjutan :

- TG : Tinggi Gelombang
- PS : Pasang Surut
- R : Rendah
- S : Sedang
- T : Tinggi
- A : Aman
- Si : Siaga
- B : Berbahaya

Rule base yang telah disusun kemudia digunakan dalam software MATLAB. Rule base yang telah disusun menghasilkan nilai keluaran berdasarkan fuzzy logic yang dirancang. Perancangan rule base dalam fuzzy logic dapat dilihat pada gambar 3.15.

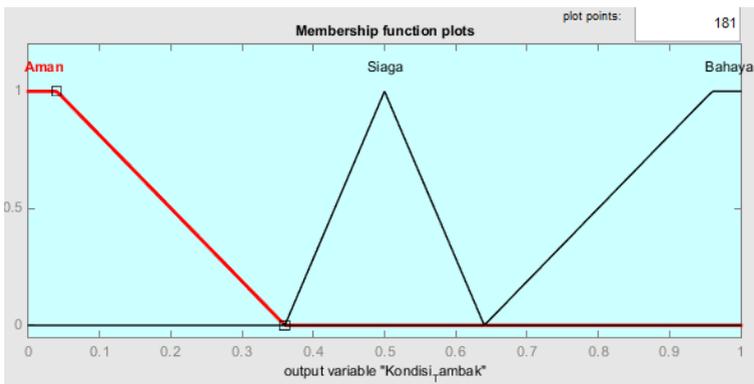


Gambar 3. 15 Penyusunan Rule Base

Hasil penyusunan rule base sangat mempengaruhi *decision* yang dihasilkan. Gambar 3.15 menunjukkan proses penentuan *rule base* yang akan digunakan dalam sistem *fuzzy decision support system*. *Rule base* yang dirancang memiliki fungsi koneksi AND. Koneksi tipe AND digunakan karena dapat menghasilkan *decision* dengan menyesuaikan nilai input dengan fungsi keanggotaan fuzzy.

- Defuzzifikasi

Kondisi tambak dikategorikan menjadi 3 sub bagian, yakni aman, siaga dan berbahaya. Klasifikasi dilakukan dengan mempertimbangkan hasil pemrosesan pada rules. Adapun parameter pada defuzzifikasi sistem adalah sebagai berikut:

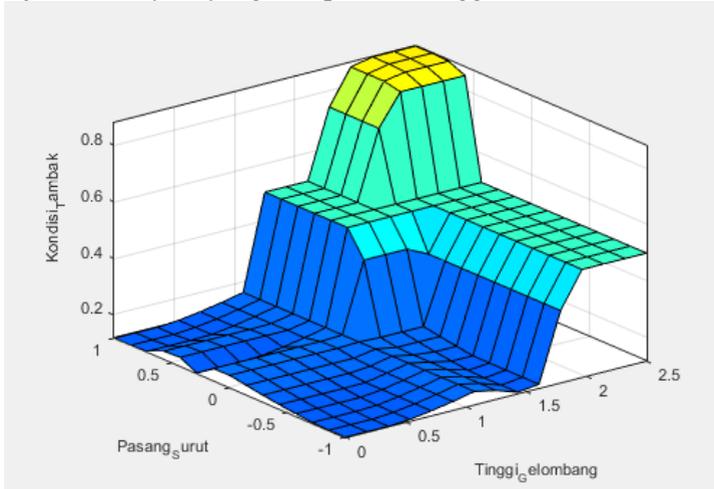


Gambar 3. 16 State Kondisi Keamanan Tambak

- Kondisi aman
 Membership function : Trapezium (Trapmf)
 Membership parameter : [-0,36 ; -0,04 ; 0,04 ; 0,36]
 Nilai transformasi : 0 – 0,36
- Kondisi Siaga
 Membership function : Triangle (Trimf)
 Membership parameter : [0,3 ; 0,5 ; 0,64]
 Nilai transformasi : 0,37 – 0,64
- Kondisi Berbahaya
 Membership function : Trapezium (Trapmf)

Membership parameter : [0,64 ; 0,96 ; 1,04 ; 1,36]
 Nilai transformasi : 0,65 – 1

Diffuzifikasi memungkinkan terjadinya proses mengubah kembali variabel fuzzy menjadi variabel nyata, atau dengan kata lain aksi kontrol fuzzy yang masih berupa himpunan, dirubah menjadi nilai nyata yang berupa nilai tunggal



Gambar 3. 17 Surface Rancangan Sistem

Hasil dari proses defuzzifikasi merupakan sebuah decision. Hasil ini merepresentasikan keputusan yang akan diambil berdasarkan variabel yang digunakan. Gambar 3.17 merupakan gambaran surface *decision support system* yang telah dirancang.

3.10 Validasi *Fuzzy Decision Support System*

Validasi *Fuzzy Decision Support System* dilakukan dengan cara membandingkan hasil rancangan dengan kondisi nyata tambak di Ujung Pangkah. Apabila hasil keluaran *Fuzzy Decision Support System* sama dengan kondisi nyata tambak di Ujung Pangkah maka *Fuzzy Decision Support System* dapat digunakan untuk memprediksi kondisi keamanan tambak di Ujung Pangkah. Selain membandingkan hasil keluaran dengan kondisi nyata,

tingkat kesesuaian *Fuzzy Decision Support System* ditentukan juga berdasarkan pakar.

3.11 Analisis Hasil dan Pembahasan

Analisa hasil pengujian dilakukan setelah melakukan simulasi dan validasi pada sistem prediktor yang telah dirancang. Sistem prediktor dapat dikatakan telah berhasil dilakukan atau dapat bekerja dengan baik apabila nilai RMSE dari prediksi yang dihasilkan bernilai kurang dari satu. Prediktor dapat dikatakan memiliki akurasi yang lebih tinggi dan hasil yang lebih baik apabila nilai RMSE yang dihasilkan semakin mendekati nilai nol. Apabila RMSE dari prediktor yang telah dirancang bernilai lebih dari 1, maka sistem arsitektur prediktor harus diubah agar dapat menghasilkan nilai akurasi yang lebih baik.

Analisa lain yang dilakukan adalah validasi rancangan *Fuzzy Decision Support System*. Validasi dilakukan agar mendapatkan sistem yang memiliki kesesuaian tinggi dengan penggunaan. Oleh karena itu diperlukan peninjauan ulang terhadap parameter *Fuzzy Decision Support System* apabila nilai performansinya masih belum mencapai tahapan yang sesuai.

Hasil yang dibahas merupakan efektivitas jaringan saraf tiruan sebagai sistem prediktor. Apabila nilai error RMSE < 1 maka prediktor dapat dikategorikan sebagai sistem yang efektif. Apabila efisiensi prediktor yang dirancang memiliki error RMSE > 1 , maka arsitektur prediktor perlu diubah agar dapat menghasilkan efisiensi yang lebih baik.

Hasil lain yang akan diulas dalam penelitian ini yaitu kesesuaian *fuzzy decision support system* untuk menyelesaikan permasalahan kebocoran tambak di Ujung Pangkah. Untuk mengetahui kesesuaian sistem, digunakan metode kepakaran guna memutuskan tingkat kesesuaian *Fuzzy Decision Support System*. Apabila usulan *fuzzy decision support system* diterima lebih dari 50% pakar, maka sistem dianggap sesuai. Apabila sistem diterima kurang dari 50%, maka *rule base fuzzy* harus diperbaiki agar menghasilkan *Fuzzy Decision Support System* yang lebih baik.

3.12 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan jawaban dari rumusan masalah yang diangkat. Bagian kesimpulan menunjukkan apakah masalah yang dirumuskan telah dapat terselesaikan atau tidak. Selain itu, kesimpulan juga merupakan jawaban dari rumusan masalah yang telah dibuat. Saran yang dapat digunakan untuk melakukan penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan masalah yang sama dengan penelitian tugas akhir terkait kemudian dapat ditulis juga pada subbab kesimpulan dan saran.

BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Arsitektur Terbaik Jaringan Saraf Tiruan untuk Tinggi Gelombang

Tinggi gelombang merupakan salah satu variabel yang digunakan dalam penyusunan sistem prediktor pada penelitian ini. Data tinggi gelombang yang telah terhimpun kemudian disusun dan digunakan sebagai parameter input dalam perancangan sistem prediktor. Data tinggi gelombang yang digunakan pada tahapan pelatihan jaringan saraf tiruan adalah 80% dari data keseluruhan. Rentang data yang digunakan pada tahap pelatihan jaringan saraf tiruan dimulai dari data tinggi gelombang periode Januari 2012 hingga data periode Desember 2015. Data latih berperan dalam pembentukan *net*. Sehingga dengan menggunakan data latih yang lebih banyak diharapkan dapat menghasilkan jaringan saraf tiruan dengan *net* yang akurat.

Variasi arsitektur jaringan saraf tiruan yang digunakan sebagai sistem prediktor ketinggian gelombang adalah penggunaan jumlah *hidden node* serta varian *learning rate*. Hal ini dilakukan karena penggunaan jumlah *hidden node* yang berbeda akan menghasilkan nilai RMSE yang signifikan. Variasi *learning rate* juga dapat mempengaruhi nilai RMSE arsitektur secara signifikan. Perubahan tersebut disebabkan karena nilai *learning rate* akan mempengaruhi tingkat kecepatan pelatihan pada jaringan saraf tiruan. Sehingga kita harus mendapatkan kecepatan pelatihan yang paling sesuai dengan sistem prediktor yang dirancang agar nilai RMSE dapat ditekan mendekati 0 dengan *epoch* yang tidak terlalu banyak.

Hidden node yang digunakan untuk variasi arsitektur memiliki 5 node, 10 node, 15 node serta 20 node. Variasi tersebut digunakan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Windari pada 2017 yang menyatakan penggunaan *hidden node* dengan selisih 5 node akan menghasilkan nilai RMSE yang lebih signifikan apabila dibandingkan dengan selisih node yang lebih kecil. Sedangkan penggunaan variasi *hidden node* dengan selisih lebih dari 5 akan menghasilkan nilai RMSE dengan perbedaan

yang sangat signifikan, sehingga menyulitkan untuk mengetahui jumlah hidden node terbaik yang digunakan oleh arsitektur.

Tabel 4. 1 Hasil Pelatihan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan untuk Tinggi Gelombang

Input	Hidden Node	Learning Rate	Epoch	Regresi	MSE
4	5	0.1	987	0.9367	0.0009992
4	5	0.3	189	0.9372	0.0009996
4	5	0.5	656	0.9367	0.0009990
4	5	0.7	259	0.9368	0.0009985
4	5	0.9	239	0.9367	0.0009992
4	10	0.1	485	0.9367	0.0009995
4	10	0.3	94	0.9422	0.0009736
4	10	0.5	215	0.9373	0.0009984
4	10	0.7	683	0.9385	0.0009974
4	10	0.9	109	0.9371	0.0009960
4	15	0.1	219	0.9423	0.0009985
4	15	0.3	97	0.9408	0.0009507
4	15	0.5	104	0.9464	0.0009841
4	15	0.7	589	0.9386	0.0009998
4	15	0.9	269	0.9417	0.0009988
4	20	0.1	103	0.9383	0.0009842
4	20	0.3	1000	0.9130	0.0013936
4	20	0.5	848	0.9413	0.0009844
4	20	0.7	807	0.9416	0.0009998
4	20	0.9	660	0.9394	0.0009998

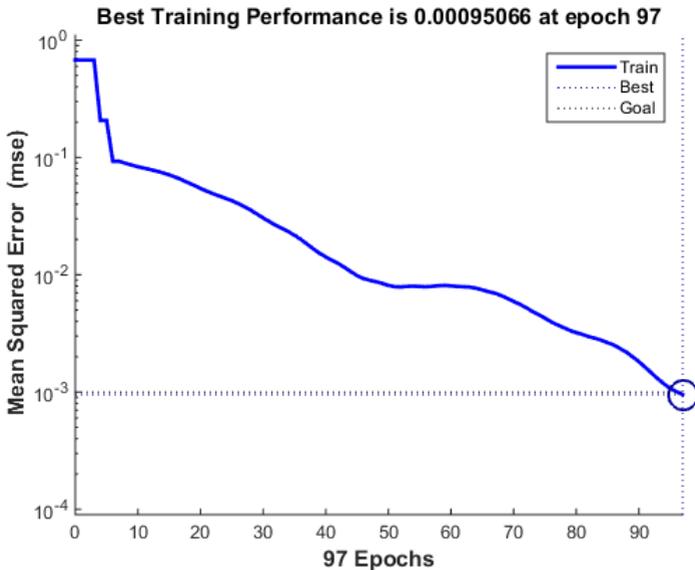
Hasil pelatihan arsitektur jaringan saraf tiruan memiliki output terbaik pada skema arsitektur 4-15-1 dengan learning rate 0.3. Arsitektur ini menunjukkan nilai error terkecil dengan proses iterasi yang lebih cepat dengan 97 epoch dan MSE 0.0009507.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa penambahan *hidden node* tidak selalu menghasilkan output yang lebih baik. Sebagai perbandingan, arsitektur 4-5-1 ; 4-10-1 ; 4-15-1 dan 4-20-1 dengan learning rate yang sama (0.3) menghasilkan nilai error (MSE) dengan perbedaan yang cukup signifikan.

Penambahan *hidden node* pada awalnya akan menghasilkan nilai eror yang lebih kecil, namun apabila penggunaan *hidden node* terlalu banyak akan menghambat laju sistem prediktor sehingga performansi yang dihasilkan menurun dratis (arsitektur 4-20-1) (Afrita, 2017). Apabila ditinjau dari epoch yang dibutuhkan untuk mencapai set point, penambahan *hidden node* dapat mempercepat proses iterasi saat arsitektur yang dirancang masih jauh dari nilai optimum. Namun, apabila arsitektur sudah mendekati nilai optimum, penambahan *hidden node* tidak begitu berpengaruh. Hal ini menunjukkan bahwa arsitektur jaringan saraf tiruan yang dibutuhkan untuk mencapai nilai optimum akan didapatkan dengan komposisi penyusunan *hidden node* dan *learning rate* yang sesuai. Sehingga untuk mendapatkan nilai optimum keluaran haruslah memperhatikan variasi dari dua parameter tersebut.

Penggunaan *learning rate* pada pelatihan arsitektur jaringan saraf tiruan bertujuan untuk mengetahui kecepatan pelatihan yang paling sesuai untuk sistem prediktor. Hasil pelatihan arsitektur jaringan saraf tiruan menunjukkan penggunaan *learning rate* yang lebih tinggi (0.9) tidak selalu menghasilkan keluaran terbaik. Hal ini dikarenakan peranan *learning rate* dalam proses pelatihan juga bergantung pada susunan parameter lainnya seperti *hidden node*. Sehingga, pemilihan *learning rate* yang digunakan dalam sistem prediktor tidak dapat mengacu pada satu nilai *learning rate* terbaik. Hasil pelatihan menunjukkan *learning rate* terbaik untuk 5,10,15 hidden node adalah 0.3 sedangkan dengan 20 *hidden node* penggunaan *learning rate* terbaik adalah dengan nilai 0,1. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan nilai *learning rate* harus menyesuaikan dengan arsitektur yang dirancang dan tidak dapat hanya bergantung pada 1 nilai *learning rate*, karena besarnya nilai *learning rate* akan mempengaruhi nilai error sistem arsitektur jaringan saraf tiruan yang dirancang.

Nilai performansi dari iterasi yang dilakukan oleh sistem menunjukkan adanya perubahan yang signifikan pada iterasi ke - 10. Hal ini menunjukkan bahwa pengenalan pola dalam jaringan saraf tiruan dapat dikenali dengan *training* yang cepat. Adapun proses pengenalan pola dan training jaringan saraf truan dapat dilihat pada gambar 4.1

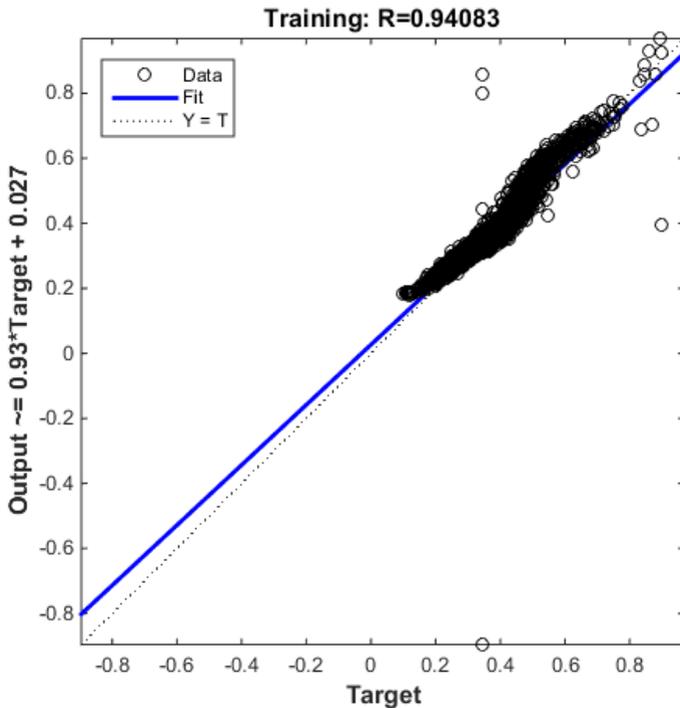


Gambar 4. 1 Performansi JST sebagai Prediktor Tinggi Gelombang

Pengenalan pola yang dilakukan oleh arsitektur rancangan 4-15-1 dengan *learning rate* 0.3 berjalan dengan baik. Hal ini dapat diketahui dengan gambaran performansi pengenalan pola yang dihasilkan tidak mengalami tahapan stagnansi yang lama. Pada arsitektur 4-15-1 dengan *learning rate* 0.3 proses pengenalan pola berjalan baik pada tahaan awal sehingga mampu mencapai nilai error 0,1 pada 10 tahap iterasi dan mencapai nilai error 0,01 pada 40 tahap iterasi sehingga dalam mencapai target 0,001 hanya dibutuhkan 97 iterasi. Performansi arsitektur jaringan saraf tiruan merupakan sebuah gambaran pengenalan pola yang

dilakukan oleh system prediktor agar mampu mencapai tahapan *set point* yang diinginkan.

Hasil regresi menunjukkan kedekatan hubungan antar beberapa variabel yang digunakan. Hasil perancangan sistem jaringan saraf tiruan menunjukkan nilai regresi 0.94083. Nilai tersebut menunjukkan kedekatan data antar variabel yang baik. Sehingga data yang diproses dalam jaringan saraf tiruan dapat dikategorikan sebagai data yang layak untuk digunakan.



Gambar 4. 2 Regresi JST sebagai Prediktor Tinggi Gelombang

Regresi yang dihasilkan dari arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik menggambarkan hubungan antara data keluaran hasil prediksi dan target yang ingin dicapai. Pola regresi menunjukkan pola kessesuaian data hasil keluaran sistem dengan target yang

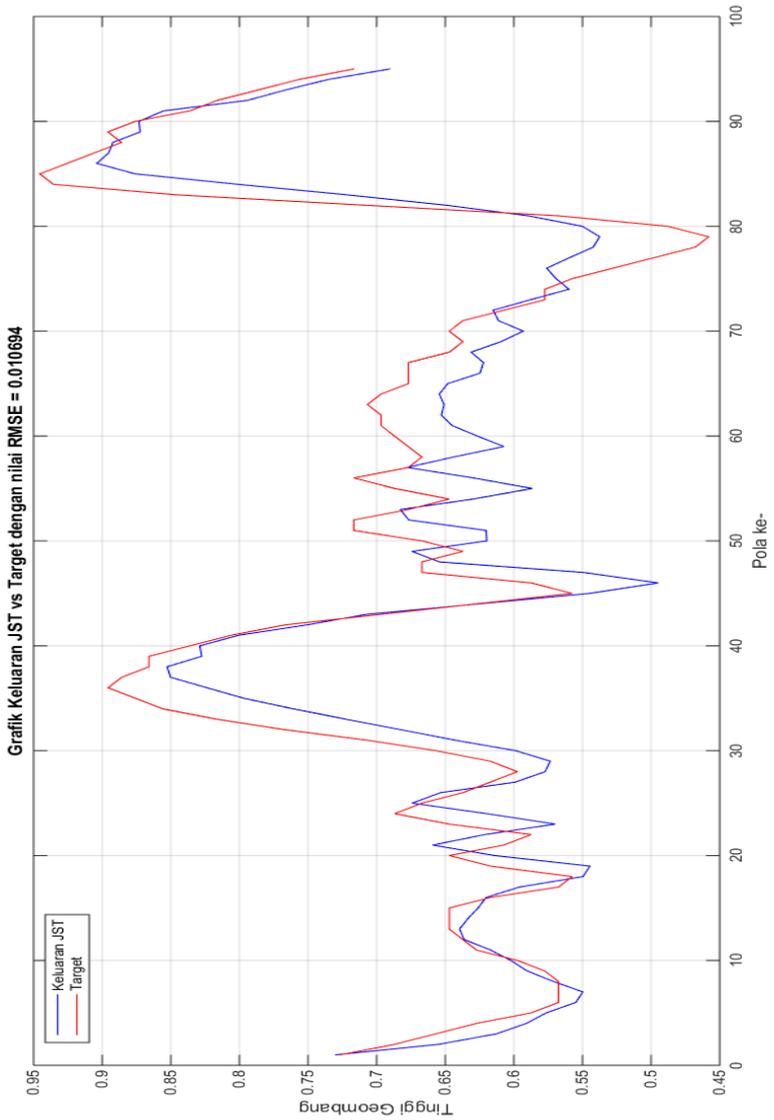
diinginkan. Pada arsitektur jainan saraf tiruan terbaik untuk variable tinggi gelombang didapatkan nilai regresi 0.94083, nilai ini menunjukkan bahwa data keluaran yang dihasilkan oleh sistem prediktor ketinggian gelombang memiliki tingkat kesesuaian tinggi dengan nilai yang ingin didapatkan.

Pola yang tergambarkan pada plot grafik regresi menunjukkan persebaran data tinggi gelombang. Nilai tinggi gelombang tersebar mulai dari 0 hingga 1. Persebaran rata rata berada pada nilai 0,2 hingga 0,7. Hal ini menunjukkan bahwa data tinggi gelombang keluaran sistem prediktor dapat mengikuti pola perebaran normal data tinggi gelombang.

Data tinggi gelombang hasil prediksi tergolong akurat dan presisi. Hal ini digambarkan dari persebaran data yang mendekati nilai target secara keseluruhan. Adapun nilai target yang menjadi acuan adalah *gradient* dari grafik. Data keluaran dapat dikatakan sama dengan data target apabila data tersebar sepanjang garis $Y = T$. Keluaran yang didapatkan dari sistem pediktor menunjukkan bahwa *gradient* yang terbentuk sedikit melenceng dari skema $Y = T$. Perbedaan tersebut disebabkan karena data hasil prediksi tidak sama persis dengan target yang dituju.

Perbedaan *gradient* yang terbentuk tidak terlalu signifikan, hal tersebut dapat diketahui dari *gradient fit* yang dihasilkan oleh system prediktor. Nilai *gradient fit* menunjukkan nilai pencapaian data hasil prediksi dengan target. Hasil arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik menunjukkan bahwa data keluaran hasil prediksi memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi apabila dibandingkan dengan target penelitian. Adapun dalam menentukan performansi arsitektur terbaik jaringan saraf tiruan digunakanlah sistem penilaian error RMSE.

Hasil performansi dari pelatihan jaringan saraf tiruan menunjukkan nilai RMSE ebesar 0.028049. Nilai tersebut dapat dikategorikan sebagai hasil yang bagus, karena *set point* yang ditetapkan adalah 1. Sehingga hasil dari pelatihan jaringan saraf tiruan untuk variabel tinggi gelombang dapat digunakan dalam penelitian ini. Grafik hasil pelatihan dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4. 3 Hasil Pengujian JST sebagai Prediktor Tinggi Gelombang

Data hasil prediksi arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik mampu mengikuti pola persebaran data tujuan. Pola persebaran data dapat diikuti dengan baik oleh arsitektur jaringan saraf tiruan. Meskipun pada beberapa tahapan awal masih terjadi selisih nilai yang signifikan, namun setelah menjalani 500 pola, data keluaran mampu mengikuti pola dengan nilai beda yang sedikit (tidak signifikan). Hal ini menunjukkan bahwa arsitektur yang telah dirancang dapat digunakan sebagai sistem prediktor ketinggian gelombang.

4.2 Arsitektur Terbaik Jaringan Saraf Tiruan untuk Pasang Surut

Pasang surut merupakan salah satu variabel yang digunakan dalam penyusunan sistem prediktor pada penelitian ini. Data pasang surut yang telah terhimpun kemudian disusun dan digunakan sebagai parameter input dalam perancangan sistem prediktor. Data pasang surut yang digunakan pada tahapan pelatihan jaringan saraf tiruan adalah 80% dari data keseluruhan. Rentang data yang digunakan pada tahap pelatihan jaringan saraf tiruan dimulai dari data pasang surut periode Januari 2012 hingga data periode Desember 2015. Data latih berperan dalam pembentukan *net*. Sehingga dengan menggunakan data latih yang lebih banyak diharapkan dapat menghasilkan jaringan saraf tiruan dengan *net* yang akurat.

Variasi arsitektur jaringan saraf tiruan yang digunakan sebagai sistem prediktor ketinggian gelombang adalah penggunaan jumlah *hidden node* serta varian *learning rate*. Hal ini dilakukan karena penggunaan jumlah *hidden node* yang berbeda akan menghasilkan nilai RMSE yang signifikan. Variasi *learning rate* juga dapat mempengaruhi nilai RMSE arsitektur secara signifikan. Perubahan tersebut disebabkan karena nilai *learning rate* akan mempengaruhi tingkat kecepatan pelatihan pada jaringan saraf tiruan. Sehingga kita harus mendapatkan kecepatan pelatihan yang paling sesuai dengan sistem prediktor yang dirancang agar nilai RMSE dapat ditekan mendekati 0 dengan *epoch* yang tidak terlalu banyak.

Hidden node yang digunakan untuk variasi arsitektur memiliki 5 node, 10 node, 15 node serta 20 node. Variasi tersebut digunakan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Windari pada 2017 yang menyatakan penggunaan *hidden node* dengan selisih 5 node akan menghasilkan nilai RMSE yang lebih signifikan apabila dibandingkan dengan selisih node yang lebih kecil. Sedangkan penggunaan variasi *hidden node* dengan selisih lebih dari 5 akan menghasilkan nilai RMSE dengan perbedaan yang sangat signifikan, sehingga menyulitkan untuk mengetahui jumlah hidden node terbaik yang digunakan oleh arsitektur.

Tabel 4. 2 Hasil Pelatihan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan untuk Pasang Surut

Input	Hidden Node	Learning Rate	Epoch	Regresi	MSE
4	5	0.1	3530	0.9813	0.0009995
4	5	0.3	835	0.9813	0.0009985
4	5	0.5	1817	0.9814	0.0009974
4	5	0.7	683	0.9813	0.0009992
4	5	0.9	5595	0.9813	0.0010000
4	10	0.1	229	0.9813	0.0009983
4	10	0.3	93	0.9814	0.0009989
4	10	0.5	110	0.9819	0.0009841
4	10	0.7	1831	0.9813	0.0009998
4	10	0.9	1075	0.9813	0.0009994
4	15	0.1	494	0.9816	0.0009994
4	15	0.3	1017	0.9814	0.0009951
4	15	0.5	386	0.9814	0.0009973
4	15	0.7	831	0.9814	0.0009976
4	15	0.9	662	0.9813	0.0009999
4	20	0.1	533	0.9814	0.0009986
4	20	0.3	371	0.9816	0.0009961
4	20	0.5	544	0.9816	0.0009948

Input	Hidden Node	Learning Rate	Epoch	Regresi	MSE
4	20	0.7	540	0.9815	0.0009998
4	20	0.9	394	0.9815	0.0009980

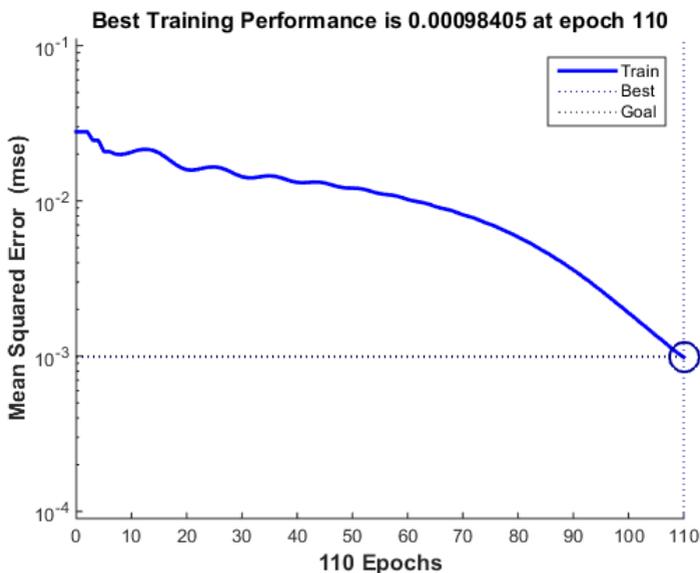
Hasil pelatihan arsitektur jaringan saraf tiruan memiliki output terbaik pada skema arsitektur 4-10-1 dengan *learning rate* 0.5. Arsitektur ini menunjukkan nilai error terkecil dengan proses iterasi yang lebih cepat dengan 110 *epoch* dan MSE 0.0009841. Berdasarkan pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa penambahan *hidden node* tidak selalu menghasilkan output yang lebih baik. Nilai optimum akan didapatkan dengan komposisi penyusunan *hidden layer* dan *learning rate*. Sehingga untuk mendapatkan nilai optimum keluaran haruslah memperhatikan variasi dari dua parameter tersebut.

Penambahan *hidden node* pada awalnya akan menghasilkan nilai eror yang lebih kecil, namun apabila penggunaan *hidden node* terlalu banyak akan menghambat laju sistem prediktor sehingga performansi yang dihasilkan menurun dratis (arsitektur 4-20-1) (Afrita, 2017). Apabila ditinjau dari *epoch* yang dibutuhkan untuk mencapai set point, penambahan *hidden node* dapat mempercepat proses iterasi saat arsitektur yang dirancang masih jauh dari nilai optimum. Namun, apabila arsitektur sudah mendekati nilai optimum, penambahan *hidden node* tidak begitu berpengaruh. Hal ini menunjukkan bahwa arsitektur jaringan saraf tiruan yang dibutuhkan untuk mencapai nilai optimum akan didapatkan dengan komposisi penyusunan *hidden node* dan *learning rate* yang sesuai. Sehingga untuk mendapatkan nilai optimum keluaran haruslah memperhatikan variasi dari dua parameter tersebut.

Penggunaan *learning rate* pada pelatihan arsitektur jaringan saraf tiruan bertujuan untuk mengetahui kecepatan pelatihan yang paling sesuai untuk sistem prediktor. Hasil pelatihan arsitektur jaringan saraf tiruan menunjukkan penggunaan *learning rate* yang lebih tinggi (0.9) tidak selalu menghasilkan keluaran terbaik. Hal ini dikarenakan peranan *learning rate* dalam proses pelatihan juga

bergantung pada susunan parameter lainnya seperti *hidden node*. Sehingga, pemilihan *learning rate* yang digunakan dalam sistem prediktor tidak dapat mengacu pada satu nilai *learning rate* terbaik. Hasil pelatihan menunjukkan *learning rate* terbaik untuk 5,10,15 *hidden node* adalah 0.3 sedangkan dengan 20 *hidden node* penggunaan *learning rate* terbaik adalah dengan nilai 0,1. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan nilai *learning rate* harus menyesuaikan dengan arsitektur yang dirancang dan tidak dapat hanya bergantung pada 1 nilai *learning rate*, karena besarnya nilai *learning rate* akan mempengaruhi nilai error sistem arsitektur jaringan saraf tiruan yang dirancang.

Nilai performansi dari iterasi yang dilakukan oleh sistem menunjukkan adanya perubahan yang signifikan pada iterasi ke - 80. Hal ini menunjukkan bahwa pengenalan pola dalam jaringan saraf tiruan dapat dikenali dengan *training* yang cepat. Adapun proses pengenalan pola dan *training* jaringan saraf truan dapat dilihat pada gambar 4.4.



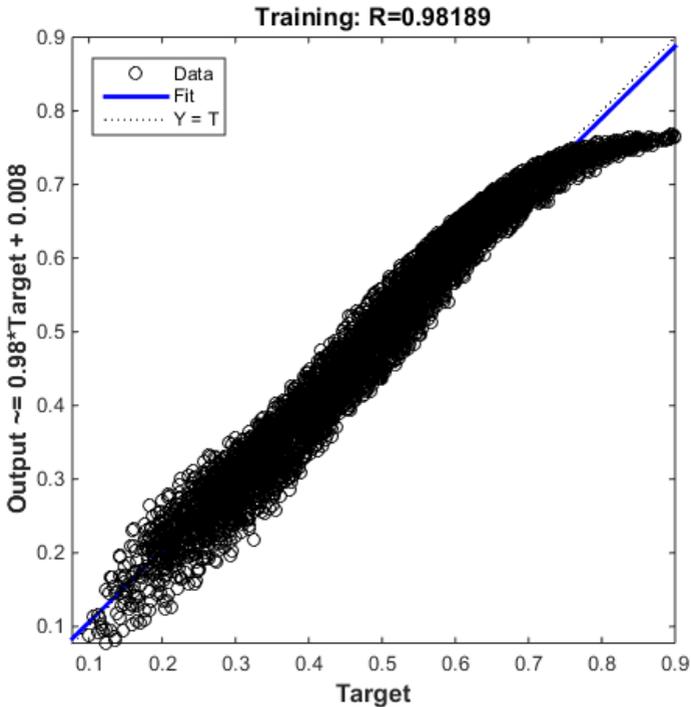
Gambar 4. 4 Performansi JST sebagai Prediktor Pasang Surut

Pengenalan pola yang dilakukan oleh arsitektur rancangan 4-10-1 dengan learning rate 0.5 berjalan dengan baik. Hal ini dapat diketahui dengan gambaran performansi pengenalan pola yang dihasilkan tidak mengalami tahapan stagnansi yang lama. Pada arsitektur 4-10-1 dengan learning rate 0.5 proses pengenalan pola berjalan baik pada tahaan awal sehingga mampu mencapai nilai error 0,1 iterasi pertama dan mencapai nilai error 0,01 pada 40 tahap iterasi sehingga dalam mencapai target 0,001 hanya dibutuhkan 110 iterasi. Performansi arsitektur jaringan saraf tiruan merupakan sebuah gambaran pengenalan pola yang dilakukan oleh system preditor agar mampu mencapai tahapan set point yang diinginkan.

Regresi yang dihasilkan dari arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik menggambarkan hubungan antara data keluaran hasil prediksi dan target yang ingin dicapai. Pola regresi menunjukkan pola kessesuaian data hasil keluaran system dengan target yang diinginkan. Pada arsitektur jaingan saraf tiruan terbaik untuk variable pasang surut didapatkan nilai regresi 0.98189, nilai ini menunjukkan bahwa data keluaran yang dihasilkan oleh sistem prediktor pasang surut memiliki tingkat kesesuaian tinggi dengan nilai yang ingin didapatkan.

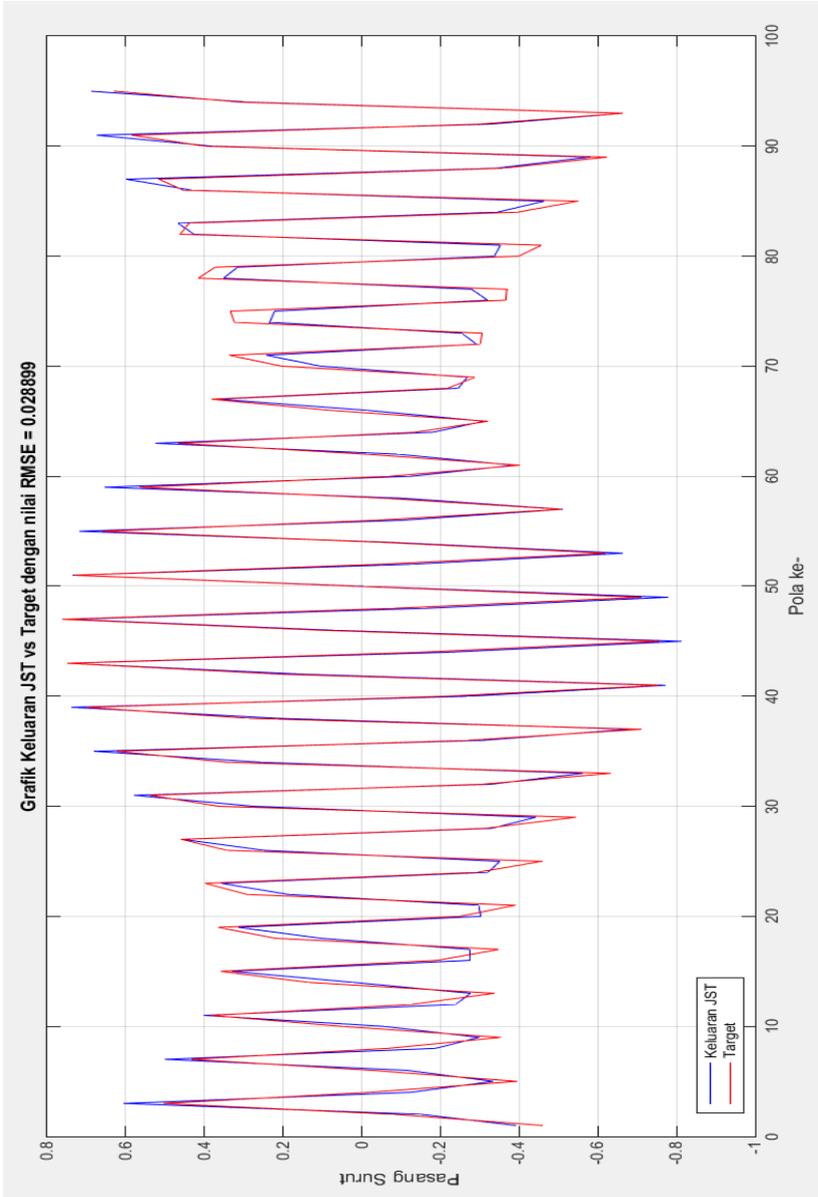
Pola yang tergambarkan pada plot grafik regresi menunjukkan persebaran data pasang surut. Nilai pasang surut tersebar mulai dari 0 hingga 1. Persebaran rata rata berada pada nilai 0,1 hingga 0,9. Hal ini menunjukkan bahwa data pasang surut keluaran sistem prediktor dapat mengikuti pola peredaran normal data pasang surut.

data hasil prediksi dengan target. Hasil arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik menunjukkan bahwa data keluaran hasil prediksi memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi apabila dibandingkan dengan target penelitian. Adapun dalam menentukan performansi arsitektur terbaik jaringan saraf tiruan digunakanlah sistem penilaian error RMSE



Gambar 4. 5 Regresi JST sebagai Prediktor Pasang Surut

Data pasang surut hasil prediksi tergolong akurat dan presisi. Hal ini digambarkan dari persebaran data yang mendekati nilai target secara keseluruhan. Adapun nilai target yang menjadi acuan adalah *gradient* dari grafik. Data keluaran dapat dikatakan sama dengan data target apabila data tersebar sepanjang garis $Y = T$. Keluaran yang didapatkan dari sistem pediktor menunjukkan bahwa *gradient* yang terbentuk sedikit melenceng dari skema $Y = T$. Perbedaan tersebut disebabkan karena data hasil prediksi tidak sama persis dengan target yang dituju. Perbedaan *gradient* yang terbentuk tidak terlalu signifikan, hal tersebut dapat diketahui dari *gradient fit* yang dihasilkan oleh sistem prediktor.



Gambar 4. 6 Hasil Pengujian JST sebagai Prediktor Pasang Surut

Hasil performansi dari pelatihan jaringan saraf tiruan menunjukkan nilai RMSE sebesar 0.029067. Nilai tersebut dapat dikategorikan sebagai hasil yang bagus, karena *set point* yang ditetapkan adalah 1. Sehingga hasil dari pelatihan jaringan saraf tiruan untuk variabel pasang surut air laut dapat digunakan dalam penelitian ini.

Data hasil prediksi arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik mampu mengikuti pola persebaran data tujuan. Pola persebaran data dapat diikuti dengan baik oleh arsitektur jaringan saraf tiruan. Meskipun pada beberapa tahapan awal masih terjadi selisih nilai yang signifikan, namun setelah menjalani 20 pola, data keluaran mampu mengikuti pola dengan nilai beda yang sedikit (tidak signifikan). Hal ini menunjukkan bahwa arsitektur yang telah dirancang dapat digunakan sebagai sistem prediktor pasang surut. Hasil prediksi arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik dapat dilihat pada gambar 4.6.

4.3 Hasil Rancangan Fuzzy Decision Support System

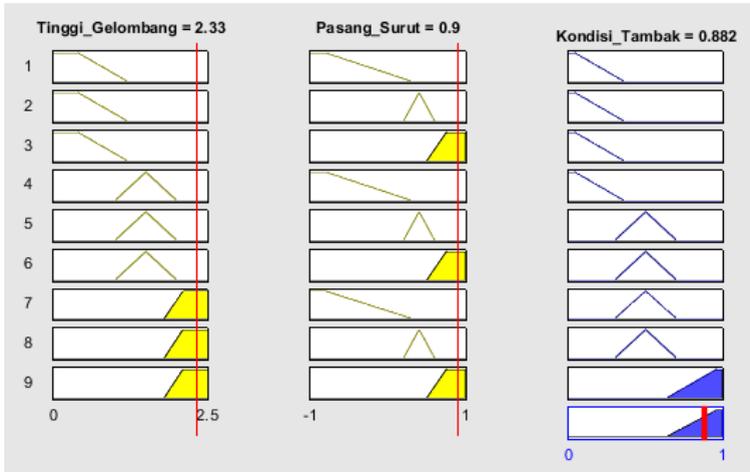
Fuzzy decision system yang telah dirancang dapat digunakan untuk menentukan kondisi keamanan tambak. Adapun hasil dari sistem yang telah dirancang dapat menghasilkan nilai keamanan tambak. Nilai keamanan akan ditransformasikan menjadi 3 state keadaan tambak, yakni aman, siaga dan berbahaya. Adapun hasil prediksi kondisi tambak pada tahun 2017 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Hasil Keluaran *Fuzzy Decision Support System*

Tanggal	Data TG	Status	Data PS	Status	Kondisi Tambak	Nilai
1/1/2017	0.705	Rendah	0.564	Tinggi	Aman	0.15
1/1/2017	0.691	Rendah	0.023	Rendah	Aman	0.16
1/1/2017	0.735	Rendah	-0.166	Rendah	Aman	0.15
1/1/2017	0.767	Rendah	-0.542	Rendah	Aman	0.14
1/2/2017	0.658	Rendah	0.489	Sedang	Aman	0.17
1/2/2017	0.657	Rendah	-0.009	Rendah	Aman	0.16
1/2/2017	0.669	Rendah	-0.118	Rendah	Aman	0.15

Tanggal	Data TG	Status	Data PS	Status	Kondisi Tambak	Nilai
1/2/2017	0.682	Rendah	-0.477	Rendah	Aman	0.13
1/3/2017	0.685	Rendah	0.418	Sedang	Aman	0.15
1/3/2017	0.678	Rendah	-0.045	Rendah	Aman	0.15
1/3/2017	0.699	Rendah	-0.054	Rendah	Aman	0.15
1/3/2017	0.668	Rendah	-0.419	Rendah	Aman	0.13
1/4/2017	0.711	Rendah	0.370	Sedang	Aman	0.13
1/4/2017	0.717	Rendah	0.043	Rendah	Aman	0.16
1/4/2017	0.710	Rendah	-0.113	Rendah	Aman	0.15
1/4/2017	0.711	Rendah	-0.382	Rendah	Aman	0.13
1/5/2017	0.652	Rendah	0.350	Sedang	Aman	0.13
1/5/2017	0.673	Rendah	0.142	Sedang	Aman	0.16
1/5/2017	0.664	Rendah	-0.182	Rendah	Aman	0.15
1/5/2017	0.697	Rendah	-0.372	Rendah	Aman	0.13
1/6/2017	0.688	Rendah	0.366	Sedang	Aman	0.13
1/6/2017	0.720	Rendah	0.242	Sedang	Aman	0.14
1/6/2017	0.680	Rendah	-0.246	Rendah	Aman	0.14
1/6/2017	0.702	Rendah	-0.387	Rendah	Aman	0.13
1/7/2017	0.715	Rendah	0.419	Sedang	Aman	0.15
1/7/2017	0.742	Rendah	0.328	Sedang	Aman	0.14
1/7/2017	0.684	Rendah	-0.285	Rendah	Aman	0.14
1/7/2017	0.714	Rendah	-0.418	Rendah	Aman	0.13
1/8/2017	0.699	Rendah	0.502	Tinggi	Aman	0.16

State/kondisi tambak ditentukan dengan menggabungkan nilai tinggi gelombang dan pasang surut. Apabila nilai yang terbentuk melebihi batas aman, kondisi tambak yang terbentuk akan menunjukkan kondisi berbahaya. Gambar 4.7 merupakan contoh pengambilan keputusan yang dilakukan oleh sistem.



Gambar 4. 7 Contoh Pengambilan Keputusan pada *Decision Support System*

Fuzzy decision support system yang dirancang mampu menunjukkan 3 macam kondisi tambak. Dalam penelitian ini kondisi tambak berbahaya merupakan waktu yang menunjukkan potensi kebocoran tambak paling besar. Adapun kondisi berbahaya yang berhasil dideteksi oleh sistem terjadi pada 10 hari yang tersebar pada bulan juni, juli, agustus dan desember. Sementara itu kondisi tambak siaga menunjukkan adanya potensi kecil terjadinya kebocoran. Kondisi tambak siaga terjadi pada 108 hari. Kondisi tambak aman menunjukkan tidak adanya potensi kebocoran yang terjadi pada tambak. Sehingga periode kondisi aman dapat dikategorikan sebagai waktu terbaik dalam bertani tambak dan melakukan pemeliharaan dan perawatan kondisi tambak.

4.4 Validasi Rancangan *Fuzzy Decision Support System*

Hasil rancangan *fuzzy decision support system* tidak bisa langsung digunakan. Sistem pengambilan keputusan perlu divalidasi terlebih dahulu. Validasi pada sistem FDSS dilakukan dengan menggunakan sistem pakar dan membandingkan hasil prediksi dengan kondisi sebenarnya pada tambak. Pakar yang

digunakan dalam validasi penelitian ini memiliki latar belakang pengetahuan di bidang peramalan kondisi cuaca. Pakar yang dilibatkan berasal dari BMKG. Perbandingan kondisi tambak hasil prediksi dengan kondisi sebenarnya menunjukkan kesesuaian yang tinggi, yakni potensi kebocoran tambak pada bulan juni, juli dan desember merupakan waktu terjadinya kebocoran tambak pada 2017. Setelah melakukan perbandingan dilakukan pengujian sistem untuk periode lain, Adapun periode yang digunakan untuk proses uji sistem pada periode februari 2018 hingga mei 2018 (BMKG, 2017) (BIG, 2017).

Tabel 4. 4 Kondisi Berbahaya Hasil Prediksi

Tanggal	Data TG	Data PS	Kondisi Tambak	Nilai
6/11/2017	2.017	0.700	Berbahaya	0.87
6/12/2017	1.878	0.671	Berbahaya	0.85
7/12/2017	1.854	0.547	Berbahaya	0.85
7/13/2017	1.961	0.651	Berbahaya	0.87
7/19/2017	2.083	0.581	Berbahaya	0.85
8/4/2017	1.802	0.619	Berbahaya	0.83
12/19/2017	1.782	0.725	Berbahaya	0.72
12/20/2017	1.782	0.716	Berbahaya	0.72
12/21/2017	1.807	0.694	Berbahaya	0.84
12/23/2017	2.148	0.499	Berbahaya	0.83

Hasil validasi menyatakan sistem *decision support system* yang dirancang dalam penelitian ini layak digunakan untuk menentukan kondisi keamanan tambak di Ujung Pangkah dengan persetujuan 100% dari 3 orang pakar. Hasil validasi *Fuzzy decision support system* untuk periode Februari 2018 hingga Mei 2018. Periode tersebut tidak memiliki potensi berbahaya pada kondisi tambak, hal ini sesuai dengan kondisi tambak di Ujung Pangkah pada periode yang sama.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan penelitian tugas akhir ini, adalah:

- a. Jaringan saraf tiruan dapat digunakan sebagai sistem prediktor untuk tinggi gelombang dengan arsitektur terbaik dengan 4 input ; 15 *hidden node* ; 1 output dengan *learning rate* 0.3 yang menghasilkan nilai RMSE 0.28049. Jaringan saraf tiruan juga dapat digunakan sebagai sistem prediktor untuk pasang surut dengan arsitektur terbaik pada input 4 input ; 10 *hidden node* ; 1 output dengan *learning rate* 0.5 yang menghasilkan nilai RMSE 0.29607.
- b. *Fuzzy Decision support system* dapat digunakan untuk prediksi potensi keocoraan tambak. Skema fuzzyfikasi yang telah teruji menggunakan 3 *state membership function* pada variabel tinggi gelombang dan pasang surut dengan *rule base* tipe *tabular* dan skema defuzzyfikasi dengan metode *centroid*.
- c. *Fuzzy decision support system* yang dirancang dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh keadaan maritim terhadap kondisi tambak. Sistem yang dirancang telah mendapat persetujuan dari 100% pakar (3 Orang) serta mampu menunjukkan potensi bahaya pada kondisi tambak.

5.2 Saran

Saran yang dapat diajukan terkait dengan penelitian tugas akhir ini, adalah:

- a. Melakukan pengukuran pasang surut pada lokasi penelitian agar mendapatkan nilai MSL (*Mean Sea Level*) yang lebih akurat.
- b. Menggunakan pakar dari latar belakang keilmuan perikanan dan kelautan untuk mendapatkan sudut pandang yang lebih luas dalam menyelesaikan permasalahan kebocoran tambak.

Halaman ini memang dikosongkan

DAFTAR RUJUKAN

- Afrita, S. W. (2017). *perancangan thiessen polygon dan jaringan syaraf tiruan di perairan sungai dangkal jawa timur*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Barbara, Paplinska-swerpel. 2006. "Application of Neural Networks to the Prediction of Significant Wave Height at Selected Locations on the Baltic Sea". Polandia : Polish academy of Science
- Berbic, j. (2017). *application of neural networks and support vector machine for significant wave height prediction*. zagreb: university of zagreb, croatia.
- BIG. (2017). *Data Laporan Pengamatan Pasang Surut Laut Jawa dan Selat Madura*.
- BMKG. (2017). *Data laporan tinggi gelombang periode jam di laut utara jawa*. Surabaya: BMKG.
- BPS Gresik. (2017). *Gresik dalam angka*. Surabaya: BPS.
- Cioca, L. (2015). *Forecasting of time series significant wave height using wavelet decomposed neural network*. pune: national institute of technology karnakata.
- Eliyani. 2009. Decision Support System untuk Pembelian Mobil Menggunakan Fuzzy Model Tahani. Yogyakarta : Seminar Nasional Aplikasi Teknologi informasi
- Margi, K. (2015). Analisa dan Penerapan Metode Single Exponential Smoothing Untuk Prediksi Penjualan pada Periode Tertentu. *Prosiding SNATIF ISBN:978-602-1180-21-1*
- Fausett, L. V. (1994). *Fundamental of Neural Networks: Architectures, Algorithms, and Applications* (Illustrated ed.). Prentice-Hall.
- Fossen, T. I. (1994). *Guidance and Control of Ocean Vehicle*.

- Fossen, T. I. (2011). *Handbook Of Marine Craft Hydrodynamics And Motion Control*.
- Gunawan. (2009). *decision support tools untuk fuzzy interference dengan metode mamdani, sugeno dan tsukamoto*. Surabaya: Sekolah tinggi teknik surabaya.
- Haryono. (2004). *Konsep pasang surut air laut : Pembentukan pasang surut air laut di indonesia*. Jakarta.
- Iskandar, M. (2017). karakteristik pasang surut dan kedudukan muka air laut di perairan pangkalan pendaratan ikan (PPI) Campurejo Panceng Gresik. *Junal Oceanografi UNDIP Volume 6 Nomor 1* , 151-157.
- Keshavarzi, A., & Sarmadian, F. (2010). Comparison of artificial neural network and multivariate regression methods in prediction of soil cation exchange capacity (Case study: Ziaran region). *Desert*, 167-174.
- Lewis, F. L., Vrabie, D., & Syrmos, V. L. (2012). *Optimal Control*.
- Maria. (2012). *penggunaan jaringan saraf tiruan backpropagation untuk seleksi penerimaan mahasiswa baru pada jurusan teknik komputer di politeknik negeri sriwijaya*. Semarang.
- Nugraha, H. G., & SN, A. (2014). Optimasi Bobot Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Particle Swarm Optimization. *Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems (IJCCS)*. 8, hal. 25-36. Indonesian Computer, Electronics, and Instrumentation Support Society (IndoCEISS).
- Rahayu, N. (2016). *macam macam metode decision support system*. jakarta: perguruan tinggi raharja.
- Rizianiza, I. (2015). *perancangan prediktor ketinggian*

- gelombang di perairan sumatera-jawa berbasis artificial neural network. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi*.
- S, P. H. (2015). *Perancangan prediktor cuaca maritim berbasis logika fuzzy sebagai decision support system untuk keselamatan nelayan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Sampurna, R. (2011). *perancangan sistem prediktor dengan menggunakan metode ANFIS untuk meningkatkan ramalan studi kasus pelayaran surabaya*. surabaya.
- T.P. DAS. (2009). *Pengantar klimatologi*. makassar: laboratorium pengolahan DAS dan konservasi sumber daya hutan, tanah dan air.
- Varma, A. (2013). evolution of windrose diagram for RTPP India. *International Journal of Innovative Research & Development ISSN2278-0211* , 150-154.
- WMO. World Meteorological Organization (2015). *Guide to Wave Analysis and Forecasting*. Geneva, Switzerland: Secretariat of the World Meteoroloical Organization.
- Zhang, S., Wang, H., Liu, L., Du, C., & Lu, J. (2009). Optimization of Neural Network Based on Improved Genetic Algorithm. 2009 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering, (Cctot), 203–207. <https://doi.org/10.1109/CISE.2009.5365287>

Halaman ini memang dikosongkan

Lampiran A Validasi Kepekaran

LEMBAR VALIDASI PROGRAM RANCANGAN

Nama : Retna Cintya Dewi, S.Tr
 Pekerjaan : Staff Stasiun II BMKG Perak, Surabaya
 Bidang Keahlian : meteorologi, klimatologi dan geofisika

Petunjuk:

1. Berdasarkan pendapat Bapak/Ibu, berilah checklist (v) pada kolom yang sesuai dengan kriteria.
2. Mohon menuliskan kesimpulan pada tempat yang tersedia dengan memilih salah satu kategori yang sesuai.
3. Jika ada yang perlu dikomentari, tuliskan pada tempat yang tersedia.

No	Elemen yang Divalidasi	Kriteria		
		LD	LDR	TLD
1.	Algoritma pemrograman	✓		
2.	Kesesuaian Algoritma dengan ketercapaian sistem		✓	
3.	Kejelasan alur	✓		

Untuk kesimpulan diharapkan menyesuaikan dengan kode di bawah ini agar dapat diketahui kelayakan lembar validasi program rancangan.

Keterangan:

LD = Layak Digunakan

LDR =Layak Digunakan Dengan Revisi

TLD =Tidak Layak Digunakan

Surabaya,
 Validator



RETNA CINTYA DEWI, S.Tr

LEMBAR VALIDASI
PEDOMAN WAWANCARA DAN PEDOMAN OBSERVASI

Nama : Ratna Chitya Dewi S.Tr
 Pekerjaan : Staff Stasiun II BMKG Perak, Surabaya
 Bidang Keahlian : Meteorologi, Klimatologi, dan geofisika

Petunjuk:

1. Berdasarkan pendapat Bapak/Ibu, berilah checklist (v) pada kolom yang sesuai dengan kriteria.
2. Mohon menuliskan kesimpulan pada tempat yang tersedia dengan memilih salah satu kategori yang sesuai.
3. Jika ada yang perlu dikomentari, tuliskan pada tempat yang tersedia.

No	Elemen yang Divalidasi	Kriteria		
		LD	LDR	TLD
1.	Format pedoman wawancara dan pedoman observasi	✓		
2.	Kesesuaian petunjuk penilaian pada pedoman wawancara dan observasi	✓		
3.	Kejelasan huruf	✓		
4.	Istilah yang digunakan tepat dan mudah dipahami	✓		
5.	Cukup aspek-aspek pedoman wawancara dan pedoman observasi	✓		
6.	Kesesuaian pedoman dengan indikator pelaksanaan	✓		

Untuk kesimpulan diharapkan diidkan kode di bawah ini agar dapat diketahui kelayakan lembar validasi pedoman wawancara dan pedoman observasi

Keterangan:

LD = Layak Digunakan

LDR =Layak Digunakan Dengan Revisi

TLD =Tidak Layak Digunakan

Lampiran B Source Code MATLAB Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Tinggi Gelombang

```

clc;clear;close all;warning off;

% Proses membaca data latih dari excel
filename = 'data1.xlsx';
sheet = 1;
xlRange = 'C6:G5845';

Data = xlsread(filename, sheet, xlRange);
data_latih = Data(:,1:4)';
target_latih = Data(:,5)';
[m,n] = size(data_latih);

% Pembuatan JST
net = newff(minmax(data_latih),[10
1],{'logsig','purelin'},'traingdx');

% Memberikan nilai untuk mempengaruhi proses
pelatihan
net.performFcn = 'mse';
net.trainParam.goal = 0.001;
net.trainParam.show = 20;
net.trainParam.epochs = 1000;
net.trainParam.mc = 0.95;
net.trainParam.lr = 0.3;

% Proses training
[net_keluaran,tr,Y,E] =
train(net,data_latih,target_latih);

% Hasil setelah pelatihan
bobot_hidden = net_keluaran.IW{1,1};

```

```

bobot_keluaran = net_keluaran.LW{2,1};
bias_hidden = net_keluaran.b{1,1};
bias_keluaran = net_keluaran.b{2,1};
jumlah_iterasi = tr.num_epochs;
nilai_keluaran = Y;
nilai_error = E;
error_MSE = (1/n)*sum(nilai_error.^2);

save net.mat net_keluaran

% Hasil prediksi
hasil_latih = sim(net_keluaran,data_latih);
max_data = 3.9200;
min_data = 0.0900;
hasil_latih = ((hasil_latih-0.1)*(max_data-
min_data)/0.8)+min_data;

% Performansi hasil prediksi
filename = 'data1.xlsx';
sheet = 1;
xlRange = 'H6:H5845';

target_latih_asli = xlsread(filename, sheet,
xlRange);

% figure,
%
plotregression(target_latih_asli,hasil_latih
,'Regression')

% figure,
% plotperform(tr)

figure,
plot(hasil_latih,'b-')
hold on

```

```
plot(target_latih_asli,'r-')
hold off
grid on
title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs Target
dengan nilai MSE = ',...
num2str(error_MSE)]))
xlabel('Pola ke-')
ylabel('Tinggi Gelombang')
legend('Keluaran
JST', 'Target', 'Location', 'Best')

save data_prediksi_tg.mat hasil_latih
```


Lampiran C Source Code MATLAB Pengujian Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Tinggi Gelombang

```

clc;clear;close all;

% load jaringan yang sudah dibuat pada
proses pelatihan
load net.mat

% Proses membaca data uji dari excel
filename = 'data1.xlsx';
sheet = 1;
xlRange = 'J6:N1465';

Data = xlsread(filename, sheet, xlRange);
data_uji = Data(:,1:4)';
target_uji = Data(:,5)';
[m,n] = size(data_uji);

% Hasil prediksi
hasil_uji = sim(net_keluaran,data_uji);
nilai_error = hasil_uji-target_uji;

max_data = 3.9200;
min_data = 0.0900;
hasil_uji = ((hasil_uji-0.1)*(max_data-
min_data)/0.8)+min_data;

% Performansi hasil prediksi
error_MSE = (1/n)*sum(nilai_error.^2);
error_RMSE = sqrt(error_MSE);

filename = 'data1.xlsx';
sheet = 1;
xlRange = 'O6:O1465';

```

```

target_uji_asli = xlsread(filename, sheet,
xlRange);

figure,
plot(hasil_uji, 'b-')
hold on
plot(target_uji_asli, 'r-')
hold off
grid on
title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs Target
dengan nilai RMSE = ', ...
num2str(error_RMSE)]))
xlabel('Pola ke-')
ylabel('Tinggi Geombang')
legend('Keluaran
JST', 'Target', 'Location', 'Best')

errorbaru=target_uji_asli'-hasil_uji;
MSE = (1/n)*sum(errorbaru.^2);
RMSE = sqrt(MSE)

save hasil_prediksi_tg.mat hasil_uji

```

Lampiran D Source Code MATLAB Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Pasang Surut

```

clc;clear;close all;warning off;

% Proses membaca data latih dari excel
filename = 'data1.xlsx';
sheet = 1;
xlRange = 'Q6:U100';

Data = xlsread(filename, sheet, xlRange);
data_latih = Data(:,1:4)';
target_latih = Data(:,5)';
[m,n] = size(data_latih);

% Pembuatan JST
net = newff(minmax(data_latih),[10
1],{'logsig','purelin'},'traingdx');

% Memberikan nilai untuk mempengaruhi proses
pelatihan
net.performFcn = 'mse';
net.trainParam.goal = 0.001;
net.trainParam.show = 20;
net.trainParam.epochs = 10000;
net.trainParam.mc = 0.95;
net.trainParam.lr = 0.3;

% Proses training
[net_keluaran,tr,Y,E] =
train(net,data_latih,target_latih);

% Hasil setelah pelatihan
bobot_hidden = net_keluaran.IW{1,1};
bobot_keluaran = net_keluaran.LW{2,1};
bias_hidden = net_keluaran.b{1,1};

```

```
bias_keluaran = net_keluaran.b{2,1};
jumlah_iterasi = tr.num_epochs;
nilai_keluaran = Y;
nilai_error = E;
error_MSE = (1/n)*sum(nilai_error.^2);

save net.mat net_keluaran

% Hasil prediksi
hasil_latih = sim(net_keluaran,data_latih);
max_data = 0.922;
min_data = -0.904;
hasil_latih = ((hasil_latih-0.1)*(max_data-
min_data)/0.8)+min_data;

% Performansi hasil prediksi
filename = 'data1.xlsx';
sheet = 1;
xlRange = 'V6:V100';

target_latih_asli = xlsread(filename, sheet,
xlRange);

% figure,
%
plotregression(target_latih_asli,hasil_latih
,'Regression')

% figure,
% plotperform(tr)

figure,
plot(hasil_latih,'b-')
hold on
plot(target_latih_asli,'r-')
hold off
```

```
grid on
title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs Target
dengan nilai MSE = ',...
num2str(error_MSE)]))
xlabel('Pola ke-')
ylabel('Pasang Surut')
legend('Keluaran
JST', 'Target', 'Location', 'Best')

save data_prediksi_ps.mat hasil_latih
```


Lampiran E Source Code MATLAB Pengujian Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Pasang Surut

```
clc;clear;close all;

% load jaringan yang sudah dibuat pada
proses pelatihan
load net.mat

% Proses membaca data uji dari excel
filename = 'data1.xlsx';
sheet = 1;
xlRange = 'X6:AB100';

Data = xlsread(filename, sheet, xlRange);
data_uji = Data(:,1:4)';
target_uji = Data(:,5)';
[m,n] = size(data_uji);

% Hasil prediksi
hasil_uji = sim(net_keluaran,data_uji);
nilai_error = hasil_uji-target_uji;

max_data = 0.922;
min_data = -0.904;
hasil_uji = ((hasil_uji-0.1)*(max_data-
min_data)/0.8)+min_data;

% Performansi hasil prediksi
error_MSE = (1/n)*sum(nilai_error.^2);
error_RMSE = sqrt(error_MSE);

filename = 'data1.xlsx';
sheet = 1;
xlRange = 'AC6:AC100';
```

```
target_uji_asli = xlsread(filename, sheet,
xlRange);

figure,
plot(hasil_uji, 'b-')
hold on
plot(target_uji_asli, 'r-')
hold off
grid on
title(strcat(['Grafik Keluaran JST vs Target
dengan nilai RMSE = ', ...
num2str(error_RMSE)]))
xlabel('Pola ke-')
ylabel('Pasang Surut')
legend('Keluaran
JST', 'Target', 'Location', 'Best')

errorbaru=target_uji_asli'-hasil_uji;
MSE = (1/n)*sum(errorbaru.^2);
RMSE = sqrt(MSE)

save hasil_prediksi_ps.mat hasil_uji
```

Lampiran F Source Code MATLAB Penggunaan Integrated Neuro-Fuzzy

```
clc;clear;close all;

%Import input data
%Inisialisasi Input dan Output data Excel
Lokasi='E:\Data bab 4.xlsx';
Sheet=7;
kondisitambakfis=readfis('dssrevisi.fis');
Variabel='Kondisi Tambak';

DataIO=xlsread(Lokasi,Sheet);           %Proses
pembacaan data excel
[r,s]=size(DataIO);                     %Ukuran
matriks database

Keluaran=evalfis(DataIO,kondisitambakfis);
```


Lampiran G Hasil Pengujian Sistem Integrated Neuro-Fuzzy Periode Februari 2018 – Mei 2018

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
0.81	-0.78	Aman	2/1/2018	3	0.142
0.84	0.33	Aman	2/1/2018	9	0.144
0.92	0.73	Aman	2/1/2018	15	0.151
1	-0.22	Aman	2/1/2018	21	0.158
1.09	-0.76	Aman	2/2/2018	3	0.167
1.17	0.19	Aman	2/2/2018	9	0.353
1.22	0.73	Siaga	2/2/2018	15	0.500
1.25	-0.15	Aman	2/2/2018	21	0.149
1.25	-0.67	Aman	2/3/2018	3	0.149
1.23	0.07	Aman	2/3/2018	9	0.161
1.19	0.66	Siaga	2/3/2018	15	0.476
1.16	-0.10	Aman	2/3/2018	21	0.166
1.14	-0.54	Aman	2/4/2018	3	0.169
1.14	0.00	Aman	2/4/2018	9	0.169
1.17	0.56	Siaga	2/4/2018	15	0.424
1.19	-0.10	Aman	2/4/2018	21	0.160
1.23	-0.40	Aman	2/5/2018	3	0.153
1.3	0.00	Aman	2/5/2018	9	0.157
1.36	0.44	Siaga	2/5/2018	15	0.500
1.4	-0.13	Aman	2/5/2018	21	0.148
1.43	-0.28	Aman	2/6/2018	3	0.140
1.45	0.05	Aman	2/6/2018	9	0.160
1.42	0.33	Siaga	2/6/2018	15	0.500
1.36	-0.18	Aman	2/6/2018	21	0.145
1.29	-0.20	Aman	2/7/2018	3	0.144
1.23	0.13	Aman	2/7/2018	9	0.310

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
1.17	0.25	Siaga	2/7/2018	15	0.418
1.1	-0.25	Aman	2/7/2018	21	0.168
1.06	-0.16	Aman	2/8/2018	3	0.164
1.05	0.22	Aman	2/8/2018	9	0.163
1.01	0.21	Aman	2/8/2018	15	0.159
0.92	-0.31	Aman	2/8/2018	21	0.151
0.83	-0.16	Aman	2/9/2018	3	0.146
0.78	0.31	Aman	2/9/2018	9	0.140
0.74	0.20	Aman	2/9/2018	15	0.140
0.65	-0.36	Aman	2/9/2018	21	0.135
0.57	-0.20	Aman	2/10/2018	3	0.144
0.54	0.37	Aman	2/10/2018	9	0.133
0.54	0.23	Aman	2/10/2018	15	0.133
0.53	-0.39	Aman	2/10/2018	21	0.133
0.52	-0.26	Aman	2/11/2018	3	0.141
0.51	0.41	Aman	2/11/2018	9	0.144
0.5	0.28	Aman	2/11/2018	15	0.122
0.53	-0.40	Aman	2/11/2018	21	0.133
0.6	-0.33	Aman	2/12/2018	3	0.137
0.68	0.42	Aman	2/12/2018	9	0.148
0.75	0.35	Aman	2/12/2018	15	0.137
0.84	-0.39	Aman	2/12/2018	21	0.144
0.91	-0.41	Aman	2/13/2018	3	0.150
0.96	0.41	Aman	2/13/2018	9	0.155
0.99	0.42	Aman	2/13/2018	15	0.157
1	-0.35	Aman	2/13/2018	21	0.158
1	-0.49	Aman	2/14/2018	3	0.158
1.01	0.36	Aman	2/14/2018	9	0.159
1.01	0.48	Aman	2/14/2018	15	0.169

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
1.03	-0.30	Aman	2/14/2018	21	0.161
1.05	-0.54	Aman	2/15/2018	3	0.163
1.06	0.30	Aman	2/15/2018	9	0.164
1.06	0.53	Aman	2/15/2018	15	0.164
1.05	-0.24	Aman	2/15/2018	21	0.163
1.03	-0.55	Aman	2/16/2018	3	0.161
1	0.22	Aman	2/16/2018	9	0.158
0.97	0.55	Aman	2/16/2018	15	0.156
0.95	-0.18	Aman	2/16/2018	21	0.154
0.92	-0.53	Aman	2/17/2018	3	0.151
0.9	0.14	Aman	2/17/2018	9	0.161
0.9	0.53	Aman	2/17/2018	15	0.158
0.9	-0.13	Aman	2/17/2018	21	0.149
0.91	-0.48	Aman	2/18/2018	3	0.150
0.93	0.08	Aman	2/18/2018	9	0.162
0.95	0.48	Aman	2/18/2018	15	0.169
0.97	-0.11	Aman	2/18/2018	21	0.156
0.99	-0.38	Aman	2/19/2018	3	0.157
1.01	0.04	Aman	2/19/2018	9	0.159
1.02	0.40	Aman	2/19/2018	15	0.160
1.02	-0.11	Aman	2/19/2018	21	0.160
1.01	-0.28	Aman	2/20/2018	3	0.159
1.01	0.04	Aman	2/20/2018	9	0.159
1.01	0.31	Aman	2/20/2018	15	0.159
1	-0.15	Aman	2/20/2018	21	0.158
0.99	-0.17	Aman	2/21/2018	3	0.157
0.99	0.08	Aman	2/21/2018	9	0.162
1	0.22	Aman	2/21/2018	15	0.158
1.03	-0.22	Aman	2/21/2018	21	0.161

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
1.08	-0.07	Aman	2/22/2018	3	0.166
1.12	0.15	Aman	2/22/2018	9	0.262
1.14	0.15	Aman	2/22/2018	15	0.312
1.15	-0.31	Aman	2/22/2018	21	0.168
1.17	-0.02	Aman	2/23/2018	3	0.164
1.2	0.25	Siaga	2/23/2018	9	0.436
1.24	0.12	Aman	2/23/2018	15	0.252
1.31	-0.41	Aman	2/23/2018	21	0.140
1.38	-0.02	Aman	2/24/2018	3	0.155
1.41	0.37	Siaga	2/24/2018	9	0.500
1.43	0.12	Aman	2/24/2018	15	0.269
1.43	-0.50	Aman	2/24/2018	21	0.128
1.44	-0.08	Aman	2/25/2018	3	0.152
1.45	0.48	Siaga	2/25/2018	9	0.500
1.46	0.17	Siaga	2/25/2018	15	0.383
1.44	-0.56	Aman	2/25/2018	21	0.126
1.38	-0.19	Aman	2/26/2018	3	0.145
1.32	0.56	Siaga	2/26/2018	9	0.500
1.26	0.24	Siaga	2/26/2018	15	0.445
1.19	-0.57	Aman	2/26/2018	21	0.160
1.12	-0.32	Aman	2/27/2018	3	0.169
1.06	0.59	Aman	2/27/2018	9	0.164
1	0.33	Aman	2/27/2018	15	0.158
0.95	-0.53	Aman	2/27/2018	21	0.154
0.91	-0.43	Aman	2/28/2018	3	0.150
0.9	0.55	Aman	2/28/2018	9	0.153
0.89	0.41	Aman	2/28/2018	15	0.149
0.87	-0.45	Aman	2/28/2018	21	0.147
0.87	-0.50	Aman	3/1/2018	3	0.147

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
0.87	0.46	Aman	3/1/2018	9	0.161
0.87	0.46	Aman	3/1/2018	15	0.162
0.87	-0.35	Aman	3/1/2018	21	0.147
0.87	-0.51	Aman	3/2/2018	3	0.147
0.89	0.33	Aman	3/2/2018	9	0.149
0.92	0.46	Aman	3/2/2018	15	0.161
0.94	-0.26	Aman	3/2/2018	21	0.153
0.97	-0.44	Aman	3/3/2018	3	0.156
0.99	0.21	Aman	3/3/2018	9	0.157
1.01	0.41	Aman	3/3/2018	15	0.159
1.02	-0.19	Aman	3/3/2018	21	0.160
1.02	-0.32	Aman	3/4/2018	3	0.160
1.02	0.12	Aman	3/4/2018	9	0.165
1.02	0.32	Aman	3/4/2018	15	0.160
0.98	-0.17	Aman	3/4/2018	21	0.156
0.94	-0.17	Aman	3/5/2018	3	0.153
0.96	0.07	Aman	3/5/2018	9	0.161
0.96	0.21	Aman	3/5/2018	15	0.155
0.93	-0.19	Aman	3/5/2018	21	0.152
0.88	-0.04	Aman	3/6/2018	3	0.154
0.88	0.08	Aman	3/6/2018	9	0.162
1	0.11	Aman	3/6/2018	15	0.164
1.18	-0.23	Aman	3/6/2018	21	0.162
1.3	0.07	Aman	3/7/2018	3	0.161
1.37	0.12	Aman	3/7/2018	9	0.288
1.41	0.03	Aman	3/7/2018	15	0.158
1.42	-0.29	Aman	3/7/2018	21	0.139
1.41	0.13	Aman	3/8/2018	3	0.305
1.37	0.20	Siaga	3/8/2018	9	0.418

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
1.31	-0.02	Aman	3/8/2018	15	0.155
1.23	-0.35	Aman	3/8/2018	21	0.153
1.13	0.14	Aman	3/9/2018	3	0.301
1.06	0.27	Aman	3/9/2018	9	0.164
1.02	-0.03	Aman	3/9/2018	15	0.160
0.95	-0.41	Aman	3/9/2018	21	0.154
0.87	0.12	Aman	3/10/2018	3	0.164
0.8	0.34	Aman	3/10/2018	9	0.141
0.74	-0.01	Aman	3/10/2018	15	0.156
0.71	-0.45	Aman	3/10/2018	21	0.134
0.68	0.06	Aman	3/11/2018	3	0.161
0.65	0.40	Aman	3/11/2018	9	0.140
0.61	0.04	Aman	3/11/2018	15	0.159
0.57	-0.47	Aman	3/11/2018	21	0.130
0.52	-0.02	Aman	3/12/2018	3	0.155
0.5	0.43	Aman	3/12/2018	9	0.152
0.49	0.11	Aman	3/12/2018	15	0.164
0.47	-0.48	Aman	3/12/2018	21	0.130
0.49	-0.11	Aman	3/13/2018	3	0.150
0.53	0.44	Aman	3/13/2018	9	0.155
0.55	0.18	Aman	3/13/2018	15	0.149
0.54	-0.46	Aman	3/13/2018	21	0.130
0.5	-0.19	Aman	3/14/2018	3	0.145
0.46	0.42	Aman	3/14/2018	9	0.149
0.45	0.24	Aman	3/14/2018	15	0.130
0.48	-0.41	Aman	3/14/2018	21	0.132
0.49	-0.26	Aman	3/15/2018	3	0.141
0.49	0.38	Aman	3/15/2018	9	0.135
0.47	0.28	Aman	3/15/2018	15	0.121

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
0.47	-0.36	Aman	3/15/2018	21	0.135
0.48	-0.29	Aman	3/16/2018	3	0.139
0.47	0.32	Aman	3/16/2018	9	0.121
0.46	0.30	Aman	3/16/2018	15	0.120
0.46	-0.29	Aman	3/16/2018	21	0.139
0.45	-0.28	Aman	3/17/2018	3	0.139
0.51	0.24	Aman	3/17/2018	9	0.130
0.61	0.28	Aman	3/17/2018	15	0.128
0.73	-0.22	Aman	3/17/2018	21	0.143
0.86	-0.23	Aman	3/18/2018	3	0.146
0.99	0.16	Aman	3/18/2018	9	0.157
1.1	0.23	Aman	3/18/2018	15	0.168
1.2	-0.18	Aman	3/18/2018	21	0.158
1.27	-0.13	Aman	3/19/2018	3	0.148
1.31	0.10	Aman	3/19/2018	9	0.178
1.31	0.14	Aman	3/19/2018	15	0.341
1.26	-0.16	Aman	3/19/2018	21	0.148
1.21	-0.01	Aman	3/20/2018	3	0.156
1.17	0.07	Aman	3/20/2018	9	0.164
1.15	0.05	Aman	3/20/2018	15	0.168
1.15	-0.18	Aman	3/20/2018	21	0.168
1.13	0.12	Aman	3/21/2018	3	0.301
1.1	0.08	Aman	3/21/2018	9	0.168
1.1	-0.05	Aman	3/21/2018	15	0.168
1.11	-0.24	Aman	3/21/2018	21	0.168
1.13	0.23	Aman	3/22/2018	3	0.301
1.14	0.13	Aman	3/22/2018	9	0.312
1.13	-0.12	Aman	3/22/2018	15	0.170
1.11	-0.33	Aman	3/22/2018	21	0.168

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
1.07	0.31	Aman	3/23/2018	3	0.165
1.01	0.22	Aman	3/23/2018	9	0.159
0.98	-0.16	Aman	3/23/2018	15	0.156
1.01	-0.44	Aman	3/23/2018	21	0.159
1.08	0.33	Aman	3/24/2018	3	0.166
1.11	0.33	Aman	3/24/2018	9	0.217
1.09	-0.16	Aman	3/24/2018	15	0.167
1.06	-0.53	Aman	3/24/2018	21	0.164
1.02	0.29	Aman	3/25/2018	3	0.160
0.92	0.44	Aman	3/25/2018	9	0.153
0.79	-0.12	Aman	3/25/2018	15	0.149
0.72	-0.60	Aman	3/25/2018	21	0.135
0.69	0.20	Aman	3/26/2018	3	0.142
0.73	0.52	Aman	3/26/2018	9	0.160
0.8	-0.05	Aman	3/26/2018	15	0.154
0.92	-0.62	Aman	3/26/2018	21	0.151
1.06	0.08	Aman	3/27/2018	3	0.164
1.14	0.56	Aman	3/27/2018	9	0.336
1.17	0.03	Aman	3/27/2018	15	0.164
1.18	-0.59	Aman	3/27/2018	21	0.162
1.17	-0.05	Aman	3/28/2018	3	0.164
1.17	0.54	Siaga	3/28/2018	9	0.424
1.16	0.10	Aman	3/28/2018	15	0.198
1.13	-0.52	Aman	3/28/2018	21	0.170
1.09	-0.13	Aman	3/29/2018	3	0.167
1.06	0.47	Aman	3/29/2018	9	0.167
1.03	0.14	Aman	3/29/2018	15	0.161
1	-0.41	Aman	3/29/2018	21	0.158
1	-0.16	Aman	3/30/2018	3	0.158

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
1.05	0.37	Aman	3/30/2018	9	0.163
1.11	0.14	Aman	3/30/2018	15	0.217
1.17	-0.30	Aman	3/30/2018	21	0.164
1.22	-0.13	Aman	3/31/2018	3	0.155
1.24	0.25	Siaga	3/31/2018	9	0.447
1.2	0.10	Aman	3/31/2018	15	0.163
1.15	-0.22	Aman	3/31/2018	21	0.168
1.13	-0.03	Aman	4/1/2018	3	0.170
1.1	0.15	Aman	4/1/2018	9	0.168
1.05	0.02	Aman	4/1/2018	15	0.163
1	-0.16	Aman	4/1/2018	21	0.158
0.97	0.09	Aman	4/2/2018	3	0.163
0.98	0.08	Aman	4/2/2018	9	0.162
1	-0.07	Aman	4/2/2018	15	0.158
1.03	-0.15	Aman	4/2/2018	21	0.161
1.07	0.23	Aman	4/3/2018	3	0.165
1.1	0.05	Aman	4/3/2018	9	0.168
1.13	-0.16	Aman	4/3/2018	15	0.170
1.16	-0.18	Aman	4/3/2018	21	0.166
1.18	0.34	Siaga	4/4/2018	3	0.451
1.18	0.06	Aman	4/4/2018	9	0.162
1.17	-0.23	Aman	4/4/2018	15	0.164
1.15	-0.23	Aman	4/4/2018	21	0.168
1.12	0.41	Aman	4/5/2018	3	0.262
1.09	0.11	Aman	4/5/2018	9	0.167
1.06	-0.28	Aman	4/5/2018	15	0.164
1.03	-0.30	Aman	4/5/2018	21	0.161
1	0.45	Aman	4/6/2018	3	0.158
0.97	0.17	Aman	4/6/2018	9	0.156

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
0.95	-0.29	Aman	4/6/2018	15	0.154
0.94	-0.37	Aman	4/6/2018	21	0.153
0.92	0.43	Aman	4/7/2018	3	0.153
0.9	0.25	Aman	4/7/2018	9	0.149
0.89	-0.27	Aman	4/7/2018	15	0.149
0.86	-0.43	Aman	4/7/2018	21	0.146
0.84	0.39	Aman	4/8/2018	3	0.144
0.84	0.32	Aman	4/8/2018	9	0.144
0.83	-0.22	Aman	4/8/2018	15	0.144
0.81	-0.47	Aman	4/8/2018	21	0.142
0.78	0.32	Aman	4/9/2018	3	0.140
0.78	0.37	Aman	4/9/2018	9	0.140
0.84	-0.16	Aman	4/9/2018	15	0.146
0.91	-0.50	Aman	4/9/2018	21	0.150
0.96	0.23	Aman	4/10/2018	3	0.155
0.97	0.41	Aman	4/10/2018	9	0.156
0.96	-0.10	Aman	4/10/2018	15	0.155
0.99	-0.50	Aman	4/10/2018	21	0.157
1.06	0.15	Aman	4/11/2018	3	0.164
1.12	0.41	Aman	4/11/2018	9	0.262
1.23	-0.04	Aman	4/11/2018	15	0.154
1.35	-0.47	Aman	4/11/2018	21	0.134
1.42	0.08	Aman	4/12/2018	3	0.162
1.46	0.39	Siaga	4/12/2018	9	0.500
1.46	0.00	Aman	4/12/2018	15	0.157
1.42	-0.41	Aman	4/12/2018	21	0.133
1.35	0.03	Aman	4/13/2018	3	0.159
1.25	0.33	Siaga	4/13/2018	9	0.500
1.16	0.02	Aman	4/13/2018	15	0.166

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
1.11	-0.33	Aman	4/13/2018	21	0.168
1.06	0.02	Aman	4/14/2018	3	0.164
1.04	0.26	Aman	4/14/2018	9	0.162
1.03	0.00	Aman	4/14/2018	15	0.161
1.03	-0.24	Aman	4/14/2018	21	0.161
1.03	0.05	Aman	4/15/2018	3	0.161
1.01	0.17	Aman	4/15/2018	9	0.159
0.98	-0.05	Aman	4/15/2018	15	0.156
0.95	-0.16	Aman	4/15/2018	21	0.154
0.95	0.13	Aman	4/16/2018	3	0.165
0.96	0.09	Aman	4/16/2018	9	0.163
0.96	-0.14	Aman	4/16/2018	15	0.155
0.96	-0.11	Aman	4/16/2018	21	0.155
0.97	0.24	Aman	4/17/2018	3	0.156
1.01	0.04	Aman	4/17/2018	9	0.159
1.04	-0.24	Aman	4/17/2018	15	0.162
1.06	-0.10	Aman	4/17/2018	21	0.164
1.06	0.38	Aman	4/18/2018	3	0.164
1.04	0.02	Aman	4/18/2018	9	0.162
1.02	-0.34	Aman	4/18/2018	15	0.160
1.01	-0.15	Aman	4/18/2018	21	0.159
0.99	0.51	Aman	4/19/2018	3	0.162
0.98	0.05	Aman	4/19/2018	9	0.160
0.98	-0.41	Aman	4/19/2018	15	0.156
0.97	-0.24	Aman	4/19/2018	21	0.156
0.96	0.61	Aman	4/20/2018	3	0.155
0.97	0.12	Aman	4/20/2018	9	0.165
1	-0.46	Aman	4/20/2018	15	0.158
1	-0.36	Aman	4/20/2018	21	0.158

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
0.99	0.65	Aman	4/21/2018	3	0.157
1.07	0.22	Aman	4/21/2018	9	0.165
1.22	-0.45	Aman	4/21/2018	15	0.155
1.28	-0.47	Aman	4/21/2018	21	0.144
1.17	0.63	Siaga	4/22/2018	3	0.424
1.01	0.33	Aman	4/22/2018	9	0.159
0.92	-0.41	Aman	4/22/2018	15	0.151
0.88	-0.55	Aman	4/22/2018	21	0.148
0.85	0.55	Aman	4/23/2018	3	0.153
0.77	0.41	Aman	4/23/2018	9	0.145
0.66	-0.33	Aman	4/23/2018	15	0.137
0.58	-0.59	Aman	4/23/2018	21	0.126
0.57	0.43	Aman	4/24/2018	3	0.152
0.6	0.46	Aman	4/24/2018	9	0.161
0.64	-0.25	Aman	4/24/2018	15	0.141
0.71	-0.57	Aman	4/24/2018	21	0.134
0.76	0.31	Aman	4/25/2018	3	0.138
0.77	0.45	Aman	4/25/2018	9	0.158
0.8	-0.19	Aman	4/25/2018	15	0.145
0.84	-0.49	Aman	4/25/2018	21	0.144
0.89	0.21	Aman	4/26/2018	3	0.149
0.89	0.39	Aman	4/26/2018	9	0.149
0.86	-0.15	Aman	4/26/2018	15	0.147
0.81	-0.38	Aman	4/26/2018	21	0.142
0.79	0.16	Aman	4/27/2018	3	0.154
0.89	0.30	Aman	4/27/2018	9	0.149
0.96	-0.14	Aman	4/27/2018	15	0.155
0.94	-0.26	Aman	4/27/2018	21	0.153
0.93	0.17	Aman	4/28/2018	3	0.153

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
0.93	0.19	Aman	4/28/2018	9	0.152
0.95	-0.18	Aman	4/28/2018	15	0.154
0.99	-0.15	Aman	4/28/2018	21	0.157
1.03	0.22	Aman	4/29/2018	3	0.161
1.06	0.09	Aman	4/29/2018	9	0.164
1.07	-0.24	Aman	4/29/2018	15	0.165
1.08	-0.07	Aman	4/29/2018	21	0.166
1.08	0.31	Aman	4/30/2018	3	0.166
1.09	0.01	Aman	4/30/2018	9	0.167
1.12	-0.32	Aman	4/30/2018	15	0.169
1.16	-0.03	Aman	4/30/2018	21	0.166
1.16	0.42	Siaga	5/1/2018	3	0.397
1.16	-0.04	Aman	5/1/2018	9	0.166
1.29	-0.39	Aman	5/1/2018	15	0.143
1.54	-0.04	Aman	5/1/2018	21	0.154
1.7	0.52	Siaga	5/2/2018	3	0.500
1.74	-0.05	Aman	5/2/2018	9	0.162
1.67	-0.46	Aman	5/2/2018	15	0.146
1.56	-0.08	Aman	5/2/2018	21	0.151
1.58	0.60	Siaga	5/3/2018	3	0.500
1.81	-0.01	Siaga	5/3/2018	9	0.500
1.82	-0.49	Siaga	5/3/2018	15	0.500
1.66	-0.15	Aman	5/3/2018	21	0.147
1.71	0.65	Siaga	5/4/2018	3	0.500
1.87	0.05	Siaga	5/4/2018	9	0.500
2.05	-0.51	Siaga	5/4/2018	15	0.500
2.09	-0.23	Siaga	5/4/2018	21	0.500
1.7	0.66	Siaga	5/5/2018	3	0.500
1.87	0.12	Siaga	5/5/2018	9	0.500

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
1.78	-0.49	Aman	5/5/2018	15	0.333
1.84	-0.31	Siaga	5/5/2018	21	0.500
1.64	0.63	Siaga	5/6/2018	3	0.500
1.95	0.20	Siaga	5/6/2018	9	0.500
1.84	-0.46	Siaga	5/6/2018	15	0.500
1.82	-0.38	Siaga	5/6/2018	21	0.500
1.61	0.58	Siaga	5/7/2018	3	0.500
1.94	0.27	Siaga	5/7/2018	9	0.500
1.87	-0.41	Siaga	5/7/2018	15	0.500
1.88	-0.43	Siaga	5/7/2018	21	0.500
1.71	0.51	Siaga	5/8/2018	3	0.500
2	0.32	Siaga	5/8/2018	9	0.500
1.89	-0.35	Siaga	5/8/2018	15	0.500
1.8	-0.45	Siaga	5/8/2018	21	0.500
1.74	0.43	Siaga	5/9/2018	3	0.500
1.68	0.34	Siaga	5/9/2018	9	0.500
1.6	-0.29	Aman	5/9/2018	15	0.139
1.5	-0.43	Aman	5/9/2018	21	0.132
1.42	0.36	Siaga	5/10/2018	3	0.500
1.39	0.32	Siaga	5/10/2018	9	0.500
1.36	-0.25	Aman	5/10/2018	15	0.141
1.3	-0.38	Aman	5/10/2018	21	0.141
1.29	0.30	Siaga	5/11/2018	3	0.500
1.28	0.27	Siaga	5/11/2018	9	0.473
1.24	-0.22	Aman	5/11/2018	15	0.151
1.19	-0.29	Aman	5/11/2018	21	0.160
1.16	0.27	Siaga	5/12/2018	3	0.397
1.16	0.20	Aman	5/12/2018	9	0.351
1.19	-0.23	Aman	5/12/2018	15	0.160

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
1.19	-0.18	Aman	5/12/2018	21	0.160
1.18	0.27	Siaga	5/13/2018	3	0.448
1.16	0.11	Aman	5/13/2018	9	0.236
1.14	-0.28	Aman	5/13/2018	15	0.169
1.12	-0.07	Aman	5/13/2018	21	0.169
1.13	0.32	Aman	5/14/2018	3	0.301
1.17	0.02	Aman	5/14/2018	9	0.164
1.22	-0.36	Aman	5/14/2018	15	0.155
1.28	0.02	Aman	5/14/2018	21	0.158
1.38	0.41	Siaga	5/15/2018	3	0.500
1.5	-0.05	Aman	5/15/2018	9	0.153
1.58	-0.46	Aman	5/15/2018	15	0.130
1.65	0.06	Aman	5/15/2018	21	0.161
1.7	0.53	Siaga	5/16/2018	3	0.500
1.72	-0.08	Aman	5/16/2018	9	0.157
1.71	-0.56	Aman	5/16/2018	15	0.155
1.63	0.04	Aman	5/16/2018	21	0.159
1.52	0.66	Siaga	5/17/2018	3	0.500
1.43	-0.07	Aman	5/17/2018	9	0.152
1.38	-0.65	Aman	5/17/2018	15	0.130
1.34	-0.04	Aman	5/17/2018	21	0.154
1.31	0.78	Siaga	5/18/2018	3	0.500
1.22	-0.01	Aman	5/18/2018	9	0.156
1.05	-0.70	Aman	5/18/2018	15	0.163
0.9	-0.17	Aman	5/18/2018	21	0.149
0.83	0.85	Aman	5/19/2018	3	0.144
0.78	0.08	Aman	5/19/2018	9	0.162
0.73	-0.70	Aman	5/19/2018	15	0.136
0.67	-0.30	Aman	5/19/2018	21	0.138

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
0.61	0.85	Aman	5/20/2018	3	0.128
0.55	0.18	Aman	5/20/2018	9	0.146
0.52	-0.65	Aman	5/20/2018	15	0.123
0.51	-0.41	Aman	5/20/2018	21	0.133
0.54	0.79	Aman	5/21/2018	3	0.124
0.58	0.27	Aman	5/21/2018	9	0.126
0.62	-0.57	Aman	5/21/2018	15	0.128
0.65	-0.47	Aman	5/21/2018	21	0.130
0.69	0.69	Aman	5/22/2018	3	0.133
0.71	0.32	Aman	5/22/2018	9	0.134
0.69	-0.48	Aman	5/22/2018	15	0.133
0.67	-0.46	Aman	5/22/2018	21	0.132
0.67	0.56	Aman	5/23/2018	3	0.150
0.73	0.31	Aman	5/23/2018	9	0.136
0.8	-0.40	Aman	5/23/2018	15	0.141
0.9	-0.38	Aman	5/23/2018	21	0.149
0.99	0.45	Aman	5/24/2018	3	0.159
1.01	0.26	Aman	5/24/2018	9	0.159
1.04	-0.35	Aman	5/24/2018	15	0.162
1.1	-0.27	Aman	5/24/2018	21	0.168
1.22	0.38	Siaga	5/25/2018	3	0.500
1.33	0.18	Siaga	5/25/2018	9	0.395
1.38	-0.33	Aman	5/25/2018	15	0.137
1.38	-0.14	Aman	5/25/2018	21	0.148
1.38	0.35	Siaga	5/26/2018	3	0.500
1.38	0.07	Aman	5/26/2018	9	0.162
1.36	-0.35	Aman	5/26/2018	15	0.136
1.32	-0.02	Aman	5/26/2018	21	0.155
1.33	0.37	Siaga	5/27/2018	3	0.500

Input TG	Input PS	Kondisi	Date	Jam	Nilai
1.47	-0.02	Aman	5/27/2018	9	0.155
1.6	-0.40	Aman	5/27/2018	15	0.133
1.61	0.08	Aman	5/27/2018	21	0.162
1.54	0.42	Siaga	5/28/2018	3	0.500
1.48	-0.10	Aman	5/28/2018	9	0.150
1.44	-0.46	Aman	5/28/2018	15	0.130
1.36	0.13	Aman	5/28/2018	21	0.307
1.31	0.49	Siaga	5/29/2018	3	0.500
1.33	-0.14	Aman	5/29/2018	9	0.148
1.34	-0.52	Aman	5/29/2018	15	0.135
1.32	0.14	Aman	5/29/2018	21	0.336
1.32	0.57	Siaga	5/30/2018	3	0.500
1.35	-0.15	Aman	5/30/2018	9	0.147
1.35	-0.58	Aman	5/30/2018	15	0.134
1.32	0.11	Aman	5/30/2018	21	0.222
1.32	0.65	Siaga	5/31/2018	3	0.500
1.33	-0.13	Aman	5/31/2018	9	0.149
1.33	-0.63	Aman	5/31/2018	15	0.137
1.33	0.04	Aman	5/31/2018	21	0.159

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama asli Muhammad Agil Falal, bertempat tinggal dan lahir di kabupaten Gresik, 11 Juli 1996. Penulis merupakan lulusan SMA N 1 Manyar Gresik pada tahun 2014 dan sedang menempuh pendidikan S1 Teknik Fisika FTI-ITS. Kegiatan yang penulis ikuti selama menjadi mahasiswa berfokus pada pengembangan manajerial di Himpunan Mahasiswa Teknik Fisika pada 2015-2017 dan berlanjut dengan organisasi social Gerakan Melukis Harapan pada 2017-2018. Selain mengembangkan diri dalam bidang manajerial penulis juga berpartisipasi di bidang riset dan pembelajaran sebagai asisten Laboratorium Fisika Rekayasa. Bidang minat yang penulis ambil guna menyelesaikan penelitian Tugas Akhir adalah Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol. Teruntuk pembaca yang memiliki ketertarikan tentang Tugas Akhir yang penulis selesaikan dapat menghubungi penulis melalui *e-mail* agilfalal@gmail.com.