

DETEKSI TINGGI RENDAH GELOMBANG AIR LAUT DENGAN MULTISENSOR MENGUNAKAN ALGORITMA FUZZY SUKAMOTO

HIGH AND LOW SEA WAVES DETECTION WITH MULTISENSOR USING FUZZYSUKAMOTO ALGORITM

Samuel Aditya Suprijono¹, Casi Setianingsih², Randy Erfa Saputra³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

tamersammy@student.telkomuniversity.ac.id¹, setiacasie@telkomuniversity.ac.id²,
rudipurwo@365.telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Tsunami merupakan suatu peristiwa alam ketika gelombang laut yang besar yang menghantam daerah pesisir. Tsunami biasanya disebabkan adanya gempa tektonik besar di dalam laut atau meletusnya gunung berapi yang dekat dengan laut. Namun Tsunami tidak datang begitu saja, bencana ini memiliki beberapa karakteristik seperti menyurutnya air laut secara cepat dan adanya anomali ketinggian gelombang di tengah laut. Alat pendeteksi tsunami sebenarnya sudah ada namun karena alatnya terlalu mahal Indonesia hanya punya beberapa alat saja. Selain itu monitoring data dari BMKG selalu telat akibat tidak adanya wadah agar masyarakat dapat ikut memantau keadaan laut di Indonesia. Pembuatan alat ini bertujuan untuk meminimalisir dana untuk mendeteksi tsunami agar penyebarannya dapat merata. Web yang bernama NAMI dibuat untuk memonitoring keadaan laut dan memudahkan masyarakat untuk melihat kondisi laut terkini. NAMI di kembangkan pada webservice dengan framework Laravel 8, sedangkan pengolahan data menggunakan Algoritma Fuzzy Tsukamoto. Diawali dengan menarik data dari Thingspeak lalu dimasukkan ke fuzzy berbahasa python, hasilnya ditampilkan di Web NAMI. Hasil dari penelitian ini adalah dapat mengambil data dari alat dengan wakturata rata 0,04008 detik dan berhasil di olah dengan fuzzy dengan tingkat validasi sebesar 96%.

Kata Kunci: Tsunami, Gelombang, Webservice, fuzzy Tsukamoto, NAMI.

Abstract

A tsunami is a natural event when a large ocean wave hits a coastal area. The tsunami itself is usually caused by a large tectonic earthquake in the sea or the eruption of a volcano close to the sea. However, the tsunami did not just come, this disaster has several characteristics such as the rapid receding of sea water and an anomaly in the height of the waves in the middle of the sea. Tsunami detectors already exist, but because the tools are too expensive, Indonesia only has a few tools. In addition, monitoring data from the BMKG is always late due to the absence of a forum so that the public can participate in monitoring the state of the sea in Indonesia. The purpose of making this tool is to minimize the funds that go out to detect tsunamis so that their distribution can be evenly distributed. In addition, a web called NAMI will be created to monitor the state of the sea. The web aims to make it easier for the public to participate in seeing the latest marine conditions. NAMI is developed on a web service with the Laravel 8 framework, while data processing uses the Fuzzy Tsukamoto Algorithm. The process begins by pulling data from Thingspeak and then entering it into fuzzy python language and then the results are displayed on the NAMI Web. The results in this study were able to retrieve data from the device with an average time of 0.04008 seconds and successfully processed with fuzzy with a validation level of 96%. So that the community can monitor the sea and find out if there are indications of a tsunami in the middle of the sea so that tsunami early warnings can be faster and evacuations can be carried out earlier.

Keywords: *Tsunami, Wave, Webservice, fuzzy Tsukamoto, NAMI*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang diapit oleh 3 lempeng dunia yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo Australia serta Lempeng Pasifik. Hal inilah yang menyebabkan Indonesia menjadi negara yang rawan akan bencana gempa bumi. Selain itu Indonesia juga diapit oleh dua samudera yang menyebabkan Indonesia menjadi rawan dengan bencana Tsunami. Pada bulan Desember 2004 telah terjadi peristiwa Tsunami di Indonesia. Kejadian ini terjadi di provinsi paling barat Indonesia yaitu di Nanggroe Aceh Darussalam. Saat itu tsunami telah menelan lebih dari 120.000 korban jiwa. Kerusakan terhadap segala infrastruktur yang terkena terjangan dari gelombang tsunami. Serta membuat jalur transportasi sejauh satu kilometer lepas pantai lumpuh total. Selain menyebabkan dampak pada Kota Aceh tsunami yang terjadi pada tahun 2004 juga menyebabkan negara yang berbatasan dengan Samudra Hindia mengalami kerusakan. Efek yang ditimbulkan dari bencana tsunami sangatlah besar [1]. Namun demikian, resiko dan dampaknya dapat dikurangi dengan adanya sistem peringatan dini tsunami. Sebenarnya di Indonesia telah ada sistem pendeteksi dini. Alat tersebut bernama buoy yang diciptakan oleh NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) alat tersebut dapat mendeteksi ketinggian gelombang dan dapat menyampaikan informasi apabila ada tsunami dan bekerja secara real-time [2].

Namun, alat tersebut menelan biaya yang sangat mahal dan perawatan yang susah . Karena harganya yang mahal banyak beberapa buoy yang hilang karena dicuri oleh masyarakat. Selain itu alat tersebut belum mampu mendeteksi skala tsunami yang akan terjadi. Masyarakat pun saat ini tidak dapat melihat kondisi laut terkini , hal ini dikarenakan BMKG hanya mengupload data laut ketika ada bencana. Berangkat dari permasalahan tersebut dibuat sistem monitoring untuk keadaan laut yang bertujuan untuk membaca kondisi laut terkini . Web ini nantinya dapat menampilkan data kecepatan gelombang , tinggi gelombang serta getaran yang terjadi sehingga dapat memberikan informasi bahwa akan terjadi tsunami .

2. Landasan Teori

2.1 Gelombang Tsunami

Tsunami terdiri dari 2 kata Bahasa Jepang yaitu Tsu yang berarti Pelabuhan dan Nami berarti gelombang. Kata ini akhirnya dipakai di seluruh dunia untuk menyebut peristiwa gelombang laut yang besar yang menghantam daerah pesisir. Tsunami diakibatkan oleh gempa tektonik yang besar di laut dalam (lebih besar dari 7.5 skala Richter dan kedalaman episentrum lebih kecil dari 70km) sehingga menyebabkan patahan vertikal memanjang seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.1 . Yang menyebabkan air laut terhisap kedalam lalu ketika patahan tadi mencapai keseimbangan air laut yang dihisap tadi terlempar keluar dengan kecepatan yang sangat tinggi [3].



Gambar 2. 1 Proses Terjadinya Tsunami

2.2 Tsunami Early Warning System (TEWS)

Tsunami Early Warning System adalah peringatan dini akan terjadinya tsunami . Dalam secara sederhana peringatan dini bisa melalui sirene atau televisi/radio local yang dapat memberi informasi akan terjadinya tsunami. Namun cara tersebut memerlukan waktu yang lama oleh karena itu di daerah yang rawan tsunami. Saat ini EWS sudah ada versi yang lebih terbaru seperti pemasangan alat yang dapat mendeteksi segala unsur yang menyebabkan potensi tsunami baik di darat ataupun di laut [4].

2.3 Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam dalam bentuk guncangan hebat yang menjalar ke permukaan bumi dan disebabkan oleh gangguan di dalam kulit bumi. Gangguan ini terjadi karena adanya perbedaan suhu antara litosfer dengan lapisan di bawahnya . Hal ini menyebabkan aliran konvektif , dimana massa dengan suhu tinggi mengalir ke suhu rendah. Aliran ini menyebabkan terjadinya akumulasi energi sehingga membuat kulit bumi terpecah-pecah dan menyebabkan pergerakan lempengan. Semakin lama tekanan itu makin membesar dan akhirnya mencapai pada titik dimana tekanan itu tidak dapat ditahan lagi oleh pinggirannya [5]

2.4 Framework Laravel

Laravel merupakan sebuah framework atau kerangka kerja yang menggunakan Bahasa PHP .Laravel memiliki kelebihan berupa kesederhanaan dan fleksibilitas dari segi desainnya. Laravel digunakan untuk web development dibangun dengan basis MVC (Model-View-Controller) serta bersifat open source [6].

2.5 Logika Fuzzy

Logika Fuzzy merupakan komponen dari soft computing yang didasari oleh teori himpunan fuzzy. Sedangkan untuk himpunan fuzzy sendiri adalah kelas objek yang memiliki nilai keanggotaan. Himpunan ini ditandai dengan fungsi keanggotaan yang diberikan kepada setiap objek dengan nilai antara nol dan satu.

2.5.1 Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy adalah pengelompokan sesuatu berdasarkan nilai linguistiknya, dimana nilai linguistik dinyatakan dengan fungsi keanggotaan, dalam semesta U. Nilai keanggotaannya dinyatakan dengan derajat keanggotaan yang nilainya antara 0.0 sampai 1.0 .[7]

2.5.2 Fungsi Keanggotaan

Dalam logika *fuzzy*, fungsi keanggotaannya menyatakan derajat keanggotaan dalam suatu himpunan. Nilai dari fungsi ini berada dalam selang $[0,1]$ dan dinyatakan dengan μ_A .

$$\mu_A : x \rightarrow [0,1] \quad (2.1)$$

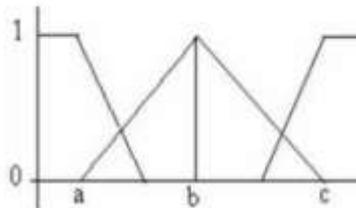
Fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ bernilai 1 apabila x merupakan anggota penuh himpunan A , dan bernilai 0 apabila x bukan anggota himpunan A . Fungsi keanggotaan pada suatu himpunan *fuzzy* dapat ditentukan dengan fungsi segitiga, trapezium atau fungsi gauss[7].

1. Fungsi Keanggotaan Segitiga

Persamaan Fungsi keanggotaan segitiga adalah

$$\mu(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b < x \leq c \\ 1 & x > c \end{cases} \quad (2.2)$$

Persamaan 2.2 dapat direpresentasikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 2.2



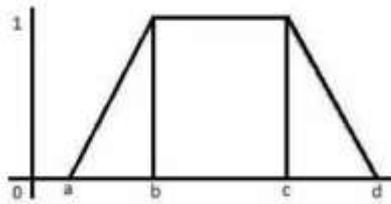
Gambar 2. 2 Grafik fungsi keanggotaan segitiga

2. Fungsi Keanggotaan Trapezium

Persamaan fungsi keanggotaan trapezium adalah

$$\mu(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b < x \leq c \\ 1 & x > c \end{cases} \quad (2.3)$$

Persamaan (2.3) dapat di representasikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 2.3



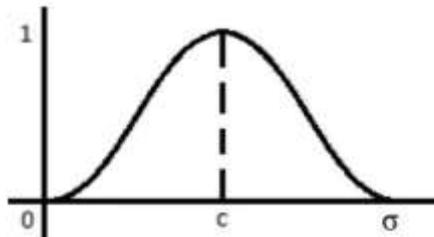
Gambar 2. 3 Grafik fungsi keanggotaan trapezium

3. Fungsi Keanggotaan Gaussian

Untuk fungsi keanggotaan gaussian persamaanya adalah

$$\mu(x; c, \sigma) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2} \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) jika direpresentasikan dalam bentuk grafik akan menjadi seperti gambar 2.4



Gambar 2. 4 Grafik fungsi keanggotaan gaussian

2.6. Algoritma Fuzzy Tsukamoto

Fuzzy Tsukamoto merupakan suatu algoritma yang digunakan dalam inferensi fuzzy atau pengambilan suatu keputusan. Fuzzy Tsukamoto memiliki fungsi keanggotaan yang monoton sehingga metode ini sangat fleksibel serta memiliki toleransi pada data yang sudah ada [8]. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap rules diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Lalu untuk hasil akhirnya didapatkan dari rata-rata terbobot.

Ada beberapa tahapan dalam membuat fuzzy tsukamoto yaitu [9] :

4.1 Selayaknya algoritma fuzzy lainnya tahapan awal adalah proses input nilai pasti yang kemudian diubah menjadi nilai fuzzy dengan fungsi keanggotaan atau yang dikenal dengan istilah Fuzzyfikasi. Dengan persamaanya sebagai berikut

$$\text{fuzzyfikasi} : x \rightarrow \mu(x) \quad (2.7)$$

4.2 Setelah melalui proses fuzzyfikasi selanjutnya pembentukan aturan fuzzy. Pada Tsukamoto pembentukan aturan berupa *IF-THEN*. Pembentukan aturan ini berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Dengan persamaan sebagai berikut

$$a = \min(\mu(a), \mu(b), \mu(c)) \quad (2.8)$$

4.3 Lalu setelah mencari semua *a* –predikat maka tahap akhir dari Tsukamoto adalah menghitung *Z*total dengan rata-rata terbobot dengan rumus seperti berikut

$$Z = \frac{\sum a_1 z_1}{\sum a_1} \quad (2.9)$$

2.7. Thingspeak

Thingspeak merupakan platform analitik IoT yang digunakan untuk menggabungkan , memvisualisasikan dan menganalisis aliran data langsung di cloud. [10].

2.8. Heroku

Heroku merupakan Cloud Platform as a Service (PaaS) berbasis container. Heroku dapat digunakan untuk menyebarkan, mengelola, dan menskalakan aplikasi modern. Platform ini ramping, fleksibel, dan mudah digunakan. Heroku sepenuhnya dikelola, memungkinkan pengembang untuk fokus pada produk inti mereka tanpa harus mengelola server, perangkat keras, atau infrastruktur. Heroku Experience menawarkan layanan multibahasa, alat, alur kerja, dan dukungan yang dirancang untuk meningkatkan produktivitas pengembang[11].

2.9. MapBox

Mapbox adalah salah satu penyedia peta kustom terbesar di situs web populer seperti Foursquare, Pinterest, Evernote, Financial Times, dan Uber Technologies. Sejak 2010, Mapbox telah memperluas opsi peta khusus untuk mengatasi keterbatasan penyedia peta seperti Google Maps. Data Mapbox berasal dari sumber data terbuka seperti OpenStreetMap dan NASA, serta sumber data berbayar seperti DigitalGlobe[12].

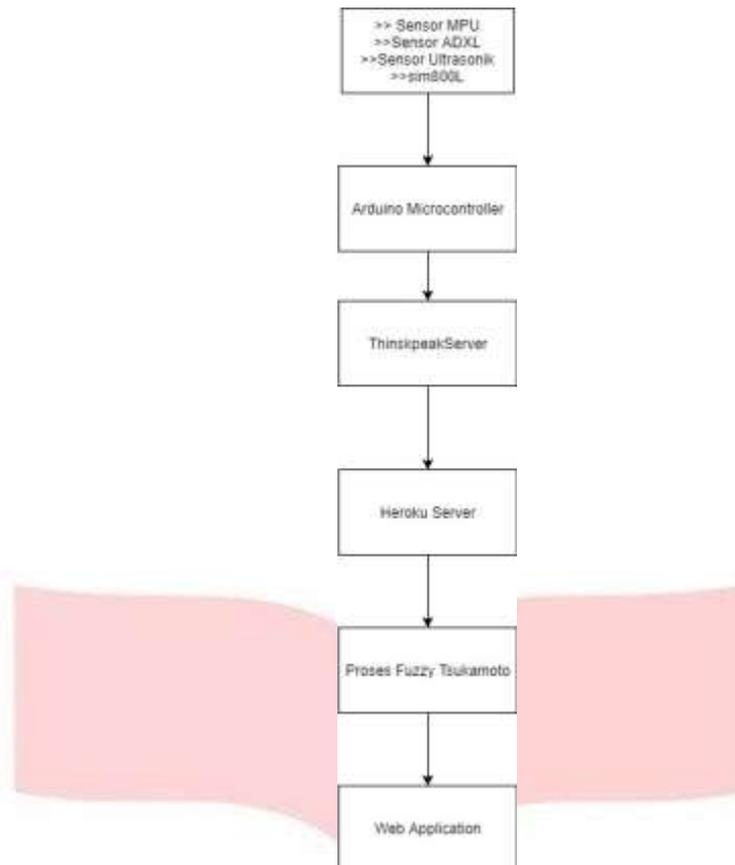
2.10. Rest API

REST adalah singkatan dari Representational State Transfer. REST merupakan web service yang bersifat stateless yang berarti setiap kali dilakukan request maka harus menyertakan semua data dan parameter secara lengkap. Cara kerjanya yaitu client akan menganggap server sebagai objek yang dapat dibaca, dibuat , diupdate, dan dihapus. Penggunaanya dengan request POST untuk create, update dengan request PUT atau PATCH, hapus dengan request DELETE, dan dibaca dengan request GET. REST ini bersifat client dan server dimana client akan meminta sesuatu ke REST server , REST server kemudian akan memberikan respon, lalu client REST akan menampilkan hasil atau bisa bentuk pemrosesan lain. Respon yang diberikan dapat berupa XML,JSON,HTML . [13]

3. Perancangan

3.1 Gambaran Umum Sistem

Pada perancangan model yang dibangun secara umum sistem yang akan dibangun seperti gambar berikut :



Gambar 3.1 Gambaran Umum Sistem

Pada Gambar 3.1 ditunjukkan proses deteksi gelombang laut. Studi kasus dalam penelitian kali ini adalah mendeteksi gelombang laut. Kinerja sistem dimulai dari mendapatkan data, menggunakan arduino yang terhubung dengan sensor MPU, ADXL, Ultrasonik dan sim800L untuk menentukan kecepatan, ketinggian serta getaran. Setelah berhasil memperoleh data, data tersebut kemudian dikirimkan ke server Thingspeak menggunakan sim800L. Data yang diperoleh dari server Thingspeak ini sudah berupa data ketinggian laut, kecepatan surut serta getaran di bawah laut yang nantinya akan di proses menggunakan algoritma fuzzy tsukamoto. Format data yang di olah adalah format JSON (Java Script Object Notation), setelah data di olah maka data tersebut akan ditampilkan dalam aplikasi web bernama Nami.

Berikut ini merupakan penjelasan untuk peran setiap bagian sistem :

1. Server Thingspeak - Berperan sebagai server penyimpanan data mentah yang diambil dari alat. Data yang diambil berupa ketinggian permukaan laut, kecepatan penyusutan arus, serta getaran bawah laut. Thingspeak juga menyediakan API untuk menarik data yang disimpan pada database Thingspeak untuk aplikasi web sendiri.
2. Nami Aplikasi Web – digunakan untuk menampilkan data hasil dari pengolahan dengan Fuzzy Tsukamoto.
3. Fuzzy Logic - digunakan untuk mengolah data dan mengambil keputusan.
4. Klasifikasi Data – digunakan untuk mengklasifikasikan data.

3.2 Perancangan Algoritma Fuzzy Tsukamoto



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem Fuzzy

Pada gambar menjelaskan bagaimana alur proses dengan algoritma fuzzy. Berikut tahap-tahap yang akan diproses oleh logika fuzzy

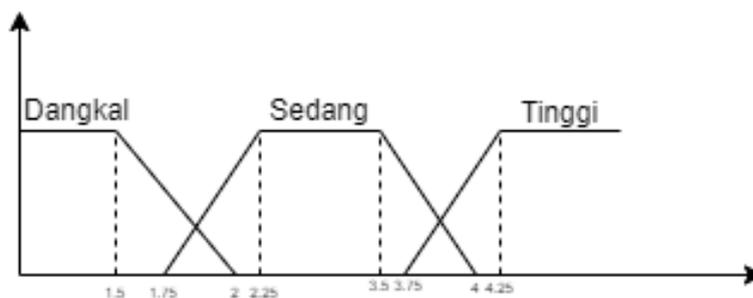
1. Tahap Fuzzifikasi

Menentukan nilai linguistik untuk setiap variable

- a. Tinggi Gelombang (Height) = (dangkal, sedang, tinggi)
 - b. Kecepatan Linear Gelombang (Linear Speed) = (lambat, sedang, cepat)
 - c. Getaran (Tremor) = (putih, hijau, kuning, jingga, merah)
2. Fungsi Keanggotaan tiap variable

Membuat fungsi keanggotaan dari tiap variabel . Berikut bagian dari parameternya :

1) Parameter Input Tinggi Gelombang



Gambar 3. 3 Derajat Keanggotaan Tinggi Gelombang

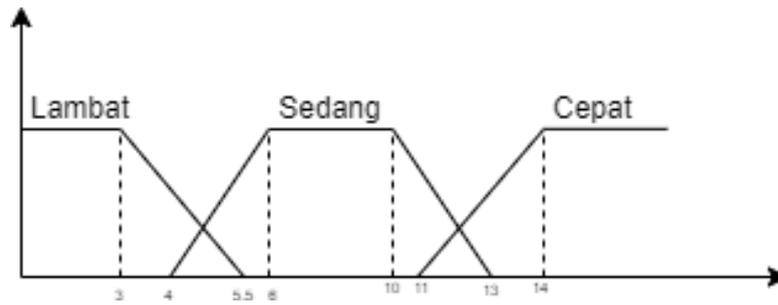
Untuk Rumus fungsi keanggotaan dapat dilihat pada rumus (3.1) untuk dangkal , (3.2) untuk sedang , dan (3.3) untuk tinggi.

$$dangkal = \begin{cases} 1 & ; 0 \leq x \leq 1.5 \\ \frac{2-x}{2-1.5} & ; 1.5 < x \leq 2 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$sedang = \begin{cases} \frac{x-1.75}{2.25-1.75} & ; 1.75 \leq x < 2.25 \\ 1 & ; 2.25 \leq x \leq 3.5 \\ \frac{4-x}{4-3.5} & ; 3.5 < x \leq 4 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$tinggi = \begin{cases} \frac{x-3.75}{4.25-3.75} & ; 3.75 \leq x < 4.25 \\ 1 & ; x \geq 4.25 \end{cases} \quad (3.3)$$

2) Parameter Input Kecepatan Gelombang



Gambar 3. 4 Derajat Keanggotaan Kecepatan Gelombang

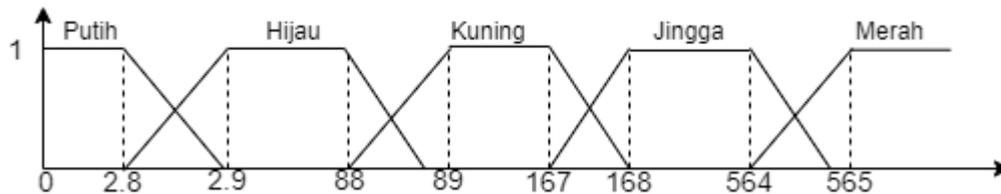
Untuk rumus fungsi keanggotaan kecepatan gelombang dapat dilihat pada rumus (3.4) untuk lambat, (3.5) untuk sedang dan (3.6) untuk cepat.

$$Lambat = \begin{cases} 1 & ; 0 \leq x \leq 3 \\ \frac{5.5-x}{5.5-3} & ; 3 < x \leq 5.5 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$sedang = \begin{cases} \frac{x-6}{6-4} & ; 4 \leq x < 6 \\ 1 & ; 6 \leq x \leq 10 \\ \frac{13-x}{13-10} & ; 10 < x \leq 13 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$tinggi = \begin{cases} \frac{x-11}{14-11} & ; 11 \leq x < 14 \\ 1 & ; x \geq 14 \end{cases} \quad (3.6)$$

3) Parameter Input Getaran Gempa



Gambar 3. 5 Derajat Keanggotaan Gempa

Untuk rumus fungsi keanggotaan getaran gempa dapat dilihat pada rumus (3.7) untuk putih , (3.8) untuk hijau , (3.9) untuk kuning , (3.10) untuk jingga , (3.11) untuk merah.

$$putih = \begin{cases} 1 & ; 0 \leq x \leq 2.8 \\ \frac{2.9-x}{2.9-2.8} & ; 2.8 < x \leq 2.9 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$hijau = \begin{cases} \frac{x-2.8}{2.9-2.8} & ; 2.8 < x < 2.9 \\ 1 & ; 2.9 \leq x \leq 8.8 \\ \frac{8.9-x}{8.9-8.8} & ; 8.8 < x < 8.9 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$kuning = \begin{cases} \frac{x-8.9}{8.9-8.8} & ; 8.8 < x < 8.9 \\ 1 & ; 8.9 \leq x \leq 167 \\ \frac{168-x}{168-167} & ; 167 < x < 168 \end{cases} \quad (3.9)$$

$$jingga = \begin{cases} \frac{x-167}{168-167} & ; 167 < x < 168 \\ 1 & ; 168 \leq x \leq 564 \\ \frac{565-x}{565-564} & ; 564 < x < 565 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$merah = \begin{cases} \frac{x-564}{565-564} & ; 564 < x < 565 \\ 1 & ; x \geq 565 \end{cases} \quad (3.11)$$

4) Parameter Output Keadaan



Gambar 3. 6 Defuzzifikasi Sistem

$$aman = \begin{cases} 1 & ; 0 \leq x \leq 33 \\ \frac{34-x}{34-33} & ; 33 < x \leq 34 \end{cases} \quad (3.12)$$

$$awas = \begin{cases} \frac{x-33}{34-33} & ; 33 \leq x < 34 \\ 1 & ; 34 \leq x \leq 66 \\ \frac{67-x}{67-66} & ; 66 < x \leq 67 \end{cases} \quad (3.13)$$

$$bahaya = \begin{cases} \frac{x-66}{67-66} & ; 66 \leq x < 67 \\ 1 & ; x \geq 67 \end{cases} \quad (3.14)$$

Rumus (3.12) digunakan untuk mencari derajat keanggotaan untuk aman , (3.13) untuk awas dan (3.14) untuk bahaya.

3. Tahap Inferensi

Bagian inferensi dari penentuan nilai berdasarkan rule/aturan sebelum di defuzzifikasi dari sensor sebagai berikut

- a. Tingkat bahaya fungsi keanggotaanya adalah Level untuk mengirimkan notifikasi
- b. Aturan/Rules

Dikarenakan parameter tinggi gelombang memiliki 3 kondisi , kecepatan arus memiliki 3 kondisi , dan gempa memiliki 5 kondisi maka aturan/rules dari inferensi logika fuzzy memiliki 45 rules untuk sample pada tabel 3.1

Tabel 3. 1 Tabel Aturan Inferensi

no	Tgl	Kgt	Kgt	output
1	stagnat	lambat	putih	aman
2	stagnat	lambat	hijau	aman
3	stagnat	lambat	kuning	aman
4	stagnat	lambat	orange	aman
5	stagnat	lambat	merah	aman
6	stagnat	sedang	putih	aman
7	stagnat	sedang	hijau	aman
8	stagnat	sedang	kuning	aman
9	stagnat	sedang	orange	aman
10	stagnat	sedang	merah	aman
11	stagnat	cepat	putih	aman
12	stagnat	cepat	hijau	aman
13	stagnat	cepat	kuning	aman
14	stagnat	cepat	orange	aman
15	stagnat	cepat	merah	aman
16	Sedang	lambat	putih	aman
17	Sedang	lambat	hijau	aman
18	Sedang	lambat	kuning	aman
19	Sedang	lambat	orange	aman
20	Sedang	lambat	merah	aman
21	Sedang	sedang	putih	aman
22	Sedang	sedang	hijau	aman
23	Sedang	sedang	kuning	aman
24	Sedang	sedang	orange	aman
25	Sedang	sedang	merah	aman
26	Sedang	cepat	putih	aman
27	Sedang	cepat	hijau	aman
28	Sedang	cepat	kuning	aman
29	Sedang	cepat	orange	aman
30	Sedang	cepat	merah	aman
31	cepat	lambat	putih	aman
32	cepat	lambat	hijau	aman
33	cepat	lambat	kuning	aman
34	cepat	lambat	orange	aman
35	cepat	lambat	merah	aman
36	cepat	sedang	putih	aman
37	cepat	sedang	hijau	aman
38	cepat	sedang	kuning	aman
39	cepat	sedang	orange	aman
40	cepat	sedang	merah	aman
41	cepat	cepat	putih	aman
42	cepat	cepat	hijau	aman
43	cepat	cepat	kuning	aman
44	cepat	cepat	orange	aman
45	cepat	cepat	merah	aman

4. Tahap Defuzzifikasi

Pada tahap ini akan di lakukan tahap defuzzifikasi dengan metode Tsukamoto menggunakan rumus rata-rata nilai berbobot yang terdapat pada rumus (2.9).

4. Implementasi dan Pengujian

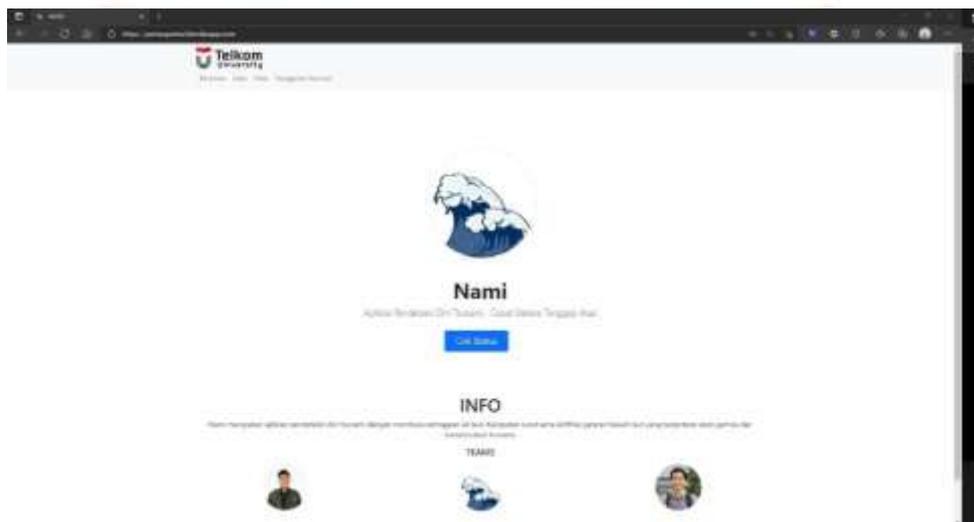
4.1 Implementasi User Interface

Untuk pembangunan desain antarmuka aplikasi ini menggunakan bootstrap dan berjalan pada framework Laravel .



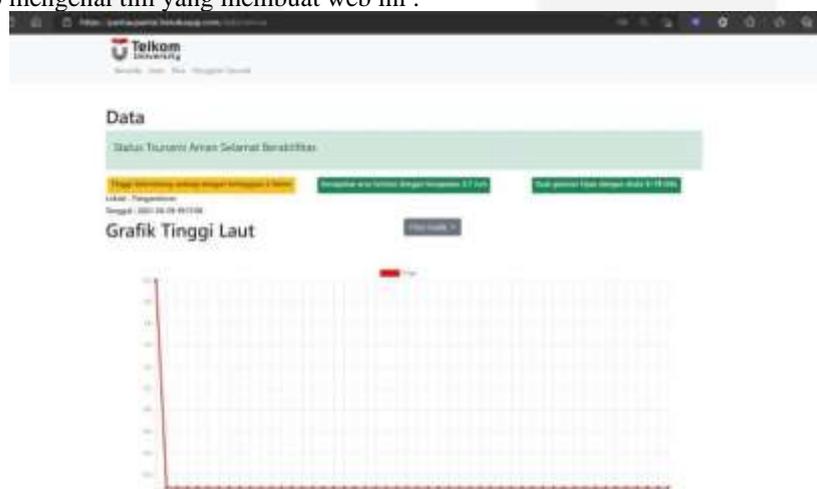
Gambar 4. 1 Tampilan Navbar

Pada gambar 4.1 merupakan sebuah tampilan navigation bar milik bootstroa yang sangat simple dan dinamis karena sudah menggunakan container fluid sehingga dapat melakukan penyesuaian secara otomatis apabila dibuka melalui desktop ataupun mobile. Sidebar ini berisi logo Telkom , beranda , data , peta dan panggilan darurat .



Gambar 4. 2 Tampilan Beranda

Gambar 4.2 menunjukkan tampilan halaman beranda dimana pada halaman ini berisi penjelasan singkat soal web ini kemudian ada tombol cek status yang ketika di klik langsung mengarahkan ke halaman data . Selain itu didalamnya juga terdapat info mengenai tim yang membuat web ini .



Gambar 4. 3 Tampilan Halaman Data

Pada gambar 4.3 menunjukkan tampilan dari halaman data . Halaman ini berisi status yang merupakan output dari fuzzy Tsukamoto lalu ada 3 jenis grafik yang datanya diambil dari localhost . Data grafik ini dapat difilter menjadi 3 yaitu semua yang menampilkan semua data , lalu ada harian yang menampilkan data hari ini dan terakhir bulanan yang menampilkan data bulan ini .

4.2 Pengujian Alpha

Hasil dari pengujian alpha sistem ini dapat dilihat dari pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Membuka Aplikasi

No	Data Masukkan	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengamatan	Kesimpulan
1	Membuka Aplikasi	Menampilkan Halaman Beranda	Dapat Menampilkan Halaman Beranda	Berhasil
		tombol cek status mengarahkan ke halaman data	Dapat mengarahkan ke halaman data	Berhasil
		Menampilkan info tim pembuat	Dapat menampilkan info pembuat	Berhasil

Pada tabel 4.2 menunjukan bahwa pengujian membuka aplikasi berhasil dan sesuai dengan hasil yang diharapkan.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Membuka Menu Data

No	Data Masukkan	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengamatan	Kesimpulan
2	Membuka Menu Data	Menampilkan halaman data	Dapat menampilkan halaman data	Berhasil
		Menampilkan status terkini	Status terkini dapat ditampilkan	Berhasil
		Menampilkan data sensor kedalaman laut, kecepatan gelombang, getaran	Data semua sensor dapat ditampilkan	Berhasil

No	Data Masukkan	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengamatan	Kesimpulan
		Menampilkan chart riwayat data kedalaman laut, kecepatan gelombang dan getaran	Chart Riwayat data sensor dapat ditampilkan semua	Berhasil

Pada tabel 4.3 menunjukan bahwa pengujian terhadap membuka menu data berhasil dan mendapatkan hasil yang diharapkan.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Membuka Menu Peta

No	Data Masukkan	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengamatan	Kesimpulan
3	Membuka Menu Peta	Menampilkan halaman peta	Dapat menampilkan halaman peta	Berhasil
		Menampilkan lokasi terkini dari alat dalam bentuk peta	Lokasi terkini dari alat dapat ditampilkan dalam peta	Berhasil

Pada tabel 4.4 menunjukan hasil pengujian pada membuka menu peta dapat dijalankan dan mendapatkan hasil yang diharapkan.

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Membuka Menu Panggilan Darurat

No	Data Masukkan	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengamatan	Kesimpulan
4	Membuka Menu Panggilan Darurat	Menampilkan halaman panggilan darurat	Dapat menampilkan halaman panggilan darurat	Berhasil
		Menampilkan nomor nomor pihak berwenang setempat	nomor-nomor pihak berwenang dapat ditampilkan	Berhasil

Tabel 4.5 menunjukan bahwa halaman menu panggilan darurat dapat dibuka dan dapat menampilkan nomor-nomor pihak terkait apabila terjadi tsunami.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Klasifikasi logika fuzzy

No	Data Masukkan	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengamatan	Kesimpulan
5	Klasifikasi logika fuzzy	Menampilkan hasil sistem pendeteksi tsunami	dapat menampilkan status tsunami terkini	Berhasil

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa algoritma fuzzy dapat mengolah data dan dapat menampilkan status sesuai yang diinginkan.

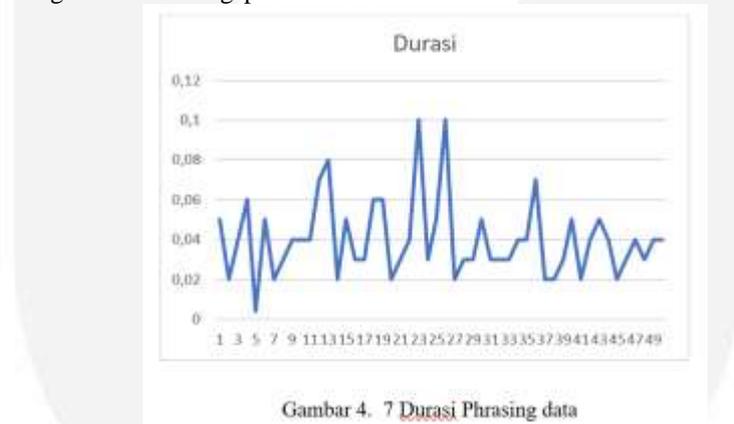
4.3 Waktu Pharsing Data

Pengujian pharsing data ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengambil data yang berbentuk JSON. Perhitungan dimulai dari pengambilan data dari server Thingspeak hingga dimasukkan ke localhost. Skenarionya akan diambil 50 data kemudian akan dicari waktu rata-ratanya.

Tabel 4. 7 Pharsing Data

Data Terkirim	Data Diterima	Durasi
13:36:50	13:36:53	0,03
13:39:51	13:39:55	0,04
13:42:36	13:42:40	0,04
13:51:56	13:52:00	0,04
13:54:28	13:54:35	0,07
13:57:29	13:57:35	0,08
13:59:38	13:59:40	0,02
14:01:45	14:01:50	0,05
14:04:57	14:05:00	0,03
14:07:07	14:07:10	0,03
14:15:44	14:15:50	0,06
13:20:14	13:20:20	0,06
13:22:18	13:22:20	0,02

Dari tabel 4.10 dapat dilihat bahwa rata-rata waktu pengambilan sebesar 0,04008 detik . Gambar 4.13 menunjukkan grafik dari durasi pharsing data dari Thingspeak ke localhost.



Gambar 4. 7 Durasi Pharsing data

4.3 Pengujian Algoritma Fuzzy

Uji Validasi Data didapatkan berdasarkan hasil analisis 50 data real yang telah digunakan oleh tugas akhir sebelumnya yang telah divalidasi oleh pihak BMKG. Untuk tabel pengujian akan seperti tabel berikut :

Tabel 4. 9 Skenario Pengujian Validasi Data

No	Nami				Bmkg		Valid
	Tg	Ka	Kg	Status	Status		
1	0	0	167,7	aman	aman	valid	
2	0	0	331,29	aman	aman	valid	
3	0,06	0,35	120,37	aman	aman	valid	
4	0,09	0,2	381,16	aman	aman	valid	
5	0,39	0,83	152,17	aman	aman	valid	
6	0,69	3,42	308,59	aman	aman	valid	
7	3,2	3,5	453,16	aman	aman	valid	
8	4,5	3,6	176,64	aman	awas	beda	
9	2	3,7	31,78	aman	aman	valid	
10	4,4	3,9	63,57	aman	awas	beda	
11	3,8	4,3	50,42	aman	aman	valid	
12	10	4,4	470,78	awas	awas	valid	
13	8,5	4,5	381,11	aman	aman	valid	
14	7,5	4,9	564,49	awas	awas	valid	
15	6,5	5,3	76,87	aman	awas	beda	
16	5,5	5,5	329	aman	aman	valid	
17	4	6,1	294,71	awas	awas	valid	
18	6,3	6,2	427,72	aman	aman	valid	
19	5,2	6,8	289,75	aman	aman	valid	
20	4,1	7,8	138,28	aman	aman	valid	
21	3,2	7,9	314,94	awas	awas	valid	

22	2,2	8,5	186,13	awas	awas	valid
23	1	8,8	386,62	aman	awas	valid
24	3,8	9,5	246,86	awas	awas	Valid
25	4	9,2	443,73	awas	awas	valid
26	9,2	9,1	561,42	bahaya	bahaya	valid
27	9,1	9	171,3	bahaya	bahaya	valid
28	9,2	8,5	329,77	bahaya	bahaya	valid
29	9	8,4	398,08	bahaya	bahaya	valid
30	8,8	8,3	386,14	bahaya	bahaya	valid
31	8,5	8,6	526,52	bahaya	bahaya	valid
32	8,7	8	308,17	bahaya	bahaya	valid
33	8,9	7,4	548,52	bahaya	bahaya	valid
34	8,6	7,5	308,17	bahaya	bahaya	valid
35	8,5	7,9	358,95	bahaya	bahaya	valid
36	8,3	7,2	340,69	bahaya	bahaya	valid
37	8,1	6	41,51	awas	awas	valid
38	7,9	6,8	441,4	bahaya	bahaya	valid
39	7,5	7,5	508,75	bahaya	bahaya	valid
40	7,6	7,8	40,86	awas	awas	valid
41	7,4	9,1	85,01	awas	awas	valid
42	7,2	9,2	66,71	awas	awas	valid
43	7,3	10	369,39	bahaya	bahaya	valid
44	7,1	10,8	561,42	bahaya	bahaya	valid
45	7,8	11	409,39	bahaya	bahaya	valid
46	7,4	11,5	443,13	bahaya	bahaya	valid
47	7,6	15	561,42	bahaya	bahaya	valid
48	7,2	15,5	289,75	bahaya	bahaya	valid
49	6,8	16	331,55	bahaya	bahaya	valid
50	6,5	17	330	bahaya	bahaya	valid

Keterangan :

Tg : Tinggi Gelombang

Ka : Kuat Arus

Kg : Kuat Getaran

Berdasarkan pada tabel 4.7 telah dilakukan pengujian akurasi terhadap 50 data real yang telah diambil dari tugas akhir terdahulu untuk pengujian akurasinya menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$NA = \frac{\sum(\text{Data Akurat})}{\sum(\text{Data})} \times 100\%$$

$$NA = \frac{46}{50} \times 100\% = 92\%$$

Akurasi sistem pakar menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto berdasarkan 50 data sensor yang telah diuji mempunyai tingkat akurasi keberhasilan yang cukup baik sesuai dengan penilaian pakar yaitu sebesar 92%.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari Pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka peneliti mengambil kesimpulan seperti berikut:

1. Sistem Mitigasi peringatan tsunami dengan data berasal dari sensor menggunakan Fuzzy Logic – Tsukamoto berbasis website berhasil mengklasifikasikan data kedalaman laut, kecepatan gelombang, dan getaran berupa peringatan akan terjadi tsunami aman, awas atau bahaya dengan presentase 92%
2. Website pemantauan kondisi laut sudah berhasil berjalan dan telah di hosting pada <https://pantaupantai.herokuapp.com/> sudah diuji dengan pengujian alfa meraih nilai 100% dan pengujian beta yang memiliki hasil yang valid
3. Website berhasil mengambil data kedalaman laut, kecepatan gelombang, serta getaran kemudian dapat mengeluarkan hasil berupa status tsunami dengan rata rata waktu pengambilan data sebesar 0,04008 detik dan rata-rata waktu pemrosesan algoritma sebesar 0,3554 detik.

5.2 Saran

Tentunya hasil dari tugas akhir yang penulis buat masih jauh dari sempurna, dimana kekurangan dan kesalahan masih terdapat di dalamnya. Adapun hal yang perlu dikembangkan lagi adalah :

1. Untuk modul NB-IOT perlu membeli yang satu perangkat dengan Arduino, lalu pastikan kepada penjual dapat membaca kartu sim Indonesia atau tidak diblokir oleh KOMINFO.
2. Website sebaiknya dihosting supaya alat dapat langsung mengirim ke website tanpa adanya perantara server pihak ketiga.

REFERENSI

- [1]F. Wafda, R. W. Saputra, Y. Nurdin, Nasaruddin, and K. Munadi, “Agent-based tsunami evacuation simulation for disaster education,” Proc. - Int. Conf. ICT Smart Soc. 2013 "Think Ecosyst. Act Converg. ICISS 2013, pp. 177–180, 2013, doi: 10.1109/ICTSS.2013.6588087.
- [2]J C. Meinig and S. E. Stalin, “Real-Time Deep-Ocean Tsunami Measuring, Monitoring, and Reporting System: The NOAA DART II Description and Disclosure,” NOAA Pacific Mar. ..., no. September 2014, 2005.
- [3]T.Ilyas, “Mitigasi Gempa dan Tsunami Didaerah Perkotaan,” Seminar Bidang Kerekayasaan Fatek-Unstrat, 2006, p. 3.
- [4]L.Boschetti , M.Loualalen , “Integrated Tsunami Intensity Scale based on maxima of tsunami amplitude and induced current “ , Natural Hazards Springer , 2020 .
- [5]B. Mustafa, “Analisis Gempa Nias dan Gempa Sumatera Barat dan Kesamaanya Yang Tidak Menimbulkan Tsunami” ,J. Ilmu Fisika (JIF),Vol 2 No 1, 2010,pp.44-45.
- [6]K. Fahriya, “Rancang Bangun Simawa (Sistem Informasi Rusunawa) Berbasis WebApplication Menggunakan Framework Laravel,” J. Manaj. Inform., vol. 8, no. 2, 2018 , pp. 121–128.
- [7]S.N.Arif, A.P.Wanda, dan A.Masudi, “Aplikasi Administrasi Perpustakaan Berbasis Web SMK Swasta Brigjen Katamso Medan,” J. Ilmiah Saintikom, Vol.12, No. 1,2013, p.27.
- [8]D.Kurnianingtyas, W. F. Mahmudy, A.W. Widodo , “Optimasi Derajat Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Diagnosis Penyakit Sapi Potong” , J. Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK), Vol.4, No.1, 2017, pp. 10-13.

- [9]W.Kaswidjanti, A.S.Ariwibowo, C.B. Wicaksono, "Impelementasi Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto Pada Pengambilan Keputusan Pemberian Kredit Pemilikan Rumah" , J. Telematika , Vol.10 , No.2, 2014, pp. 138-144.
- [10]A.Solichin, "Pemrograman Web dengan PHP dan MYSQL",Buku,2016 , pp. 6-11.
- [11] Thingspeak,"Learn More About Thingspeak",2020. Available: https://thingspeak.com/pages/learn_more. [Diakses pada 5 Agustus 2021, 00:12 WIB]
- [12] Heroku, "About Heroku", 2021. Available: <https://www.heroku.com/about>. [Diakses pada 21 Juli 2021, 03:15 WIB]
- [13]M.R.U.Pratama," Membuat Aplikasi Mapbox pada Android",Buku,2020,p.3.
- [14]R. T. Fielding, "Untangled REST APIS Must be Hypertext Driven," Software Architecture, 20 October 2008. [Online]. [Accessed 28 Juli 2021]

