

Autonomous Surface Vehicle Controlling Menggunakan Kinect untuk Observasi Terumbu Karang

Khafidurrohman Agustianto
Jurusan Teknologi Informasi
Politeknik Negeri Jember
Jember, Indonesia
agustianto.khafid@gmail.com

Dyah Ayu Dwijayanti
Jurusan Teknologi Informasi
Politeknik Negeri Jember
Jember, Indonesia
dyahayudj6@gmail.com

Abstract— The current state of coral reef ecosystems in Indonesia is quite alarming. The condition of coral reefs that are in very good condition is 6.39%, good condition is 23.40%, sufficient condition is 35.06% and bad condition is 35.15%. This condition needs to be special handling by using technological developments. This study aims to develop Realtime Motion Autonomous Low-Cost Surface Vehicle Controlling for the Conservation of Coral Reefs that are specific to Indonesian waters Using the Fuzzy Algorithm. Kinect is efficient outdoors with a maximum lighting of 53105 lux, and indoors 95-201 lux. Object Spacing (Brainware) for reading in the process of tracking Kinect's efficient position at a height of 120cm. Kinect's communication distance with ASV reaches up to 10,000cm. The accuracy of the movements produced by using fuzzy on ASV is 88.9%.

Keywords—marker-less control system, autonomous surface vehicle, teleoporation, fuzzy sugeno algorithm.

Abstrak— Keadaan ekosistem terumbu karang di Indonesia saat ini cukup mengkhawatirkan. Kondisi terumbu karang yang dalam kondisi sangat baik sebesar 6,39%, kondisi baik sebesar 23,40%, kondisi cukup sebesar 35,06% dan kondisi jelek sebesar 35,15%. Sehingga perlu adanya penanganan khusus dengan menggunakan perkembangan teknologi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Realtime Motion Autonomous Low-Cost Surface Vehicle Controlling* untuk Konservasi Terumbu Karang yang khas untuk perairan Indonesia Menggunakan Algoritma Fuzzy. Kinect efisien di luar ruangan dengan maksimum pencahayaan 53105 lux, dan di dalam ruangan 95-201 lux. Object Spacing (Brainware) untuk membaca dalam proses pelacakan posisi Kinect yang efisien pada ketinggian 120cm. Jarak komunikasi Kinect dengan ASV mencapai hingga 10.000cm. Akurasi gerakan yang dihasilkan dengan menggunakan fuzzy pada ASV adalah 88,9%.

Keywords— marker-less control system, autonomous surface vehicle, fuzzy

PENDAHULUAN

Terumbu karang merupakan ekosistem yang khas dengan keindahan bawah laut. Selain keindahan, terdapat fungsi untuk mengurangi abrasi, tempat tinggal biota laut dan serta sebagai sarana pendidikan. Menurut [1] Indonesia merupakan negara yang memiliki luas perairan 3.257.483 km², Berdasarkan *One Map Policy* yang diamanatkan dalam UU No.4 tahun 2011, dirilis luas terumbu karang di Indonesia sekitar 2,5 juta hektar dengan 569 jenis karang yang termasuk dalam 82 genus.

Keadaan ekosistem terumbu karang di Indonesia saat ini cukup mengkhawatirkan. Menurut [1] kondisi terumbu karang yang dalam kondisi sangat baik sebesar 6,39%, kondisi baik sebesar 23,40%, kondisi cukup sebesar 35,06% dan kondisi jelek sebesar 35,15%. Sehingga perlu adanya penanganan khusus untuk menangani kerusakan tersebut dengan menggunakan perkembangan teknologi. Berdasarkan kondisi tersebut banyak muncul penelitian untuk observasi dan konservasi. Salah satunya penelitian pengembangan alat bantu konservasi, pengembangan alat ini diiringi dengan perkembangan cara interaksi pengguna dan alat yang semakin natural

Interaksi yang natural ditandai dengan interaksi yang merubah gerakan manusia menjadi aksi digital secara langsung. *Motion Tracking* (MT) merupakan salah satu implementasi dari *markerless*/interaksi natural [2], dimana untuk mengidentifikasi onyek tidak lagi berdasarkan pada simbol tertentu [3]. MT membaca bagian tubuh kemudian dikonversi dalam pergerakan digital, aplikasi dari teknologi ini seperti pada penelitian [4][5][6][7][8]. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Pengembangan *Realtime Motion Autonomous Surface Vehicle Controlling* untuk Konservasi Terumbu Karang Menggunakan Algoritma Fuzzy.

Alat yang dihasilkan penelitian dikendalikan secara natural, sehingga diharapkan dapat memudahkan pengguna dalam mengoperasikan ASV. Alat ini diharapkan dapat mempermudah memonitor dan membantu dalam menanggulangi kerusakan-kerusakan terumbu karang yang nantinya bisa ditindaklanjuti dengan konservasi ekosistem laut.

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Realtime Motion Autonomous Surface Vehicle Controlling*

Kondisi terumbu karang yang semakin memburuk memicu banyak muncul penelitian dalam upaya observasi dan konservasi. Salah satunya penelitian untuk mengembangkan alat bantu konservasi, pengembangan alat ini diiringi dengan perkembangan cara interaksi pengguna dan alat yang semakin natural Interaksi yang natural ditandai dengan interaksi yang merubah gerakan manusia menjadi Action digital. Implementasi Dari interaksi natural ini salah satunya adalah *Marker*, *marker* adalah bagian penting dalam implementasi *Augmented Reality* (AR), namun pada perkembangannya obyek yang harus diidentifikasi semakin beragam. *Motion Tracking* (MT) merupakan salah satu

implementasi dari *Makerless* [2], dimana untuk mengidentifikasi pergerakan tidak lagi berdasarkan pada simbol tertentu [3]. MT membaca bagian tubuh kemudian dikonversi dalam pergerakan digital, aplikasi dari teknologi ini seperti pada penelitian [2][4][5][3][6][7][8]. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Pengembangan *Realtime Motion Autonomous Surface Vehicle Controlling* untuk Konservasi Terumbu Karang Menggunakan Algoritma *Fuzzy*.

Alat yang dikembangkan oleh penelitian diharapkan mampu membantu dalam proses konservasi terumbu karang, hal ini berkaitan dengan kemudahan pengoperasian alat. Alat tidak lagi dikendalikan dengan *remote control* yang menuntut pengguna terbiasa dengan tombol dan hasil pergerakan alat. Pada penelitian ini interaksi yang dihasilkan berupa interaksi yang natural, sehingga diharapkan dapat memudahkan pengguna dalam mengoperasikan *Autonomous Surface Vehicle (ASV)* yang telah dikembangkan pada periode penelitian sebelumnya. ASV merupakan kendaraan yang dioperasikan dalam permukaan air tanpa awak. Menurut [9] kontrol keseimbangan dari kemudi dinamis ASV digunakan untuk mengontrol gerakan kendaraan dengan navigasi visual. USV memiliki manfaat yang cukup besar dalam observasi perairan. Namun perkembangan ini belum diikuti dengan baik di Indonesia, sehingga perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut pada teknologi USV [10]. Alat ini diharapkan dapat mempermudah memonitor dan membantu dalam menanggulangi kerusakan-kerusakan terumbu karang yang nantinya bisa ditindaklanjuti dengan konservasi ekosistem laut.

B. State of The Art

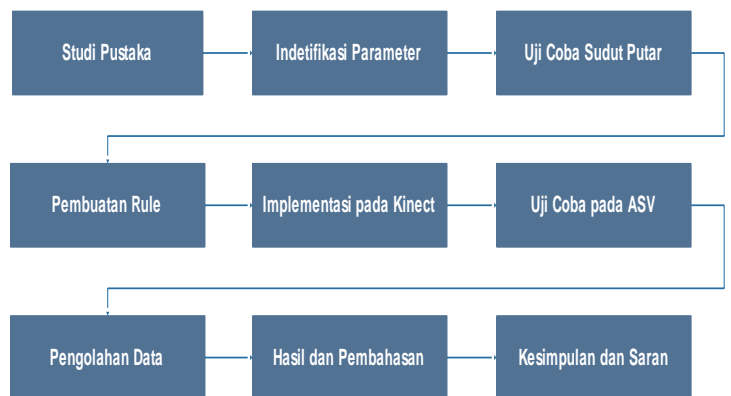
Interaksi yang natural ditandai dengan interaksi yang merubah gerakan manusia menjadi Action digital. Implementasi Dari interaksi natural ini salah satunya adalah *Maker*, *maker* adalah bagian penting dalam implementasi *Augmented Reality (AR)*, namun pada perkembangannya obyek yang harus diidentifikasi semakin beragam. *Motion Tracking (MT)* merupakan salah satu implementasi dari *Makerless* [7], dimana untuk mengidentifikasi pergerakan tidak lagi berdasarkan pada simbol tertentu. MT membaca bagian tubuh kemudian dikonversi dalam pergerakan digital, aplikasi dari teknologi ini seperti pada penelitian [7][4][5][6][8].

Penelitian yang dilakukan oleh [5] menggunakan pendekatan baru yang disebut "tracking with reference images". Konsep ini sangat sesuai dengan aplikasi pembacaan *augmented reality* ditempat terbuka, pendekatan ini menggunakan teknik *image matching*, dimana dalam prosesnya melakukan perbandingan secara live video dengan gambar referensi. Penelitian yang dilakukan oleh [7] mengembangkan pendekatan baru dalam MT berupa algoritma *model-based human motion capture*. Metode ini tidak lagi membutuhkan segmentasi foreground/makerless. Penelitian sejenis juga dilakukan oleh [6][8]. Penelitian ini menggunakan Kinect sebagai kontrol unit dari ASV, penggunaan Kinect didasarkan pada penelitian [11][12][13].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Realtime Motion Autonomous Low-cost Surface Vehicle Controlling* untuk Konservasi Terumbu Karang yang khas untuk perairan indonesia Menggunakan Algoritma *Fuzzy*. Dibandingkan penelitian sebelumnya penggunaan interface natural banyak

diimplementasikan pada drone [12][13][14][15], sedangkan penelitian pada ASV seperti penelitian [16][17] masih banyak menggunakan kontrol non-natural. Kebaruan penelitian adalah penggunaan interface natural untuk mengontrol pergerakan ASV [18] untuk Konservasi Terumbu Karang yang khas untuk perairan Indonesia. Monitoring dan observasi laut merupakan segmen yang sangat menantang, sehingga penelitian ini berharap dapat mempermudah proses tersebut.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Metode Penelitian

Studi pustaka berdasarkan Gambar 1, bertujuan mengumpulkan informasi yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas. Teori yang terkait dengan permasalahan yang akan menjadi penelitian, dijadikan sebagai dasar dalam melakukan pengolahan data. Pada tahap ini akan diperoleh *State of The Art* (Posisi penelitian), studi pustaka yang telah dilakukan menunjukkan adanya kebutuhan yang belum dicapai dengan ditampilkan penelitian yang menjadi referensi dari penelitian ini. Maka pada posisi ini dilakukan identifikasi dan penyelesaian masalah yang menjadi tujuan dari penelitian. Tahap selanjutnya mengidentifikasi parameter atau variabel yang akan digunakan dalam penelitian. Identifikasi parameter ini akan melihat dan menyimpulkan perlakuan yang berpengaruh pada pergerakan ASV, perlakuan yang dimaksudkan adalah pergerakan tangan, hal ini dikarenakan alat yang dikembangkan akan digerakan dengan Kinect.

Tahapan selanjutnya Uji coba sudut putar menjadi bagian penting untuk mengetahui derajat dari tekukan tangan terhadap kecepatan motor. Pada tahapan ini akan dilakukan pengamatan terhadap pergerakan ASV yang dihubungkan dengan Kinect. Hasil dari uji coba sudut putar akan diperoleh rumus antar sudut tekukan anggan dengan pergerakan motor. Bagian ini menjadi penting karena ASV menggunakan dua buah motor di bagian belakang alat, sehingga dengan *rule* ini pergerakan dari sua motor dapat harmonis yang dengan kata lain ASV dapat berjalan sesuai dengan gerakan kedua anggan pengguna.

Rule yang sudah diperoleh kemudian diimplementasi ke dalam Kinect, hal ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Fuzzy*. Variabel sudut yang ditangkap dari Kinect kemudian dijadikan variabel dari *rule* yang telah dihasilkan dari tahan sebelumnya. Setelah *rule* di

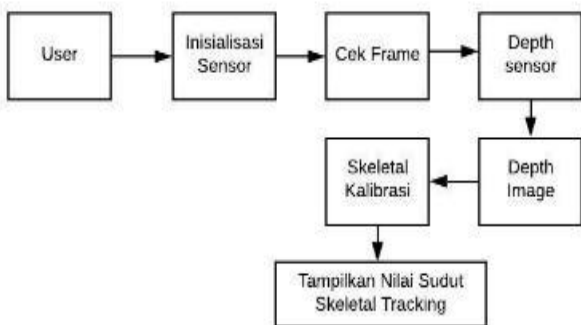
implementasi di Kinect maka dilanjutkan dengan menghubungkan Kinect dengan ASV. Pada tahapan ini dilakukan uji coba untuk membuktikan bahwa pembacaan sensor telah sesuai, pada tahapan ini pula akan diperoleh akurasi dari alat.

Data hasil ujicoba kemudian dioleh, pengolahan ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan algoritma Fuzzy yang diimplementasikan ke dalam Kinect terhadap pergerakan ASV. Hasil akhir dari tahapan penelitian ini adalah akurasi dari pergerakan alat. Hasil dari pengolahan data yang berupa akurasi alat kemudian dibandingkan dengan perhitungan manual, untuk menguji akurasi secara *ground truth*. Hasil yang diperoleh pada tahapan ini akan dibahas tentang faktor-faktor yang berpengaruh terhadap nilai akurasi yang diperoleh. Tahap terakhir dari penelitian yaitu menarik kesimpulan dari hasil analisis pembahasan dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya. Pada bagian ini juga dilakukan *review* ulang terhadap penerapan teknologi/penelitian terkait, hal ini dilakukan untuk memastikan penelitian memiliki kontribusi yang jelas/novelty terhadap dunia penelitian. Selain itu dengan terus melakukan *review* perkembangan penelitian, penelitian akan diuntungkan jika terdapat penelitian sejenis yang mungkin menemukan hasil yang dapat menyempurnakan pembacaan/pemodelan dari sistem.

DISKUSI

A. Pelacakan Gerakan (Skeletal Tracking)

Kinect merupakan perangkat yang berinteraksi dengan gerakan anggota tubuh manusia. Pada kinect terdapat fitur-fitur yang meliputi kamera RGB, depth sensor, dan multi-array microphone, dan dilengkapi dengan SDK kinect. Dari fitur-fitur yang ada pada kinect yang digunakan pada penelitian ini kamera RGB (Red Green Blue) dalam mengenali wajah atau anggota tubuh manusia lainnya dan depth sensor yang terdiri dari kombinasi infrared laser project dan monochrome CMOS sensor yang mengambil data video dalam 3D. Skeletal Tracking merupakan fitur SDK, yang melacak sendi tubuh manusia, fitur ini menggunakan depth sensor. Proses pelacakan gerakan tubuh manusia ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Proses Pelacakan Gerakan

```

//untuk kinect
KinectSensor kinz;
ColorImageFrame imagez;
SkeletonFrame skeletonz;
static Bitmap piccolor = new Bitmap(640, 480, PixelFormat.Format32bppRgb);
DepthImageFrame depthz;
static Bitmap picdepth = new Bitmap(640, 480, PixelFormat.Format32bppRgb);
Graphics gfx = System.Drawing.Graphics.FromImage(piccolor);
Graphics gfxd = System.Drawing.Graphics.FromImage(picdepth);

Bitmap bmp2;
Graphics big_G2;
Pen pen2 = new Pen(Color.Black);
    
```

Gambar 3. Objek Kinect Sensor

Objek yang digunakan pada kinect sensor ialah *colorframe* untuk menangkap warna, *skeletonframe* untuk proses pelacakan tulang, *depthsensor* dalam pembacaan kedalaman dari tulang yang dilacak, ditunjukkan oleh Gambar 3.

```

foreach (var potentialSensor in KinectSensor.KinectSensors)
{
    //perulangan untuk mengecek koneksi sensor
    if (potentialSensor.Status==KinectStatus.Connected)
    {
        //jika terkoneksi
        this.kinz = potentialSensor; //maka inidiadikan variabel kinz
        //break;
    }
}

this.kinz.ColorStream.Enable(ColorImageFormat.RgbResolution640x480Fps30);
this.kinz.SkeletonStream.Enable(); // set sensor untuk deteksi tulang
// Me.kinz.AllFramesReady()
this.kinz.ColorFrameReady += colorready; // menangkap warna
this.kinz.SkeletonFrameReady += skeletonready; // set frame
this.kinz.Start();
this.kinz.SkeletonStream.TrackingMode = SkeletonTrackingMode.Default; //!
this.kinz.ElevationAngle = 25;
    
```

Gambar 4. Koneksi Kinect

Kinect melakukan pengecekan koneksi antara kinect dengan komputer atau device (Visual Studio), ditunjukkan oleh Gambar 4. Apabila kinect telah terkoneksi maka kinect melakukan capture RGB, aktifasi sensor deteksi tulang, menangkap warna, dan set frame, tracking tulang dan angle sudut kinect pada 250. Apabila ketika kinect belum terkoneksi, maka proses pelacakan skeletal tidak dapat berjalan. Pada saat awal proses akan melakukan pelacakan pada depan kamera kinect tidak boleh terdapat objek yang menghalangi, apabila terdapat objek yang menghalangi maka proses pembacaan frame dan pelacakan skeletal tidak bisa berjalan walaupun Kinect sudah terkoneksi dengan komputer.

User merupakan manusia untuk mengontrol robot low-cost ASV (Autonomous Surface Vehicle), yang digerakkan adalah tangan kanan dan kiri. Kinect membaca nilai koordinat. Nilai koordinat yang diterima diubah menjadi nilai sudut ditunjukkan oleh Persamaan 1.

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{a}{b} \right) \quad (1)$$

Gerakan tubuh yang digunakan sebagai *input* dari sistem ini, diperlukan data *joint* dari *skeleton tracking*. Data yang dipakai pada *arm right* merupakan data *joint shoulderright* dan *wristright* (ditunjukkan Gambar 5), dan untuk *arm left* (ditunjukkan Gambar 6) data *joint* yang digunakan *shoulderleft* dan *wristleft*. Data *joint* dari *depth sensor* berupa nilai koordinat, nilai koordinat diubah menjadi nilai sudut. Nilai sudut yang digunakan adalah 0° hingga 90°.

```

if (elbowright.X != 0)
{
    int x = shoulderright.X - wristright.X;
    int y = wristright.Y - shoulderright.Y;
    double rad = Math.Atan2((double)x, (double)y);
    double sudut = rad * ((double)180 / Math.PI);
    kanan_value = (sudut + (double)360) % (double)360;
    // -180 digunakan untuk membalikkan putaran sudut menjadi melawan arah jarum jam
    textKanan.Text = kanan_value.ToString();
}

```

Gambar 5. Pengambilan Nilai sudut kanan

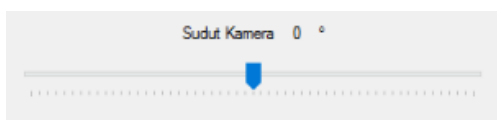
```

if (elbowleft.X != 0)
{
    int x = wristleft.X - shoulderleft.X;
    int y = shoulderleft.Y - wristleft.Y;
    double rad = Math.Atan2((double)-x, (double)-y);
    double sudut = rad * ((double)180 / Math.PI);
    kiri_value = (sudut + (double)360) % (double)360;
    textKiri.Text = kiri_value.ToString();
}

```

Gambar 6. Pengambilan Nilai Sudut Kiri

Sudut kamera merupakan pengaturan sudut kamera untuk mengambil pelacakan gerakan, ditunjukkan Gambar 7. Sudut ini dapat di atur hingga maksimal yaitu 25° dan minimal -25°. Pada gambar 4.12 merupakan pengaturan pada sudut 0° kamera untuk menangkap hasil gerakan.



Gambar 7. Sudut Kamera

Gerakan tangan digunakan untuk mengendalikan kecepatan pergerakan motor *brushless* kanan dan kiri. Terdapat instruksi untuk mengendalikan robot *low-cost* ASV (*Autonomous Surface Vehicle*), ditunjukkan oleh Tabel 1.

TABEL 1 GERAKAN TANGAN

Gerakan Tangan (Sudut)	Gerakan ASV
Lurus Sejajar kanan dan kiri (seperti rentangan tangan) / Sudut tinggi.	Lurus Cepat
Kanan dan kiri pada posisi ditengah yang sama / Sudut tengah.	Lurus Sedang
Kanan dan kiri posisi lurus dibawah / Sudut rendah.	Lurus Pelan
Kanan sudut tinggi, kiri di posisi sudut rendah.	Belok Kiri Tajam
Kanan posisi sudut kanan rendah, kiri posisi sudut tinggi.	Belok Kanan Tajam
Kanan sudut sedang, kiri sudut rendah.	Belok Kiri Dikit
Kanan sudut rendah, kiri sudut sedang.	Belok Kanan Dikit
Kanan sudut tinggi, kiri sudut sedang.	Belok Kiri
Kanan sudut sedang, kiri sudut tinggi.	Belok Kanan

Proses *tracking skeleton* berawal dari pembacaan seluruh tubuh hingga berfokus pada bagian atas tubuh manusia terutama tangan kanan dan kiri sebagai nilai *input fuzzy*.

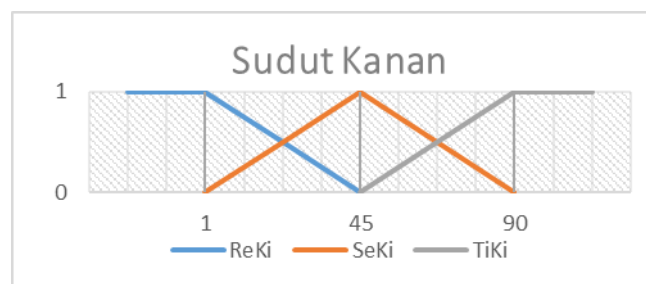
B. Perhitungan Fuzzy

Perhitungan fuzzy pada pengembangan sistem kendali atau sistem kontrol robot *low-cost* ASV (*Autonomous Surface Vehicles*) secara *marker-less* ini menggunakan metode fuzzy sugeno. Terdapat 3 proses dalam perhitungannya, diantaranya:

- Fuzzyfikasi.
- Rule Evaluation atau FIS (Fuzzy Inferensi System).
- Perhitungan Output (Dezuffifikasi) [19]

1. Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi proses untuk mengubah sistem yang mempunyai nilai tegas menjadi variabel *linguistic* menggunakan fungsi keanggotaan yang disimpan dalam basis pengetahuan *fuzzy*. Pada proses ini merubah nilai sudut hasil *tracking skeleton* pergerakan tangan kanan dan kiri menjadi *membership* fuzzyfikasi. Terdapat 2 variabel yang digunakan yaitu variabel sudut kanan dan variabel sudut kiri. Pada masing-masing variabel sudut memiliki 3 data *linguistic* dan himpunan keanggotaan. Berikut proses pembentukan himpunan keanggotaan pada masing-masing sudut. Data *linguistic* dan himpunan keanggotaan pada variabel sudut kanan, ditunjukkan Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Variabel Sudut Kanan

Keanggotaan variabel sudut kanan terdapat 3 data *linguistik* yaitu:

ReKa = Rendah Kanan dengan nilai sudut 1°

SeKa = Sedang Kanan dengan nilai sudut 45°

TiKa = Tinggi Kanan dengan nilai sudut 90°

Dari ketiga data *linguistik* tersebut memiliki masing-masing himpunan keanggotaan. Berikut merupakan himpunan Keanggotaan Variabel Sudut Kanan. Persamaan ditunjukkan oleh Persamaan 2, 3 dan 4.

$$\mu_{\text{ReKa}} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 1^\circ \\ \frac{45^\circ - x}{45^\circ - 1^\circ} & ; 1^\circ \leq x \leq 45^\circ \\ 0 & ; x \geq 45^\circ \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{\text{SeKa}} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 1^\circ \text{ atau } x \geq 90^\circ \\ \frac{x - 1^\circ}{45^\circ - 1^\circ} & ; 1^\circ \leq x \leq 45^\circ \\ \frac{90^\circ - x}{90^\circ - 45^\circ} & ; 45^\circ \leq x \leq 90^\circ \end{cases} \quad (3)$$

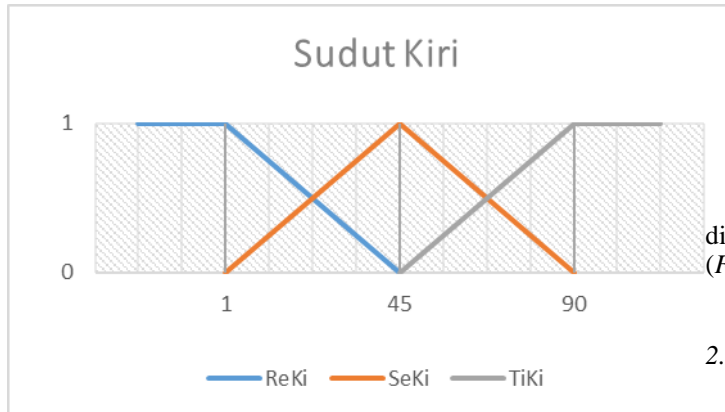
$$\mu \text{ TiKa} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 45^\circ \\ \frac{x-45^\circ}{90^\circ-45^\circ} & ; 45^\circ \leq x \leq 90^\circ \\ 1 & ; x \geq 90^\circ \end{cases} \quad (4)$$

Kenggotaan variabel kedua yaitu variabel sudut kiri. Terdapat data 3 data *linguistic* ditunjukkan Gambar 9, diantaranya:

ReKi = Rendah Kiri dengan nilai sudut 1°

SeKi = Sedang Kiri dengan nilai sudut 45°

TiKi = Tinggi Kiri dengan nilai sudut 90°



Gambar 9. Grafik Variabel Sudut Kiri

Ketiga data *linguistik* memiliki masing-masing himpunan keanggotaan, diantaranya himpunan ReKi, SeKi, dan TiKi. Persamaan ditunjukkan oleh Persamaan 5, 6 dan 7.

$$\mu \text{ ReKi} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 1^\circ \\ \frac{45^\circ-x}{45^\circ-1^\circ} & ; 1^\circ \leq x \leq 45^\circ \\ 0 & ; x \geq 45^\circ \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu \text{ SeKi} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 1 \text{ atau } x \geq 90^\circ \\ \frac{x-1^\circ}{45^\circ-1^\circ} & ; 1^\circ \leq x \leq 45^\circ \\ \frac{90^\circ-x}{90^\circ-45^\circ} & ; 45^\circ \leq x \leq 90^\circ \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu \text{ TiKi} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 45^\circ \\ \frac{x-45^\circ}{90^\circ-45^\circ} & ; 45^\circ \leq x \leq 90^\circ \\ 1 & ; x \geq 90^\circ \end{cases} \quad (7)$$

Proses fuzzyfikasi dengan nilai *input* dari sudut gerakan yang dibaca oleh Kinect, menggunakan nilai *input* sebagai berikut:

Nilai *Input Fuzzy* (Sudut Kanan): 47

Nilai *Input Fuzzy* (Sudut Kiri): 20

Hasil perhitungan fuzzyfikasi dengan nilai *input* sudut kanan 47° , berikut penjabarannya:

$$\begin{aligned} \mu \text{ ReKa} [47] &= 0 & ; & \quad x \geq 45^\circ \\ \mu \text{ SeKa} [47] &= 0,95 & ; & \quad \frac{90^\circ-47^\circ}{90^\circ-45^\circ} = \frac{43}{45} = 0,95 \\ \mu \text{ TiKa} [47] &= 0,04 & ; & \quad \frac{47^\circ-45^\circ}{90^\circ-45^\circ} = \frac{2}{45} = 0,04 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan fuzzyfikasi dengan nilai *input* sudut kiri 20° :

$$\begin{aligned} \mu \text{ ReKi} [20] &= 0,57 & ; & \quad \frac{45-20}{45-1} = \frac{25}{44} = 0,57 \\ \mu \text{ SeKi} [20] &= 0,43 & ; & \quad \frac{20-1}{45-1} = \frac{19}{44} = 0,43 \\ \mu \text{ TiKi} [20] &= 0 & ; & \quad x \leq 45 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan pada masing-masing *input* sudut akan dimasukkan dalam perhitungan *rule evaluation* atau FIS (*Fuzzy Inferensi System*).

2. Rule Evaluation atau FIS (*Fuzzy Inferensi System*)

Data *linguistik* variabel sudut kanan dan kiri yang menghasilkan masing-masing himpunan keanggotaan, kemudian di proses pada *rule evaluation* yang mengkombinasi dengan nilai *output* kecepatan motor. Terdapat dua motor *brushless*, maka sebelum membentuk rule, maka menentukan nilai himpunan keanggotaan *output* pada masing-masing motor. Himpunan keanggotaan pada *fuzzy* sugeno dibentuk secara sigleton, maka setiap himpunan keanggotaan memiliki nilai konstanta (nilai tetap). Range nilai kecepatan motor berupa pwm antara hingga 10 hingga 255. Pada setiap himpunan keanggotaan *output* terdapat tiga data yaitu pelan pada nilai 10 pwm, sedang 122 pwm, dan cepat nilai 255 pwm. Berikut grafik pada setiap variabel *output* motor *brushless*.

Dari kedua himpunan keanggotaan kecepatan motor, maka dikombinasikan dengan himpunan keanggotaan variabel sudut kanan dan sudut kiri yang ada pada proses Fuzzyfikasi dalam bentuk *rule evaluation*. Pembuatan rule ini sangat berpengaruh pada hasil gerakan robot ASV (*Autonomous Surface Vehicles*). Terdapat Sembilan rule yang di buat. Berikut penjabaran dari kesembilan rule:

- [R1] IF ReKa AND ReKi THEN Motor Kanan Pe[10], Motor Kiri Pe [10]
- [R2] IF ReKa AND SeKi THEN Motor Kanan Pe[10], Motor Kiri Se[122]
- [R3] IF ReKa AND TiKi THEN Motor Kanan Pe[10], Motor Kiri Ce [255]
- [R4] IF SeKa AND ReKi THEN Motor Kanan Se[122], Motor Kiri Pe [10]
- [R5] IF SeKa AND SeKi THEN Motor Kanan Se[122], Motor Kiri Se [122]
- [R6] IF SeKa AND TiKi THEN Motor Kanan Se[122], Motor Kiri Ce [255]
- [R7] IF TiKa AND ReKi THEN Motor Kanan Ce[255], Motor Kiri Pe [10]

[R8] IF TiKa AND SeKi THEN Motor Kanan Ce[255], Motor Kiri Se [122]

[R9] IF TiKa AND TiKi THEN Motor Kanan Ce[255], Motor Kiri Ce [255]

Penjelasan dari kesembilan rule bahwa ReKa adalah Rendah Kanan, SeKa adalah Sedang Kanan, dan TiKa adalah Tinggi Kanan untuk sudut kanan, dan sudut kiri ReKi adalah Rendah Kiri, SeKi adalah Sedang Kiri, dan TiKi adalah Tinggi Kiri. Pada rule *output* merupakan kecepatan motor, diantaranya Pe adalah Pelan, Se adalah Sedang, dan Ce adalah Cepat.

Proses *Sistem Inferensi Fuzzy* (FIS) atau mesin inferensi *fuzzy* dilakukan dengan implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α -predikat dengan setiap rule, perhitungan FIS dilakukan pada 9 rule. Nilai α -predikat semua telah diketahui dan ditemukan, maka nilai tersebut digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi pada seriap rule (z1,z2, z3, z4.... z9). Persamaan 2 merupakan perhitungan FIS (*Fuzzy Inferensi System*).

$$\alpha \text{ Predikat} = \min (\mu \text{ Sudut Kanan} \cap \text{ Sudut Kiri}) \quad (2)$$

Perhitungan *rule evaluation* menggunakan 9 rule, berikut penjabaran masing-masing rule:

1. IF ReKa AND ReK i THEN Motor Kanan Pe[10], Motor Kiri Pe [10]
 α Predikat 1 = ReKa \cap ReKi
 $= \min (0; 0,57)$
 $= 0$
2. IF ReKa AND SeKi THEN Motor Kanan Pe[10], Motor Kiri Se[122]
 α Predikat 2 = ReKa \cap SeKi
 $= \min (0; 0,43)$
 $= 0$
3. IF ReKa AND TiKi THEN Motor Kanan Pe[81], Motor Kiri Ce[255]
 α Predikat 3 = ReKa \cap TiKi
 $= 0 \cap 0$
 $= 0$
4. IF SeKa AND ReKi THEN Motor Kanan Se[122], Motor Kiri Pe [10]
 α Predikat 4 = SeKa \cap ReKi
 $= \min (0,95 ; 0,57)$
 $= 0,57$
5. IF SeKa AND SeKi THEN Motor Kanan Se[122], Motor Kiri Se [122]
 α Predikat 5 = ReKa \cap SeKi
 $= \min (0,95 ; 0,43)$
 $= 0,43$
6. IF SeKa AND TiKi THEN Motor Kanan Se[122], Motor Kiri Ce [255]
 α Predikat 6 = SeKa \cap TiKi
 $= 0,95 \cap 0$
 $= 0$
7. IF TiKa AND ReKi THEN Motor Kanan Ce[255], Motor Kiri Re [10]
 α Predikat 7 = TiKa \cap ReKi
 $= 0,04 \cap 0,57$
 $= 0,04$
8. IF TiKa AND SeKi THEN Motor Kanan Ce[255], Motor Kiri Se [122]
 α Predikat 8 = TiKa \cap SeKa

$$= 0,04 \cap 0,43 = 0,04$$

9. IF TiKa AND TiKi THEN Motor Kanan Ce[255], Motor Kiri Ce [255]

$$\alpha \text{ Predikat 9} = \text{TiKa} \cap \text{TiKi}$$

$$= 0,04 \cap 0$$

$$= 0$$

3. Defuzzifikasi

Proses *defuzzifikasi* ini menghasilkan nilai kecepatan pwm yang akan digunakan untuk mengatur kecepatan motor brushless, metode yang digunakan ialah *Weight Average*. Defuzzifikasi merupakan hasil perhitungan pada proses FIS (*Fuzzy Inferensi System*) yang telah dikombinasikan dengan kesembilan aturan atau rule kecepatan motor, ditunjukkan oleh Tabel 2. Hasil perhitungan FIS menghasilkan nilai α predikat, kemudian diproses dengan dikalikan dengan nilai rule motor. Menentukan nilai *crisp* dengan menggunakan metode *weight average*, maka di jumlahkan nilai hasil perkalian α predikat dengan rule motor, hasil penjumlahannya di bagi dengan jumlah α predikat.

TABEL 2 DEFUZZYFIKASI MOTOR KANAN

No	α Predikat	Rule Motor	α Predikat \times Rule Motor
1	0	10	0
2	0	10	0
3	0	10	0
4	0,57	122	68,32
5	0,43	122	52,46
6	0	122	0
7	0,04	255	10,2
8	0,04	255	10,2
9	0	255	0
Total	1,09	1061	144,67
Rata-Rata			132,86

Hasil defuzzifikasi pada motor *brushless* kanan adalah 132,86 dari hasil pembagian jumlah α Predikat \times Rule Motor Kanan yaitu 144,67 dan jumlah α Predikat yaitu 1,09.

TABEL 3 DEFUZZYFIKASI MOTOR KIRI

No	α Predikat	Rule Motor	α Predikat \times Rule Motor
1	0	10	0
2	0	122	0
3	0	255	0
4	0,57	10	5,6
5	0,43	122	52,68
6	0	255	0
7	0,04	10	0,44
8	0,04	122	5,42
9	0	255	0
Total	1,09	1061	64,23
Rata-Rata			58,98

Hasil perhitungan defuzzifikasi pada motor kanan adalah 132,86 dan untuk hasil perhitungan defuzzifikasi pada motor kiri adalah 58,98, ditunjukkan oleh Tabel 3. Nilai tersebut merupakan himpunan *crisp* dari *fuzzy*. Himpunan *crisp* tersebut dijadikan nilai signal *input* yang dikirimkan pada ASV (*Autonomous Surface Vehicles*) menggunakan Xbee Pro 2BS. Data yang dikimkam merupakan data serial.

```
int hasilKanan = Convert.ToInt32(hasil_ka);
int hasilKiri = Convert.ToInt32(hasil_ki);
dataKirim = header + "," + hasilKanan + "," + hasilKiri;
//if (time_tolerance % 2 == 1)
//if (time_tolerance % 1 == 0)
{
    serialPort1.WriteLine(dataKirim);
}
```

Gambar 10. Pengirim Data (signal input)

Data yang di kirim berupa data serial dengan tipe data integer, ditunjukkan Gambar 10. Nilai yang dikirim berupa nilai header yaitu 0, hasil kanan yaitu nilai craps motor kanan, dan hasil kiri yaitu nilai craps motor kiri. Ketiga nilai tersebut dikirim dengan format "0, 132.86 , 58.98".

PENGUJIAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat mengontrol ASV (Autonomous Surface Vehicles) dari signal input ke output. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan signal input melalui aplikasi desktop, apabila signal yang dikirimkan dapat menghasilkan nilai output dengan Bergeraknya robot ASV, maka komunikasi tersebut real-time, sedangkan saat robot tidak bisa Bergerak maka komunikasi terputus.

A. Pengujian Kinect

Pengujian pengaruh cahaya dilakukan mengetahui cahaya yang tepat untuk penggunaan kontrol ASV. Pencahayaan pada luar ruangan dilakukan sebanyak 2 kali pada cuaca cerah, pengujian pertama dilakukan pada pukul 12.15 WIB, pengujian kedua pada pukul 14.02 WIB. Pengujian dalam ruangan dilakukan pada intensitas cahaya lampu yang mempengaruhi ditunjukkan oleh Tabel 4.

TABEL 4 PENGUJIAN PENGARUH CAHAYA TERHADAP KINECT

No	Kondisi	Nilai Cahaya	Hasil Pembacaan
1	Luar Ruangan	65300 Lux	Tidak Terbaca
2	Luar Ruangan	53105 Lux	Terbaca
3	Dalam Ruangan	210 Lux	Terbaca
4	Dalam Ruangan	115 Lux	Terbaca
5	Dalam Ruangan	95 Lux	Terbaca

Pengaruh cahaya terhdap kinect dapat mempengaruhi terbaca tidaknya tracking skeleton. Cahaya yang efisien didalam ruangan adalah 210 lux karena dapat mempengaruhi delay proses tracking bahkan tidak bisa melakukan tracking, sedangkan pada luar ruangan dengan maksimal nilai cahaya 53105 lux dikarenakan pencahayaan lebih dari nilai tersebut kinect tidak dapat melakukan tracking skeleton pergerakan tangan manusia.

B. Pengujian ASV (Autonomous Surface Vehicle)

1. Pengujian Jarak Komunikasi Kinect dengan ASV

Pengujian bertujuan untuk mengetahui jarak komunikasi ASV dapat Bergerak dengan menerima nilai output dari Kinect, ditunjukkan Tabel 5.

TABEL 5. JARAK KINECT DENGAN ASV

No	Jarak Kinect dengan ASV	Hasil
1	500 cm	Bergerak
2	5000 cm	Bergerak
3	7500 cm	Bergerak
4	10000 cm	Bergerak

Jarak komunikasi antara ASV (Autonomous Surface Vehicle) dengan kinect bahkan device dapat mempengaruhi koneksi pembacaan data yang diterima ASV. Terdapat beberapa jarak diantaranya 500cm, 5000cm, 7500cm, dan jarak terjauh pada saat pengujian yaitu 1000cm ASV masih dapat Bergerak dan dapat berkomunikasi.

TABEL 6. HASIL PENGUJIAN NILAI FUZZY DENGAN GERAKAN ASV

NO	Sudut Kanan	Sudut Kiri	PWM Kanan	PWM Kiri	Gerakan	Uji Sudut Kanan	Uji Sudut Kiri	Uji PWM Kanan	Uji PWM Kiri	Uji Gerakan
1	7.22	3.98	30.625	23.3611	Lurus Pelan	7.2243	3.98252	29.7413	23.442039	Berhenti
2	61.87	66.8	177.423	166.464	Lurus Sedang	61.8762	66.8014	176.2678	177.642	Lurus Sedang
3	78.17	77.51	209.169	207.89	Lurus Cepat	78.1785	77.5119	209.19	206.74604	Lurus Cepat
4	38.65	77.6	96.913	210.426	Belok Kanan Tajam	38.6598	77.0674	128.975	213.3155	Belok Kanan Tajam
5	45.32	61.72	123.865	171.656	Belok Kanan	45.3237	61.728	122	170.935	Belok Kanan
6	24	47.58	68.28	135.6818	Belok Kanan Dikit	24.00123	47.5895	75.8278	85.6678	Belok Kanan Dikit
7	60.04	19.8	175.285	61.1179	Belok Kiri Tajam	60.0463	19.815	176.709	75.86	Belok Kiri Tajam
8	68.11	31.02	189.602	78.4625	Belok Kiri	68.1142	31.0248	190.233	80	Belok Kiri
9	49.58	14.53	144.494	48.0864	Belok Kiri Dikit	49.5861	14.5345	123.866	49.418633	Belok Kiri Dikit

2. Pengujian nilai fuzzy dengan gerakan ASV

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai perhitungan fuzzy sesuai dengan nilai output bergerak sesuai rule yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan oleh Tabel 6, akurasi yang diperoleh adalah 88,9%.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan *Realtime Motion Autonomous Low-cost Surface Vehicle Controlling* untuk Konservasi Terumbu Karang yang khas untuk perairan Indonesia menggunakan Algoritma Fuzzy. Indikator keberhasilan penelitian ini ditunjukkan oleh: a) Kinect dapat melakukan pelacakan gerakan tangan dengan fitur *skeleton*. Rician kondisi yang ditemukan dalam penelitian pembacaan Kinect efisien di luar ruangan dengan maksimum pencahayaan 53105 lux, dan di dalam ruangan 95-201 lux. Object Spacing (Brainware) untuk membaca dalam proses pelacakan posisi Kinect yang efisien pada ketinggian 120cm. Jarak komunikasi Kinect dengan ASV mencapai hingga 10.000cm.; b) Kinect berhasil dikembangkan untuk kendali atau kontrol NUI (*Natural User Interface*) dengan gerakan tangan; dan c) Penelitian menghasilkan akurasi 88,9% untuk pembacaan gerakan tangan yang diubah menjadi gerakan *Low-Cost ASV*.

Berdasarkan hasil yang diperoleh penelitian. Alat yang dikembangkan oleh penelitian diharapkan mampu membantu dalam proses konservasi terumbu karang, hal ini berkaitan dengan kemudahan pengoperasian alat. Alat tidak lagi dikendalikan dengan *remote control* yang menuntut pengguna terbiasa dengan tombol dan hasil pergerakan alat. Pada penelitian ini interaksi yang dihasilkan berupa interaksi yang natural, sehingga diharapkan dapat memudahkan pengguna dalam mengoperasikan ASV yang telah dikembangkan pada periode penelitian sebelumnya. Kemudian alat yang dikembangkan pada penelitian ini akan dikembangkan kembali dengan penelitian lanjutan. Pada akhirnya alat ini diharapkan dapat mempermudah memonitor dan membantu dalam menanggulangi kerusakan-kerusakan terumbu karang yang nantinya bisa ditindaklanjuti dengan konservasi ekosistem laut.

REFERENSI

- [1] Giyanto *et al.*, *Status Terumbu Karang Indonesia 2017*. 2017.
- [2] C. Wan, B. Yuan, and Z. Miao, "Model-Based Markerless Human Body Motion Capture Using Multiple Cameras," pp. 1099–1102, 2007.
- [3] M. Goffredo, M. Schmid, S. Conforto, M. Carli, A. Neri, and T. D'Alessio, "Markerless Human Motion Analysis in Gauss-Laguerre Transform Domain: An Application To Sit-To-Stand in Young and Elderly People," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 13, no. 2, pp. 207–216, 2009.
- [4] A. Kyme, S. Se, S. Meikle, and R. Fulton, "Markerless Motion Tracking for Motion-Compensated Clinical Imaging," *IEEE Nucl. Sci. Symp. Conf. Rec.*, pp. 2–5, 2013.
- [5] D. Stricker and T. Kettenbach, "Real-time and Markerless Vision-Based Tracking for Outdoor Augmented Reality Applications," *Proc. - IEEE ACM Int. Symp. Augment. Reality, ISAR 2001*, no. 1, pp. 189–190, 2001.
- [6] C. W. Chen *et al.*, "A real-Time Markerless Augmented Reality Framework Based on Slam Technique," *Proc. - 14th Int. Symp. Pervasive Syst. Algorithms Networks, I-SPAN 2017, 11th Int. Conf. Front. Comput. Sci. Technol. FCST 2017 3rd Int. Symp. Creat. Comput. ISCC 2017*, vol. 2017-Novem, pp. 127–132, 2017.
- [7] C. Wan, B. Yuan, L. Wang, and Z. Miao, "Model-Based Markerless Human Body Motion Capture Using Active Contour," *Int. Conf. Signal Process. Proceedings, ICSP*, pp. 1342–1345, 2008.
- [8] G. Du, P. Zhang, and X. Liu, "Markerless Human-Manipulator Interface Using Leap Motion with Interval Kalman Filter and Improved Particle Filter," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 12, no. 2, pp. 694–704, 2016.
- [9] M. J. Hong and M. R. Arshad, "Modeling And Motion Control of A Riverine Autonomous Surface Vehicle (ASV) With Differential Thrust," *J. Teknol.*, vol. 9, pp. 137–143, 2015.
- [10] M. G. A. Satria, I. Jaya, and Y. Novita, "Integrasi Rancangan Sistem Observasi Kapal Permukaan Otomatis dengan Google Earth," *J.Auto.Ctrl.Inst.*, vol. 8, no. 2, pp. 151–163, 2016.
- [11] P. Vadakkepat, T. C. Chong, W. A. Arokiasami, and X. Weinan, "Fuzzy logic controllers for navigation and control of AR.Drone using microsoft kinect," *2016 IEEE Int. Conf. Fuzzy Syst. FUZZ-IEEE 2016*, pp. 856–863, 2016.
- [12] J. Stowers, M. Hayes, and A. Bainbridge-Smith, "Altitude control of a quadrotor helicopter using depth map from Microsoft Kinect sensor," *2011 IEEE Int. Conf. Mechatronics, ICM 2011 - Proc.*, pp. 358–362, 2011.
- [13] E. P. Ghonge, "Gesture Based Control of IRB1520ID using Microsoft's Kinect," no. Icces, pp. 355–358, 2017.
- [14] V. L. Popov, K. B. Shiev, A. V. Topalov, N. G. Shakev, and S. A. Ahmed, "Control of the flight of a small quadrotor using gestural interface," *2016 IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems, IS 2016 - Proceedings*, pp. 622–628, 2016.
- [15] M. Dong, L. Cao, D. M. Zhang, and R. Guo, "UAV flight controlling based on Kinect for Windows v2," in *Proceedings - 2016 9th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics, CISP-BMEI 2016*, 2017, no. 61671069, pp. 735–739.
- [16] S. Pieterkosky, A. Ziegwied, C. Cavanagh, and L. Thompson, "BIV meets ASV: Bio-inspired fish drones and autonomous surface vehicles for coral reef monitoring," in *OCEANS 2017 - Anchorage*, 2017, vol. 2017-Janua, pp. 1–5.
- [17] M. Arima, K. Yoshida, and H. Tonai, "Development of a coral monitoring system for the use of underwater vehicle," *Ocean. 2014 - Taipei*, no. 23360393, 2014.
- [18] N. S. Wibowo, P. Destarianto, H. Y. Riskiawan, K. Agustianto, and S. Kautsar, "Development of low-cost autonomous surface vehicles (ASV) for watershed quality monitoring," in *2018 6th International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2018*, 2018, vol. 0, no. d, pp. 489–494.
- [19] W. K. Dewanto and M. A. Muslim, "Rancang Bangun Model Potensi Banjir pada Jalan Arteri di Kota Malang Menggunakan Logika Fuzzy," vol. 7, no. 1, pp. 53–58, 2013.