

Skema *Handover* pada Multi-kamera dengan Logika *Fuzzy* untuk Sistem Pemantauan Orang

ACHMAD ILHAM IMANUDDIN¹, PRIMA KRISTALINA¹, BIMA SENA BAYU DEWANTARA²

¹Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia

²Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia
Email : achmadilham07@gmail.com

Received 25 Juni 2020 | Revised 11 Juli 2020 | Accepted 13 Juli 2020

ABSTRAK

Adanya berbagai peristiwa yang membahayakan di tempat keramaian menyebabkan diperlukannya sebuah sistem pemantauan aktifitas manusia di sekitarnya untuk pengawasan keamanan. Sistem multi-kamera sangat cocok digunakan untuk pemantauan target pada lingkungan area yang luas. Disaat target meninggalkan jangkauan area kamera menuju lainnya, proses pemantauan target harus tetap bekerja dan diserahkan ke kamera lainnya. Protokol serah terima target dapat berjalan jika terdapat komunikasi antar kamera yang tersedia. Penelitian ini menyajikan skema handover pada sistem multi-kamera dengan menerapkan pengambilan keputusan handover berbasis logika fuzzy. Dengan begitu, target akan selalu ditangani oleh kamera meskipun target bergerak menjauhinya. Berdasarkan hasil simulasi, skema handover ini mampu mereduksi total number of handover sebesar 20% dibandingkan dengan metode AHCS (Active Handover Control Scheme). Selain itu, handover delay pada metode usulan memperoleh waktu 123.72 μ s dan masih lebih lama dari AHCS.

Kata kunci: *handover, multi-kamera, pemantauan orang, fuzzy logic*

ABSTRACT

The existence of various dangerous events in a crowded place causes the need of surveillance system to monitor the human activity continuously in a certain area. Multi-camera systems are used to monitor targets in large areas. When the target leaves the camera's range for another, the target monitoring process should continue to work and be left to other cameras. The target handover protocol may work if there is communication between the available cameras. This document presents a handover scheme in a multi-camera system by applying a fuzzy logic handover decision. Thus, the target will always be processed by the camera, even if the target is moving away from it. Based on the simulation results, this handover scheme is able to reduce the total number of handovers by 20% compared to the AHCS (Active Handover Control Scheme) method. In addition, the handover delay in the proposed method obtains 123.72 μ s and is still longer than the AHCS.

Keywords: *handover, multi-camera, human monitoring, fuzzy logic*

1. PENDAHULUAN

Saat ini, manfaat dari pelacakan orang dalam pengawasan sering kita jumpai di berbagai tempat, seperti perkotaan, perkantoran, bandara, dll. Hal tersebut dipakai untuk kebutuhan sistem keamanan dan pengenalan aktivitas sosial **(Iguernaissi, Merad, Aziz, & Drap, 2019)**. Penggunaan kamera tunggal tidak akan bekerja dengan maksimal apabila memiliki keterbatasan *field of view*. Selain itu, kita mungkin menjumpai kekurangan yang disebabkan oleh adanya oklusi pada lingkungan yang dapat menghambat proses pelacakan orang. Sehingga multi-kamera dibutuhkan. Selain memperluas pandangan kamera, penggunaan multi-kamera mampu meningkatkan pandangan dengan pemanfaatan kamera *static* melalui fitur perbesar (*zoom*) untuk mendapatkan tampilan multi-resolusi yang berbeda. Pengambilan gambar dari sudut pandang yang berbeda juga salah satu keuntungan yang dapat meningkatkan kadar informasi target yang dikumpulkan **(Akyildiz, Melodia, & Chowdhury, 2007)**.

Secara umum, skema pelacakan menggunakan kamera tunggal atau multi meliputi dua bagian sistem. Pertama, sistem deteksi dimana perlu adanya klasifikasi objek untuk mengenali objek pada suatu urutan gambar dan kedua adalah proses pelacakan posisi objek **(Imanuddin, Kristalina, & Dewantara, 2019) (Ardiyanto & Miura, 2014) (Dewantara, Ardilla, & Thoriqy, 2019)** berdasarkan sistem deteksi. Tidak jarang pelacakan dengan kamera dikombinasikan dengan teknik *handoff* dalam pelacakan target yang spesifik. Kuo dan rekannya **(Kuo, Huang, & Nevatia, 2010)** menyelidiki sistem yang dapat mengaitkan lintasan dari target bergerak melintasi kamera yang tidak tumpang tindih oleh model afinitas secara *real-time*. Peneliti di **(Lin, Hwang, & Huan, 2012)** menawarkan *Active Handover Control Scheme* (AHCS) pada sistem multi-kamera dimana target akan dimonitoring secara mulus. Mereka menentukan kamera yang aktif berdasarkan dua peraturan, jarak terdekat dengan subkawasan dan hubungan spasial.

Studi dalam pelacakan orang menggunakan multi-kamera adalah masalah yang signifikan dengan jumlah peminat yang tidak sedikit. Tetapi, topik ini menjadi menantang karena perlu adanya koordinasi atau jaringan yang menghubungkan antara proses pelacakan tiap sensor yang digunakan. Informasi target pada tiap pandangan dikombinasi untuk mendapatkan lajur target yang valid **(Kuo, Huang, & Nevatia, 2010)**. Saat target bergerak keluar area pandangan kamera, membutuhkan mekanisme yang baik untuk mengatasi target tersebut. Dengan kata lain, jaringan antar sensor tertanam berperan penting dalam mengatur komunikasi agar pelacakan target berjalan dengan baik **(Li, Kim, Han, & Lee, 2019)**. Perubahan pergerakan target yang fleksibel memungkinkan target bergerak dari pandangan satu ke lainnya. Sehingga proses pelacakan orang diserahkan ke sensor tertanam lainnya. Ketika orang berpindah dari satu area pandangan kamera ke area lainnya, perpindahan orang tersebut dapat dilacak secara terus-menerus.

Konsep ini sama halnya dengan sistem komunikasi seluler dimana mampu memastikan *mobile user* terhubung dengan server saat berpindah antar lokasi. Mekanisme ini sering disebut sebagai proses *handover* yang mentransfer panggilan yang sedang berlangsung ke antar sel ketika pengguna bergerak melalui jaringan selular **(Lee, Sriram, Kim, Kim, & Golmie, 2009) (Sun & Qian, 2016)**. Jarak antara *mobile user* dengan *cell* biasanya digunakan sebagai parameter yang menentukan proses *handover* dijalankan atau tidak. Jika semakin jauh jarak antar entitas (*mobile user* dan sel), sistem akan mempertimbangkan untuk dilakukannya *handover*. Jaringan target akan dipilih bergantung pada algoritma pengambilan keputusan yang digunakan. Apabila prinsip *handover* ini diterapkan pada pemantauan orang menggunakan kamera memungkinkan orang dapat dilacak walaupun sudah keluar dari area pandangan kamera.

Dalam jaringan nirkabel, banyak sekali algoritma *handover* untuk memilih jaringan terbaik diantara jaringan yang tersedia. Terdapat beberapa parameter QoS yang mempengaruhi pemilihan jaringan dalam mengambil keputusan **(Subramani & Kumaravelu, 2019)**. *Multiple Attribute Decision Making* (MADM) merupakan metode pemilihan opsi terbaik dari alternatif opsi yang tersedia berdasarkan beberapa kriteria tertentu. Namun, jika jumlah parameter yang digunakan meningkat, komputasi algoritma MADM menjadi kompleks. Logika *Fuzzy* merupakan salah satu algoritma berbasis *artificial intelligence* yang dapat membuat keputusan dari kemungkinan opsi yang ada. Penulis **(Tillapart, Thumthawatworn, Viriyaphol, & Santiprabhob, 2015)** mengusulkan desain sistem keputusan *handover* berbasis *fuzzy* baru untuk mengurangi kompleksitas mesin *fuzzy* tanpa mengurangi kinerjanya. Pada **(Liu, Kwong, Zhang, & Li, 2019)** mengembangkan algoritma *handover* berbasis *fuzzy-TOPSIS* untuk mengurangi *number of handover* dan *ping-pong effect*. Dengan metodenya, mereka mampu meminimalkan rasio *ping-pong* dan total *handover* yang berlebihan.

Kami mengusulkan sebuah skema komunikasi kamera-ke-kamera dengan menerapkan mekanisme *handover* pada sistem pemantauan orang tunggal. Penggunaan *handover* mengadopsi cara kerja komunikasi seluler antara *mobile user* dengan *cell*, dimana *mobile user* akan dialihkan ke *cell* lain jika posisinya menjauhi *cell* sebelumnya. Dengan begitu, saat kamera asal menangani target dimana posisinya jauh dari pandangannya, sistem akan mengevaluasi parameter untuk menjalankan proses *handover*. Selain itu, kami menawarkan algoritma pengambilan keputusan menggunakan logika *fuzzy* dengan parameter masukan yang mendukung proses pemantauan orang menggunakan kamera. Algoritma ini yang akan menentukan kamera mana yang akan menangani pemantauan target.

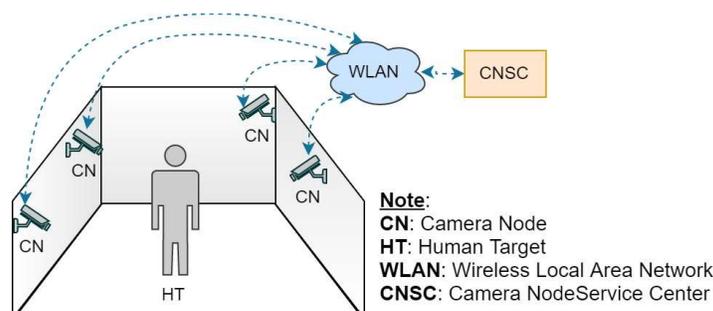
2. METODE PENELITIAN

2.1 Skema *handover* pada Sistem Multi-Kamera

Dalam sistem komunikasi seluler, terdapat entitas yang berpengaruh penting saat melangsungkan proses *handover*, yakni *mobile user*, *current* atau *target cell*, dan *service center*. Entitas *mobile user* biasanya dilengkapi dengan *transceiver* dan diprogram untuk mengirim dan menerima sinyal untuk berkomunikasi antar *mobile user* lainnya. *Mobile user* mengakses layanan percakapan melalui *cell* terdekatnya untuk melakukan komunikasi. Entitas *cell* akan tetap menangani *mobile user* dengan jangkauan area yang luas. Kondisi ini memungkinkan *mobile user* bergerak secara meluas sehingga ada saatnya *cell* tidak dapat menjangkau. Keadaan ini mengakibatkan *mobile user* tidak dapat melakukan komunikasi karena tidak adanya koneksi dengan *cell* terdekatnya. Hal ini disiasati dengan mendirikan *cell* baru untuk menangani tempat kosong dimana *cell* sebelumnya tidak dapat menjangkau area tersebut. Dengan begitu, layanan komunikasi antara *mobile user* dengan *cell* sebelumnya dialihkan ke *cell* baru atau *cell* target yang mampu melanjutkan layanan tersebut **(Tillapart, Thumthawatworn, Viriyaphol, & Santiprabhob, 2015)**. Penentuan *cell* target pun ditangani oleh entitas *service center* yang mengatur dan memilih *cell* target sebagai penyedia layanan *mobile user*. Disaat *mobile user* berpindah tempat menjauhi *cell* sebelumnya, maka layanan komunikasi tidak akan terputus karena layanan akan diserahkan ke *cell* target yang dekat dengannya.

Skema *handover* pada sistem multi-kamera ini menerapkan prinsip *handover* pada sistem komunikasi seluler. Sama halnya pada komunikasi seluler, tujuan adanya skema *handover* ini untuk melakukan pemantauan orang melalui kamera. Jika orang tersebut menjauhi kamera pemantau, maka proses pemantauan akan tidak bisa dilakukan. Konsep ini dapat mengadopsi prinsip *handover* yang mampu menangani *mobile user* jika *cell* tidak mampu menjangkau. Terdapat tiga entitas utama dalam menerapkan skema *handover* ini, yakni *Human Target* (HT), *Camera Node* (CN), dan *Camera Node Service center* (CNSC). Pada skema ini, HT berperan seperti *mobile user*, sedangkan CN dan CNSC masing-masing berperan seperti *cell* dan *Service center*. Peran HT disini hanya melakukan bergerak, berpindah posisi dari lokasi satu ke lokasi

lainnya. Untuk menerapkan proses pemantauan, keberadaan HT selalu diawasi oleh CN. Jika HT berada pada jarak yang jauh, CN tidak mampu untuk menjangkau dan tidak dapat mengidentifikasinya. Kamera sendiri memiliki batasan penglihatan yang mampu dijangkaunya. Sehingga, CN selanjutnya atau CN target akan dipilih untuk melanjutkan proses pemantauan dari sudut pandang yang berbeda. Pemilihan CN target akan ditentukan oleh CNSC berdasarkan parameter tertentu. Keputusan yang akan diambil oleh CNSC akan berpengaruh dalam proses pemantauan HT. Perpindahan proses pemantauan ini mengakibatkan HT dipindah-tanggalkan ke CN lainnya. Agar skema *handover* ini bekerja, CN dan CNSC saling terhubung dengan suatu jaringan nirkabel agar parameter pendukung dapat dikirim ke CNSC dan dikembalikan ke CN target untuk melakukan pemantauan. Gambar 1 merupakan komunikasi antar CN dengan CNSC dimana seluruh CN terhubung dengan CNSC melalui *Wireless Local Area Network* (WLAN) yang tersedia pada ruang observasi.



Gambar 1. Komunikasi Antar *Node* Kamera Dengan *Service Center*

2.2 Prosedur *Handover* pada Sistem Multi-Kamera

Pada sistem komunikasi seluler memiliki 3 tahapan dalam melakukan proses *handover*, yang meliputi *handover decision*, pemilihan *cell target*, dan *handover completion*. Tahap *handover decision*, *mobile user* akan menerima parameter pendukung seperti kuat sinyal untuk dilakukan proses pengambilan keputusan. Kuat sinyal menjadi dasar untuk mengetahui keberadaan *mobile user* terhadap *cell* terdekatnya. Jika sinyal melemah, maka dapat dikatakan *mobile user* berada jauh dari *cell* sebelumnya. Untuk itu, pemilihan *cell target* dilakukan untuk memilih *cell* yang akan bertanggungjawab menangani *mobile user*. *Service center* akan mempertimbangkan parameter pendukung untuk memilih *cell target* dari *cell* yang tersedia. Setelah ditentukan, *cell target* akan melanjutkan proses komunikasi dengan *mobile user*.

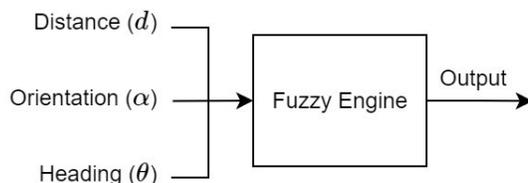
Algoritma 1 : Interaksi antar entitas pada skema handover

1. **Inisialisasi:** Hubungkan seluruh CN dengan CNSC.
2. **For** $i = 1$ to Jumlah CN
3. **Aktifasi:** CN (i) diaktifkan oleh CNSC
4. CN (i) melakukan proses pemantauan HT.
5. Kirim posisi HT ke CNSC
6. **IF** HT tidak terdeteksi CN (i)
7. CN (i) mengirim informasi null posisi ke CNSC
8. CNSC menjalankan algoritma pengambilan keputusan handover.
9. CN (i) = Non Aktif
10. CN (i) \rightarrow CN (i+1)
11. **ELSE**
12. CN (i) = Aktif
13. **END**

Pada skema *handover* ini menerapkan 3 tahapan juga, yakni *initial handover*, *CN selection*, dan *handover execution*. Proses pemantauan HT dimulai saat CN melakukan identifikasi HT melalui kamera dan diukur posisinya terhadap CN. Dalam proses mengukur posisi HT, CN akan mengirimkan posisi ke CNSC untuk dilakukan proses pengambilan keputusan. Jika dinyatakan bahwa HT berada diluar jangkauan CN, CNSC akan menyerahkan CN target untuk melanjutkan proses pemantauan. Algoritma 1 merupakan alur lengkap mengenai cara kerja skema *handover* ini bekerja. Terdapat tiga parameter yang digunakan sebagai masukan pada sistem pengambilan keputusan pada tahap *initial handover*, yakni jarak, orientasi, dan arah gerak HT. Ketiga parameter ini diproses untuk menentukan CN target. Tahap *CN selection* ini bekerja dengan menentukan CN target berdasarkan parameter tersebut menggunakan logika *fuzzy*. Jika keluaran dari logika *fuzzy* menyatakan bahwa tidak perlu melakukan *handover*, maka CN sebelumnya tetap melanjutkan proses pemantauan. Jika dinyatakan perlu melakukan *handover*, maka tahap *handover execution* berjalan dimana CNSC akan mengaktifkan CN target sehingga proses pemantauan dapat berlanjut secara sekuensial.

2.3 Pengambilan Keputusan *Handover* Berbasis *Fuzzy Logic*

Lotfi A. Zadeh (Bai & Wang, 2006) (Jang, Sun, & Mizutani, 1997) memperkenalkan logika *fuzzy* untuk mengatasi permasalahan dengan pernyataan yang tidak sepenuhnya benar atau salah. Logika *fuzzy* dapat menghasilkan pernyataan kabur diantara sebuah pernyataan yang valid sehingga mampu mengontrol sebuah kondisi tertentu. Pada komunikasi seluler, logika *fuzzy* sering digunakan untuk memutuskan sebuah kondisi dalam suatu sistem *handover* dalam pengambilan keputusan. Dengan *Multiple Attribute Decision Making* (MADM) menggunakan logika *fuzzy* berguna untuk mengambil sebuah keputusan yang tepat dan berjalan secara realtime. Terdapat beberapa jenis sistem inferensi pada logika *fuzzy* seperti Mamdani, Sugeno-Tsukamoto, tetapi dalam skema ini menerapkan metode Sugeno-Tsukamoto (Naeem, Ngah, & Hashim, 2018) untuk menghasilkan kemungkinan *handover* yang akan dijalankan sistem.



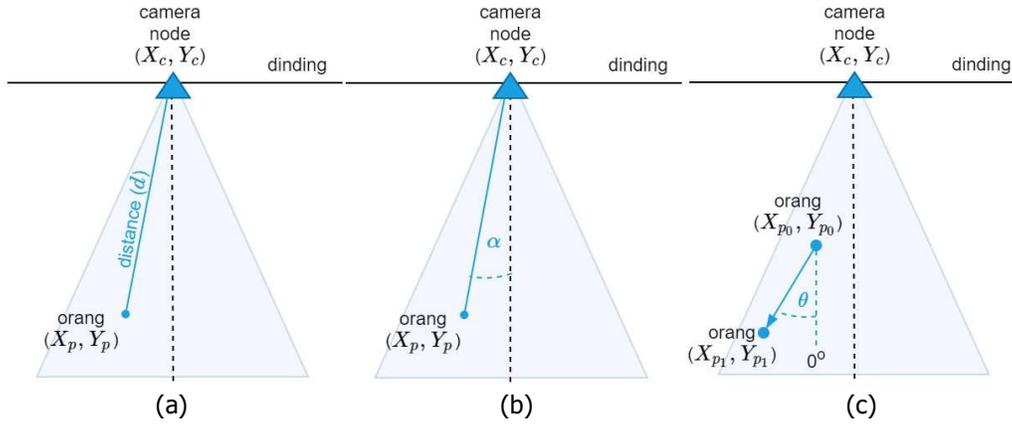
Gambar 2. Mesin *Fuzzy* pada Pengambilan Keputusan *Handover*

Gambar 2 menunjukkan blok diagram sistem pengambilan keputusan menggunakan logika *fuzzy*. Dalam skema *handover* ini terdapat 3 parameter yang akan menjadi input dalam mesin *fuzzy*, 1) jarak antara HT dengan CN (d), 2) orientasi HT terhadap CN (α), dan 3) arah hadap HT terhadap perpindahan waktu (θ). Keluaran dari mesin *fuzzy* (*output*) berupa probabilitas *handover* dari CN target. Ketiga parameter input akan mempengaruhi hasil keluaran dimana berfungsi untuk menentukan CN target yang akan aktif menangani HT.

2.3.1 Variabel masukan pada mesin *fuzzy*

Ketiga parameter masukan pada mesin *fuzzy* berupa data skalar dengan variasi rentang nilai yang berbeda-beda. Untuk mengetahui probabilitas *handover* dari CN target, ketiga parameter harus dikelompokkan dan diubah menjadi nilai linguistik untuk setiap nilai terukur dari parameter masukan. Perubahan nilai skalar menjadi nilai linguistik disebut proses fuzzifikasi.

Parameter pertama adalah *distance* (d), maksudnya adalah jarak antara titik HT berdiri terhadap titik CN, ilustrasinya ditampilkan pada Gambar 3(a). Nilai *distance* ini diberikan oleh Persamaan (1).



Gambar 3. Analogi Cara Mengambil Data (a) *Distance* dan (b) *Orientation* antara HT dengan CN serta Data (c) *Heading* terhadap Perubahan Waktu

$$d = \sqrt{(X_p - X_c)^2 + (Y_p - Y_c)^2} \quad (1)$$

Dimana d adalah jarak antara HT dan CN dalam satuan meter, lalu (X_c, Y_c) merupakan titik koordinat CN terhadap ruang observasi, sedangkan (X_p, Y_p) adalah estimasi koordinat HT terhadap bidang cakupan kamera. Selanjutnya adalah *orientation* (α) yang menunjukkan keberadaan orientasi HT terhadap CN. Gambar 3(b) menunjukkan ilustrasi pengambilan parameter *orientation*. Nilai *orientation* dapat dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{X_p - X_c}{Y_p - Y_c} \right) \quad (2)$$

Dimana α merupakan orientasi HT terhadap CN dalam satuan derajat. Parameter terakhir adalah *heading* (θ) yang menunjukkan arah gerak HT terhadap perubahan waktu (Δt). Gambar 3(c) menunjukkan ilustrasi pengambilan parameter *heading*. Nilai *heading* ini diberikan oleh Persamaan (3) dan (4).

$$\theta_T = \tan^{-1} \left(\frac{X_{p1} - X_{p0}}{Y_{p1} - Y_{p0}} \right) \quad (3)$$

$$\theta = \theta_T + K \quad (4)$$

Dimana θ_T adalah arah gerak HT sementara terhadap perubahan waktu dalam satuan derajat, lalu (X_{p0}, Y_{p0}) adalah posisi HT pada gambar saat ini, sedangkan untuk (X_{p1}, Y_{p1}) adalah posisi HT pada gambar berikutnya. Kemudian K merupakan konstanta yang berubah-ubah bergantung pada keberadaan nilai θ_T di dalam kuadran dan θ adalah nilai *heading* akhir terhadap perubahan waktu dalam satuan derajat.

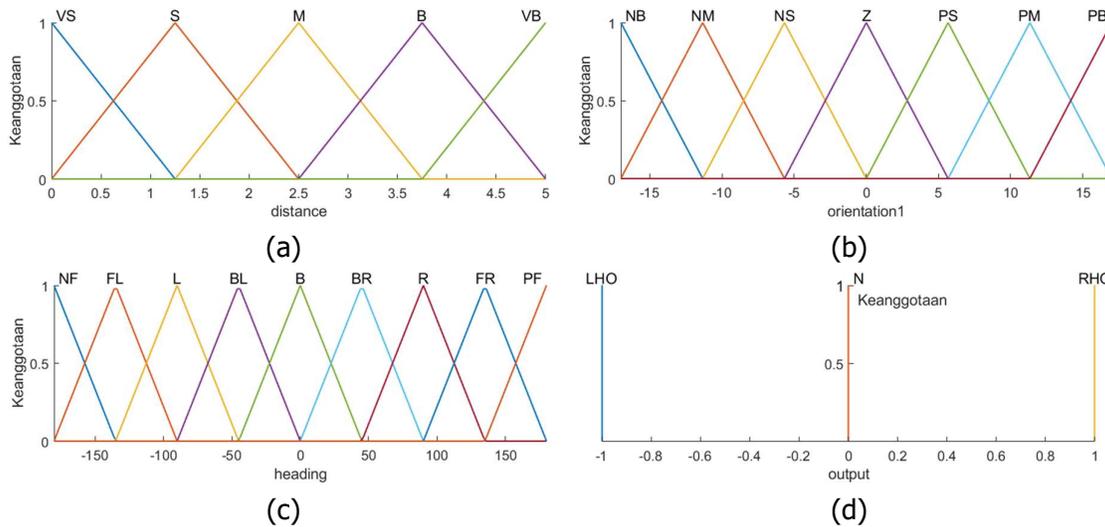
2.3.2 Struktur fungsi keanggotaan

Fungsi keanggotaan dalam metode *fuzzy* menunjukkan kurva pemetaan titik-titik masukan data kedalam nilai keanggotaan yang memiliki nilai antara 0 hingga 1. Pada skema ini memakai fungsi keanggotaan *triangular* untuk melakukan proses blok fuzzifikasi.

Parameter masukan *distance* dipartisi dalam semesta wacana antara [0m-5m] menjadi 5 fungsi keanggotaan *triangular*: *very small* (VS), *small* (S), *medium* (M), *big* (B) dan *very big* (VB).

Parameter *orientation* dipartisi dalam semesta wacana antara $[0^{\circ}-17^{\circ}]$ menjadi 7 fungsi keanggotaan *triangular*: *negative big* (NB), *negative medium* (NM), *negative small* (NS), *zero* (Z), *positive small* (PS), *positive medium* (PM), dan *positive big* (PB).

Untuk parameter *heading* dibagi dalam semesta wacana antara $[-180^{\circ}-180^{\circ}]$ menjadi 9 fungsi keanggotaan *triangular*: *negative front* (NF), *front left* (FL), *left* (L), *back left* (BL), *back* (B), *back right* (BR), *right* (R), *front right* (FR), dan *positive front* (PF). Seluruh ilustrasi fungsi keanggotaan masukan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Masukan untuk Parameter (a) Distance, (b) Orientation, (c) Heading serta (d) Output

Semesta wacana pada tiap parameter disesuaikan pada hasil estimasi dari sistem pemantauan serta dilakukan *trial* dan *error*. Selain itu penggunaan kamera juga mempengaruhi nilai semesta wacana sebab *field of view* (FoV) menjadi batasan penglihatan kamera.

2.3.3 Struktur aturan fuzzy

Berdasarkan fungsi keanggotaan, parameter input *distance* memiliki 5, *orientation* memiliki 7, dan *heading* memiliki 9 keanggotaan. Karenanya, mesin *fuzzy* memiliki 315 kombinasi aturan. Secara garis besar kombinasi aturan memiliki 3 tipe keluaran, yakni *none* (N), *left handoff* (LHO), dan *right handoff* (RHO). Tipe *none* memiliki makna bahwa HT tidak akan dilakukan *handover* karena HT masih berada pada jangkauan CN saat ini. Untuk tipe LHO bermakna HT akan diteruskan ke CN target sebelah kiri dari CN saat ini. Kondisi ini terjadi karena HT bergerak ke arah kiri membelakangi kamera. Jika HT bergerak sebaliknya (ke kanan) maka tergolong tipe RHO.

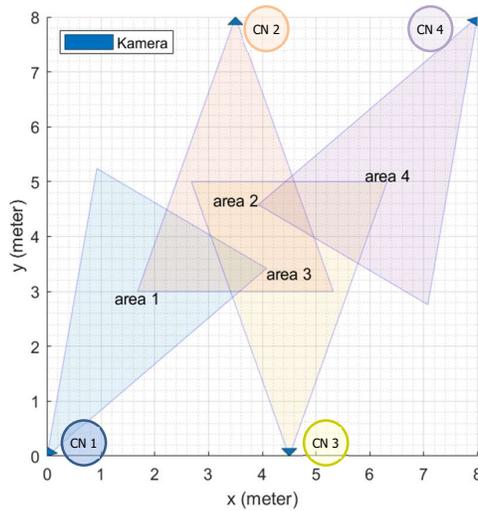
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Skenario simulasi pada skema *handover*

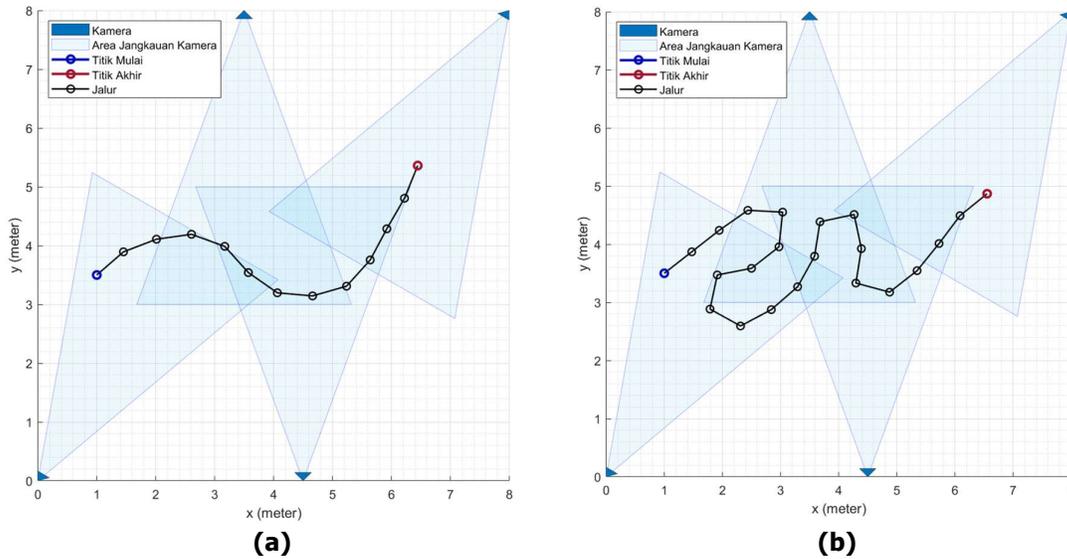
Dalam menganalisa skema *handover* ini dilakukan sebuah simulasi dimana HT bergerak pada area observasi dengan tersedianya kamera pada sudut ruangan. Simulasi ini ditanamkan pada bahasa pemrograman C++ untuk menghasilkan kinerja skema *handover*. Pada simulasinya dibuat sebuah area observasi dengan luasan ruang 8x8 meter persegi, ditunjukkan pada Gambar 5. Penempatan *node* kamera diletakkan pada sisi dan sudut ruangan dimana ditampilkan dengan segitiga biru, dan area jangkauan kamera ditunjukkan dengan segitiga berwarna transparan. Jumlah *node* kamera yang digunakan adalah empat buah, dan diletakkan

secara tersebar untuk memudahkan HT bergerak dan dijangkau oleh *node* kamera yang dilaluinya.

Dalam simulasi ini, HT akan bergerak mula-mula dari titik start ke titik akhir. Terdapat 2 jenis lintasan yang dilalui HT untuk mencapai titik terakhir. Lintasan pertama HT akan bergerak dari area 1 menuju ke area 4 melalui area 2 dan 3. HT tetap bergerak menuju area 4 tanpa adanya kembali lagi ke area sebelumnya, sehingga area yang dilalui HT dari area 1-2-3-4. Kondisi ini mengakibatkan perubahan area yang dilaluinya sejumlah 3 area. Lintasan kedua HT akan bergerak dari area 1 menuju ke area 4 tetapi pergerakannya berputar-putar, sehingga HT bergerak kembali ke area sebelumnya. Pada lintasan kedua, HT melalui beberapa area, yakni area 1-2-1-2-3-4. Berdasarkan area yang dilalui HT pada lintasan kedua, jumlah perubahan areanya adalah 5 area. Secara jelasnya, Gambar 6 (a) untuk pergerakan lintasan pertama, sedangkan (b) untuk lintasan kedua.



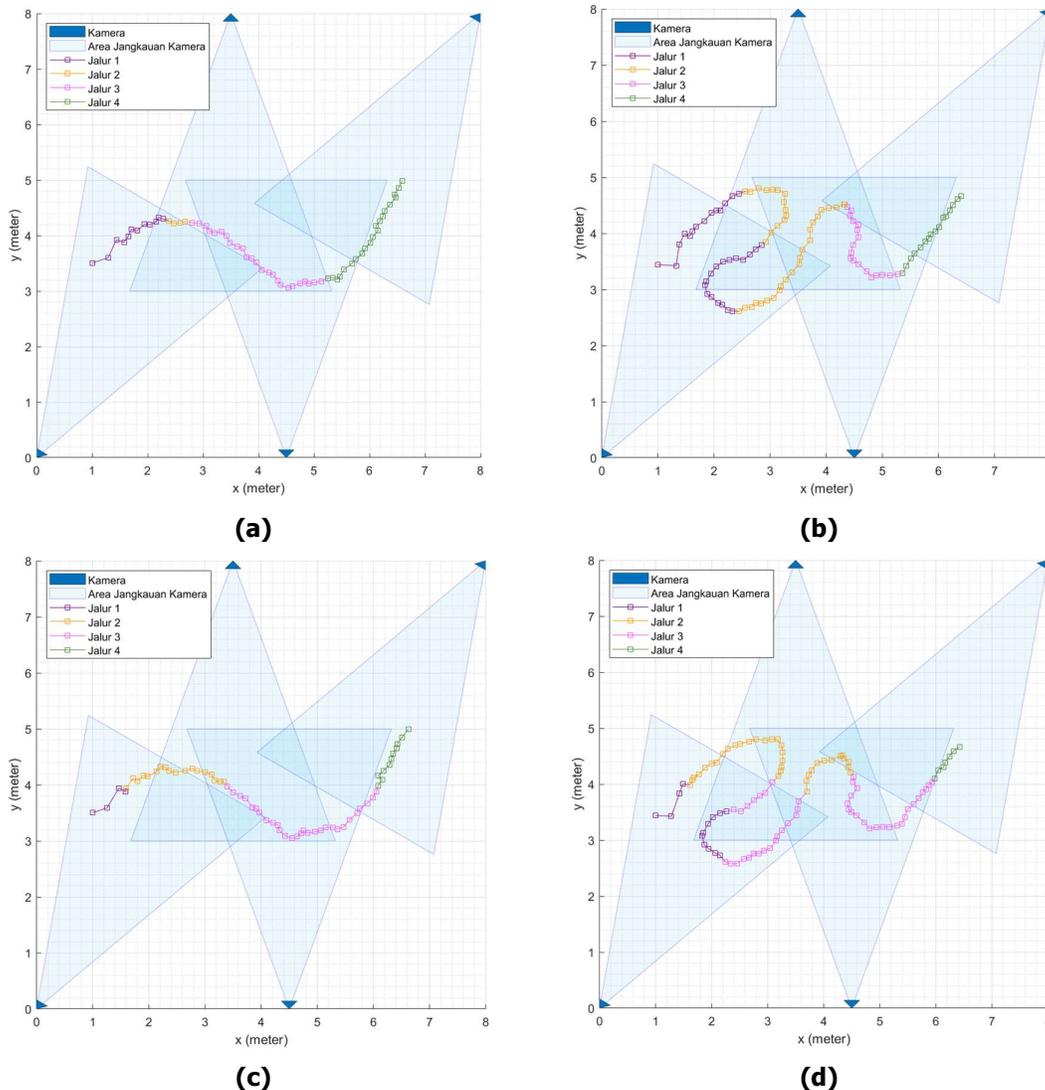
Gambar 5. Kondisi Ruang Observasi dengan Luasan 8x8 Meter Persegi



Gambar 6. Lintasan yang dilalui HT pada Area Observasi, dimana (a) HT Bergerak tanpa Kembali ke Area Sebelumnya, dan (b) HT Kembali ke Area Sebelumnya

3.2 Analisa Skema *Handover*

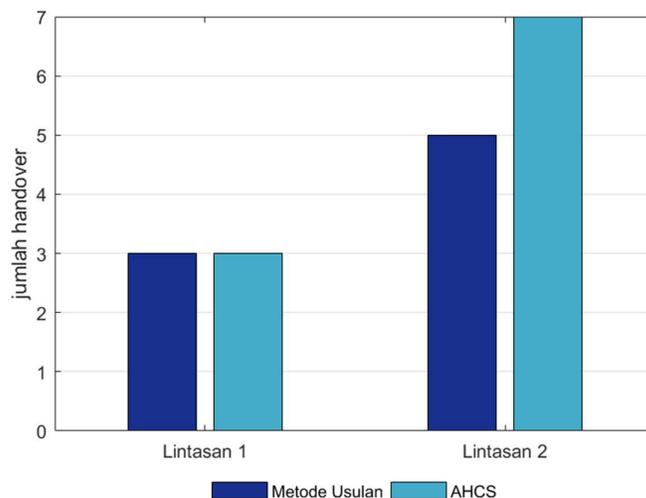
Pengambilan keputusan dalam skema *handover* ditentukan berdasarkan parameter yang digunakan. Jika kombinasi parameter tersebut menghasilkan kondisi pernyataan "*handover*", maka proses penanganan HT akan diserahkan ke CN lain. Kombinasi parameter dipengaruhi oleh perubahan posisi HT yang bergerak melintasi area observasi. Untuk menguji kinerja metode usulan, kami akan membandingkan metode lain dengan nama *Active Handover Control Scheme* (AHCS) (Lin, Hwang, & Huan, 2012), dimana kamera target ditentukan dengan jarak antara HT dengan kamera selanjutnya. Tiap metode akan menjalankan kedua lintasan yang telah disediakan (dapat dilihat pada Gambar 6).



Gambar 7. Hasil Skema *Handover* HT yang ditangani oleh Tiap CN, dimana (a) dan (b) Menerapkan Metode Usulan pada Kedua Lintasan, sedangkan (c) dan (d) Menerapkan AHCS pada Kedua Lintasan

Setelah skema *handover* diterapkan pada kedua jalur, hasil *handover* HT ditunjukkan pada Gambar 7. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, HT mulai bergerak dari area 1 menuju ke area 4. Pada hasil *handover* HT ditampilkan jalur dengan warna yang berbeda-beda. Warna tersebut merepresentasikan penanganan HT terhadap CN yang bersangkutan. Warna coklat

(jalur 1) menunjukkan HT berada pada penanganan CN 1, warna kuning (jalur 2) ditangani oleh CN2, warna merah muda (jalur 3) untuk CN 3 dan CN 4 menagani HT yang berada pada titik berwarna hijau (jalur 4). Maksud dari perubahan warna tersebut supaya mengetahui perubahan penanganan HT terhadap CN yang terkait serta berapa kali perubahan *handover* dilakukan dalam satu lintasan.

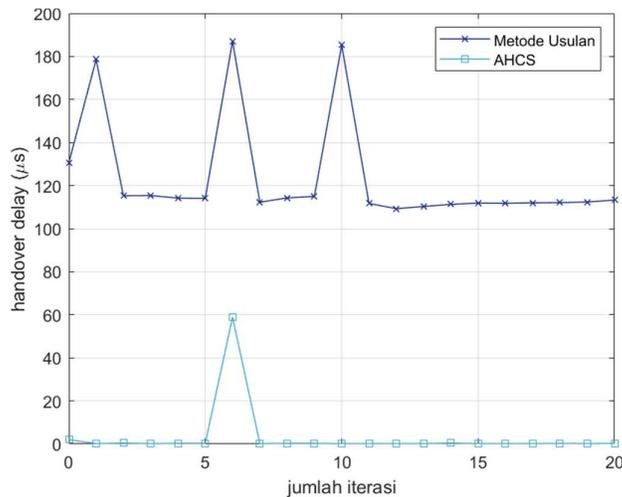


Gambar 8. Jumlah *Handover* terhadap Keseluruhan Skenario

Salah satu metrik kinerja dalam sistem *handover* untuk mengukur pencapaian sebuah metode adalah jumlah *handover* (*number of handover*). Metrik ini mengukur total sebuah sistem menjalankan proses *handover* pada suatu lintasan. Jika dalam sebuah skema *handover*, proses *handover* dalam jumlah besar sangat tidak disarankan karena dapat menyebabkan pemborosan sumber daya jaringan. Dengan meminimalkan proses tersebut mampu mempertimbangkan beban *handover* dari suatu jaringan yang terhubung. Pada Gambar 8 memperlihatkan total *number of handover* pada tiap metode di setiap skenario pengujian. Berdasarkan lintasan yang disusun, pada lintasan pertama HT berjalan dari area 1 menuju area 4 dengan berpindah area sebanyak tiga kali, dari area 1 ke area 2, dilanjutkan dengan area 2 ke area 3, dan terakhir area 3 ke area 4. Menurut hasil yang didapat, metode usulan dan AHCS mampu mengatasi perpindahan HT dengan benar, dimana keduanya menghasilkan nilai yang sama yaitu tiga kali. Namun, pada lintasan kedua didapatkan nilai yang berbeda. Menurut perubahan gerak HT, pada lintasan kedua berpindah area sebanyak lima kali. Hal ini ditunjukkan dengan perubahan area dari area 1 ke area 2, lalu HT kembali ke area 1, berlanjut ke area 2, ke area 3 dan terakhir ke area 4. Metode usulan mampu menangani perpindahan HT melintasi beberapa *node* kamera. Daripada AHCS, metode usulan lebih unggul 20% dalam mengatasi transisi HT dari area 1 ke area 4. Pengambilan keputusan pada metode usulan mampu mengurangi jumlah *number of handover*.

Dalam menentukan keputusan *handover*, sistem ini memerlukan perhitungan yang sistematis untuk mendapatkan keluaran yang tepat. Jika komputasi dalam pengambilan keputusan memakan waktu yang lama maka penanganan HT juga akan terlambat. *Handover delay* merupakan salah satu metrik kinerja untuk melihat waktu komputasi tiap metode dalam melakukan prosesnya. Metrik ini akan mulai dijalankan saat inisialisasi parameter didapatkan dan berhenti saat pengambilan keputusan *handover* didapatkan. Metrik *handover delay* dikatakan baik saat waktu komputasi dalam menentukan keputusan *handover* lebih cepat. Gambar 9 menunjukkan grafik *handover delay* terhadap perubahan iterasi pada tiap metode. Berdasarkan hasil tersebut, metode usulan memiliki nilai rerata *delay* sebesar 123.72 μ s, sedangkan AHCS memiliki nilai 3.12 μ s. Proses komputasi pada metode usulan lebih lama dibandingkan dengan dengan proses AHCS. Hal ini terjadi dikarenakan metode usulan memiliki

aturan sebanyak 315 aturan dengan 3 parameter input. Dengan kondisi tersebut perlu adanya pencocokan aturan serta komputasi matematis yang banyak sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama. Berbeda dengan AHCS yang hanya mengandalkan jarak minimum tiap CN terdekat yang mengakibatkan komputasi lebih cepat.



Gambar 9. Handover Delay terhadap Perubahan Iterasi

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, kami mengenalkan sebuah skema *handover* pada sistem multi-kamera untuk keperluan pemantauan orang. Skema *handover* ini mengadopsi prinsip *handover* pada sistem komunikasi seluler dengan menerapkan *Multiple Attribute Decision Making* (MADM). Sistem MADM menggunakan logika *fuzzy* dengan tiga parameter yakni jarak, orientasi, dan arah gerak orang. Pengambilan keputusan berbasis logika *fuzzy* dalam skema *handover* disajikan untuk menentukan kamera mana yang akan menangani pemantauan target. Untuk tujuan perbandingan dan evaluasi, kami menyiapkan kondisi ruangan dimana memiliki area tumpang tindih antar kamera. Secara simulasi, skema *handover* dijalankan dengan dua jenis lintasan yang berbeda. Metode usulan mampu menangani target 20% lebih baik daripada menggunakan *Active Handover Control Scheme* (AHCS). Namun, dari segi waktu komputasi metode usulan kami memiliki waktu 123.72µs dan masih lebih lama dibandingkan AHCS.

Sebagai pekerjaan selanjutnya, skema *handover* ini akan diimplementasikan secara real-time dengan perangkat *node* yang memadai untuk proses pemantauan. Sebagai tambahan, metode pengambilan keputusan akan menerapkan lebih banyak parameter QoS seperti kegagalan *handover*, latensi *handover*, dll, untuk mengukur kinerja metode.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagian dari pekerjaan penelitian ini didanai oleh Penelitian Kompetensi Nasional dengan skema Penelitian Thesis Magister dari Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia dengan nomer kontrak 010/SP2H/LT/DRPM/2020.

DAFTAR RUJUKAN

- Akyildiz, I. F., Melodia, T., & Chowdhury, K. R. (2007). A survey on wireless multimedia sensor networks. *Computer Networks*, *51*(4), 921-960.
- Ardiyanto, I., & Miura, J. (2014). Partial least squares-based human upper body orientation estimation with combined detection and tracking. *Image and Vision Computing*, *32*(11), 904-915.
- Bai, Y., & Wang, D. (2006). Fundamentals of fuzzy logic control—fuzzy sets, fuzzy rules and defuzzifications. In *Advanced Fuzzy Logic Technologies in Industrial Applications* (pp. 17-36). London: Springer.
- Dewantara, B., Ardilla, F., & Thoriqy, A. (2019). Implementation of Depth-HOG based Human Upper Body Detection On A Mini PC Using A Low Cost Stereo Camera. *2019 International Conference of Artificial Intelligence and Information Technology (ICAIIIT)*. Yogyakarta, Indonesia: IEEE.
- Iguernaissi, R., Merad, D., Aziz, K., & Drap, P. (2019). People tracking in multi-camera systems: a review. *Multimedia Tools and Applications*, *78*(8), 10773-10793.
- Imanuddin, A., Kristalina, P., & Dewantara, B. (2019). A Moving Human Detection and Tracking using Combination of HOG and Color Histogram. *2019 International Electronics Symposium (IES)*.
- Jang, J., Sun, C.-T., & Mizutani, E. (1997). Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence. *IEEE Transactions on automatic control*, *42*(10), 1482-1484.
- Kuo, C.-H., Huang, C., & Nevatia, R. (2010). Inter-camera Association of Multi-target Tracks by On-Line Learned Appearance Affinity Models. *European Conference on Computer Vision* (pp. 383-396). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Lee, S., Sriram, K., Kim, K., Kim, Y., & Golmie, N. (2009). Vertical Handoff Decision Algorithms for Providing Optimized Performance in Heterogeneous Wireless Networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, *58*(2), 865-881.
- Li, S., Kim, J., Han, D., & Lee, K. (2019). A Survey of Energy-Efficient Communication Protocols with QoS Guarantees in Wireless Multimedia Sensor Networks. *Sensor*, *19*(1), 199.
- Lin, J.-L., Hwang, K.-S., & Huan, C.-Y. (2012). Active and Seamless Handover Control of Multi-Camera Systems With 1-DoF Platforms. *IEEE System Journal*, *8*(3), 769-777.
- Liu, Q., Kwong, C., Zhang, S., & Li, L. (2019). Fuzzy-TOPSIS Based Optimal Handover Decision-making Algorithm for Fifth-generation of Mobile Communications System. *Journal of Communications*, *14*(10), 945-950.

- Naeem, B., Ngah, R., & Hashim, S. (2018). Reduction in ping-pong effect in heterogeneous networks using fuzzy. *Soft Computing*, 23(1), 269-283.
- Subramani, M., & Kumaravelu, V. B. (2019). A Quality-Aware Fuzzy-Logic-Based Vertical Handover Decision Algorithm for Device-to-Device Communication. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44(3), 2413-2425.
- Sun, M., & Qian, H. (2016). Handover Management Scheme in SDN-based Wireless LAN. *Journal of Communications*, 11(3), 282-289.
- Tillapart, P., Thumthawatworn, T., Viriyaphol, P., & Santiprabhob, P. (2015). Intelligent handover decision based on fuzzy logic for heterogeneous wireless networks. *2015 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*. Hua Hin, Thailand.