

PERANCANGAN KONTROL ZOOM PADA KAMERA PTZ UNTUK APLIKASI OBJECT TRACKING

Ahmad Fahriannur^{1*)}, Rakhmad Gusta Putra² dan Dedy Eko Rahmanto³

^{1,3}Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember, Jember, Indonesia

²Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Madiun, Madiun, Indonesia

^{*)}E-mail: ahmad_fahriannur@polije.ac.id

Abstrak

Pengembangan penggunaan kamera PTZ masih terfokus pada *tracking* posisi obyek dan kalibrasi kamera. Kamera akan melakukan bergerak mengikuti posisi pergerakan obyek. Namun ketika obyek bergerak menjauhi kamera, ukuran akan mengecil dan akan sulit terdeteksi oleh kamera. Sehingga diperlukan perbesaran obyek (*zoom*) untuk membesar ukuran obyek. Penggunaan fitur zoom pada kamera PTZ saat ini masih dilakukan secara manual oleh *user*. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem kontrol ukuran objek dengan memanfaatkan fitur zoom pada kamera PTZ. Ukuran benda dikendalikan secara otomatis menggunakan modifikasi sistem kontrol proporsional dengan mempertimbangkan nilai K_p dan toleransi dalam bentuk persamaan linier. Sehingga, objek tetap terlihat jelas meskipun bergerak terlalu jauh atau terlalu dekat dengan kamera. Pengguna memilih objek menggunakan mouse dan menentukan ukuran objek yang diinginkan. Kombinasi algoritma optical flow dan deteksi tepi digunakan untuk memilih dan mendeteksi ukuran objek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat mengontrol ukuran objek dengan waktu respon kurang dari 1.1 detik.

Kata kunci: obyek, kontrol, zoom, kamera PTZ

Abstract

PTZ camera application development is still focused on object position tracking and camera calibration. The camera will move to follow the position of the object movement. However, when the object moves away from the camera, the size will be smaller and it will be difficult to be detected by the camera. So that it is necessary to enlarge the object (zoom) to increase the size of the object. The use of the zoom feature on PTZ cameras is still done manually by the user. This study aims to build an object size control system by utilizing the zoom feature on PTZ camera. The size of the object is controlled automatically using modified proportional controller by considering the value of K_p and tolerances by linear equations. That the object remains visible even when it moves far away or too close to the camera. User select the object using mouse and determined the desired object size. Combinations of optical flow and edge detection algorithms are used to select and detect the size of the object. The results show that the system is able to control the size of the object with a response time less than 1.1 seconds.

Keywords: object, control, zoom, PTZ camera

1. Pendahuluan

Kamera PTZ (Pan-Tilt-Zoom) merupakan kamera yang dapat bergerak secara horizontal (pan) dan vertikal (tilt), serta dapat melakukan perbesaran atau pengecilan obyek (zoom). Kamera ini umumnya diterapkan sebagai pengawasan ruangan (video surveillance) dan security camera dalam suatu gedung atau area terbuka. Telah banyak penelitian dibidang *tracking* obyek yang memanfaatkan kamera PTZ [1][2] karena memiliki jangkauan lebih luas untuk melakukan deteksi dan tracking posisi obyek bergerak. Seperti penelitian yang dilakukan oleh YooSo Jeong, dkk, [3] menerapkan kamera PTZ untuk mendeteksi secara dini kerusakan pada bangunan gedung. Kamera ini difungsikan sebagai sensor untuk mengukur distorsi bangunan secara perspektif pada lokasi yang sulit

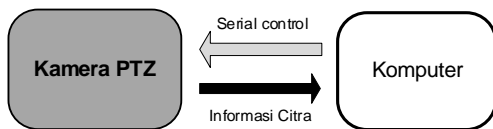
dijangkau oleh manusia dengan memanfaatkan fitur pergerakan pan-tilt-zoom pada kamera. Namun, penggunaan fitur zoom pada kamera masih dilakukan secara manual. Pei Sunig kale, dkk, [4] menggunakan fitur pan-tilt pada kamera PTZ untuk *tracking* posisi obyek. Kamera dapat mendeteksi salah satu obyek meskipun obyek berada pada posisi keramaian menggunakan algoritma ASIFT. Gi-Mun Um [5], menggunakan multiple kamera PTZ yang ditempatkan di lapangan basket sebagai video surveillance untuk memonitor dan tracking salah satu obyek yang dipilih.

Pengembangan penggunaan kamera PTZ masih terfokus pada *tracking* posisi obyek dan kalibrasi kamera. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dibangun sistem kontrol ukuran obyek dengan memanfaatkan fitur *zoom* pada

camera yang bertujuan untuk memperjelas obyek ketika obyek bergerak semakin menjauhi kamera. Perancangan mekanisme zoom pada kamera PTZ dibangun dengan komputasi sederhana tanpa memperhitungkan parameter instrinsik [6][7] dan ekstrinsik kamera [8], sehingga mempercepat respon kamera. Selain itu, sistem ini dapat secara bebas memilih salah satu obyek yang akan di tracking menggunakan perangkat *mouse* computer.

2. Metode

Sistem yang dibangun adalah sistem *tracking* ukuran obyek menggunakan kamera PTZ yang memiliki fitur dapat bergerak secara Horizontal (Pan) dan vertikal (Tilt) serta kamera ini juga dapat melakukan perbesaran (zoom). Kamera PTZ mengirimkan informasi *image* hasil *capture* obyek ke komputer. Kemudian dilakukan ekstraksi fitur menggunakan library OpenCV [9] dan mengirimkan perintah kontrol perbesaran obyek ke kamera seperti yang ditunjukkan dalam blok diagram pada gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Alat

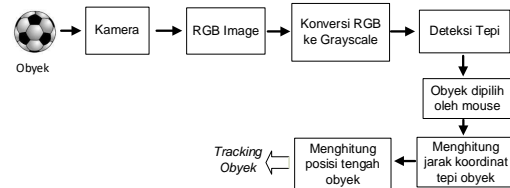
2.1. Perancangan Ekstraksi Fitur Obyek

Kamera capture obyek menghasilkan image dengan jenis warna RGB. Jenis warna image di ubah ke jenis warna Grayscale untuk mendeteksi daerah tepi-tepi obyek dengan algoritma *canny* [10][11]. Selanjutnya, *user* memilih 2 titik koordinat tepi-tepi obyek yaitu (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) menggunakan algoritma optical flow [12-14]. Optical flow adalah algoritma *tracking* obyek yang bekerja dengan cara mendeteksi arah pergerakan obyek yang memiliki karakteristik [15] yaitu

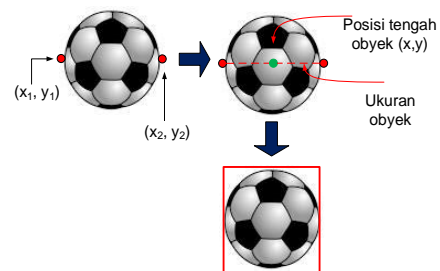
- *Brightness Constancy* : Tingkat kecerahan pada obyek yang akan di *track* harus sama atau mendekati sama dari *frame* pertama dan *frame* kedua.
- *Temporal Persistence* : Obyek yang dideteksi harus bergerak secara perlahan.
- *Spatial Coherence* : Obyek yang dideteksi harus mempunyai permukaan yang tidak datar dibandingkan *background* nya.

Berdasarkan koordinat (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) yang telah ditentukan, dapat dihitung jarak (D) antara 2 koordinat menggunakan Euclidean Distance [12][16]-[18] seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 1 dan gambar 4, sehingga dapat dikatakan bahwa jarak tersebut adalah ukuran obyek saat itu. Blok diagram alur ekstraksi fitur dan simulasi pemilihan obyek secara berturut-turut ditunjukkan dalam gambar 2 dan gambar 3. Pada gambar 3 terlihat bahwa tepi yang dimaksud adalah tepi obyek secara

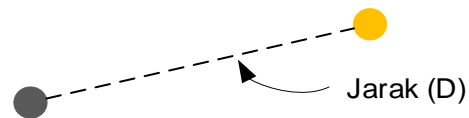
horizontal. *User* memilih 2 koordinat menggunakan *mouse* dan akan tampil informasi ukuran obyek



Gambar 2. Blok diagram alur ekstraksi fitur obyek

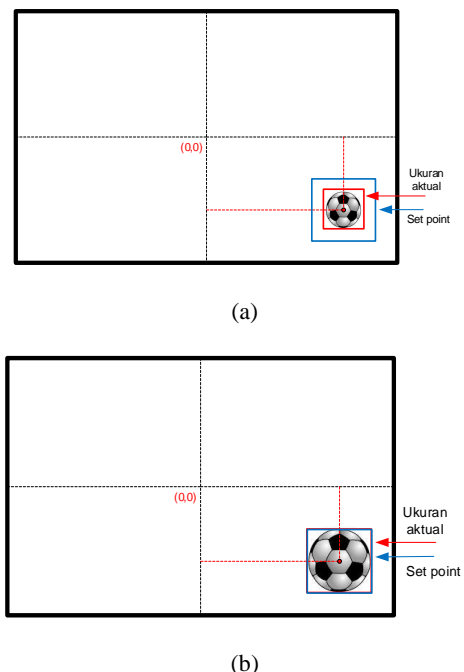


Gambar 3. Ilustrasi Tahap Deteksi Obyek



Gambar 4. Perhitungan Jarak Koordinat

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$



Gambar 5. (a) ukuran aktual obyek
 (b) ukuran obyek setelah zoom in

Frame hasil capture object berukuran 640 x 480 piksel. Koordinat (0,0) terletak pada pojok kiri atas dan koordinat (640,480) pada pojok kanan bawah. Kemudian dilakukan normalisasi dengan cara membagi frame menjadi 4 bagian dimana koordinat (0,0) berada pada titik tengah obyek.

Setelah dilakukan pemilihan obyek, akan tampil visualisasi square berwarna merah yang merepresentasikan ukuran obyek aktual dan kotak berwarna biru menampilkan ukuran yang diinginkan (set point) seperti yang ditunjukkan dalam gambar 5(a). Kemudian kamera akan melakukan *zoom in* sampai ukuran obyek sama dengan nilai set point seperti yang ditunjukkan dalam gambar 5(b). Sub-bagian dibuat dengan jenjang penomoran arabik.

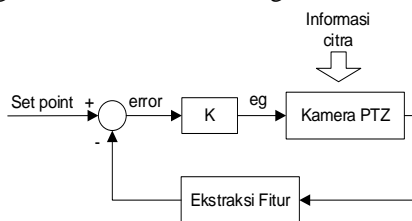
2.2. Perancangan sistem kontrol zoom

Kontrol proporsional memiliki keluaran sebanding dengan besarnya sinyal kesalahan (*error*). Nilai *error* diperoleh dari selisih antara *set point* dengan *actual size object* seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 2[17][18]. Kemudian untuk persamaan 3, terdapat variabel K yang dicari dengan cara *trial and error* sampai dihasilkan performansi yang optimal.

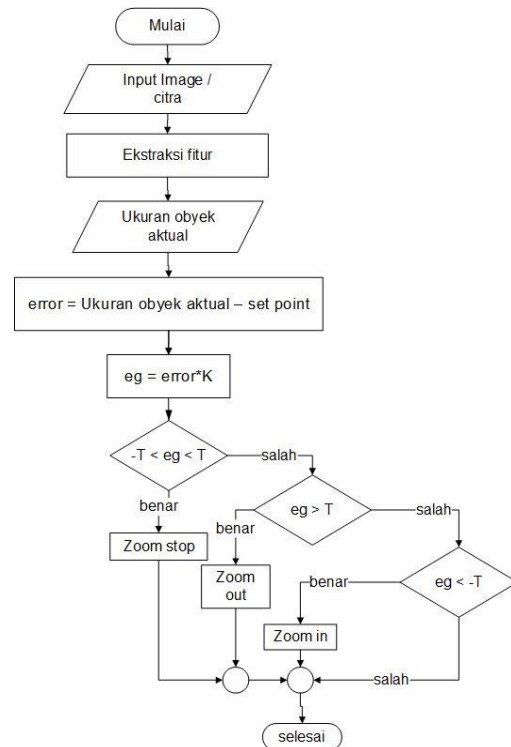
$$\text{error} = \text{set point} - \text{actul size object} \quad (2)$$

$$\text{eg} = K \cdot \text{error} \quad (3)$$

Penelitian ini mengembangkan konsep sistem kontrol proporsional untuk pengendalian mekanisme zoom pada kamera, dengan menambahkan persamaan linier sebagai penentuan nilai konstanta (K) dan toleransi (T). *User* menentukan Set point ukuran obyek yang diinginkan dalam satuan pixel. Kamera PTZ menerima informasi image dan dilakukan ekstraksi fitur sehingga diperoleh ukuran aktual obyek yang dideteksi. Selisih antara set point dan actual size object menghasilkan *error* yang menjadi masukan untuk controller. Pada blok diagram yang ditunjukkan dalam gambar 6, ditunjukkan bahwa jika error bernilai nol, maka aksi kamera PTZ akan berhenti. Controller (C) dirancang berdasarkan dengan variabel K dan T menggunakan aturan *if then*. T adalah variabel untuk menentukan kapan kamera melakukan *zoom in*, *zoom out*, dan *stop* seperti yang ditunjukkan dalam *flowchart* gambar 7. Selisih actual size object dengan set point menghasilkan error yang kemudian dikalikan dengan K.



Gambar 6. Blok Diagram Sistem Kontrol Zoom



Gambar 7. Flowchart mekanisme zoom

3. Hasil dan Pembahasan

Table 1. Tabel Hasil Percobaan

Toleransi	Konstanta
3,5	0,1
5	0,15
7	0,2
8,5	0,25
9,5	0,3

Pada Gambar 7, nilai *error* didapatkan dari selisih antara ukuran aktual dengan *set point*. Selanjutnya *error* dikalikan dengan K (konstanta). Jika hasil perkalian tersebut masuk ke dalam rentang T (toleransi) yang ditentukan, maka proses *zoom* akan berhenti. Jika tidak, maka proses *zoom* akan terus bekerja.

Untuk menentukan nilai K dan T yang optimal, perlu dilakukan percobaan. Hasil percobaan tersebut dituliskan dalam Tabel 1.

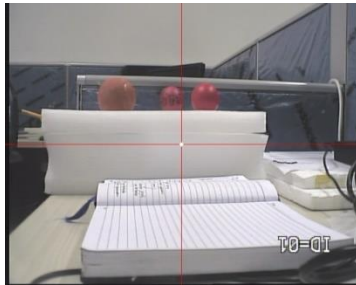
Dari tabel diatas, dapat dihasilkan suatu persamaan garis menggunakan metode Polynomial [21] [22] seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 4.

$$K = 0.0319 T - 0.0137 \quad (4)$$

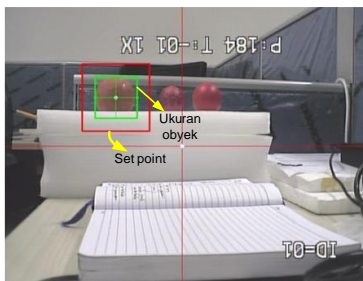
Dimana:

K= konstanta
T= toleransi

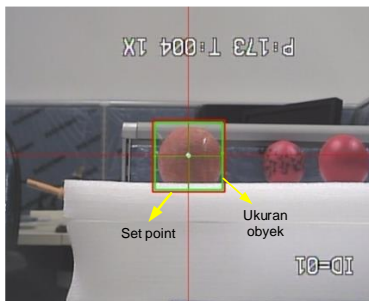
Nilai T ditentukan lebih dahulu oleh *user*. Sehingga akan diperoleh nilai K berdasarkan perhitungan pada persamaan 4.



(a)



(b)

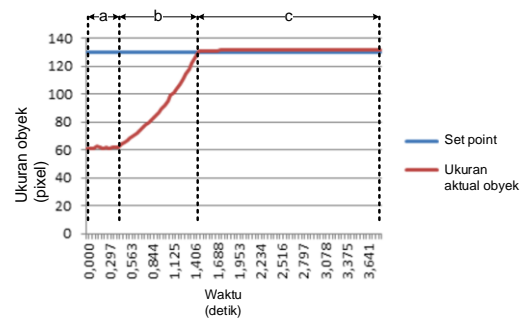


(c)

Gambar 8. Alur Keadaan Pengujian Sistem

- (a) Input citra
- (b) Memilih salah satu obyek
- (c) Obyek diletakkan ditengah kamera dan diatur perbesaran (zoom) nya

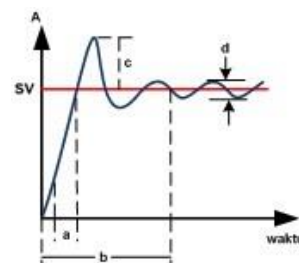
Pada pengujian yang ditunjukkan dalam gambar 8, dipilih nilai T sebesar 6 dan diperoleh nilai K sebesar 0,177 sesuai hasil perhitungan pada persamaan 4 untuk pengaturan kontrol *zoom* pada kamera. Respon waktu kontrol saat posisi obyek pada gambar 8(a) ke gambar 8(b) ditunjukkan dalam grafik gambar 9.



Gambar 9. Alur Keadaan Pengujian Sistem

Keadaan “a” dalam gambar 9, menunjukkan ukuran awal obyek yaitu 60 pixel dan kamera dalam kondisi diam. Ketika kontrol *zoom* mulai diaktifkan, kamera akan melakukan *zoom in* (keadaan “b”) sampai obyek berukuran sama atau mendekati nilai yang diinginkan / *set point* yaitu sebesar 130 pixel. Keadaan “c” menunjukkan ukuran obyek yang terlihat kamera telah berhasil mencapai *set point* dalam waktu 1,1 detik.

Untuk mengetahui seberapa baik performa sistem control yang telah dirancang, dapat dianalisis melalui 4 parameter sistem kontrol [23] yang gambarnya ditunjukkan dalam Gambar 10. Garis berwarna merah “SV” adalah *setting value* merupakan nilai yang diinginkan / target atau disebut *set point*. Garis berwarna biru adalah hasil respon sistem terhadap waktu.



Gambar 10. Contoh Respon Sistem

Keterangan a, b, c, dan d pada gambar 10 dijelaskan sebagai berikut:

- a = *Rise Time* / waktu naik : Waktu yang diperlukan system dari awal naik sampai pertama kali mencapai nilai *set point*/ *setting value*.
- b = *Settling Time* : Waktu yang diperlukan system dari awal sampai menuju kondisi *steady state*.
- c = *Maximum Overshoot* : besaran nilai lonjakan maksimal system Ketika melebihi nilai *set point*
- d = *error steady state* : besar nilai *error* system terhadap nilai *set point*.

Berdasarkan keterangan yang dijelaskan pada gambar 10, hasil pengambilan data yang ditunjukkan dalam gambar 9 dapat dianalisis sebagai berikut ditunjukkan dalam tabel 2.

Table 2. Analisis Respon Sistem

No.	Parameter Respon	Satuan	Nilai
1.	Rise Time	detik	1,08
2.	Settling Time	detik	1,1
3.	Maximum Overshoot	pixel	0
4.	error steady state	%	0,3

Nilai waktu tersebut lebih cepat dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Yooso Jeong, dkk [3]. Yooso Jeong membangun system kontrol ukuran obyek menggunakan fitur zoom pada kamera PTZ yang diperoleh dengan cara menghitung variasi jarak obyek dengan kamera terhadap ukuran obyek yang terbaca oleh kamera. Penelitian ini mampu mengontrol ukuran obyek dalam waktu 2 detik

Selanjutnya dilakukan pengujian keseluruhan dengan menggabungkan algoritma kontrol untuk zoom kamera dan hasil ekstraksi fitur deteksi object. Pengujian dilakukan terhadap obyek yang berbeda. Pengujian pertama dilakukan dengan pemilihan obyek bola yang ditunjukkan dalam Gambar 8. Pada bagian (a) terlihat terdapat 3 buah bola yang kemudian dipilih salah satu bola oleh user menggunakan perangkat mouse pada bagian gambar (b). Sehingga terdeteksi koordinat obyek dan lebar actual. Lebar actual obyek ditunjukkan oleh kotak berwarna hijau sedangkan set point lebar ditunjukkan oleh kotak berwarna merah. Sistem bekerja untuk mencapai set point yang telah ditentukan. Pada gambar bagian (c) terlihat bahwa sistem dapat mencapai set point, yaitu lebar obyek telah mendekati set point. Kamera melakukan proses zoom in sampai ukuran obyek pada kotak warna hijau mendekati ukuran yang diinginkan pada kotak warna merah.

4. Kesimpulan

Kombinasi algoritma optical flow dan edge detection berhasil mendeteksi posisi koordinat dan ukuran obyek. Obyek dipilih secara bebas oleh user selama masih terdeteksi bentuk tepi obyek. Kamera dapat melakukan kontrol zoom secara otomatis dalam respon waktu kurang dari 1,1 detik.

Referensi

- [1]. Azad, Abul KM. Mohammed Misbahuddin. "Web-Based Object Tracking Using Collaborated Camera Network". *Advanced in Internet of Things*, Vol. 8, 2018.
- [2]. D. Kim, K. Kim dan S. Park, "Automatic PTZ Camera Control Based on Deep-Q Network in Video Surveillance System," *2019 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC)*, 2019
- [3]. Yooso Jeong, Daejin Park, Kill Houm Park. "PTZ Camera-Based Displacement Sensor System With Perspektif Distortion Correction Unit for Early Detection of Building Destruction". *Sensors*, Korea. 2017.
- [4]. Sunig Kale, Ketki Patil, Poonam Satghare, Deepak Dharrao. "Real Time Object Tracking System with Automatic Pan Tilt Zoom Features for Detecting Various Objects". *International Journal of Recent Technology and Engineering*, Vol. 6, No. 6, 2018.
- [5]. Gi-Mun Um Kwang-Yong Kim Yookyung Kim Kee-Seong Cho Jeong-Hun Jang. "Multi-view video acquisition system using object tracking-based multi-PTZ camera control." *Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, International Conference on. Jeju, South Korea 2016.
- [6]. Pei An, Jie Ma, Tao Ma, Bin Fang, Kun Yu, Xiao Mao Liu, Jun Zhang. Two-Point Calibration method for a zoom camera with an approximate focal-invariant radial distortioin model. *Journal of the Optical Society of America A*, America 2021.
- [7]. K. Eckenhoff, P. Geneva, J. Bloecker and G. Huang, "Multi-Camera Visual-Inertial Navigation with Online Intrinsic and Extrinsic Calibration," *2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*
- [8]. Chenguang Ouyang, Shuai Shi, Zheng You, dan Kaichun Zao. Extrinsic Parameter Calibration Method for a Visual/Inertial Integrated System with a Predefined Mechanical Interface. *Sensors*, 2019.
- [9]. Dirgantara, Fussy Mentari. Arief Syaichu Rohman. Lenni Yulianti. "Object Distance Measurement System Using Monocular Camera on Vehicle". *Proc. EECSEI*. Bandung. 2019.
- [10]. Putri Alit Widiastuti Santuary, I Made Oka Widyantara, Rukmi Sari Hartati. "Traffic-Sign Detection Based On Saliency Map Using Canny Edge". *Journal of Electrical, Electronics and Informatics*. 2018, Indonesia.
- [11]. R. Obulakonda Reddy, K. Reddy Madhavi, V. Nagalakshmi. "Moving Object Detection & Recognition using Hybrid Canny Edge Detection Algorithm in Digital Image Processing". *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 2019.
- [12]. A. Fahriannur, R. Mardiyanto, and M. Siswanto, "Sistem Pelacakan Objek Menggunakan Kombinasi Algoritma Optical Flow dan Template Matching," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 6, no. 1, Jan. 2018.
- [13]. L. Dan, J. Dai-Hong, B. Rong, Z. Wen-Jing, Z. Wen-Jing, and W. Chao, "Moving Object Tracking Method Based on Improved Lucas-Kanade Sparse Optical Flow Algorithm," *International Smart Cities Conference (ISC2)*, 14-17 September 2017, Wuxi, China, 2017
- [14]. Wahyu Supriyatin, "Analisis Perbandingan Pelacakan Objek Menggunakan Optical Flow Dan Background Estimation Pada Kamera Bergerak". *Ilkom Jurnal Ilmiah Volume 11 Nomor 3*. Desember 2019.
- [15]. Gary Bradsky, Gary dan Adrian Kaebler. "Learning OpenCV : Computer Vision with the OpenCV Library". O'Reilly Media. Hal. 322-337. 2008.
- [16]. Jasmine Pemeena Priyadarsini, G.K. Rajini, Shaik Naseera, Balaji Subramanian, Reddy, G. Gopichand, "Automatic object recognition based on Euclidean Distance restricted auto encoder". *ARNP Journal of Engineering and Applied Science*, Vol. 14, April 2019

- [17]. Mukesh Tiwari, Rakesh Singhai, "A Review of Detection and Tracking of Object from Image and Video Sequences", *International Journal of Computational Intelligence Research*, Vol. 13. No. 5, India, 2017
- [18]. Shri Devi, Vasekar, Sanjivani K. Shah, "Moving Object Tracking Algorithm for Complex Shape and Occlusion Handling", *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 9, No. 1. Oktober 2019
- [19]. E. Maria, E Budiman, Haviluddin, M Taruk, "Measure distance locating nearest public facilities using Haversine and Euclidean Distance Methods", *Journal of Physics: Conference series* 1450, 2019.
- [20]. Tomasz Kraszewski, Grzegorz Czopik. "The Air Object Tracking in 3D Space Using Distance Measurements", *Radioelectric Systems Conference*, Vol. 11442, Poland, 2020.
- [21]. Junsoo Ha, "Smooth Polynomial Solution to a Ternary Additive Equation". *Canadian Journal of Mathematics*, Vol. 70, No. 1, Canadian 2018.
- [22]. Fleur T. Tehrani, "Solution to Polynomial Equation, A New Approach". *Scientific Research Publishing Applied Mathematics*, Vol. 11, 2020
- [23]. Salamena, Gianita Anastasia. Vicky Salamena. "Analisis Penentuan Konstanta Pengendalian PID Menggunakan Garis Singgung Metode Ziegler-Nichols I Pada Titik Koordinat Kurva Tanggapan Keluaran Plant". *Jurnal Simetrik* Vol. 10. No. 2. Indonesia. 2020