

Jurnal_Dimas+Adi+Prayoga_Sistem+Pengaturan+Orientasi+Arah+Hadap+Robot+Humanoid_Revisi1(2).pdf

WORD COUNT

3885

TIME SUBMITTED

30-MAY-2025 09:13AM

PAPER ID

116506965

Sistem Pengaturan Orientasi Arah Hadap Robot Humanoid Menggunakan *Inertial Measuring Unit* dan *Time of Flight*

1

Dimas Adi Prayoga¹, Totok Winarno², Indrazno Siradjuddin³e-mail: dimasapray9@gmail.com, totok.winarno@polinema.ac.id, indrazno@polinema.ac.id^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 2 Agustus 2023

Direvisi 19 Agustus 2023

Diterbitkan 31 Mei 2025

Kata kunci:

Robot Humanoid
Orientasi Arah Hadap
Inertial Measuring Unit
Time of Flight

Keywords:

Humanoid Robot
Directional Orientation
Inertial Measuring Unit
Time of Flight

ABSTRAK

Robot humanoid pada saat berjalan memiliki orientasi arah hadap yang tidak sesuai sehingga menghasilkan nilai *error* arah orientasi arah hadap diatas 20%. Perlu adanya kontrol sistem yang dapat meningkatkan akurasi arah hadap robot humanoid dengan menggunakan *Inertial Measuring Unit* dan *Time of Flight*. *Inertial Measuring Unit* terintegrasi dengan *imu odometry* yang memanfaatkan sistem pengukuran seperti giroskop dan akselerometer digunakan untuk memproyeksikan posisi relatif, kecepatan, dan akselerasi dari gerakan aktuator. *Time of Flight* merupakan metode yang digunakan untuk mengukur jarak robot dengan obyek untuk menghindari gangguan yang dapat membuat *error* orientasi arah hadap. Penelitian yang dilakukan bertujuan agar robot humanoid dapat berjalan sesuai dengan arah hadap yang ditentukan. Kedua masukan dalam sistem ini akan dilakukan proses kombinasi dan filterisasi dengan metode *extended kalman filter* kemudian dijadikan masukan pada proses *error* kontrol PID. Hasil keluaran kontroler PID adalah *angle move yaw* pada parameter jalan robot humanoid yang memiliki nilai *error* orientasi arah hadap dibawah 4% dibandingkan dengan pengujian yang tidak menggunakan feedback sensor dengan error hingga 28,65% dan pengujian yang hanya menggunakan *inertial measuring unit* dengan error sebesar 5%.

ABSTRACT

Humanoid robot has the wrong orientation which results in an error value above 20% when walking. For that we need a control system that can improve the accuracy of humanoid robot direction by using the *Inertial Measuring Unit* and *Time of Flight*. The *Inertial Measurement Unit* is integrated with the science of odometry which utilizes measurement systems such as gyroscopes and accelerometers to project the relative position, velocity and acceleration of actuator motion. *Time of Flight* is a method used to measure the distance between a robot and an object to avoid distractions that can cause orientation errors. The research carried out aims to make humanoid robots walk in accordance with the specified facing direction. The two inputs to this system will be combined and filtered using the extended Kalman filter method and then used as input for the PID error control process. The output of the PID controller is the angle move yaw on the walking parameter of the humanoid robot which has a facing orientation error value below 4% compared to tests that do not use feedback sensors with an error of up to 28.65% and tests that only use an *inertial measuring unit* with an error of 5%.

1

Penulis Korespondensi:

Dimas Adi Prayoga,
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65141.
Email: dimasapray9@gmail.com
Nomor HP/WA aktif: +6287781490086



1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang robotika berkembang secara cepat [1]. Robot yang sedang dikembangkan saat ini salah satunya adalah jenis robot yang didesain seperti manusia atau robot humanoid [2]. Tidak hanya bentuknya yang menyerupai manusia, namun pergerakannya juga hampir menyerupai manusia pada umumnya. Di Indonesia, ilmu robotika telah berkembang dengan ditandai adanya Kontes Robot Indonesia. Dalam Kontes Robot Indonesia, jenis robot humanoid yang dikembangkan adalah ukuran kecil yang digunakan sebagai robot sepak bola (KRSBI) dan robot seni tari (KRSTI). Robot humanoid biasanya memiliki nilai error posisi arah hadap pada saat robot melakukan gerakan seperti berjalan [3]. Parameter jalan robot humanoid memiliki 3 nilai utama yaitu *roll*, *pitch*, dan *yaw* [4]. Nilai yang diatur dari sistem pengaturan orientasi arah hadap adalah *yaw*.

Beberapa penelitian mengenai robot humanoid telah dilakukan, salah satunya adalah sistem lokalisasi robot humanoid yang menggunakan *monocular camera* yang bertujuan untuk mengatur posisi dan arah hadap robot dengan error sekecil mungkin [5]. Pada penelitian tersebut memiliki kendala untuk robot humanoid yang tidak didukung adanya sistem kamera. Sehingga perlu adanya pemanfaatan sensor lain yang telah tertanam pada robot seperti sensor *inertial measuring unit* yang mampu menghasilkan pembacaan kecepatan arah dan kecepatan sudut.

Pengaturan orientasi arah hadap pada robot humanoid berdasarkan nilai koordinat sudut adalah komponen penting pada robot humanoid [6], [7]. Sistem ini membutuhkan sensor *inertial measuring unit* sebagai masukan dari *imu odometry* [8]. Pembacaan kecepatan sudut dari *inertial measuring unit* perlu dilakukan integrasi untuk mendapatkan pembacaan posisi sudut. Sistem pengaturan orientasi arah hadap dapat dimodifikasi menggunakan sensor *time of flight* sebagai kombinasi masukan dalam membaca jarak pada objek lain seperti pengaman jalannya robot dalam menghindari dari objek tersebut [9]. Sensor dengan metode *time of flight laser sonar* dapat menghasilkan pengukuran jarak robot memiliki tingkat akurasi yang tinggi dengan nilai error jarak dibawah 15% berdasarkan jarak asli. Sensor *time of flight* dapat ditempatkan pada sisi kanan dan kiri robot. Beberapa sensor tersebut selanjutnya dapat dikombinasi dan di filterisasi data menggunakan EKF [10], [11] sehingga dapat menghasilkan variabel baru untuk mengontrol *angle move yaw* robot humanoid. Nilai yang dikirimkan menuju *angle move yaw* pada parameter jalan perlu dilakukan pengontrolan sinyal seperti PID agar memiliki respon dengan waktu dibawah 0,1s [12]. Pengujian dari penelitian ini dilakukan dengan membandingkan robot humanoid yang menggunakan kinematik yang telah tersedia dalam robot tanpa adanya sensor, menggunakan sensor IMU, dan kombinasi sensor IMU dengan TOF. Pembahasan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa bagian, di antaranya adalah bab 2 berisi tentang metode penelitian yang terdiri dari perancangan untuk mendapatkan nilai kombinasi beberapa masukan sensor pada sistem, bab 3 berisikan tentang hasil dan pembahasan dari pengujian yang dilakukan, dan bab 4 dari penelitian ini mencakup kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian serta rekomendasi untuk penelitian masa depan.

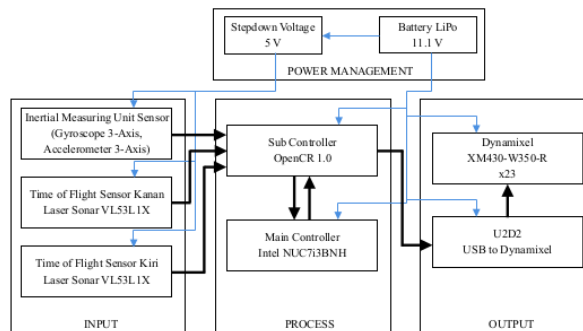
2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Blok Sistem

Gambar 1 menampilkan diagram blok sistem yang digunakan dalam penelitian ini. Diagram blok sistem ini terdiri dari 4 blok, yaitu: *input*, *process*, *output*, dan *power management*. Pada diagram blok sistem digunakan *input* sistem berupa Sensor *Inertial Measuring Unit* dan Sensor *Time of Flight*. Sensor *Inertial Measuring Unit* digunakan untuk menghasilkan nilai posisi sudut dan sensor *Time of Flight* digunakan untuk sensor jarak. Digunakan 2 buah sensor *Time of Flight* untuk mendeteksi jarak bagian sisi robot. Selanjutnya pada blok *process* terdapat *main controller* Intel NUC7i3BNH dan *sub controller* OpenCR 1.0. Intel NUC7i3BNH digunakan sebagai *main controller* untuk semua pemrosesan *input* dan *output*. Pada Intel NUC7i3BNH dilakukan komputasi untuk melakukan sistem pengaturan orientasi arah hadap. OpenCR 1.0 digunakan sebagai *sub controller* yang membantu kinerja *main controller* Intel NUC7i3BNH. *Input* yang diproses oleh OpenCR 1.0 adalah sensor IMU, sensor TOF, dan data dari aktuator. Kemudian pada *output* terdapat U2D2 dan Dynamixel XM430-W350-R. U2D2 digunakan untuk mengkonversi *interface* dari *usb* ke *serial* aktuator. Dynamixel XM430-W350-R digunakan sebagai aktuator untuk mengendalikan keluaran pada parameter jalan *yaw* bagian pinggul robot. Kemudian yang terakhir terdapat blok *Power management* untuk suplai tegangan menuju sistem menggunakan Battery LiPo 11.1 V (OpenCR 1.0, Intel



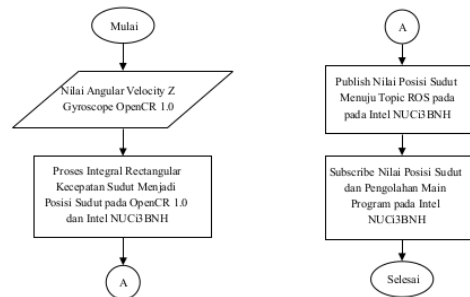
NUC7i3BNH, USB2Dynamixel, dan Dynamixel XM430-W350-R) dan Stepdown Voltage 5 V (sensor IMU dan sensor TOF).



Gambar 1: Diagram Blok Sistem Penelitian

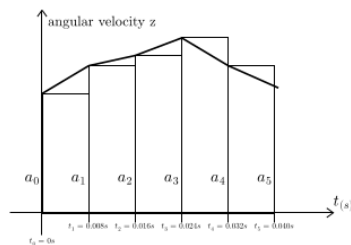
2.2 Sensor *Inertial Measuring Unit*

Pada perancangan pengambilan dan distribusi data dari sensor *inertial measuring unit*, untuk mendapatkan posisi sudut perlu dilakukan beberapa tahapan yang diantaranya dijelaskan pada diagram Gambar 2.



Gambar 2: Pengambilan Posisi Sudut Sensor *Inertial Measuring Unit*

Adapun umpan balik sudut dari sensor *inertial measuring unit* didapatkan dari nilai kecepatan sudut yang diintegrasikan (metode rectangular). Pada Gambar 3 merupakan metode integral yang digunakan untuk mendapatkan pembacaan posisi sudut yang didapatkan dari kecepatan sudut.



Gambar 3: Integral Rectangular



$$Pos_{z(t)} = Pos_{z(i)} + \int_0^t Vel_{z(t)} \times dt \quad (2.1)$$

Dari integral rectangular, didapatkan:

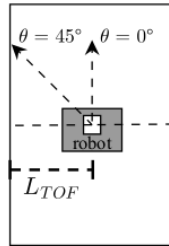
$$Pos_z = Pos_z + (a_0) \times \Delta t + (a_1) \times \Delta t + (a_n) \times \Delta t \quad (2.2)$$

Secara umum persamaannya menjadi sebagai berikut.

$$Pos_{z[tn]} = Pos_{z[tn-1]} + (Vel_{z[tn]}) \times \Delta t \quad (2.3)$$

2.2 Sensor Time of Flight

Sensor TOF akan mengirimkan data menuju OpenCR 1.0 menggunakan komunikasi I2C kemudian kirimkan menuju IntelNUCTi3BNH melalui skema ROSSerial. Berikut ini merupakan konsep pembacaan sensor TOF pada sistem yang diilustrasikan pada Gambar 4.



Gambar 4: Ilustrasi Pembacaan TOF

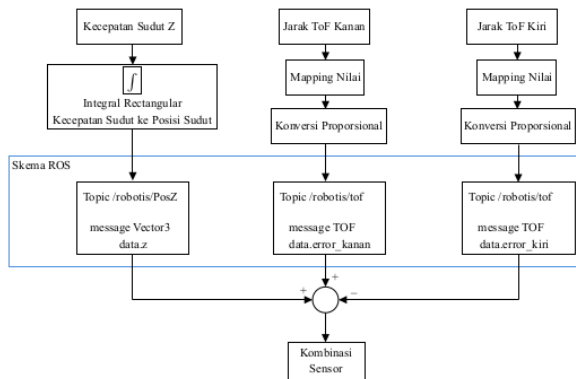
Dari ilustrasi tersebut didapatkan x_{TOF} atau nilai pembacaan sensor *time of flight* yang dijelaskan dalam persamaan berikut.

$$x_{TOF} = L_{TOF} \times \cos(\theta) \quad (2.4)$$

Dari hasil permisalan θ yang digunakan, maka semakin pembacaan robot mendekati nilai 90° maka semakin kecil juga pembacaan x_{TOF} yang dihasilkan. Semakin kecil pembacaan x_{TOF} , maka semakin besar gain *error* yang dikirimkan menuju sistem dan robot akan semakin besar memalingkan ke arah yang berlawanan untuk menghindari tabrakan dengan objek lain.

2.3 Distribusi Kombinasi Sensor Menuju Skema ROS dan EKF

Pada perancangan distribusi sensor menuju skema ROS dilakukan setelah sensor *inertial measuring unit*, sensor *time of flight* kanan, dan sensor *time of flight* kiri yang akan digabungkan menjadi satu variabel dalam ROS seperti pada Gambar 5.



Gambar 5: Distribusi Kombinasi Sensor Menuju Skema ROS dan EKF

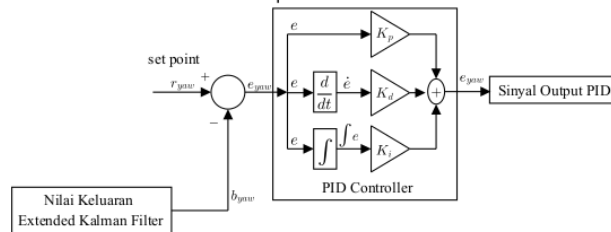


ROS telah menyediakan beberapa fitur paket yang dapat digunakan. Salah satunya adalah paket ROS robot-pose-ekf. Paket ini disediakan ROS untuk melakukan *filtering* data dengan metode filter kalman. Perlu dilakukan beberapa konfigurasi yang diantaranya adalah sebagai berikut.

- Melakukan *publish topic* /imu-data menuju paket ROS robot-pose-ekf.
- Menggunakan *topic* keluaran paket ini yang telah disediakan yaitu /odom-combined.
- Melakukan keselarasan frame-id yang digunakan dalam lokalisasi robot dengan paket ROS robot-pose-ekf.

2.4 Kontroler PID pada Sistem Orientasi Arah Hadap

Bagian perancangan sistem selanjutnya setelah didapatkan nilai kombinasi dari sensor yang telah dilakukan filterisasi menggunakan EKF, kemudian akan dijadikan umpan balik sistem yang akan dibandingkan dengan *set point* lalu diteruskan menuju blok kontrol PID seperti pada Gambar 6. Keluaran dari blok kontrol ini selanjutnya diteruskan untuk mengontrol sistem orientasi arah hadap.



Gambar 6: Perancangan Kontroler PID

Pengaturan *set point* bersifat umum dalam sistem tertutup untuk melacak *input* referensi konstan. Pada kasus ini, masukan disebut *set point*. Dengan demikian pengaturan *set point* PID, merupakan generalisasi dari PID dimana dapat dirumuskan pada persamaan berikut.

$$e_{yaw} = K_p e_{p(t)} + K_i \int_0^t e_{i(t)} T_s + K_d \frac{d e_d(t)}{T_s} \quad (2.5)$$

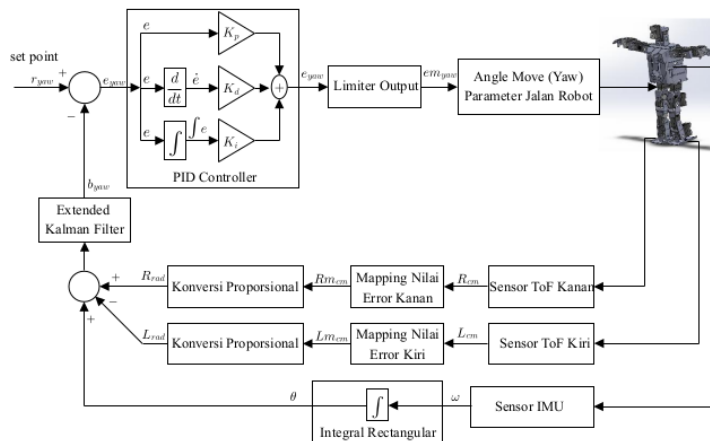
Pada (2.5) dapat dianalisa bahwa kontroler PID merupakan nilai penjumlahan antara Proporsional, Integral, dan Turunan. Pada sistem terdapat T_s atau waktu sampling data yang dapat diketahui melalui skema ROS yaitu *rostopic Hz*.

Pada perancangan kontroler PID sistem orientasi arah hadap untuk mengetahui masing - masing konstanta K_p , K_i , dan K_d dilakukan metode *trial and error* yang berdasarkan teori dari pengaruh konstanta PID terhadap sistem. Selanjutnya merancang program untuk kontrol PID kemudian keluaran dari PID akan diteruskan untuk mengontrol sistem orientasi arah hadap robot hingga nilai pembacaan memiliki nilai yang sama dengan nilai *set point*.

2.5 Diagram Blok Kontrol

Diagram blok kontrol ini menggambarkan cara kerja robot supaya dapat menstabilkan orientasi (arah hadap) robot selama berjalan. Berikut ini merupakan diagram blok kontrol pada Gambar 7.





Gambar 7: Diagram Blok Kontrol

Robot direncanakan berjalan sebanyak 6 *counter* dari awal sampai akhir. Untuk dapat menjalankan tugas ini maka *setpoint* robot berupa sudut yang nilainya berubah - ubah yaitu $0^\circ, 0^\circ, 0^\circ, 0^\circ, 0^\circ$, dan -20° . Perubahan *setpoint* dari satu nilai ke nilai lain dilakukan secara internal oleh program yang dipicu secara otomatis ketika durasi *delay* yang ditetapkan untuk sebuah segmen perjalanan telah dilampaui.

Terdapat 3 buah umpan balik yaitu berupa sudut hadap robot, jarak kanan dan jarak kiri robot terhadap halangan yang merupakan benda – benda sekelilingnya. Sensor jarak kanan dan kiri digunakan untuk memalingkan ke arah menjauh dari halangan. Untuk sensor kiri berkontribusi negatif sedangkan sensor kanan berkontribusi positif. Penentuan polaritas ini disesuaikan supaya kedua robot bisa menghindari ke arah yang benar terhadap adanya halangan.

Adapun umpan balik sudut didapatkan dari nilai kecepatan sudut yang diintegrasikan (metode rectangular) sesuai dengan yang telah dijelaskan pada perancangan pengambilan dan distribusi sensor *inertial measuring unit*. Dengan cara ini maka sudut (arah hadap robot) akan siap dibaca melalui mekanisme *subscribe topic* dalam sistem ROS. Hasil penjumlahan sudut (hasil integrator) dan sensor jarak (yang dikonversi menjadi sudut) perlu difilter (metode *EKF*) supaya memberikan hasil yang lebih baik (tidak mengandung *noise*).

Sinyal *error* yang merupakan selisih antara *set point* dengan umpan balik (*output EKF*), diproses oleh PID. Hasil dari PID disaturasi pada limit minimal dan maksimal sesuai dengan limit sudut *yaw* robot (-5 sampai 5 derajat). Dengan cara ini maka sudut *yaw* yang dikirim ke kontroler robot tidak menyebabkan robot terjatuh.

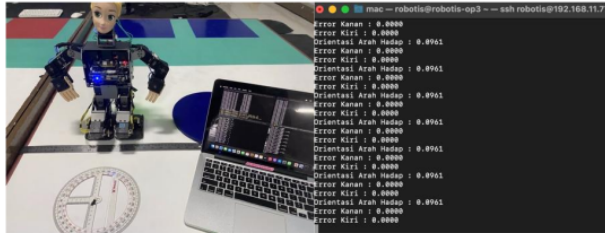
6

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

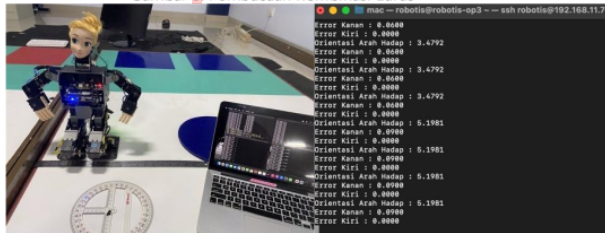
3.1 Pengujian dan Analisa Kombinasi Sensor *Inertial Measuring Unit* dan *Time of Flight* dengan EKF

Pengujian pada nilai hasil kombinasi sensor *Inertial Measuring Unit* dan sensor *Time of Flight* dilakukan untuk mengetahui pembacaan orientasi arah hadap robot yang sebenarnya. Nilai data ini dilakukan proses filterasi terlebih dahulu menggunakan paket ROS EKF bertujuan untuk meminimalisir sinyal *noise*. Berikut ini merupakan nilai data hasil pembacaan kombinasi sensor yang sudah difilterasi dan posisi robot ditunjukkan pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 10.

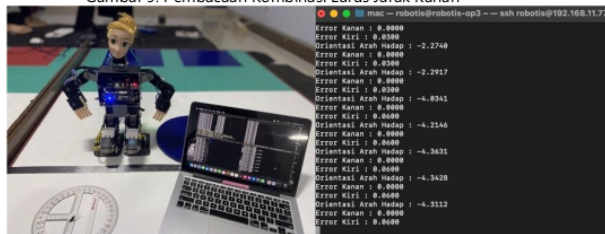




Gambar 8: Pembacaan Kombinasi Lurus



Gambar 9: Pembacaan Kombinasi Lurus Jarak Kanan



Gambar 10: Pembacaan Kombinasi Lurus Jarak Kiri

Hasil pengujian kombinasi sensor IMU dan sensor TOF dengan *extended kalman filter* diuji dengan menghadapkan robot lurus kedepan agar mendapatkan pembacaan yang stabil selanjutnya respon pembacaan tersebut diamati apabila terdapat objek pada bagian kanan dan kiri robot. Dari hasil pengujian kombinasi sensor tersebut, nilai pembacaan sudut robot akan bertambah apabila terdapat objek dikanan robot dan nilai pembacaan sudut robot akan berkurang apabila terdapat objek dikiri robot yang telah dikalikan dengan konstanta proporsional.

3.2 Pengujian dan Analisa Sistem Pengaturan Orientasi Arah Hadap Tanpa *Feedback* Sensor

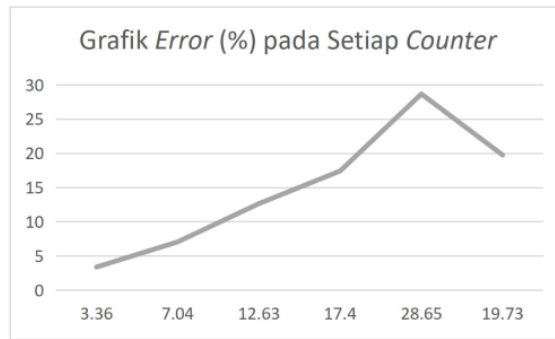
Pengujian pertama robot pada arena tanpa diberikan *feedback* sensor bertujuan supaya data hasil penelitian dapat dibandingkan dan dianalisa dengan data robot asli sebelum adanya penelitian. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan nilai *set point* orientasi arah hadap tanpa adanya koreksi dari sensor. Berikut ini merupakan data nilai orientasi arah hadap setiap *counter*.

Tabel I : Pengujian Sistem Pengaturan Orientasi Arah Hadap Robot Tanpa *Feedback* Sensor

Counter	Set Point (Derajat)	Aktual (Derajat)	Error (%)
Counter 1	0°	-3,364°	3,36%
Counter 2	0°	-7,042°	7,04%
Counter 3	0°	-12,631°	12,63%
Counter 4	0°	-17,408°	17,40%
Counter 5	0°	-28,653°	28,65%
Counter 6	-20°	-39,730°	19,73%

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195





Gambar 11: Grafik Error Pengujian Tanpa Feedback Sensor

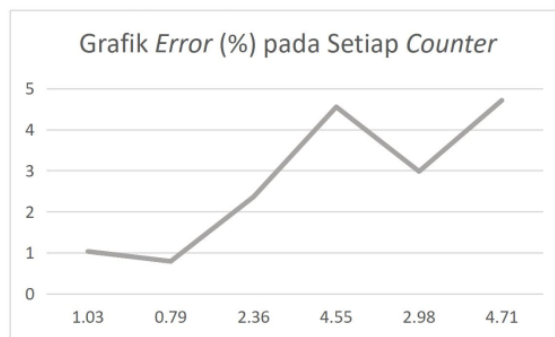
Dari hasil grafik *error* pengujian sistem pengaturan orientasi arah hadap yang tidak menggunakan *feedback* sensor pada Gambar 11, memiliki hasil *error* orientasi arah hadap yang akan bertambah seiring dengan bertambahnya *counter* apabila menggunakan *setpoint* 0°. Dari hasil pengujian tanpa *feedback* sensor memiliki *error* orientasi arah hadap terbesar pada *counter* 5 yaitu 28,65%.

3.3 Pengujian dan Analisa Sistem Pengaturan Orientasi Arah Hadap Menggunakan Sensor IMU

Pengujian selanjutnya merupakan pengujian robot pada arena dengan menggunakan sensor *inertial measuring unit*. Sistem pengaturan orientasi arah hadap akan selalu mengoreksi pembacaan *set point* dengan pembacaan yang dihasilkan dari sensor *inertial measuring unit* hingga nilai tersebut sama. Berikut ini merupakan data nilai orientasi arah hadap setiap *counter*.

Tabel II : Pengujian Sistem Pengaturan Orientasi Arah Hadap Robot Menggunakan IMU

Counter	Set Point (Derajat)	Aktual (Derajat)	Error (%)
Counter 1	0°	-1,029°	1,03%
Counter 2	0°	-0,796°	0,79%
Counter 3	0°	2,364°	2,36%
Counter 4	0°	-4,553°	4,55%
Counter 5	0°	2,987°	2,98%
Counter 6	-20°	-15,285°	4,71%



Gambar 12: Grafik Error Pengujian Menggunakan Sensor IMU



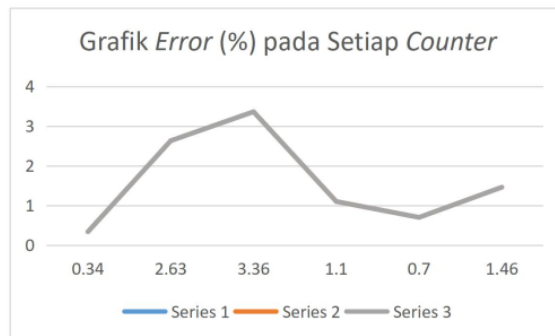
Dari hasil grafik *error* pengujian sistem pengaturan orientasi arah hadap menggunakan sensor IMU pada Gambar 12, hasilnya nilai *error* orientasi arah hadap lebih stabil jika dibandingkan dengan data pengujian yang tidak menggunakan *feedback* sensor. Hasil pengujian yang menggunakan sensor IMU memiliki *error* orientasi arah hadap terbesar pada *counter* 4 yaitu 4,55%. Selanjutnya pada *counter* 5 nilai *error*nya berkurang menjadi 2,98%, hal ini dikarenakan adanya kontroler PID yang dapat mempercepat respon untuk mengembalikan posisi sudut arah hadapnya menuju nilai *set point* yang telah ditentukan.

3.4 Pengujian dan Analisa Sistem Pengaturan Orientasi Arah Hadap Menggunakan Sensor IMU dan TOF

Pengujian berikutnya merupakan pengujian final dari penelitian yang dilakukan. Pada pengujian ini melakukan pengujian robot pada arena dengan menggunakan kombinasi dari sensor *inertial measuring unit* dan sensor *time of flight*. Sistem pengaturan orientasi arah hadap akan selalu mengoreksi pembacaan dari 3 masukan yang diantaranya adalah pembacaan posisi sudut arah hadap robot, gain jarak kanan robot yang sudah dikonversi menjadi satuan sudut, dan gain jarak kiri robot yang sudah dikonversi menjadi satuan sudut. Keluaran dari ketiga masukan ini akan dikombinasi menjadi satu variabel yang akan dibandingkan dengan *set point* kemudian selalu dikoreksi perbandingannya sampai nilai tersebut sama. Berikut ini merupakan data nilai orientasi arah hadap setiap *counter*.

Tabel III : Pengujian Sistem Pengaturan Orientasi Arah Hadap Robot Menggunakan IMU dan TOF

Counter	Set Point (Derajat)	Aktual (Derajat)	Error (%)
Counter 1	0°	-0,340°	0,34%
Counter 2	0°	-2,638°	2,63%
Counter 3	0°	3,364°	3,36%
Counter 4	0°	-1,105°	1,10%
Counter 5	0°	-0,704°	0,70%
Counter 6	-20°	-18,535°	1,46%



Gambar 13: Grafik Error Pengujian Menggunakan Sensor IMU dan TOF

Dari hasil grafik *error* pengujian sistem pengaturan orientasi arah hadap menggunakan sensor IMU dan TOF pada Gambar 13, hasilnya memiliki nilai *error* orientasi arah hadap yang lebih kecil jika dibandingkan dengan 2 pengujian sebelumnya yang tidak menggunakan *feedback* sensor dan yang hanya menggunakan sensor *inertial measuring unit*. Hasil pengujian yang menggunakan kombinasi sensor *inertial measuring unit* dan *time of flight* memiliki nilai *error* orientasi arah hadap terbesar pada *counter* 3 yaitu sebesar 3,36%. Pada *counter* 4 dan 5 nilai *error*nya semakin kecil dikarenakan adanya kontroler PID pada respon sistem untuk mengembalikan arah hadap robot sesuai pada nilai *set point* (0°) hingga -0,704°.



4. KESIMPULAN

Berdasarkan **hasil** pengujian dan analisa data yang terlampir dari pengujian sistem pengaturan orientasi arah hadap robot humanoid dapat disimpulkan bahwa dapat dilakukan kombinasi dan filterisasi data dari sensor *inertial measuring unit* dan sensor *time of flight* dengan menggunakan *extended kalman filter*. Hasil keluaran dari proses ini dapat dijadikan satu variabel yang akan dibandingkan dengan *set point*. Berdasarkan pengujian kombinasi kedua sensor ini pada parameter jalan *yaw* sistem orientasi arah hadap robot humanoid memiliki nilai *error* terkecil yaitu dibawah 4% dibandingkan dengan pengujian yang tidak menggunakan *feedback* sensor dengan *error* hingga 28,65% dan pengujian yang hanya menggunakan *inertial measuring unit* dengan *error* sebesar 5%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Siradjuddin, L. Behera, T. M. McGinnity, and S. Coleman, "A position based visual tracking system for a 7 DOF robot manipulator using a Kinect camera."
- [2] P. H. Setiawan, "Analisis Inverse Kinematics Tersegmentasi Berbasis Geometris Pada Robot Humanoid Saat Walking Gait System for Humanoid Robot," p. 28, 2016.
- [3] M. N. A. Roni, "Pengembangan Arah Hadap Robot Dan Lintasan Perencanaan Untuk Krakatau Msl," *Jecsit*, vol. 1, no. 1, pp. 42–50, 2021.
- [4] G. Vasilyev, A. Sagitov, L. Gavrilova, K. L. Su, and T. Tsoy, "Walking algorithm for robotis OP3 humanoid robot with force sensors," *Proceedings - International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE*, vol. October-20, pp. 20–23, 2019, doi: 10.1109/DeSE.2019.00014.
- [5] F. D. R. Rizaldy, I. Siradjuddin, and T. Winarno, "Sistem Lokalisasi Robot Humanoid Menggunakan Monocular Camera dan IMU," *Vol 9, No 2 (2022): Elkolind Vol. 9 No. 2 (Juli 2022)*, vol. 9, 2022.
- [6] J. M. Ibarra Zannatha and R. Cisneros Limón, "Forward and inverse kinematics for a small-sized humanoid robot," in *CONIELECOMP 2009 - 19th International Conference on Electronics Communications and Computers*, 2009, pp. 111–118. doi: 10.1109/CONIELECOMP.2009.50.
- [7] S. N. Aslan, R. Ozalp, A. Uear, and C. Guzelis, "End-To-End Learning from Demonstation for Object Manipulation of Robotis-Op3 Humanoid Robot," *INISTA 2020 - 2020 International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications, Proceedings*, 2020, doi: 10.1109/INISTA49547.2020.9194630.
- [8] Z. Li, Z. Su, and T. Yang, "Design of intelligent mobile robot positioning algorithm based on iμdodometer/lidar," in *Proceedings - 2019 International Conference on Sensing, Diagnostics, Prognostics, and Control, SDPC 2019*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Aug. 2019, pp. 627–631. doi: 10.1109/SDPC.2019.00118.
- [9] U. B. Himmelsbach, T. M. Wendt, N. Hangst, and P. Gawron, "Single Pixel Time-of-Flight Sensors for Object Detection and Self-Detection in Three-Sectional Single-Arm Robot Manipulators," in *Proceedings - 3rd IEEE International Conference on Robotic Computing, IRC 2019*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Mar. 2019, pp. 250–253. doi: 10.1109/IRC.2019.00046.
- [10] M. B. Alatise and G. P. Hancke, "Pose estimation of a mobile robot based on fusion of IMU data and vision data using an extended kalman filter," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 10, Oct. 2017, doi: 10.3390/s17102164.
- [11] L. Jetto, S. Longhi, and G. Venturini, "Development and experimental validation of an adaptive extended Kalman filter for the localization of mobile robots," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, vol. 15, no. 2, pp. 219–229, 1999, doi: 10.1109/70.760343.
- [12] J. C. Basilio and S. R. Matos, "Design of PI and PID controllers with transient performance specification," *IEEE Transactions on Education*, vol. 45, no. 4, pp. 364–370, 2002, doi: 10.1109/TE.2002.804399.



Jurnal_Dimas+Adi+Prayoga_Sistem+Pengaturan+Orientasi...

ORIGINALITY REPORT

17%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	jurnal.polinema.ac.id Internet	351 words — 10%
2	www.researchgate.net Internet	103 words — 3%
3	elkolind.polinema.ac.id Internet	36 words — 1%
4	ejournals.umn.ac.id Internet	31 words — 1%
5	repository.uinsu.ac.id Internet	10 words — < 1%
6	seminar.iaii.or.id Internet	10 words — < 1%
7	www.grafiati.com Internet	9 words — < 1%
8	www.wisatabdg.com Internet	9 words — < 1%
9	docplayer.info Internet	8 words — < 1%
10	media.neliti.com Internet	8 words — < 1%
11	Demirli, K.. "Fuzzy dynamic localization for mobile robots", Fuzzy Sets and Systems, 20040601	6 words — < 1%

-
- 12 Roman Kulikov, Oleg Denisenko, Igor Merkuryev, Oleg Glukhov. "Modeling the Influence of Time Scale Instability on Inertial Navigation Error", 2022 29th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems (ICINS), 2022

6 words — < 1%

Crossref

EXCLUDE QUOTES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE SOURCES OFF

EXCLUDE MATCHES OFF