

Sistem Kontrol Robot Manipulator 5 Axis sebagai Pemindah Barang berbasis *Internet of Things*

Ishlahuddin Akbar, Trie Maya Kadarina

Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta
**ishlahuddinar@gmail.com*

Abstrak— Robot manipulator merupakan sebuah robot lengan yang difungsikan sebagai alat bantu manusia untuk menyelesaikan pekerjaan. Rancang bangun sistem kontrol robot manipulator 5 axis dengan 1 Pencapit sebagai pemindah barang ini dilengkapi sistem kontrol berbasis IoT ke dalam robot manipulator untuk mengatasi permasalahan kerusakan-kerusakan robot pada PT. XYZ. Proyek Akhir ini memanfaatkan teknologi *Internet of Things* yang digunakan untuk mempermudah pengguna dalam mengakses keadaan perangkat keras secara berkala melalui Aplikasi MIT App pada smartphone dengan sambungan internet. Hasil dari pengujian robot dan sistem kontrolnya menunjukkan sistem kontrol dapat berfungsi dalam menggerakkan robot dan dapat diterapkan di PT. XYZ, dengan nilai ketepatan antara nilai kontrol aplikasi dan firebase mendapatkan rata-rata error untuk pergerakan sudut servo sebesar 0%, dan selisih antara sistem pembacaan firebase dan servo sebesar 0%. Adapun untuk pengiriman data sistem kontrol ke board ESP8266 memiliki hasil untuk penggunaan tipe jaringan 3G dengan rentang kecepatan internet yang didapatkan 1,8 Mbps – 2,55 Mbps memiliki rata-rata delay paling tinggi dengan nilai 2,616 detik. Pada jaringan 4G dengan rentang kecepatan internet 35 Mbps - 36,3 Mbps memiliki nilai delay 1,708 detik, dan untuk jaringan LAN yang menggunakan WiFi Indihome dengan rentang kecepatan internet 7,74 Mbps hingga 8,2 Mbps memiliki waktu delay 1,861 detik. Untuk nilai throughput sistem kontrol keseluruhan, sistem kontrol ini menurut kategori TIPHON masuk dalam kategori sedang dengan nilai indeks 2.

Kata Kunci : ESP8266, Google Firebase, MIT Apps, Robot Manipulator, Servo.

DOI: 10.22441/jte.2024.v15i2.010

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi robotika pada industri yang diiringi dengan tumbuhnya kesadaran, popularitas dan pertumbuhan teknologi yang sangat besar, menjadikan internet menjadi masa depan sistem terdistribusi. [1] Dari hal tersebut kebutuhan akan pengontrolan jarak jauh juga akan terus meningkat, terutama sistem kontrol yang dapat digunakan untuk mengatur dan memantau sebuah sistem untuk memudahkan pekerjaan manusia, oleh karena itu banyak perusahaan besar berkompetisi dalam memecahkan suatu masalah dengan teknologi ditambah lagi hambatan umum yang ditemukan di Industri skala kecil maupun skala besar dalam menghadapi permasalahan kekurangan waktu dan pekerja yang berdampak pada proses manufaktur yang kurang efisien. [2] Salah satu solusinya adalah pemanfaatan robotika yang dapat membantu meringankan beban manusia dalam kegiatannya, mulai dari kegiatan sehari-

hari hingga kegiatan pada dunia industri terutama dalam dunia robotik. [3]

Pada industri otomotif, robot digunakan untuk memindahkan barang, pengelasan (*welding*) maupun perakitan komponen (*assembly*). [4] Pemanfaatan robot generasi terkini juga telah banyak ditemukan di area kerja yang berbahaya dan tidak bersahabat bagi manusia maupun komponen penyusun robot itu sendiri, kerusakan-kerusakan robot sering ditemui pada Industri otomotif seperti salah satunya pada PT. XYZ.

Pada PT. XYZ, robot yang digunakan yaitu robot 5 axis dengan 1 gripper yang digunakan untuk memindahkan barang dari mesin machining ke konveyor, robot ini sering mengalami kerusakan pada komponen robot terutama pada koneksi dan pendant robot yang rusak, hal ini dikarenakan robot dioperasikan pada kondisi lingkungan yang banyak terkontaminasi oli dan kotoran serpihan besi hasil proses sehingga merusak komponen robot itu sendiri. Hal ini menjadikan keandalan robot juga perlu diperhatikan agar robot dapat bekerja dengan baik dan bertahan dengan lama. Karena untuk peningkatan keandalan dan kemudahan akses jarak jauh ini, kontrol dan pemantauan sistem robotika telah menjadi area fokus. Seperti pemanfaatan penginderaan jauh [5] dan kontrol dalam Robotika yang telah digunakan di berbagai bidang seperti bedah jarak jauh di dunia kedokteran, Robot bekerja di lingkungan radioaktif, eksplorasi bawah laut, luar angkasa dan militer. [1]

Pada pengendalian sistem robot secara manual, untuk komunikasi antara human operator dengan sistem robot diperlukan data masukan yang biasanya dilakukan melalui pendant controller yang terhubung dengan unit controller, lalu unit controller menyalurkannya melalui kabel fleksibel ke manipulator.

Penggunaan transmisi data lewat kabel pada robot dianggap kurang efisien karena berakibat pada rugi-rugi yang ditimbulkan sehingga dapat mempengaruhi ketahanan dalam pemakaian robot terutama ditempat yang berbahaya/ lingkungan yang kotor. Dari hal tersebut, diperlukan teknologi wireless sebagai media transmisi data dari media input ke dalam sistem robot. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan pembuatan sebuah robot lengan pemindah barang yang terdiri dari 5 Axis dan 1 Gripper menggunakan sistem kontrol nirkabel. Dimana alat ini nantinya akan dilengkapi dengan mikrokontroler yang langsung tertanam modul WiFi sebagai sistem kontrolnya yang berbasis *Internet of Things* agar lebih ringkas.

II. PENELITIAN TERKAIT

Penelitian [1] Sivaguru S., Sundari B. Tahun (2018) yang berjudul *Tele-Operation System for Robotic Arm Manipulator using IoT Menggunakan IoT*, Pada hasil jurnal ini robot dikontrol menggunakan ethernet modul dan fokus ke pergerakan gripper dan komunikasi IoT robot, Framework Robot gripper, IoT controller berbasis Web.

Penelitian [6] Ayça Ak, Vedat Topuz, Musa Aydin. (2018) yang berjudul *Controlling Sof Five Axis Manipulator with Turkish VoiceCommands Using Microcontrollers*. Penelitian ini menggunakan metode *forward kinematics* dan sistem kontrol dengan *voice recognition*. Hasil : Framework Manipulator 5 axis.

Penelitian [3] Rimas Oktama, Rizal Maulana, Gembong Tahun (2018) yang berjudul Implementasi Robot Lengan Pemindah Barang 3 DOF Menggunakan Metode *Inverse Kinematics* Menggunakan metode Inverse Kinematics. Pada penelitian ini berfokus paa pergerakan Framework Manipulator 3 DOF yang dipadukan dengan metode *inverse kinematics*.

Penelitian [7] Wayan Widhiada, Putu Agus Suryawan dan Beny Maximin Messakh. Tahun (2017) yang berjudul Sistem Kontrol Gerak Kinematika Robot Gripper Manipulator Menggunakan sistem kontrol PID. Adapun hasil peneilitanya yaitu wahana berupa simulasi dengan gripper yang berbentuk jari - jari manusia.

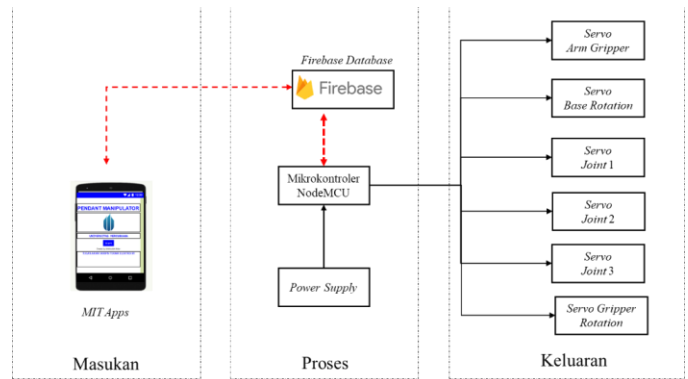
Penelitian [8] Ahmad Didik Setiyadi, Iwan Setiawan dan Hadha Afrisal (2021) yang berjudul Perancangan dan Pengendalian Manipulator Robot 4-DOF dengan Gripper Berbasis *Inverse Kinematics* dan *Trajectory Planning* dengan ROS. Penelitian ini membahas metode *Inverse Kinematic*, *Trajectory Planing*. Sistem Kontrol menggunakan sistem ROS.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Blok

Setelah menentukan rencana penelitian, untuk merealisasikan alat maka diperlukan perancangan diagram blok sistem yang akan menjadi gambaran utama pembuatan alat sesuai dengan tujuan yang ditetapkan. Perancangan diagram blok akan memudahkan dalam memahami prinsip kerja dari alat secara keseluruhan. Rancang bangun tersebut akan menghasilkan suatu sistem yang mampu digunakan sesuai prinsip kerja dari rancangan alat. Perancangan blok diagram sistem pada Gambar 1 merupakan diagram blok dari sistem secara keseluruhan yang akan dibuat. Blok diagram ini terdiri dari input (masukan), pemroses, dan output (keluaran).

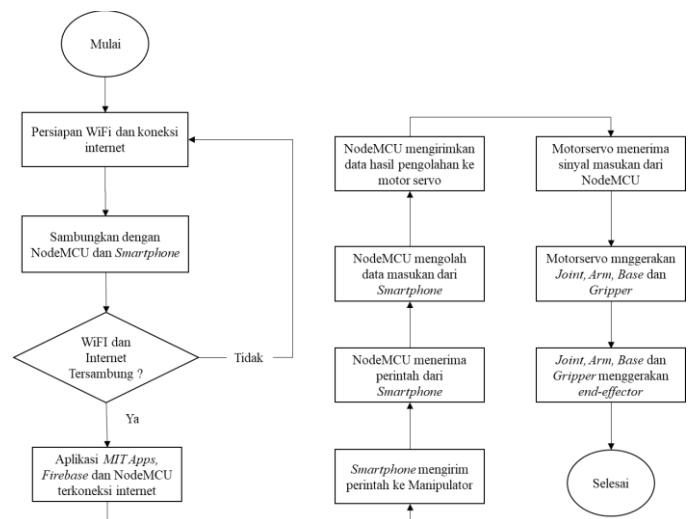
Pada perancangan diagram blok pada Gambar 1 diketahui bahwa Aplikasi di Smartphone sebagai masukan, Adapun wifi yang terkoneksi internet akan menghubungkan antara perangkat smartphone dan mikrokontroler ke server. Setelah itu di tahap pemrosesan NodeMCU yang ditenagai power supply dengan output 5 vdc akan menerima perintah dari smartphone melalui server firebase yang akan diterima secara nirkabel. Pada tahap akhir NodeMCU mengolah sinyal masukan dari smartphone menjadi sinyal listrik yang nantinya akan menggerakkan motor servo sebagai penggerak *gripper rotation*, *base rotation*, *Joint 1*, *Joint 2*, *Joint 3* dan *arm gripper*. [9][10][11]



Gambar 1. Blok Diagram

B. Diagram Alir

Cara kerja alat pada penelitian ini ditujukan untuk mengetahui fungsi keseluruhan alat. Adapun gambar *flowchart* alat dapat dilihat di Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Diagram Alir

diketahui bahwa dalam sistem tersebut tahapan pertama yang dilakukan adalah dimulai dari persiapan sambungan antara Aplikasi di smartphone dan NodeMCU dengan wifi yang terkoneksi oleh internet, NodeMCU terlebih dahulu harus dimasukan token yang telah diambil dari Web aplikasi firebase, dan harus dimasukan target hotspot dan WiFi password yang akan digunakan, selanjutnya setelah aplikasi dan mikrokontroler terhubung dengan server firebase maka pengguna akan mengirimkan perintah melalui smartphone. [10]

C. Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik digunakan untuk memberi bentuk dan menyokong komponen elektronika dan pergerakan robot, maka dari itu dalam perancangan mekanik ini harus diperhatikan dalam hal pemilihan bahan yang akan digunakan. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perancangan mekanik antara lain kekuatan bahan, berat bahan, fleksibilitas bahan (kemudahan bahan untuk dibentuk) dan nilai ekonomis bahan tersebut. Adapun gambar mekanik didesain menggunakan Solidwork 3D. [12] Gambar ini juga harus memperhitungkan hasil kinematik yang digunakan. [13][14][15] Rancangan mekanikal sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



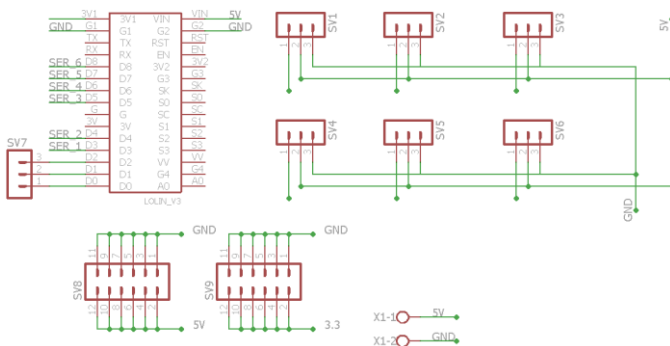
Gambar 3. Perancangan Mekanik

D. Perancangan Elektrik

Sebelum mendesain elektronik dalam aplikasi proteus terlebih dahulu mengenali port yang akan digunakan dengan membuat skema rangkaian *prototype*, untuk mempermudah pembuatan rangkaian elektronik alat terlebih dahulu membuat desain perencanaan sistem keseluruhan alat.

- Pin D3 sebagai Gripper
- Pin D4 sebagai Gripper Rotator
- Pin D5 sebagai Joint 3
- Pin D6 sebagai Joint 2
- Pin D7 sebagai Joint 1
- Pin D8 sebagai axis 1 (Base Rotator)

Rancangan sistem elektrikal dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut :



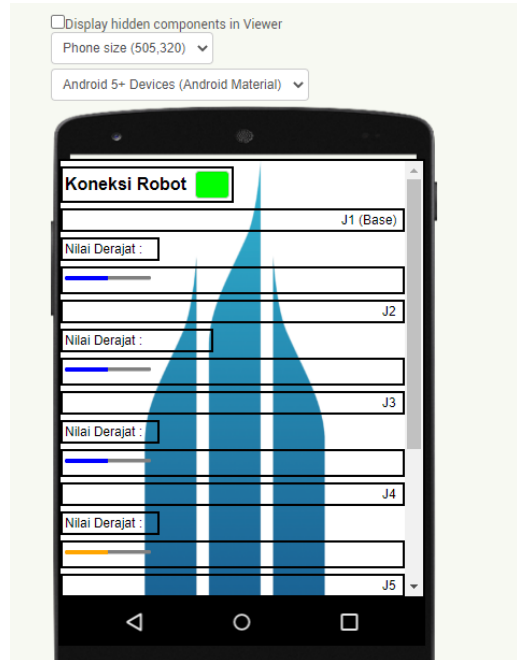
Gambar 4. Perancangan Elektrikal

E. Perancangan Aplikasi

Pada penelitian ini ada beberapa program yang di fungsikan, program untuk tombol start, tombol reset dan slider. Tombol start berisi program pemindah *screen* saja, sementara untuk 6 program *slider* dan 1 tombol *reset* bersinggungan langsung dengan database, pada program *slider* kita harus menginisiasi database mana yang akan kita kirim, program *slider* ini

menggunakan respom tangan dan di konversi menjadi nilai matematis menggunakan type data *round*, kode program *get thumbPosition* diartikan nilai *slider* tergantung dari seberapa besar kita menggeser pointer *slider*, semakin ke kanan *pointer slider*, semakin besar nilai yang diperoleh., nilai ini juga yang akan dikirim di *Firestore Data Object*

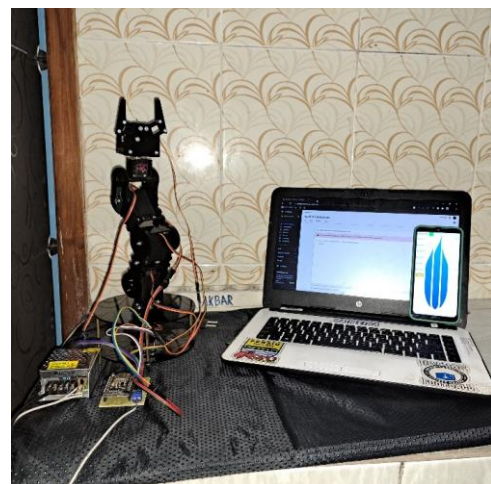
Rancangan sistem aplikasi dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut :



Gambar 5. Perancangan Aplikasi

IV. HASIL DAN ANALISA

Bagian ini menjelaskan hasil perancangan alat yang telah didesain sebelumnya, pengujian fungsi robot dan pengambilan data robot apakah pembuatan alat ini dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan atau tidak. Pengujian pada penelitian ini dilakukan di ruangan yang kering dan dengan suhu kamar. Gambar 6 merupakan gambar hasil perancangan dan pembuatan alat beserta ruangan dimana alat yang dibuat pada penelitian ini akan diujikan.



Gambar 6. Hasil Perancangan Alat

A. Pengujian Ketepatan Servo

Pengujian ketepatan servo digunakan untuk mengetahui ketepatan posisi servo dengan aplikasi, dan untuk memastikan fungsi dari servo bekerja dengan baik. Adapun untuk pengujian ketepatan servo MG90S dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pengujian Ketepatan servo MG90S

Pengujian Sudut (°)	Sudut Aktual (°)	Sudut Target (°)	Selisih	Error (%)
0	0	0	0	0
15	15	15	0	0
30	30	30	0	0
15	45	45	0	0
60	60	60	0	0
90	90	90	0	0

Untuk pengujian ketepatan servo MG996R dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pengujian Ketepatan Servo MG996R

Pengujian Sudut (°)	Sudut Aktual (°)	Sudut Target (°)	Selisih	Error (%)
0	0	0	0	0
15	15	15	0	0
30	30	30	0	0
45	45	45	0	0
60	60	60	0	0
90	90	90	0	0

Untuk pengujian ketepatan servo MG995 dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Pengujian Ketepatan Servo MG995

Pengujian Sudut (°)	Sudut Aktual (°)	Sudut Target (°)	Selisih	Error (%)
0	0	0	0	0
15	15	15	0	0
30	30	30	0	0
15	45	45	0	0
60	60	60	0	0
90	90	90	0	0

B. Pengujian Ketepatan Posisi Kontrol Aplikasi dengan Database

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan sistem kontrol terhadap database, hal ini dimungkinkan untuk mengurangi kesalahan data yang nantinya akan diterima mikrokontroler untuk menggerakkan servo, pada pengujian ini diambil sampel pada masing-masing servo.

Untuk pengujian ketepatan posisi kontrol aplikasi dengan database J1 dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Pengujian Ketepatan Posisi Kontrol Aplikasi dengan Database J1

Kontrol Posisi di Slider	Firestore Data	Sesuai (Ya/Tidak)	Selisih	Error (%)
0	0	Ya	0	0
15	15	Ya	0	0
45	45	Ya	0	0
60	60	Ya	0	0
90	90	Ya	0	0
100	100	Ya	0	0

Untuk pengujian ketepatan posisi kontrol aplikasi dengan database J2 dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Pengujian Ketepatan Posisi Kontrol Aplikasi dengan Database J2

Kontrol Posisi di Slider	Firestore Data	Sesuai (Ya/Tidak)	Selisih	Error (%)
0	0	Ya	0	0
15	15	Ya	0	0
45	45	Ya	0	0
60	60	Ya	0	0
90	90	Ya	0	0
100	100	Ya	0	0

Untuk pengujian ketepatan posisi kontrol aplikasi dengan Database J3 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Ketepatan Posisi Kontrol Aplikasi dengan Database J3

Kontrol Posisi di Slider	Firestore Data	Sesuai (Ya/Tidak)	Selisih	Error (%)
0	0	Ya	0	0
15	15	Ya	0	0
45	45	Ya	0	0
60	60	Ya	0	0
90	90	Ya	0	0
100	100	Ya	0	0

Untuk pengujian ketepatan posisi kontrol aplikasi dengan Database J4 dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Pengujian Ketepatan Posisi Kontrol Aplikasi dengan Database J4

Kontrol Posisi di Slider	Firestore Data	Sesuai (Ya/Tidak)	Selisih	Error (%)
0	0	Ya	0	0
15	15	Ya	0	0
45	45	Ya	0	0
60	60	Ya	0	0
90	90	Ya	0	0
100	100	Ya	0	0

Untuk pengujian ketepatan posisi kontrol aplikasi dengan Database J5 dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Pengujian Ketepatan Posisi Kontrol Aplikasi dengan Database J4

Kontrol Posisi di Slider	Firestore Data	Sesuai (Ya/Tidak)	Selisih	Error (%)
0	0	Ya	0	0
15	15	Ya	0	0
45	45	Ya	0	0
60	60	Ya	0	0
90	90	Ya	0	0
100	100	Ya	0	0

Untuk pengujian ketepatan posisi kontrol aplikasi dengan Database J6 dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 8. Pengujian Ketepatan Posisi Kontrol Aplikasi dengan Database J6

Kontrol Posisi di Slider	Firestore Data	Sesuai (Ya/Tidak)	Selisih	Error (%)
0	0	Ya	0	0
15	15	Ya	0	0
45	45	Ya	0	0
60	60	Ya	0	0
90	90	Ya	0	0
100	100	Ya	0	0

Pada hasil pengujian kontrol posisi slider dengan hasil yang didapat dari firestore, didapatkan hasil yang sempurna dengan tidak adanya perbedaan nilai inputan dari kontroler dengan hasil yang didapatkan oleh firestore dengan nilai *error* 0%.

C. Pengujian Pengujian Kontrol Servo dengan Aplikasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketepatan sudut yang data yang dikirimkan dari MIT apps ke Servo. Pengujian ini mengambil sampel pada axis J1 (*base rotation*) dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 9. Pengujian Ketepatan Posisi Kontrol Aplikasi dengan Database

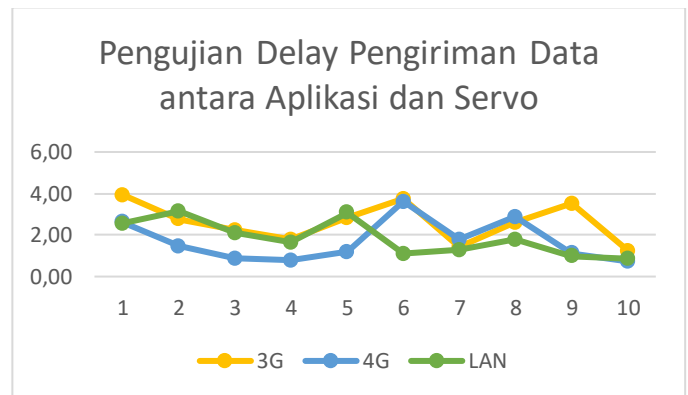
Kontrol Posisi di Slider (°)	Servo	Sesuai (Ya/Tidak)	Selisih	Error (%)
0	0	Ya	0	0
15	15	Ya	0	0
45	45	Ya	0	0
60	60	Ya	0	0
90	90	Ya	0	0

Penulis melakukan pengujian ini dengan menguji salah satu komponen servo dan mengambil data secara langsung. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem kontrol robot dapat diterapkan di PT.XYZ atau tidak, dengan kecepatan internet tertentu. Beberapa pengujian juga melakukan perbandingan nilai yang diukur dengan nilai set point yang mana akan didapatkan nilai error. Selain itu terdapat beberapa perhitungan yang bisa dijadikan nilai data, yang pengujianya dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 10. Pengujian Delay Pengiriman Data antara Aplikasi dan Servo

Tipe jaringan	Percobaan Pengiriman data ke- (Detik)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3G	3.94	2.77	2.25	1.78	2.82	3.74	1.44	2.62	3.54	1.26
4G	2.63	1.45	0.86	0.79	1.19	3.62	1.78	2.90	1.13	0.73
LAN	2.58	3.15	2.10	1.65	3.09	1.12	1.30	1.77	0.99	0.86

Pada penerapan sistem kontrol robot di PT.XYZ, ada tipe jaringan yang perlu diuji dikarenakan untuk mengetahui apakah nantinya sistem kontrol dapat beroperasi di tipe jaringan tertentu atau tidak. terdapat 3 tipe jaringan yang akan digunakan untuk mengetahui nilai delay pengiriman data antara aplikasi dan servo, yaitu : 1) Jaringan 3G dengan rentang kecepatan internet yang didapatkan 1,8 Mbps – 2,55 Mbps. 2) Jaringan 4G dengan rentang kecepatan internet 35 Mbps - 36.3 Mbps dan 3)Jaringan LAN yang menggunakan WiFi Indihome dengan rentang kecepatan internet 7,74 Mbps hingga 8,2 Mbps. Untuk kecepatan internet akan diukur menggunakan website internet google speed tracker dan fast.com/id sebagai pembanding. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Pengujian Delay Pengiriman

Sesuai dengan kategori throughput pada TIPHON, maka didapatkan bahwa kondisi sistem kontrol berbasis IoT ini jika dioperasikan dengan tipe jaringan 3G, 4G dan LAN maka dikategorikan Sedang karena nilai kategori throughput di atas 25.

Hasil pengujian atas menunjukkan bahwa sistem kontrol robot dapat dioperasikan di PT.XYZ dengan ketiga tipe jaringan tersebut.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pengamatan dan pengujian yang telah dilakukan, maka hasil yang dapat disimpulkan yaitu :

1. Hasil perancangan sistem kontrol robot manipulator 5 axis dan 1 gripper sebagai mock up dari robot yang digunakan di PT.XYZ dapat berfungsi, database juga dapat menerima data dari platform MIT Apps dan mikrokontroler mengambil data (*fetching*) dari Firestore, dengan nilai ketepatan pergerakan ketiga tipe servo yang akurat dengan rata-rata error 0°.

2. Servo mampu digerakan dengan pendant android yang telah dikembangkan menjadi berbasis Internet of Things, dapat diketahui dari hasil pengujian ketepatan posisi antara controller robot dan database dengan nilai rata-rata error dari 5 axis dan 1 gripper sebesar 0 %.
3. Hasil pengiriman data dari kendali di aplikasi android ke mikrokontroler memiliki delay (latency) berbeda-beda sesuai dengan tipe jaringan yang dipakai. Untuk penggunaan tipe jaringan 3G dengan rentang kecepatan internet yang didapatkan 1,8 Mbps – 2,55 Mbps memiliki rata-rata delay paling tinggi dengan nilai 2,616 detik. Pada jaringan 4G dengan rentang kecepatan internet 35 Mbps - 36.3 Mbps memiliki nilai delay 1,708 detik, dan untuk jaringan LAN yang menggunakan WiFi Indihome dengan rentang kecepatan internet 7,74 Mbps hingga 8,2 Mbps memiliki waktu delay 1,861 detik.
4. Hasil pengujian nilai throughput pada sistem kontrol ini diperoleh bahwa untuk pengujian nilai throughput pada kualitas tipe jaringan 3G paling buruk dengan nilai 20,16 bps dan hasil paling baik diperoleh pada kualitas jaringan 4G dengan nilai throughput 28 bps. Untuk nilai throughput sistem kontrol keseluruhan, sistem kontrol ini menurut kategori TIPHON masuk dalam kategori sedang dengan nilai indeks 2, dan sudah cukup dan bisa digunakan di PT. XYZ

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih terhadap pihak-pihak yang membantu terselesaikannya penelitian ini serta ucapan terima kasih terhadap tim editorial Jurnal Teknologi Elektro.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sivaguru S. and Sundari B., "Tele-Operation Systems for Robotic Arm Manipulator using IoT," *International Journal of Research in Informative Science Application & Techniques (IJRISAT)*, vol. 2, no. 7, pp. 1–7, Feb. 2022, doi: <https://doi.org/10.46828/ijrisat.v2i6.34>.
- [2] I. Farozi, R. Maulana, dan W. Kurniawan, "Implementasi Sensor Warna Pada Robot Lengan Pemindah Barang Menggunakan Inverse Kinematics: English", *J-PTIHK*, vol. 3, no. 7, hlm. 7284–7293, Agu 2019.
- [3] R. Oktama, R. Maulana, dan G. E. Setyawan, "Implementasi Robot Lengan Pemindah Barang 3 DOF Menggunakan Metode Inverse Kinematics", *J-PTIHK*, vol. 2, no. 8, hlm. 2810–2816, Jan 2018.
- [4] I. Farozi, R. Maulana, and W. Kurniawan, "Implementasi Sensor Warna Pada Robot Lengan Pemindah Barang Menggunakan Inverse Kinematics: English," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 7, pp. 7284–7293, 2019.
- [5] Zaenurrohman and U. Sutisna, "Perancangan Sistem Kontrol Wireless pada Mobile Robot Manipulator Berbasis Mikrokontroler ATmega8", *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 3, no. 1, pp. 69-75, 1.
- [6] A. AK, V. Topuz, and M. Aydin, "Controlling of Five Axis Manipulator with Turkish Voice Commands Using Microcontrollers," *Marmara Üniversitesi fen bilimleri dergisi*, vol. 30, no. 4, pp. 453–459, Dec. 2018, doi: <https://doi.org/10.7240/marufbd.392671>
- [7] W. Widhiada, P. A. Suryawan and B. M. Messakh, "Sistem Kontrol Gerak Kinematika Robot Gripper Manipulator," *Jurnal Energi dan Manufaktur*, vol. 10, pp. 37–42.
- [8] A. D. Setiyadi, I. Setiawan, and H. Afrisal, "Perancangan Dan Pengendalian Manipulator Robot 4-DoF Dengan Gripper Berbasis Inverse Kinematics Dan Trajectory Planning Dengan ROS," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 10, no. 4, pp. 552-558, Dec. 2021. <https://doi.org/10.14710/transient.v10i4.552-558>
- [9] E. Revadiaz, M. Fatkhurrokhman, and D. Aribowo, "Prototype Automated Manipulator Robot Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 Berbasis Internet of Things (IoT)," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)/Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional*, vol. 8, no. 2, pp. 439–439, Oct. 2022, doi: <https://doi.org/10.24036/jtev.v8i2.117682>.
- [10] José Varela-Aldás, J. Buele, S. Guerrero-Núñez, and V. H. Andaluz, "Mobile Manipulator for Hospital Care Using Firebase," *Lecture notes in computer science*, pp. 328–341, Jan. 2022, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-17618-0_24.
- [11] U. Padhmesh and A. Kumaraswamy, "Controlling an humanoid robot using iot," *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, vol. 912, no. 3, pp. 032012–032012, Aug. 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/912/3/032012>.
- [12] C. Sabnis, N. Anjana, Amit Talli, and A. C. Giriyaapur, "Modelling and Simulation of Industrial Robot Using SolidWorks," *Lecture notes in mechanical engineering*, pp. 173–182, Jan. 2021, doi: https://doi.org/10.1007/978-981-16-1769-0_16.
- [13] J. Andika and K. S. Salamah, "Analisis Kinematik Pada Robot Hexapod," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 83–91, May 2018, doi: <https://doi.org/10.22441/jte.v9i2.4072>.
- [14] R. Z. A. Zurendra, R. Maulana, dan H. Fitriyah, "Implementasi Inverse Kinematics Pada Robot Lengan Untuk Pengambilan Benda Dengan Koordinat Awal Acak", *J-PTIHK*, vol. 4, no. 2, hlm. 632–644, Mei 2020.
- [15] R. Blecha, F. Bradac, P. Blecha, Z. Kolibal, and Z. Bradac, "Distributed Control System For Robotic Manipulators," *IFAC Programmable Devices and Embedded Systems*, vol. 39, issue 21, pp. 487–491, 2006