

IMPLEMENTASI ROBOT MANIPULATOR 6 AXIS UNTUK MENYAJIKAN MINUMAN

Kelvin Setiawan Hartono, Thiang, Handry Khoswanto
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
Jl.Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

E-Mail: kelvin.ksk308@gmail.com, handry@petra.ac.id, *email korespondensi:* thiang@petra.ac.id

Abstrak – Makalah ini memaparkan penelitian tentang pengembangan sistem robot UR3 yang diaplikasikan sebagai robot penyaji minuman. Robot UR3 penyaji minuman ini berkomunikasi dengan Raspberry Pi menggunakan socket TCP/IP dimana Raspberry Pi sebagai master dan UR3 sebagai *slave*. Raspberry Pi mengirimkan perintah ke robot UR3 berupa pengiriman angka yang menunjukkan menu minuman. Agar robot dapat membuat minuman, dibutuhkan alat-alat seperti pompa mini yang dimana pompa ini bertujuan untuk mengisi minuman, relay yang bertujuan untuk menghidupkan pompa, *Mixer*, *Buzzer*, sensor proximity, dan holder gelas plastik. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, robot manipulator 6 axis dalam menyajikan minuman memiliki tingkat keberhasilan sebesar 85,71%. Rata-rata penggunaan delay timer dalam mengisi gelas dengan menggunakan bantuan pompa mini memiliki tingkat kesalahan sebesar 2,39%.

Kata Kunci – robot penyaji minuman, manipulator 6 axis, UR3, Socket TCP/IP

I. PENDAHULUAN

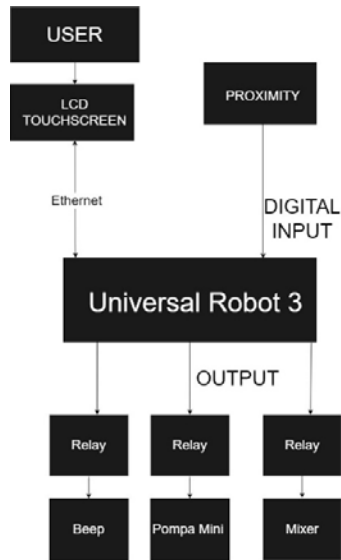
Perkembangan teknologi menuntut manusia untuk dapat beradaptasi mengikuti perkembangan zaman dengan memanfaatkan teknologi menjadi suatu karya yang kreatif, inovatif, dan produktif. Teknologi di bidang layanan berbasis otomatisasi kini mampu menggantikan peran manusia dalam berbagai sektor, termasuk sektor minuman di mana robot mulai menggantikan peran kasir dan barista. Salah satu tantangan dalam otomatisasi layanan minuman adalah bagaimana memastikan robot dapat melayani dengan cepat, efisien, dan konsisten. Masih banyak kendala teknis yang harus diatasi, seperti kemampuan robot dalam menentukan jumlah minuman yang diinginkan dan keakuratan takaran minuman. Proyek ini telah di buat sebelumnya dan telah mengembangkan robot penyaji minuman menggunakan robot manipulator 6 axis [1]. Namun, terdapat beberapa kelemahan, seperti keterbatasan dalam menentukan jumlah minuman, variasi jenis minuman yang terbatas, dan ketidakakuratan dalam takaran minuman. Penelitian ini mengusulkan pengembangan "Robot barista" yang dilengkapi dengan teknologi terbaru untuk mengatasi kekurangan yang ada. Robot ini akan mampu menentukan jumlah minuman yang diinginkan, menawarkan variasi jenis minuman lebih banyak, dan memiliki alat ukur untuk memastikan keakuratan takaran minuman. Inovasi dalam penelitian ini tidak hanya mencakup pengembangan teknologi robot baru, tetapi juga kontribusi terhadap pendidikan di bidang teknik elektro, dengan menyediakan proyek praktis bagi mahasiswa dan pelajar [2]. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa robot penyaji minuman memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi dan konsistensi layanan. Namun, masih diperlukan inovasi lebih lanjut untuk mengatasi kelemahan-kelemahan yang ada, seperti yang ditunjukkan oleh studi tentang pengembangan robot penyaji minuman dengan robot manipulator 6-axis. Proyek sebelumnya juga tidak

mampu melakukan pembayaran otomatis dan menggunakan load cell untuk timer, yang terbukti tidak efisien [3]. Penelitian ini mengusulkan pengembangan "Robot Barista" yang dilengkapi dengan teknologi terbaru untuk mengatasi kekurangan yang ada. Robot ini akan mampu menentukan jumlah minuman yang diinginkan, menawarkan variasi jenis minuman lebih banyak, dan memiliki alat ukur untuk memastikan keakuratan takaran minuman. Selain itu, proyek ini akan menggunakan pompa mini sebagai pengganti timer load cell untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi pengisian minuman [4]. Inovasi dalam penelitian ini tidak hanya mencakup pengembangan teknologi robot baru, tetapi juga kontribusi terhadap pendidikan di bidang teknik elektro dengan menyediakan proyek praktis bagi mahasiswa dan pelajar. Tujuan proyek ini adalah membuat sistem penyajian minuman berbasis otomatis yang menggunakan robot manipulator 6-axis dengan menggunakan UR3. Fokus utama proyek ini adalah merancang mekanisme pencampuran minuman yang efisien dan inovatif, memungkinkan UR3 untuk menyajikan berbagai jenis minuman dengan takaran yang akurat dan konsisten, serta mendukung pembayaran otomatis [5]. Tujuan proyek ini adalah membuat sistem penyajian minuman berbasis otomatis yang menggunakan robot manipulator 6 axis dengan menggunakan UR3. Fokus utama proyek ini adalah merancang mekanisme pencampuran minuman yang efisien dan inovatif, memungkinkan UR3 untuk menyajikan berbagai jenis minuman dengan takaran yang akurat dan konsisten[6].

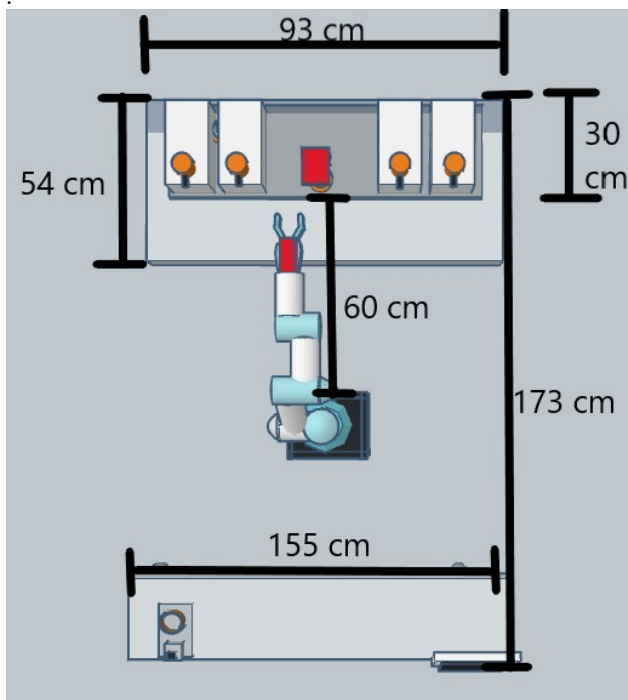
II. DESKRIPSI SISTEM

Penelitian ini mencakup sistem robot UR3 yang menyajikan minuman menggunakan robot manipulator 6-axis. Produk yang dibuat adalah robot yang difungsikan sebagai penyaji minuman yang mengambil bahan minuman dari tangki penampung yang berbeda. Pemilihan jenis minuman dapat dilakukan di antarmuka dari raspberry pi dimana raspberry pi berkomunikasi dengan robo UR3 menggunakan komunikasi socket TCP/IP. Dalam sistem ini, Raspberry Pi berfungsi sebagai master dan UR3 sebagai slave. Raspberry Pi mengirimkan perintah ke robot UR3 dalam bentuk angka yang menunjukkan menu minuman. Secara umum, agar robot dapat menyajikan minuman, sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain Universal Robot, sensor photoelectric, relay buzzer, pompa mini, dan mixer. Untuk lebih detail, blok diagram sistem dapat dilihat pada gambar 1. Menunjukkan blok diagram sistem penyaji minuman dimana robot tersebut berkoneksi menggunakan kabel ethernet untuk menerima data dan mengirimkan data. Digital input yang diterima dari proximity mengirimkan digital high atau low dan output dari universal robot yaitu relay yang menghidupkan *buzzer*, pompa mini dan *Mixer*. Untuk tata letak dari setiap

peralatan yang dibutuhkan oleh robot dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Robot Penyaji Minuman



Gambar 2. Tata Letak Tampak Atas Dari Sistem Robot Penyaji Minuman

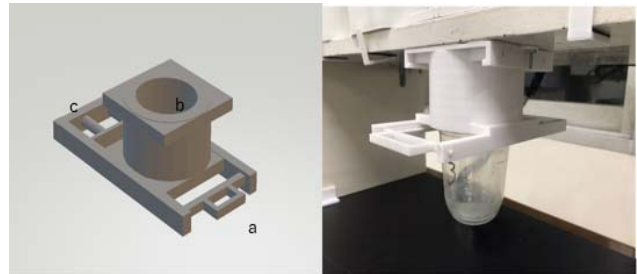
Perancangan sistem ini terdiri atas tiga bagian utama yaitu perancangan mekanik, Perancangan Sirkuit dan Perancangan software. Ketiga bagian ini akan dijelaskan lebih detail pada bagian berikut.

A. Perancangan Mekanik

1. Mekanik Holder Gelas Plastik

Holder gelas ini dirancang untuk menempatkan gelas plastik 12 oz yang akan diambil oleh robot dengan bantuan gripper. Secara umum ada 2 bagian holder gelas ini yaitu bagian (a) yang menekan area khusus untuk membuat gelas jatuh. Dan

bagian (b) Gelas dimasukkan dari atas holder dan tersusun vertical untuk dapat mengeluarkan satu gelas per tekan. Bagian (c) adalah mekanisme pegas mengembalikan holder ke posisi awal setelah setiap pengambilan gelas. Holder yang didesain hanya kompatibel dengan gelas 12 oz yang dikarenakan tempat holder tersebut telah diset sebelumnya 12 oz.



Keterangan :

- (a) Tempat menekan menggunakan bantuan Griper
- (b) Memasukkan tempat input gelas dari atas
- (c) Mekanis pir untuk mendorong gelas

Gambar 3. Mekanik Holder Gelas Plastik.

2. Mekanik Mixer Minuman



Gambar 4. Mekanik Mixer Minuman

Mekanik mixer ini dirancang untuk mencampurkan dua rasa secara bersamaan. Mekanik ini menggunakan pengaduk terbuat dari stainless steel untuk mencegah karat. Bagian atas adalah tempat penutup dinamo yang melindungi dinamo dari kotoran. Gambar 4 menunjukkan gambar mekanik sistem mixer minuman.

3. Pompa Air

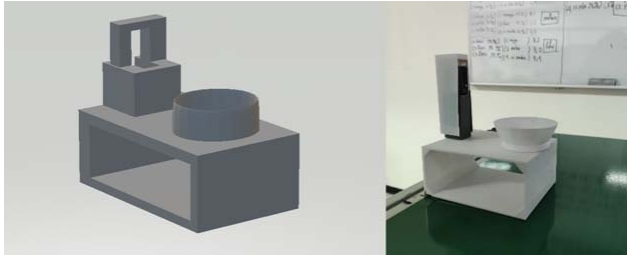


Gambar 5. Pompa Air

Sistem ini menggunakan pompa air untuk mengisi gelas atau wadah yang ditempatkan di posisi yang telah ditentukan. Pompa ini akan menyala otomatis saat mendeteksi adanya gelas di posisi yang benar, memastikan pengguna mendapatkan air dengan mudah dan efisien. Nyala mati pompa dikontrol oleh robot UR3 melalui digital output dari robot UR3. Tangki penyimpanan air terbuat dari bahan yang food grade, sehingga aman untuk kontak langsung dengan makanan dan minuman, mematuhi standar keamanan yang ketat, dan tidak mengandung

bahan kimia berbahaya. Gambar 5 menunjukkan gambar pompa air dan tangki air beserta posisinya.

4. Tempat pengambilan gelas pesanan



Gambar 6. Tempat Pengambilan Gelas Minuman Pesanan

Bagian dasar pengambilan gelas berfungsi sebagai penopang untuk alat pengambil gelas. Komponen utama yang disokong oleh bagian dasar ini meliputi tempat gelas dan sensor pendeteksi gelas. Sensor ini dapat mendeteksi keberadaan gelas dan mengirimkan sinyal ke UR3. Jika sensor mendeteksi adanya gelas, UR3 akan menunda menjalankan program pengisian hingga gelas diambil oleh pengguna, memastikan proses berjalan dengan lancar dan efisien. Gambar 6 menunjukkan desain tempat pengambilan gelas minuman pesanan.

5. Base Gripper Zero Posisi



Gambar 7. Base Gripper Zero Posisi

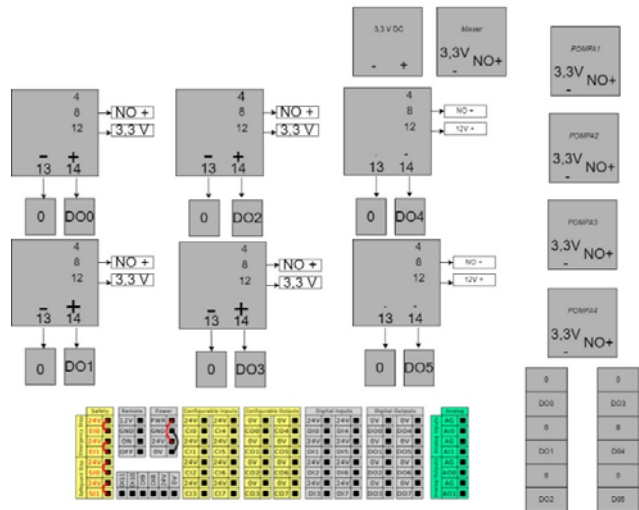
Base gripper zero posisi bertujuan untuk mendeteksi adanya pergerakan atau pergeseran. Base gripper zero posisi dibuat untuk menetapkan posisi yang sebelumnya telah di set di UR3, yang dapat berubah dikarenakan base UR3 nya dapat bisa bergeser ke kiri dan kanan. Dengan demikian posisi base gripper zero ini dapat digunakan untuk kalibrasi posisi robot kalau sudah terjadi pergeseran posisi robot. Gambar 7 menunjukkan base gripper zero posisi yang telah dirancang.

B. Perancangan Rangkaian

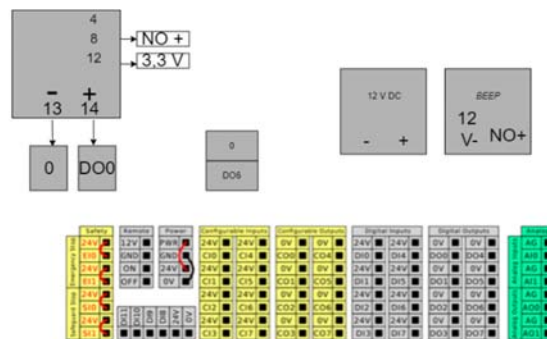
Perancangan ini meliputi relay pompa air mini dan relay buzzer. Percobaan menggunakan relay melibatkan pengendalian pompa air mini oleh UR3. Pompa dihidupkan dengan power supply 3.3V dan dikontrol oleh relay yang terhubung ke output UR3. Relay dapat dikonfigurasi dalam mode Normally Closed (NC) atau Normally Open (NO). UR3 menentukan kapan pompa dihidupkan atau dimatikan dengan mengatur relay sesuai waktu yang ditentukan. Gambar 8 menunjukkan rangkaian relay untuk mengendalikan pompa aor mini.

Pada gambar 9 menunjukkan penggunaan Relay Buzzer untuk menghidupkan buzzer sebagai tanda bahwa minuman sudah siap diambil. Jika minuman belum diambil, buzzer akan terus berbunyi. Buzzer menggunakan suplai 12V dari sumber daya luar UR3, dengan UR3 mengendalikan relay dalam mode NC)

atau NO. Relay NO tetap aktif sampai pesan diambil, kemudian kembali ke posisi NC untuk memutuskan sumber listrik ke buzzer.



Gambar 8. Relay Pompa



Gambar 9. Relay Buzzer

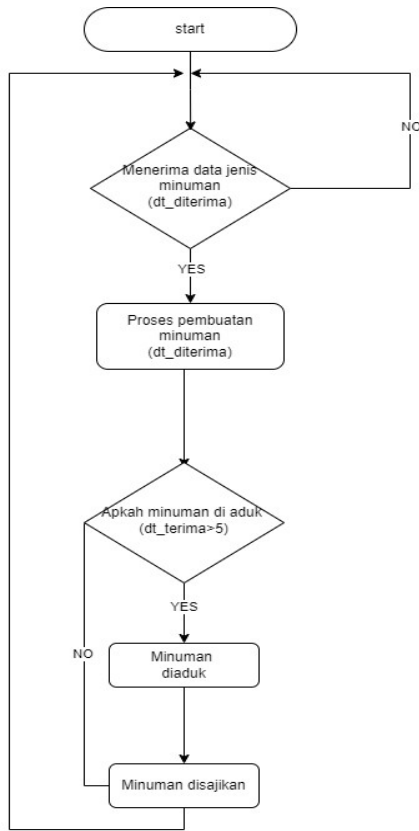
C. Perancangan Software

1. Komunikasi UR3 socket TCP /IP

```

BeforeStart
- komunikasi=socket_open("192.168.0.120",3000)
Robot Program
- Movej
  - Loop komunikasi≠ False
    - komunikasi=socket_open("192.168.0.120",3000)
    - If digital_in[7]≠ False
      - Movej
        - Waypoint_4
        - Waypoint_5
        - Waypoint_7
        - Waypoint_15
      - Wait DI[7]=LO
    - Wait: 0.5
  - pose_position:=get_actual_tcp_pose()
  - joint_positions:=get_actual_joint_positions()
  - socket_send_string(pose_position)
  - Wait: 0.5
  - socket_send_string(joint_positions)
  - Wait: 0.5
  - socket_send_string("asking_for_data")
  - Wait: 0.5
  - dt_kirim:=socket_read_ascii_float(1)
  - dt_terima:=dt_kirim[1]
  - Wait: 0.5
  - komunikasi= False
  - socket_close()
    
```

Gambar 10. Komunikasi UR3 Socket TCP /IP



Gambar 11. Diagram Alur Sistem Robot Penyaji Minuman

Tabel 1. Iustrasi Resep Minuman yang Disajikan

Jenis minuman
1. Sirup Mangga
2. Sirup Melon
3. Sirup leci
4. Sirup coco pandan
5. Mangga 50 dan Melon 50
6. Mangga 50% dan leci 50%
7. Mangga 50% dan coco pandan 50%
8. Melon 50% dan leci 50%
9. Melon 50% dan coco pandan 50%
10. Melon 50% dan mangga 50%
11. Leci 50% dan Mangga 50%
12. Leci 50% dan Melon 50%
13. Leci 50% dan coco padan 50%
14. Coco padan 50% dan Mangga 50%
15. Coco padan 50% dan Melon 50%
16. Coco padan 50% dan Leci 50%
17. Mangga 75% dan Melon 25%
18. Mangga 75% dan Leci 25%
19. Mangga 75% dan Coco pandan 25%
20. Melon 75% dan Mangga 25%
21. Melon 75% dan Leci 25%
22. Melon 75% dan Coco pandan 25%
23. Leci 75% dan Mangga 25%
24. Leci 75% dan Melon 25%
25. Leci 75% dan Coco pandan 25%
26. Coco pandan 75% dan Mangga 25%
27. Coco pandan 75% dan Melon 25%
28. Coco pandan 75% dan Leci 25%

Kode program dimulai dengan membuka socket pada IP `192.168.0.120` dan port `30002`. Setelah berhasil menerima data dari UR, program menampilkan nilai aktual dari pose robot melalui fungsi `pose_position`, kemudian melanjutkan untuk mendapatkan posisi joint aktual dengan `actual_joint_positions`. Data ini dikirim dan diterima dalam format `ascii float(1)`, yang kemudian disimpan dalam variabel `dt_dikirim` dan diteruskan ke `dt_diterima`. UR3 memproses nilai `dt_diterima` untuk memilih minuman yang telah diatur sebelumnya. Jika nilai `dt_diterima` adalah 12, program menjalankan konfigurasi yang telah ditentukan, yaitu mempersiapkan minuman yang telah di set sebelumnya. Gambar 10 menunjukkan potongan program 1. Komunikasi UR3 melalui socket TCP /IP.

2. Robot UR3 Untuk Membuat Minuman

Sistem robot penyaji minuman dapat membuat minuman dengan 2 opsi dimana pilihan nya minuman perlu diaduk dan tidak diaduk. Proses robot dapat membuat minuman diawali dengan menanyakan jenis minuman dan proses pembuatan minuman dan setelah itu minuman akan disajikan ke pelanggan. Ilustrasi minuman yang disajikan dapat dilihat pada tabel 1.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Berat Minuman Terhadap Beberapa Jenis Minuman

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi berat minuman yang terisi minuman dengan percobaan sebanyak 280 kali. Pengujian dilakukan untuk menentukan seberapa akurat metode pengisian sirup menggunakan timer.

Tabel 2. Pengujian Berat Minuman Terhadap Beberapa Jenis Minuman

Pengujian Ke-	Jenis Minuman	Berat Seharusnya (Gram)	Rata-rata Gelas (gram)	Rata-rata Error (%)
1	Mangga	239	234.4	1.923
2	Melon		237.9	3.138
3	Leci		235.4	1.675
4	Coco Pandan		229.1	4.143

Pengujian tersebut telah dilakukan untuk setiap dari 28 menu yang diuji secara berulang sebanyak 10 kali, dengan tujuan mengevaluasi keberhasilan metode pengisian berdasarkan waktu. Hasil pengujian menunjukkan rentang berat gelas plastik yang terukur bervariasi antara 220 gram hingga 255 gram. Meskipun terdapat tingkat kesalahan yang signifikan dalam pengukuran berat, yang memiliki variasi error mencapai -7,95% hingga +6,69%.

B. Pengujian Keberhasilan Sistem Menyajikan Berbagai Jenis Minuman

Tujuan pengujian keberhasilan sistem menyajikan berbagai jenis minuman adalah untuk memastikan bahwa setiap minuman yang diuji sesuai dengan hasil yang diinginkan. Sistem diharapkan dapat mengeluarkan air dari pompa secara tepat sesuai dengan jenis minuman yang ditentukan. Proses ini melibatkan penggunaan gelas plastik yang diisi cairan secara otomatis dengan pompa air, yang akan aktif ketika berada di

posisi yang telah ditentukan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian keberhasilan sistem menyajikan berbagai jenis minuman

NO	Jenis Minuman	Jumlah Percobaan	Jumlah Berhasil
1	Sirup Mangga	10	8
2	Sirup Melon	10	9
3	Sirup leci	10	9
4	Sirup coco pandan	10	9

Setelah dilakukan percobaan untuk membuat setiap jenis minuman sebanyak 10 kali setiap menu yang dimana 28 menu dan tingkat keberhasilan sistem dalam menyajikan berbagai jenis minuman adalah sebesar 85,71%. Kegagalan sistem dalam menyajikan minuman disebabkan oleh robot yang tidak berhasil mengambil gelas plastik dengan benar.

C. Pengujian Pompa Menghasilkan Volume Sama

Setiap pompa memiliki debit air yang berbeda, sehingga untuk menyamakan volume air yang dihasilkan, diperlukan pengukuran yang teliti menggunakan timer. Proses ini dimulai dengan menguji setiap pompa satu per satu. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Waktu Yang Dibutuhkan untuk Membuat Minuman

Jenis minuman	Pompa Yang Digunakan dan Waktu Yang Dibutuhkan
1. Sirup Mangga	Pompa 1 = 12 detik
2. Sirup Melon	Pompa 2 = 19 detik
3. Sirup leci	Pompa 3 = 16 detik
4. Sirup coco pandan	Pompa 4 = 13 detik

Tabel 4 menunjukkan perbedaan signifikan antara pompa 1, 2, 3, dan 4, dengan perbandingan takaran yang jauh berbeda. Untuk memastikan setiap pompa memiliki takaran 239 gram, penyesuaian manual diperlukan. Berat minuman dapat diketahui dengan menimbang hasil dari setiap pompa setelah diset sebelumnya. Pengujian menunjukkan bahwa meskipun pompa-pompa ini berasal dari satu perusahaan dan dibuat dalam satu produksi, mereka tetap tidak memiliki kesamaan waktu dalam pengisian.

D. Variasi Kecepatan Robot

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengidentifikasi kecepatan optimal robot UR3 dalam menyajikan minuman sirup secara otomatis. Pengujian dilakukan untuk mengamati bagaimana variasi kecepatan mempengaruhi kinerja dan stabilitas robot. Dengan menemukan kecepatan optimal, robot diharapkan dapat beroperasi dengan efisiensi maksimal dan waktu penyelesaian yang paling singkat tanpa mengorbankan stabilitas dan akurasi. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

Dari Tabel 5, dapat dilihat bahwa pada kecepatan 30, robot stabil tapi lambat, membutuhkan 2.58 menit. Pada kecepatan 40, efisiensi meningkat dengan waktu 2.38 menit, meski ada variasi. Kecepatan 50 menunjukkan konsistensi dengan waktu stabil 2.18 menit. Pada kecepatan 60, efisiensi maksimal

tercapai dengan waktu 1.58 menit. Namun, pada kecepatan 70, robot tidak stabil dan tidak dapat beroperasi karena masalah pada base penahan. Maka waktu yang paling terbaik yaitu di kecepatan 60 untuk membuat minuman mangga yang membutuhkan waktu 01.58 menit.

Tabel 5. Variasi Kecepatan Robot

NO	Kecepatan Robot	Waktu membuat pesanan (s)
1	30%	02.58
2	40%	02.38
3	50%	02.18
4	60%	01.58
5	70%	-

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem penyajian minuman otomatis menggunakan robot manipulator 6-axis UR3 dapat berfungsi dengan baik dalam menyajikan berbagai jenis minuman dengan takaran yang akurat dan konsisten. Robot UR3 mampu melakukan tugasnya dengan tingkat kesalahan (error) berkisar antara -7,95% hingga +6,69%. Meskipun terdapat kesalahan kecil, hasil ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan robot UR3 dapat bekerja dengan baik dalam menjalankan tugasnya. Kecepatan optimal untuk menyajikan minuman tercapai pada kecepatan robot 60%, dengan waktu penyajian 01:58. Namun, jika kecepatan dinaikkan hingga 70%, robot mengalami error yang mengakibatkan getaran pada robot. Percobaan untuk membuat minuman dilakukan sebanyak 10 kali dan diuji pada 28 menu, menghasilkan persentase keberhasilan sebesar 85,71%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulyono, S., Qomaruddin, M., & Syaiful Anwar, M. "Penggunaan Node-RED pada Sistem Monitoring dan Kontrol Green House berbasis Protokol MQTT". *Jurnal Transistor Elektro Dan Informatika (TRANSISTOR EI)*, 3(1), 31-44, 2018
- [2] Dinamik. *Model Pengujian Komunikasi Socket dengan Protokol TCP/IP*, 2005. Available at: <https://www.neliti.com/id/publications/244266/model-pengujian-komunikasi-socket-dengan-protokol-tcpip>
- [3] *Universal Robot*. 2023. Available at: <https://www.universal-robots.com/articles/ur-programming/switch-between-different-tcp-in-a-program/>
- [4] *Universal Robot*. Available at: <https://www.universal-robots.com/articles/ur/interface-communication/connecting-internal-inputs-and-outputs-io-on-the-robots-controller/>