

Rancang Bangun *End-Effector* Pada Robot Pemetik Buah Tomat Berbasis Raspberry Pi 3 Model B+

Sri Purwiyanti¹, Ibrahim Ali², Sumadi³, FX. Arinto Setyawan⁴

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, Jl. S. Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung

¹sri.purwiyanti@eng.unila.ac.id, ²ibrahim97@gmail.com, ³sumadi.1973@eng.unila.ac.id, ⁴fx.arinto@eng.unila.ac.id

Received 21 September 2020 | Revised 12 Desember 2020 | Accepted 14 Februari 2021

ABSTRAK

Di jaman modern ini, teknologi digunakan untuk dapat mempermudah aktivitas manusia di berbagai bidang, begitu juga di bidang pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk merancang *end-effector* lengan robot untuk membantu proses memanen tomat. Dengan demikian maka dapat memungkinkan petani mendapatkan hasil panen dengan kuantitas yang baik dan lebih efisien dalam hal waktu serta tenaga manusia. Robot yang dibangun menggunakan kamera untuk mendeteksi dan mengetahui posisi tomat yang matang, kemudian informasi data diteruskan ke *raspberry pi* yang akan mengolah data tersebut. Berdasarkan data yang diterima, *raspberry pi* lalu mengirim sinyal yang akan mengatur pergerakan motor servo *horizontal*, servo *vertical*, servo maju, dan servo *gripper* untuk bergerak sesuai dengan koordinat posisi tomat. Berdasarkan data hasil pengujian, didapat bahwa robot ini mampu bekerja dengan baik pada jarak antar 14 cm sampai 20 cm dengan ketinggian antara 10 cm sampai 21 cm dan intensitas cahaya 164 Lux.

Kata kunci: Robot, motor servo, end-effector, raspberry pi, tomat

ABSTRACT

In this modern era, technology is used to facilitate human activities in various fields, as well as in agriculture. This study aims to design an end-effector of robotic arm to assist the tomato harvesting process. Thus, it can enable farmers to get good quality crops and is more efficient in terms of time and human labor. The robot is built using a camera to detect and determine the position of ripe tomatoes, then the data information is forwarded to the raspberry pi which will process the data. Based on the data received, the raspberry pi then sends a signal that will regulate the movement of the horizontal servo motor, vertical servo, forward servo, and gripper servo to move according to the coordinates of the tomato position. Based on test data, it is found that this robot is able to work well at a distance between 14 cm to 20 cm with a height between 10 cm to 21 cm and a light intensity of 164 Lux.

Keywords: Robot, motor servo, end-effector, raspberry pi, tomato

I. PENDAHULUAN

Saat ini tomat merupakan salah satu tanaman buah yang sangat penting bagi manusia. Secara tradisional pemanenan buah tomat dapat dilakukan dengan melihat warna permukaan dan bentuk buah tomat. Seiring dengan perkembangan jaman, perlu dilibatkannya kemajuan teknologi dalam proses pemanenan tersebut. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan robot berlengan sebagai pemetik buah tomat. Dengan demikian maka dapat memungkinkan petani menggunakan robot pemetik buah sebagai alat bantu panen sehingga mendapat hasil panen dengan kuantitas yang baik dan lebih efisien dalam hal waktu serta tenaga manusia.

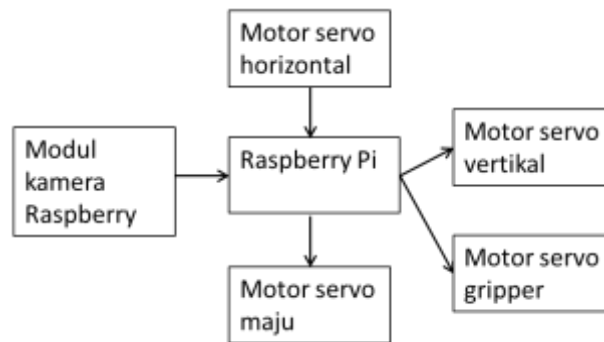
Beberapa penelitian telah dipublikasikan terkait dengan robot pemetik buah, misalnya untuk memanen paprika (Subrata, 2011), buah naga (Dewi, 2018), ataupun buah lainnya (Font, 2014). Metode yang digunakan kebanyakan berdasarkan pengolahan citra dengan pendeteksian nilai saturasi citra (Handayani, 2016), ataupun nilai HSV citra [Triatmojo, 2018]. Khusus untuk memanen tomat, sebelumnya telah dibuat rancangan robot dengan roda dan lengan untuk memanen buah tomat (Ilham, 2019). Robot pemetik buah ini dapat mendeteksi keberadaan buah tomat yang sudah matang pada jarak 12-20 cm dan dapat berjalan menuju pohon tersebut. Namun robot tersebut belum dilengkapi dengan bagian *end-effector*, sehingga belum bisa digunakan untuk memetik buah tomat itu sendiri. Disain *end-effector* untuk memanen tomat sebenarnya sudah dilakukan dengan waktu eksekusi yang relatif lama yaitu sekitar 24 detik (Feng, 2015).

Penelitian ini bertujuan membuat rancang bangun *end-effector* pada robot pemetik buah tomat berbasis *raspberry pi*. Robot yang dibuat dapat mendeteksi buah tomat yang sudah matang lalu bergerak menghampiri buah tersebut. Robot ini juga mampu memetik tomat menggunakan mekanisme dua jari grip yang dipadukan dengan mekanisme pemotong yang digerakan oleh motor servo sebagai penggerak dari *gripper* atau pemotong buah. Sebagai pengendali utama digunakan mikrokontroler *Raspberry pi*. Robot ini

mengenali tomat yang matang menggunakan pengolahan citra dengan metode pendeteksian HSV (*Hue Saturation Value*) dengan menggunakan *pi camera* sebagai pengambil citra.

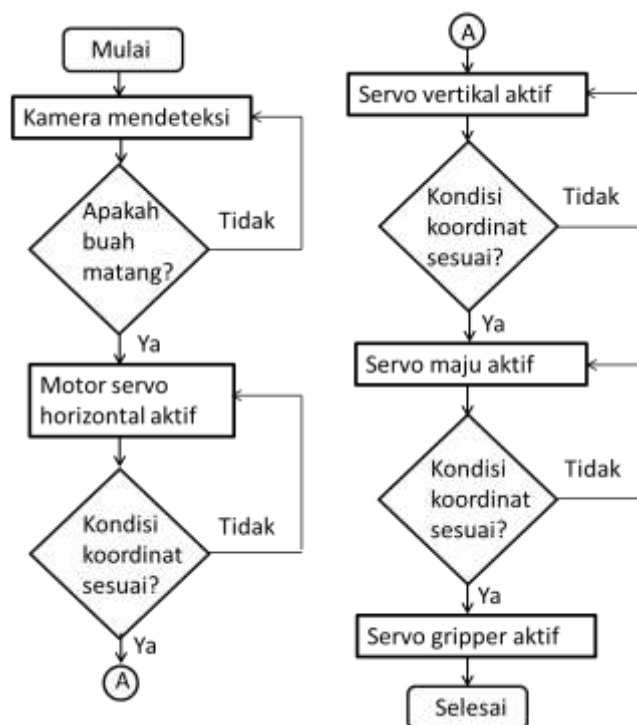
II. METODE PENELITIAN

End-effector adalah perangkat yang melekat pada pergelangan lengan robot sehingga memungkinkan robot untuk melakukan tugas tertentu, Dalam robotika, *end-effector* dirancang untuk berinteraksi dengan lingkungan (Almendral, 2018). Pada sistem yang dibuat ini, lengan robot akan bergerak secara otomatis menuju tomat yang terdeteksi matang, kemudian bagian *end-effector* akan bergerak memotong tomat tersebut. Blok diagram sistem diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem

Prinsip kerja alat ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Modul kamera *raspberry* berfungsi untuk mengambil citra tomat. Citra tersebut lalu menjadi input bagi *raspberry pi*. Data citra diolah dengan menggunakan metode pengolahan citra untuk mengetahui apakah ada citra tomat matang yang terdeteksi. Bila ada tomat matang yang terdeteksi, kemudian *raspberry pi* mengirim sinyal yang akan mengatur motor servo *horizontal*, servo *vertikal*, servo *maju*, dan servo *gripper* tersebut untuk bergerak dengan koordinat yang sesuai dari input modul kamera tersebut. Diagram alir sistem diperlihatkan pada Gambar 2.

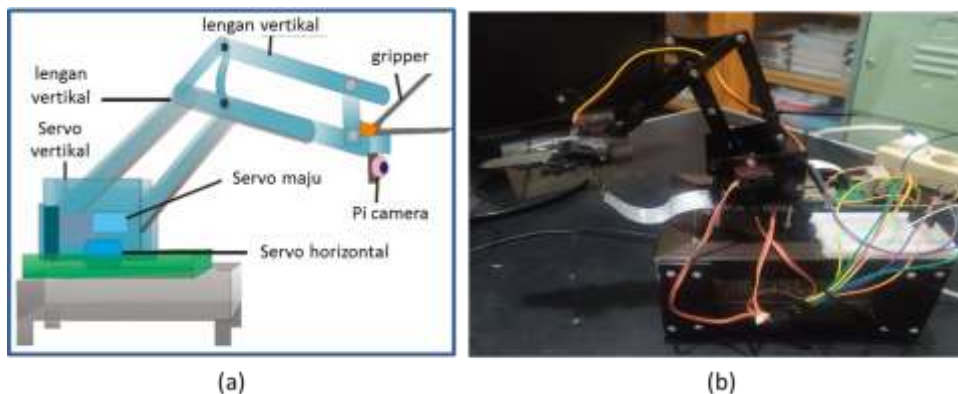


Gambar 2. Diagram alir sistem

Sebagai pengendali utama digunakan mikrokontroler Raspberry Pi 3 Model B+. Mikrokontroler ini menggunakan Soc (*System-on-chip*) dari Broadcom BCM2837 dibekali dengan prosesor berperforma tinggi ARM Cortex-A53 yang memiliki empat *core* berkecepatan 1.2GHz dengan *cache memory* level 1 sebesar 32kB dan level 2 512 Kb, sebuah prosesor grafis VideoCoreIV, dan terhubung dengan modul memory 1GB. *Raspberry Pi 3 Model B+* juga memiliki GPIO (*General Purpose Input Output*) sehingga sangat memungkinkan digunakan dalam bidang robotik [Kadir, 2017].

Kamera yang digunakan adalah modul kamera raspberry atau biasa disebut *Pi camera*. Kamera ini terhubung ke *Raspberry Pi* menggunakan *FFC (Flexible flat cable)* yang terhubung secara langsung melalui port khusus. Kamera memiliki resolusi sebesar 5 MP sehingga sangat baik digunakan pada sistem ini. Citra lalu diolah menggunakan metode *Hue Saturation Value (HSV)* untuk mengetahui apakah ada citra tomat matang yang terdeteksi. *Hue* dideskripsikan sebagai nilai yang spesifik untuk menentukan posisi warna murni sesuai pada roda warna, yang berada direntang nilai antara 0 dan 1. Nilai 0 mengacu pada warna merah, 1/6 adalah kuning, 1/3 adalah hijau, dan sebagainya. *Saturation* kadang disebut *chroma*. *Chroma* adalah kemurnian atau kekuatan warna. Warna merah yang asli nilai saturasinya adalah 1. Warna merah yang lebih muda (lebih terang) memiliki saturasi kurang dari 1 dan warna putih memiliki nilai saturasi 0. Sedangkan *Value* adalah kecerahan dari warna. Nilainya berkisar antara 0-100 %. Apabila nilainya 0 maka warnanya akan menjadi hitam, semakin besar nilai maka semakin cerah dan muncul variasi-variasi baru dari warna tersebut [Triatmojo, 2018]. Setiap citra tomat yang diambil oleh kamera lalu dicari nilai HSV-nya. Hasil pendeteksian ini yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk menggerakkan motor servo.

Motor servo yang digunakan terdiri dari empat bagian yaitu servo *horizontal*, servo *vertikal*, servo maju dan *gripper*. Motor servo *horizontal* berfungsi untuk menggerakkan lengan dalam arah *horizontal* ketika posisi buah tomat berada di sebelah kanan atau kiri dari *frame pi camera*. Sedangkan motor servo vertikal berfungsi sebagai penggerak ketika buah tomat yang matang berada di atas atau di bawah *frame pi camera*. Sedangkan motor servo maju berfungsi sebagai penggerak ketika buah tomat yang matang berada di depan *frame pi camera*. Sedangkan motor servo *gripper* berfungsi untuk menggerakkan dua jari grip sebagai pemetik buah tomat yang sudah matang. Motor servo dapat bergerak dengan derajat putaran yang telah ditentukan pada program. Setiap motor servo yang digunakan dapat berputar pada nilai maksimum 180 derajat. Setiap motor akan bergerak menuju koordinat yang sesuai dengan koordinat tomat yang terdeteksi matang. Sistem bergerak secara realtime. Disain lengan robot dan realisasinya diperlihatkan pada Gambar 3 (a) dan (b).



Gambar 3. (a) Disain rancangan dan (b) realisasi alat

Untuk merealisasikan alat, perangkat lunak dibuat menggunakan pemrograman python baik untuk mendeteksi objek, maupun menggerakkan motor servo, dengan library *open cv*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah rancang bangun robot pemetik buah tomat matang ini telah selesai maka dilakukan proses pengujian pada sistem.

A. Jangkauan motor Servo maju

Pengujian pertama adalah untuk mengetahui kinerja dari motor servo maju. Motor tersebut berfungsi sebagai penggerak robot untuk menggapai buah tomat yang telah matang ketika berada di depan robot. Pengujian ini dilakukan di ruangan laboratorium dengan kondisi buah tomat yang digantung di depan robot dengan jarak yang divariasikan, Buah tomat ini telah diberi tangkai buatan dengan ukuran 1 cm serta

diikat pada tali benang jahit dan digantungkan pada tiang besi. Data hasil pengujian yang didapat pada percobaan ini diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian jangkauan servo maju

No.	Percobaan	Jarak Buah Tomat (Cm)		Keterangan
1.	Percobaan 1	10		Tidak terjangkau
2.	Percobaan 2	14		Terjangkau
3.	Percobaan 3	16		Terjangkau
4.	Percobaan 4	20		Terjangkau
5.	Percobaan 5	22		Tidak Terjangkau

Tabel 1 menampilkan data hasil pengujian pada servo maju. Pada tabel tersebut terlihat bahwa terdapat buah yang tidak terjangkau, yaitu pada jarak buah tomat terlalu jauh atau terlalu dekat dengan *Pi camera*. Pada jarak 10 cm, tomat tidak dapat dijangkau karena desain robot yang memiliki panjang minimum lengan adalah 14 cm. Sedangkan pada jarak 14 cm sampai 20 cm tomat dapat dijangkau, namun pada jarak 22 cm tidak dapat dijangkau lagi karena jarak terlalu jauh. Maka dapat disimpulkan desain panjangnya lengan menentukan batas minimum dan maksimum jarak yang dapat dijangkau dan robot ini dapat menjangkau jarak antara 14 cm sampai dengan 20 cm.

B. Efek diameter tomat

Pengujian berikutnya dilakukan dengan tujuan mengetahui tingkat keberhasilan robot dalam memetik atau memanen buah tomat yang sudah matang dengan ukuran tomat yang berbeda. Untuk pengujian ini digunakan buah tomat dengan diameter 4 cm dan 6 cm. Tabel 2 memperlihatkan hasil pengujian.

Tabel 2. Hasil pengukuran tomat dengan diameter berbeda

No.	Percobaan	Posisi Akhir Gripper		Waktu (s)	
		Diameter 4 cm	Diameter 6 cm	Diameter 4 cm	Diameter 6 cm
1.	Percobaan 1	Tepat di tangkai	kiri tangkai	4	4
2.	Percobaan 2	Tepat di tangkai	kiri tangkai	5	5
3.	Percobaan 3	Tepat di tangkai	Tepat di tangkai	4	4
4.	Percobaan 4	Tepat di tangkai	kiri tangkai	5	5
5.	Percobaan 5	Tepat di tangkai	Tepat di tangkai	5	4

Berdasarkan dari pengujian di atas diketahui bahwa, dengan diameter tomat 4 cm robot dapat bekerja lebih baik dibandingkan dengan diameter 6 cm. Pergerakan motor servo maju ditentukan dengan berapa besar gambar citra tomat di layar kamera. Pada tomat yang berdiameter lebih besar, citra tomat akan lebih cepat memenuhi layar frame, sehingga motor servo maju akan berhenti lebih cepat. Posisi berhenti yang lebih cepat inilah yang membuat gripper belum mencapai tangkai tomat yang dituju.

C. efek cahaya

Sistem yang dibuat mendeteksi tomat yang matang menggunakan *pi camera*, yang tentunya dipengaruhi oleh tingkat pencahayaan sekitarnya. Untuk mengetahui efek cahaya terhadap kinerja robot, dilakukan uji coba pada dua kondisi pencahayaan yang berbeda, yaitu 64 lux dan 164 lux. Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kinerja sistem pada tingkat pencahayaan yang berbeda

No.	Percobaan	Posisi Gripper		Jarak Gripper dengan Buah Tomat (Cm)		Waktu (s)	
		66 Lux	164 Lux	66 Lux	164 Lux	66 Lux	164 Lux
1.	Percobaan 1	Kiri tangkai	Tepat pada tangkai	1	0	5	4
2.	Percobaan 2	Tepat pada tangkai	kiri tangkai	0	1	4	5
3.	Percobaan 3	kanan tangkai	Tepat pada tangkai	1	0	5	4
4.	Percobaan 4	Tepat pada tangkai	kanan tangkai	0	1	4	4
5.	Percobaan 5	kanan tangkai	kiri tangkai	1	1	6	5
6.	Percobaan 6	Kanan tangkai	Tepat pada tangkai	1	0	6	4
7.	Percobaan 7	Tepat pada tangkai	Tepat pada tangkai	0	0	4	4

Berdasarkan dari dua pengujian di atas robot mampu bekerja lebih baik dengan intensitas cahaya 164 Lux dibandingkan dengan cahaya 66 Lux saja dengan waktu rata-rata 4-5 detik. Sedangkan pada cahaya ruangan 66 Lux waktu yg diperlukan robot untuk mencapai buah yang matang tersebut dengan waktu yang relatif lebih lama yaitu 4-6 detik. Hal ini wajar terjadi karena pencahayaan yang baik akan lebih memudahkan sistem untuk membedakan warna tomat yang matang dari lingkungan sekitarnya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini telah berhasil dirancang dan dibuat *end-effector* dari lengan robot pemetik buah tomat. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa rancang bangun *end effector* ini dapat memetik buah tomat dengan ukuran diameter maksimal 4 cm. Sistem yang dibangun dapat menjangkau dan memotong buah tomat yang sudah matang pada jarak antara 14 cm sampai 20 cm dengan intensitas cahaya ideal sebesar 164 Lux. Kelemahan sistem ini adalah pada metode pendeteksian yang menggunakan metode HSV, untuk itu untuk selanjutnya mungkin akan lebih baik bila metode pendeteksian tersebut dikombinasikan dengan sistem yang lebih cerdas, misalnya logika Fuzzy.

DAFTAR PUSTAKA

- Almendral, K. A. M., R. M. G. Babaran, B. J. C. Carzon, K. P. K. Cu, J. M. Lalanto, & A. C. Abad. (2018). *Autonomous fruit harvester with machine vision*. IEEE. Jurnal. Telecommunication. Electron. Comput. Eng.,10(1): 79–86.
- Dewi, T. (2018). *Visual Servoing Design and Control for Agriculture Robot: A Review*. Procc. ICECOS 2018. IEEE.
- Feng, Q., X. Wang, G. Wang, & Z. Li. (2015). *Design and Test of Tomatoes Harvesting Robot*. 2015 IEEE International Conference on Information and Automation
- Font, D., T. Palleja, M. Tresanchesz, D. Runcan, J. Moreno, D. Martinez, M. Teixido, & J. Palacin. (2014). *A proposal for automatic fruit harvesting by combining a low cost stereovision camera and a robotic arm*. *Sensors* 14(7):11557-11579
- Handayani, A.M. & G. P. Cikarage. (2016). *Purwarupa Robot Humanoid Pemetik Buah Stroberi menggunakan kamera*. Yogyakarta: Sekolah Vokasi UGM
- Ilham Setia Budi, 2019, "Perancangan Robot Beroda Dan Berlengan Untuk Proses Pemanenan Buah Tomat Berbasis *Raspberry Pi*, Universitas lampung, Lampung: Skripsi. (unpublish).
- Kadir, A. (2017). *Dasar Rapsberry pi*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Subrata, I. D. M. & I. Nurfitri. (2011). *Rancangan End-effector untuk Robot Pemanen Buah Paprika*. Jurnal Keteknikaan Pertanian., 25(2), 87–94.
- Triatmojo, F & B. Sugandi. (2018). *Robot Pengikut Posisi dengan Menggunakan Filter Warna HSV*. Jurnal Integrasi, 10(2): 59-63.