

Short Communication

Penggunaan Lengan Robot Dalam Penggredan Buah Tembikai

Badaruzzaman Mohamad Noh^{1*}, Nur Azlin Razali², Teoh Chin Chuang¹, Masniza Sairi¹

¹Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI, Serdang, 43400, Selangor, badar@mardi.gov.my; cchin@mardi.gov.my; masniza@mardi.gov.my

²Pusat Penyelidikan Hortikultur, Ibu Pejabat MARDI, Serdang, 43400, Selangor, nurazlin@mardi.gov.my

*Corresponding author: Badaruzzaman bin Mohamad Noh, Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI, Serdang, 43400, Selangor; badar@mardi.gov.my

Abstract: *The use of a robotic arm in agriculture is an immediate need to overcome labour shortage and dependence on foreign labour, especially in fruit harvesting and postharvest activities such as watermelon grading. The research was conducted to evaluate the effect of the fruit grading system using a robotic arm with a suction cup on fruit quality, such as general appearance (bruising, fungal infection on stem and fruit surface, and overall acceptability rating), endocarp colour and firmness, as well as composition data for watermelons stored at 25 °C for 28 days. All samples showed no signs of external and internal injuries up to 3 weeks. The incidence of fungal infection occurring at the tip of the stem was detected on the third week and it was not directly related to the use of the robotic arm. On the third week, the bruising symptoms were visible regardless of the treatment. There were no significant differences in watermelon endocarp colour and firmness, soluble solids content, total titratable acidity, ascorbic acid content, and moisture content. In conclusion, using a robotic arm with a suction cup during the watermelon grading process does not cause external and internal injury on the watermelon fruit.*

Keywords: *robotic arm; water melon handling; external and internal injuries, postharvest quality*

Abstrak: Penggunaan lengan robot dalam bidang pertanian merupakan keperluan terkini terutama dalam kerja penuaian produk buah-buahan serta aktiviti-aktiviti lepas tuai seperti penggredan buah tembikai dalam mengatasi masalah kekurangan tenaga buruh serta kebergantungan pada tenaga buruh asing. Kajian telah dijalankan untuk melihat kesan sistem pengendalian penggredan buah tembikai menggunakan lengan robot ke atas kecederaan luaran dan dalaman buah tembikai seperti skor luaran (jangkitan kulat di tangkai dan bahagian dalaman serta insiden lebam pada kulit), perubahan warna isi, ketegaran endokarpa dan data komposisi isi untuk tembikai yang disimpan selama 28 hari pada suhu 25 °C. Semua sampel buah tembikai menunjukkan tiada kesan kecederaan di bahagian luaran dan dalaman sehingga minggu ke-3. Insiden jangkitan kulat yang berlaku pada hujung tangkai dikesan pada minggu ketiga dan ia adalah tidak berkaitan dengan penggunaan lengan robotik. Kesan lebam juga dapat dilihat ketara pada minggu ke-3 tanpa mengira rawatan. Tiada perbezaan signifikan pada warna isi tembikai, ketegaran kulit, kandungan pepejal terlarut, jumlah keasidan tertitrat, kandungan asid askorbik dan kandungan kelembapan. Kesimpulannya,

penggunaan lengan robot untuk diaplikasikan semasa aktiviti penggredan buah tembikai dengan *suction cup* tidak mendatangkan kesan kecederaan luaran dan dalaman ke atas buah tembikai.

Kata kunci: lengan robot; pengendalian buah tembikai; kecederaan dalaman dan luaran; kualiti lepas tuai

Received: 16th March 2022

Received in revised form: 19th June 2022

Available Online: 2nd October 2022

Published: 10th April 2023

Citation: Mohamad Noh, B., Razali, N. A., Teoh, C. C., *et al.* Penggunaan lengan robot dalam penggredan buah tembikai. *Adv Agri Food Res J* 2023; 4(1): a0000307. <https://doi.org/10.36877/aafri.a0000307>

1.0 Pendahuluan

Industri robotik dibangunkan untuk membantu dan menggantikan kerja-kerja yang dilakukan oleh manusia di mana kerja-kerja tersebut adalah berbahaya, memerlukan ketepatan yang tinggi, berulang dan kotor seperti yang diterangkan oleh Tai *et al.* (2016). Sistem robot mempunyai penggunaan yang meluas dalam industri pertanian, pertahanan dan lain-lain bidang. Dalam beberapa dekad yang lalu, penyelidikan telah dijalankan ke atas penggunaan robot dalam bidang pertanian seperti operasi rumah hijau, kerja-kerja penuaian serta pengendalian lepas tuai hasil pertanian dan pemprosesan makanan. Asas teknikal penggunaan robot boleh dikembangkan lagi penggunaannya dalam bidang operasi pertanian yang lain. Namun sebelum lengan robotik dapat dikembangkan penggunaannya dengan baik dalam bidang pertanian, kajian dan penambahbaikan perlu dibuat ke atas sistem tersebut. Ini adalah kerana beberapa kajian menyatakan bahawa penggunaan sistem robotik dalam bidang pertanian tidak mempunyai kejayaan yang sama seperti dalam industri pembuatan, seperti yang diterangkan oleh An *et al.* (2020). Penggunaan lengan robotik memerlukan sistem pengeluaran yang sesuai serta tidak rumit. Pengendalian lengan robotik keatas produk pertanian juga dikuatiri memberi kesan keatas kualiti produk tersebut. Oleh sebab itu, ia lebih sukar untuk mengaplikasikan sistem robotik dalam operasi pengeluaran produk pertanian.

Dalam industri pengeluaran produk pertanian di Malaysia seperti buah tembikai, penggunaan sistem lengan robotik dapat membantu dalam operasi pengendalian lepas tuai kerana kebiasaannya pengusaha menggunakan tenaga buruh asing dalam operasi ini. Sistem lengan robot dapat juga membantu mengangkat buah tembikai yang berat dan sukar dikendalikan secara manual dalam kerja-kerja penggredan.

Sistem lengan robotik yang biasa digunakan dalam operasi pengendalian lepas tuai buah-buahan adalah sistem lengan robot yang mempunyai *suction cup* untuk mengangkat

dan memindahkan buah-buahan dari satu bahagian ke bahagian yang lain, seperti yang dikaji oleh Chauhan *et al.* (2022). Di dalam operasi penggredan buah tembikai, sistem ini digunakan untuk mengangkat dan memindahkan buah tembikai daripada bahagian penimbang digital ke meja penggredan. Kajian hendaklah dijalankan ke atas operasi penggredan buah tembikai menggunakan sistem lengan robot yang mempunyai *suction cup*, terutamanya kesan kepada kualiti buah tersebut. *Suction cup* kebanyakannya digunakan untuk mengendali buah-buahan yang bersaiz kecil di peringkat industri lepas tuai buah-buahan. Ini merupakan sesuatu yang baharu di dalam kajian ini di mana penggunaan *suction cup* di lengan robotik dalam penggredan buah-buahan yang bersaiz besar seperti tembikai.

2.0 Kaedah

2.1 Penyediaan Sampel Tembikai

Tembikai (*Citrullus lanatus*) varieti Princess 1698 (jenis tanpa biji) dan dituai 30 hari selepas pendebungaan dibawa dari ladang ke Makmal Lepas Tuai MARDI. Sampel buah yang digunakan dalam kajian ini telah dipilih mengikut keseragaman saiz dan bentuk. Ia bebas dari sebarang bentuk kecederaan mekanikal dan kerosakan yang disebabkan oleh serangga atau patogen.

Sampel buah seterusnya dibahagikan kepada dua set rawatan iaitu aplikasi lengan robotik untuk tujuan mekanisasi penggredan dan satu set adalah kawalan. Aplikasi lengan robotik dijalankan menggunakan sistem lengan robotik industri yang mempunyai dua lengan yang bersambungan dan pergelangan. Di hujung pergelangan lengan robot, dipasang *suction cup* yang berfungsi untuk memegang buah tembikai apabila dipindahkan daripada bahagian penimbang digital ke meja penggredan. Daya untuk memegang buah tembikai di dalam *suction cup* dijanakan oleh *vacuum injector*. Tekanan vakum yang digunakan dalam *suction cup* adalah -1 bar di mana mampu mengangkat buah tembikai sehingga 20 kg. Bahagian di permukaan buah tembikai yang bersentuhan dengan *suction cup* akan ditandakan dan buah ini akan dijadikan sampel untuk proses penilaian kualiti buah.

Buah tembikai seterusnya dipek menggunakan kotak papan gentian beralun (CFB) dengan tiga replikasi buah dalam setiap kotak dan ditimbang sebelum disimpan. Sampel disimpan pada suhu optimum 10 °C selama empat minggu dan penilaian dijalankan setiap minggu untuk melihat perubahan kualiti.

2.2 Penilaian Kualiti Buah

Kualiti buah dinilai melalui penampilan visual buah tembikai. Kualiti fizikal buah yang dinilai termasuklah simptom kecederaan mekanikal seperti lebam, jangkitan kulat pada tangkai, bahagian luaran dan dalaman buah dan penilaian kebolehterimaan keseluruhan (Skor 5 = Sangat baik, 4 = Baik, 3 = Boleh diterima, 2 = Kurang memuaskan, 1 = Tidak memuaskan) telah dianalisa mengikut skala penilaian visual (Jadual 1) yang telah diubahsuai daripada Proulx *et al.* (2005).

Jadual 1. Peratusan simptom kecederaan mekanikal seperti lebam, jangkitan kulat pada tangkai, luaran dan dalaman buah

Simptom lebam, jangkitan kulat pada tangkai, bahagian luaran dan dalaman buah (% luas permukaan)	Keadaan buah selari dengan simptom
0% = Tiada ketidaknormalan	Negatif = Tiada kesan
1–15% = Simptom yang sedikit	+ = Sedikit terjejas
16–25% = Simptom sederhana	++ = Sederhana terjejas
25–50% = Simptom antara sederhana dan teruk	+++ = Terjejas teruk
>50% = Simptom yang teruk	++++ = Terjejas sangat teruk

Analisis fizikal dan kimia dilakukan ke atas sampel untuk menentukan perubahan kualiti buah. Penilaian kualiti lepas tuai merangkumi nilai tekstur dan komposisi (pH, kandungan pepejal terlarut (SSC), jumlah keasidan tertitrat (TTA) dan kandungan asid askorbik). Warna isi tembikai diukur menggunakan kalorimeter (Konica Minolta Sensing Model CR-400; Tokyo, Jepun dengan pencahayaan D65, menghasilkan nilai CIE L*, a*, dan b* ditukar kepada sudut hue (h*) dan nilai kroma (C *) seperti yang diterangkan oleh McGuire (1992).

Tekstur isi tembikai diukur menggunakan mesin penganalisis tekstur (TA.xt.Plus, Stable Micro Systems) yang dipasang dengan probe silinder keluli tahan karat yang rata (P2N) dengan jarak kedalaman 10 mm dari permukaan potongan sampel dengan kelajuan penembusan 5 mm/saat. Nilai dinyatakan sebagai Newton (N). Nilai tekstur isi ditentukan di tiga tempat berbeza pada buah. Nilai pH diukur menggunakan pH meter digital Orion (model SA 520). Jumlah keasidan tertitrat diukur dengan mentitrat menggunakan larutan 0.1 N NaOH sehingga pH mencapai 8.1 menggunakan buret digital. Jumlah pepejal terlarut (TSS) ditentukan menggunakan refraktometer digital (ATAGO RX-5000, ATAGO,

Jepun). Seterusnya, kandungan asid askorbik ditentukan dengan mentitrat menggunakan 2.6 dichlorophenolindophenol sehingga warna larutan sampel bertukar ke warna merah jambu pudar yang kekal.

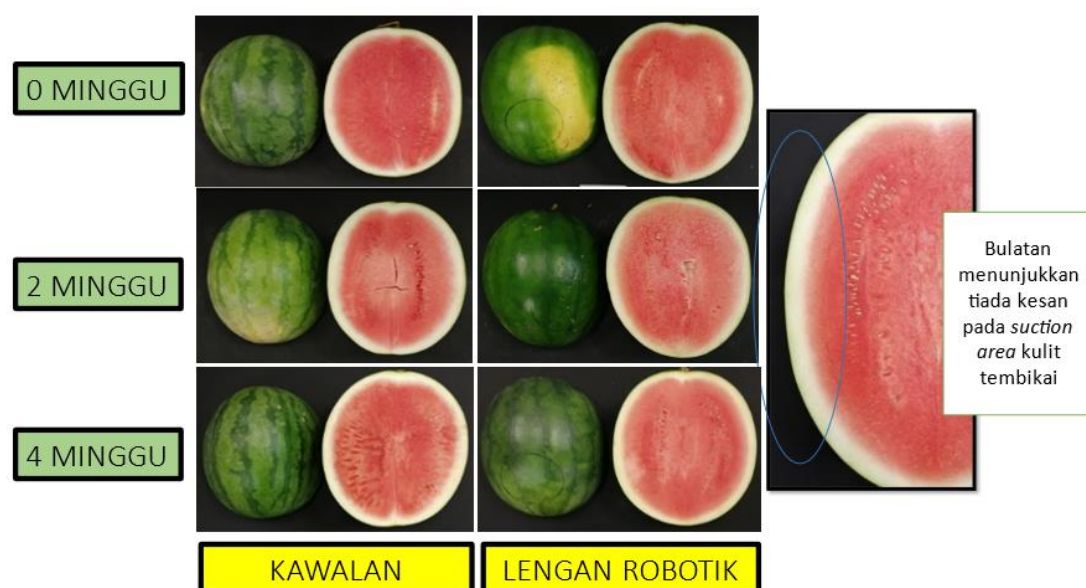
2.3 Analisis Statistik

Reka bentuk kajian adalah dalam bentuk rawak (*Completely Randomised Design*) dan dilakukan pada setiap pemboleh ubah. Analisis statistik bagi tindak balas rawatan telah dijalankan menggunakan analisis varian (ANOVA). Analisis digunakan untuk mengenal pasti hubungan antara parameter dan rawatan. Data eksperimen dibentangkan sebagai purata dengan pemakluman tentang perbezaan ketara di dalam teks.

3.0 Keputusan dan Perbincangan

3.1 Simptom Kecederaan Mekanikal seperti Lebam, Jangkitan Kulit pada Tangkai dan Permukaan Buah serta Penilaian Kebolehterimaan Keseluruhan

Aplikasi lengan robotik dalam penggredan buah tembikai telah dijalankan dan peratus simptom kecederaan mekanikal dikira secara skala penilaian visual dari keseluruhan luas permukaan buah. Daripada penilaian simptom ini, didapati penggunaan lengan robotik tidak menyebabkan kecederaan mekanikal terhadap tembikai. Tiada kesan lebam kelihatan pada permukaan kawasan buah yang telah dipegang menggunakan lengan robotik walaupun setelah empat minggu penyimpanan di 10 °C (Rajah 1).



Rajah 1. Penampilan visual tembikai selepas disimpan selama dua dan empat minggu di suhu 10 °C

Walau bagaimanapun, terdapat kesan lebam yang tidak berkaitan dengan aplikasi lengan robotik di kawasan permukaan lain pada kedua-dua rawatan (Jadual 2). Kesan lebam tidak ketara dan tidak mempengaruhi kebolehterimaan keseluruhan. Jangkitan kulat pada tangkai dan permukaan buah hanya sedikit dan tidak berkaitan dengan penggunaan lengan robotik (Jadual 2). Jangkitan kulat di permukaan buah dikesan bukan pada kawasan lengan robotik dan didapati pada kedua-dua rawatan semasa penyimpanan seawal tiga minggu. Jangkitan kulat ini dapat dielakkan dengan merawat buah terlebih dahulu dengan racun kulat *propiconazole* (250 ppm) atau *sodium hypochlorite* (250 ppm) dan dibiarkan kering. Semua sampel tembikai yang disimpan di suhu bilik (25 °C), diskor baik sehingga minggu ke-3 pada buah kawalan dan buah rawatan. Buah tembikai masih boleh diterima sehingga minggu ke-4 untuk kedua-dua rawatan.

Jadual 2. Simptom lebam, jangkitan kulat pada tangkai dan permukaan buah serta penilaian kebolehterimaan keseluruhan (skor 1–5) untuk tembikai sepanjang 28 hari penyimpanan

Ciri-ciri	Hari	Kawalan	Lengan Robotik
Simptom lebam	0	+	+
	14	++	+
	21	++	++
	28	+	+
Jangkitan kulat pada tangkai	0	-	-
	14	-	-
	21	-	+
	28	-	-
Jangkitan kulat pada permukaan buah	0	-	-
	14	-	+
	21	-	-
	28	-	-
Penilaian kebolehterimaan keseluruhan	0	5	5
	14	5	4
	21	4	4
	28	3	3

Singkatan: Skor simptom berdasarkan setiap buah (n = 3): negatif = tiada kesan; += sedikit terjejas; ++ = sederhana terjejas; +++ = terjejas teruk; Penilaian kebolehterimaan keseluruhan: 5 = Sangat baik, 4 = Baik, 3 = Boleh diterima, 2 = Kurang memuaskan, 1 = Tidak memuaskan.

Jadual 3 menunjukkan warna isi tembikai semasa 4 minggu penyimpanan pada suhu 25 °C. Didapati penggunaan lengan robotik tidak memberi perbezaan yang ketara terhadap

warna isi buah tembikai. Bagi parameter ketegaran, didapati penggunaan lengan robotik menurunkan ketegaran buah dengan sangat ketara. Walaupun perbezaan yang sangat ketara, ketegaran isi ini masih dianggap tinggi atau ketegaran yang boleh diterima kerana dari segi penilaian sensori, isi tembikai masih tegar. Bacaan ketegaran yang kurang memuaskan bagi isi tembikai adalah di bawah 30.0N di mana isi tersebut adalah lembik dan berair.

Jadual 3. Warna dan ketegaran isi semasa 28 hari penyimpanan pada 25 °C

Kesan utama	L*	Sudut hue ^o	Kroma*	Ketegaran isi (N)
Kawalan	40.06 ^a	36.14 ^a	32.34 ^a	43.64 ^a
Lengan robotik	41.42 ^a	36.70 ^a	31.83 ^a	34.17 ^a
Signifikan	ns ^y	ns	ns	ns

Min dalam setiap lajur untuk dengan huruf yang sama tidak berbeza secara signifikan mengikut ujian Duncan's Multiple Range pada $p \leq 0.05$. ^yns=tidak berbeza.

Jadual 4 menunjukkan data komposisi isi tembikai semasa 4 minggu penyimpanan pada suhu 25 °C. Didapati tiada perbezaan yang ketara ke atas bacaan kandungan pepejal terlarut, jumlah keasidan tertitrat, kandungan asid askorbik dan kandungan kelembapan di antara tembikai yang diaplikasi lengan robotik berbanding kawalan. Penggunaan lengan robotik tidak mengubah komposisi kimia isi tembikai sepanjang 28 hari penyimpanan.

Jadual 4. Data komposisi isi tembikai sepanjang 28 hari penyimpanan

Kesan utama	Jumlah pepejal terlarut (%)	Jumlah keasidan tertitrat (%)	Kandungan asid askorbik (mg/100g)	Kandungan kelembapan
Kawalan	7.91 ^a	0.09 ^a	3.17 ^a	91.66 ^a
Lengan robotik	8.16 ^a	0.09 ^a	3.24 ^a	91.75 ^a
Signifikan	ns ^y	ns	Ns	ns

Min dalam setiap lajur untuk dengan huruf yang sama tidak berbeza secara signifikan mengikut ujian Duncan's Multiple Range pada $p \leq 0.05$. ^yns=tidak berbeza.

4.0 Jangkaan Untuk Daya Maju Di Masa Hadapan

Oleh kerana kajian sistem penggunaan lengan robotik dalam penggredan tembikai masih di peringkat kajian awal iaitu kesan *suction cup* ke atas kualiti buah tembikai maka

data untuk kajian pengkomersialan seperti kos operasi dan kapital dibuat mengikut anggaran kos yang ada di pasaran. Tiada kajian yang khusus dibuat di peringkat pengkomersialan bagi penggunaan sistem lengan robotik dalam penggredan tembikai.

Jadual 5. Kos untuk kapital dan operasi bagi penggunaan lengan robotik dalam penggredan tembikai

Keterangan kos	Kos (RM)
Aset kapital:	
Mesin dan peralatan sistem lengan robotik	90,000.00

Anggaran kos kapital dan operasi bagi sistem lengan robotik untuk menggredkan buah tembikai adalah dinyatakan dalam Jadual 5. Kos kapital adalah berjumlah RM 90,000 dan kos operasi adalah RM 5,000.00. Jumlah kos kapital dan operasi adalah RM 95,000.00. Sistem ini akan mempunyai daya maju dari segi ekonomi jika buah tembikai yang digred menggunakan sistem ini mempunyai pasaran eksport di luar negara. Ia akan membantu mendapat kos modal dan keuntungan dalam jangka masa yang munasabah untuk syarikat berkembang maju. Selain daripada itu, sistem ini dapat menjimatkan penggunaan tenaga buruh berdasarkan tinjauan yang di buat di Syarikat Melon Master Selayang. Syarikat tersebut mengupah enam orang pekerja untuk menggredkan buah tembikai. Sistem penggredan buah tembikai menggunakan lengan robotik hanya memerlukan tenaga kerja dua orang pekerja. Oleh itu, ia dapat menjimatkan sumber tenaga kerja manusia seramai empat orang pekerja.

5.0 Kesimpulan

Penggunaan lengan robotik menggunakan *suction cup* tidak mendatangkan kecederaan fizikal atau simptom kecederaan mekanikal seperti lebam dan jangkitan kulat pada tangkai dan permukaan buah. Sistem ini juga tidak mengurangkan kualiti buah tembikai dari segi komposisi isi tembikai dan penampilan visual isi buah tembikai. Tekanan vakum dalam *suction cup*-1 bar tidak mendatangkan kesan pada kualiti dalaman dan kecederaan fizikal pada buah tembikai kerana ia yang tebal. Sistem ini juga dijangkakan mempunyai potensi daya maju ekonomi untuk digunakan dalam industri penggredan tembikai.

Acknowledgment: The authors would like to thank The Engineering Research Center (MARDI) for the funding and facilities

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Rujukan

- An, X., Li, Z., Zude-Sasse, M., *et al.* (2020). Characterization of textural failure mechanics of strawberry fruit. *Journal of Food Engineering*, 282, 110016. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110016>
- Chauhan, A., Brouwer, B. & Westra, E. (2022). Robotics for a quality-driven post-harvest supply chain. *Current Robotics Reports*, 3(2), 39–48. <https://doi.org/10.1007/s43154-022-00075-8>
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254–1255, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.27.12.1254>
- Proulx, E., Cecilia, M., Nunes, N., *et al.* (2005). Quality attributes limiting papaya postharvest life at chilling and non-chilling temperatures. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 118, 389–395.
- Tai, K., El-Sayed, A.-R., Shahriari, *et al.* (2016). State of the art robotic grippers and applications. *Robotics*, 5(2), 11. <https://doi.org/10.3390/robotics5020011>



Copyright © 2023 by Mohamad Noh, B. *et al.* and HH Publisher. This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC-BY-NC4.0)