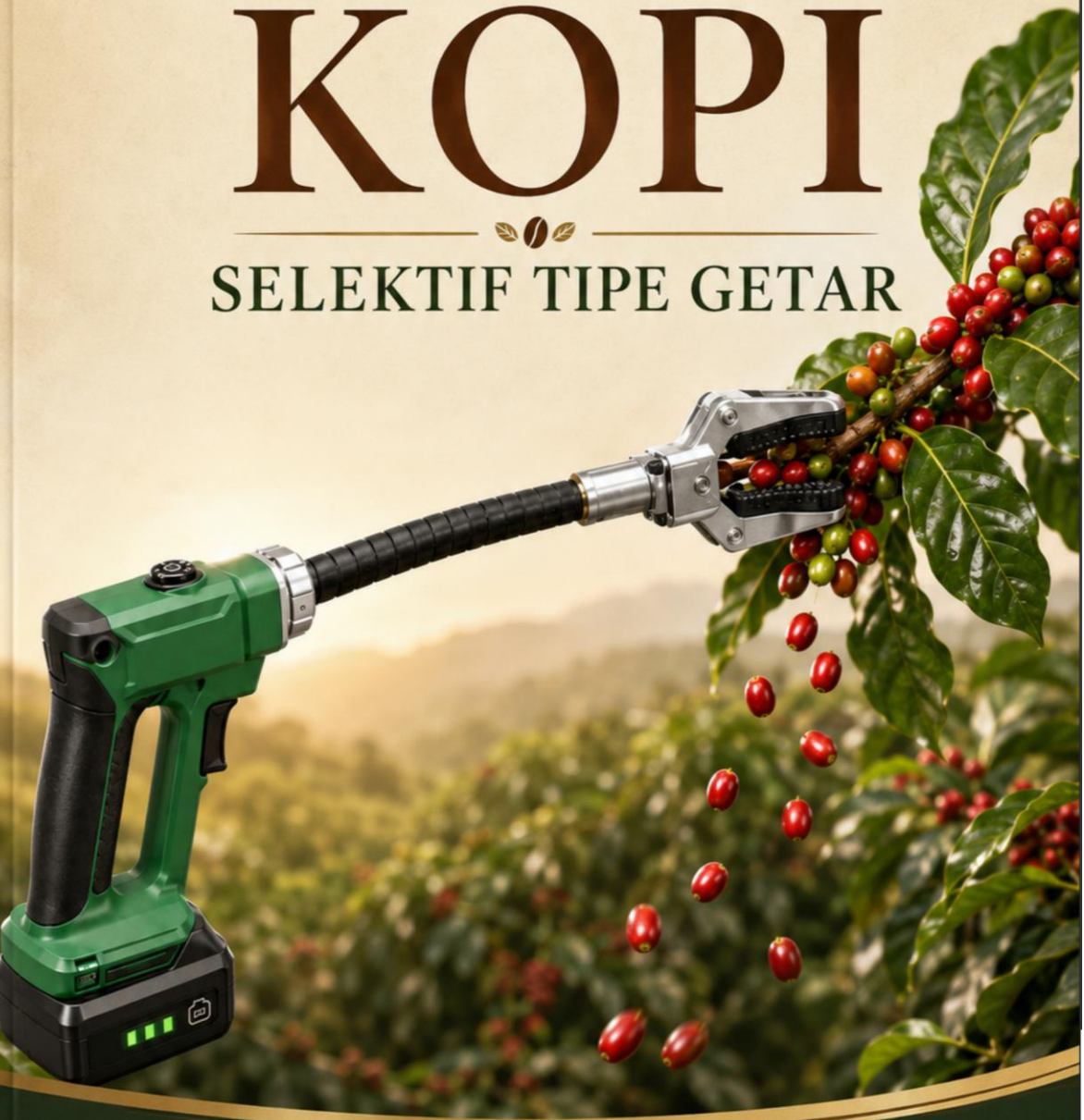


INOVASI ALAT PEMANEN KOPI



SELEKTIF TIPE GETAR



Dr. Muhammad Taufiq, S.TP., M.Si.

INOVASI ALAT PEMANEN KOPI SELEKTIF TIPE GETAR

Dr. Muhammad Taufiq, S.TP., M.Si.



TAHTA MEDIA GROUP

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

INOVASI ALAT PEMANEN KOPI SELEKTIF TIPE GETAR

Penulis:

Dr. Muhammad Taufiq, S.TP., M.Si.

Desain Cover:

Tahta Media

Editor:

Tahta Media

Proofreader:

Tahta Media

Ukuran:

ix, 129, Uk: 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-634-262-276-6

Cetakan Pertama:

Agustus 2026

Hak Cipta 2026, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2026 by Tahta Media Group

All Right Reserved

PENERBIT TAHTA MEDIA GROUP

Perumahan Mitra Utama Residence 3 Blok A no 1, Sawahan, Tempel,
Kec. Gatak, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57557

email: tahtaliterasimedia@gmail.com

website: <http://store.tahtamedia.co.id/>

Anggota IKAPI (216/JTE/2021)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas tersusunnya buku **“Inovasi Alat Pemanen Kopi Selektif Tipe Getar”**. Buku ini hadir sebagai bagian dari upaya memperluas wawasan mengenai mekanisasi pemanenan kopi, khususnya penerapan teknologi getaran untuk mendukung proses panen yang lebih efisien dan selektif. Pemanenan merupakan tahapan penting dalam produksi kopi karena tidak hanya menentukan jumlah hasil yang diperoleh, tetapi juga berpengaruh langsung terhadap keseragaman tingkat kematangan buah dan mutu kopi yang dihasilkan.

Pemanenan selektif pada tanaman kopi memerlukan pemahaman mengenai hubungan antara karakter biologis buah dan prinsip kerja alat. Perbedaan tingkat kematangan, massa buah, kekuatan tangkai, gaya lepas, serta struktur cabang menyebabkan setiap buah memberikan respons yang berbeda terhadap gaya mekanis. Dalam konteks tersebut, teknologi getar memiliki potensi untuk menghasilkan pelepasan buah secara lebih terarah melalui pengaturan frekuensi, amplitudo, arah getaran, dan lama pemberian getaran. Oleh karena itu, pengembangan alat pemanen tidak hanya berkaitan dengan bentuk dan kekuatan komponen, tetapi juga memerlukan pemahaman mengenai mekanika getaran, karakter tanaman, keselamatan kerja, dan kenyamanan operator.

Buku ini membahas berbagai aspek yang mendasari teknologi pemanen kopi selektif tipe getar, mulai dari karakteristik buah kopi, prinsip pemanenan manual dan mekanis, gaya pelepasan buah, teori getaran, pemodelan sistem buah tangkai cabang, hingga pertimbangan dalam merancang komponen alat. Pembahasan juga mencakup pemilihan aktuator, mekanisme penerusan getaran, sistem

penjepit, sumber daya, pengendalian kecepatan, ergonomi, keselamatan, serta peluang pengembangan teknologi pemanen kopi pada masa mendatang. Keseluruhan materi disusun secara bertahap agar hubungan antara aspek biologis tanaman dan aspek teknis alat dapat dipahami secara utuh.

Kehadiran buku ini diharapkan dapat memperkaya bahan bacaan dalam bidang mekanisasi pertanian, teknik pertanian, teknologi hasil perkebunan, dan pengembangan alat dan mesin pertanian. Buku ini dapat digunakan oleh mahasiswa, dosen, perancang alat, penyuluh, pelaku usaha, bengkel alat pertanian, serta masyarakat yang memiliki perhatian terhadap pengembangan teknologi pemanenan kopi. Selain memberikan landasan konseptual, uraian yang disajikan diharapkan dapat mendorong lahirnya berbagai inovasi yang sesuai dengan karakter perkebunan kopi di Indonesia.

Penulis menyadari bahwa perkembangan teknologi mekanisasi pertanian berlangsung secara dinamis seiring dengan kemajuan ilmu bahan, instrumentasi, sistem kendali, sensor, dan teknologi digital. Oleh sebab itu, buku ini terbuka untuk terus diperkaya melalui perkembangan pengetahuan dan pengalaman penerapan teknologi di berbagai wilayah perkebunan. Kritik dan saran dari pembaca sangat berarti bagi penyempurnaan isi buku pada masa mendatang.

Semoga buku ini memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, pendidikan, dan inovasi teknologi pemanenan kopi serta turut mendukung terwujudnya sistem produksi kopi Indonesia yang efisien, bermutu, dan berkelanjutan.

Jember, 8 Juni 2026

Penulis,

Dr. Muhammad Taufiq, S.TP., M.Si.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Kopi dan Tantangan Pemanenan	1
1.2. Sistem Pemanenan Manual dan Mekanis	3
1.3. Pemanenan SELEKTIF sebagai Penentu Mutu Kopi	6
1.4. Teknologi Getar untuk Pemanenan Kopi.....	8
1.5. Peran Mekanisasi dalam Sistem Produksi Kopi.....	11
BAB 2 DASAR BIOLOGIS DAN MEKANIS BUAH KOPI	14
2.1. Struktur buah kopi dan tangkai	14
2.2. Kematangan dan perubahan sifat fisik.....	17
2.3. <i>Fruit removal force</i>	21
2.4. Variabilitas spasial pada tanaman.....	24
2.5. Relevansi varietas dan lingkungan	27
BAB 3 PRINSIP DASAR GETARAN PADA PEMANENAN KOPI.....	30
3.1. Gerak harmonik sederhana	30
3.1. Frekuensi dan amplitudo	33
3.2. Resonansi dan redaman.....	36
3.4. <i>Transmissibility</i>	40
3.5. Arah getaran.....	43
BAB 4 TEORI MATEMATIS SISTEM BUAH-TANGKAI- CABANG.....	47
4.1. Model massa-pegas-redaman	47
4.2. Gaya inersia	49
4.3. Energi getaran	53
4.4. Model peluang pelepasan.....	56

4.5. Indeks selektivitas.....	60
BAB 5 RELEVANSI TEORI TERHADAP KONSEP DESAIN	
ALAT.....	65
5.1. Pemilihan aktuator	65
5.2. Desain penjepit getar.....	68
5.3. Pengaturan batas frekuensi dan amplitudo aman.....	70
5.4. Selektivitas sebagai parameter desain	73
BAB 6 SIMULASI DAN PEMODELAN DINAMIS	77
6.1. Tujuan simulasi.....	77
6.2. Asumsi model simulasi.....	80
6.3. Keterbatasan simulasi	83
BAB 7 DESAIN KONSEPTUAL ALAT PEMANEN KOPI	
SELEKTIF TIPE GETAR	87
7.1. Arsitektur alat inovasi pemanen kopi	87
7.2. Sistem kendali kecepatan.....	90
7.3. Bahan dan manufaktur	93
7.4. Kenyamanan operator dan keselamatan getaran.....	95
7.5. Perawatan dan umur pakai	98
7.6. Dampak sosial ekonomi.....	100
BAB 8 PETA JALAN PENGEMBANGAN PROTOTIPE	104
8.1. Tahap konseptual	104
8.2. Tahap prototipe laboratorium	107
8.3. Tahap uji kebun terbatas.....	109
8.4. Tahap optimasi desain	112
8.5. Tahap diseminasi	114
PENUTUP.....	118
DAFTAR PUSTAKA	122
BIOGRAFI PENULIS.....	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Permasalahan panen kopi manual dan mekanis	5
Gambar 2. Struktur buah kopi dan tangkai	15
Gambar 3. Perubahan massa, diameter, kadar air, dan gaya lepas buah kopi berdasarkan tingkat kematangan	19
Gambar 4. Pengukuran Fruit Removal Force (FRF) pada buah kopi	22
Gambar 5. Nilai Fruit Removal Force (FRF) terhadap tingkat kematangan buah kopi.....	23
Gambar 6. Gelombang simpangan pada beberapa frekuensi dan amplitudo operasi	35
Gambar 7. Model resonansi dan redaman dalam getaran.....	37
Gambar 8. Transmissibility sistem bergetar dengan redaman	42
Gambar 9. Hubungan frekuensi getar dan estimasi gaya inersia buah.....	52
Gambar 10. Peluang pelepasan buah pada tiga tingkat kematangan	60
Gambar 11. Peta indeks selektivitas relatif pada kombinasi frekuensi dan amplitudo	64
Gambar 12. Trade-off energi baterai dan efisiensi transfer getaran...	84
Gambar 13. Skema konseptual alat pemanen kopi selektif tipe getar	88
Gambar 14. Peta jalan tahapan pengembangan inovasi alat pemanen kopi tipe getar.....	104

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbedaan parameter biologis dan mekanis buah kopi menurut kematangan	18
Tabel 2. Rancangan jendela operasi konseptual untuk panen selektif.....	73
Tabel 3. Tahapan validasi prototipe alat pemanen kopi selektif tipe getar.....	83

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. KOPI DAN TANTANGAN PEMANENAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan penting yang memiliki nilai ekonomi tinggi, baik pada skala petani kecil maupun industri pengolahan. Kualitas akhir biji kopi sangat dipengaruhi oleh ketepatan waktu panen dan tingkat kematangan buah saat dipetik (Barros et al. 2018). Buah kopi yang dipanen pada kondisi matang optimal umumnya memberikan mutu fisik dan cita rasa yang lebih baik dibandingkan buah yang masih muda atau terlalu lewat matang (Santin et al. 2023). Sistem panen selektif menjadi penting karena buah kopi dalam satu cabang atau satu tanaman sering tidak matang secara seragam (Barros et al. 2018). Kondisi kematangan yang tidak seragam tersebut menuntut adanya teknologi panen yang mampu memisahkan buah matang tanpa banyak merontokkan buah muda (Villibor et al. 2023).

Panen kopi secara manual masih banyak digunakan karena mampu memilih buah matang secara visual dan langsung berdasarkan keterampilan pemetik. Metode manual memiliki kelemahan utama berupa kebutuhan tenaga kerja yang tinggi, waktu panen yang lama, dan biaya operasional yang cenderung meningkat (Mbuge et al. 2008). Ketersediaan tenaga kerja musiman juga dapat menjadi kendala, terutama pada wilayah sentra produksi yang membutuhkan pemanenan dalam waktu relatif serempak. Sistem panen mekanis hadir sebagai alternatif untuk meningkatkan kapasitas

kerja dan efisiensi waktu panen (Yu et al. 2023). Penggunaan alat mekanis tanpa prinsip selektivitas yang baik berisiko merontokkan buah dengan berbagai tingkat kematangan sekaligus, sehingga dapat menurunkan keseragaman bahan baku pascapanen (Villibor et al. 2023).

Inovasi alat pemanen kopi selektif tipe getar dikembangkan berdasarkan perbedaan karakter mekanis antara buah matang dan buah belum matang. Buah kopi matang umumnya memiliki gaya lepas buah atau *fruit removal force* yang lebih rendah dibandingkan buah muda, karena perubahan fisiologis selama pematangan memengaruhi kekuatan ikatan buah dengan tangkai (Santin et al. 2023). Perbedaan gaya lepas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai dasar desain alat yang bekerja melalui pengaturan frekuensi, amplitudo, dan arah getaran (Villibor et al. 2023). Getaran yang dikendalikan diharapkan mampu menghasilkan gaya inersia yang cukup untuk melepas buah matang, tetapi belum cukup besar untuk melepas buah muda. Prinsip ini menjadi dasar penting dalam pengembangan pemanen kopi selektif yang tidak hanya mengejar kapasitas kerja, tetapi juga menjaga mutu hasil panen (Yu et al. 2023).

Pendekatan getaran pada pemanenan kopi memiliki potensi besar karena energi mekanis dapat ditransmisikan dari alat menuju cabang, tangkai, dan buah (Villibor et al. 2023). Efektivitas pelepasan buah sangat dipengaruhi oleh kombinasi parameter getaran, terutama frekuensi dan amplitudo (Zhou et al. 2025). Frekuensi yang terlalu rendah dapat menghasilkan gaya pelepasan yang tidak memadai, sedangkan frekuensi yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko kerusakan cabang, daun, dan buah yang belum matang (Mbuge et al. 2008). Desain alat tipe getar perlu mempertimbangkan karakteristik biologis tanaman, sifat mekanis buah, serta kenyamanan operator selama penggunaan di lapangan. Kajian tentang *transmissibility* pada

sistem buah–tangkai menunjukkan bahwa pemahaman rambatan getaran sangat penting untuk menentukan rentang kerja alat yang sesuai bagi panen selektif (Villibor et al. 2023).

Pengembangan alat pemanen kopi selektif tipe getar menjadi relevan dalam konteks pertanian modern yang menuntut efisiensi, presisi, dan keberlanjutan. Teknologi ini dapat menjadi jembatan antara panen manual yang selektif tetapi lambat dan panen mekanis konvensional yang cepat tetapi kurang selektif (Yu et al. 2023). Konsep alat yang dirancang secara portabel, ergonomis, dan dapat diatur kecepatannya berpeluang diterapkan pada kebun kopi rakyat dengan skala usaha kecil hingga menengah. Integrasi prinsip mekanika getaran, pengukuran gaya lepas buah, dan desain penjepit getar dapat menghasilkan dasar inovasi yang lebih ilmiah dan terukur. Latar belakang tersebut menegaskan bahwa inovasi pemanen kopi selektif tipe getar diperlukan untuk meningkatkan efisiensi panen, menjaga mutu buah, dan mendukung pengembangan mekanisasi kopi yang adaptif terhadap kondisi kebun.

1.2. SISTEM PEMANENAN MANUAL DAN MEKANIS

Panen manual pada kopi masih menjadi metode yang banyak digunakan karena pemetik dapat memilih buah berdasarkan warna, ukuran, dan tingkat kematangan secara langsung. Kondisi buah kopi yang matang tidak seragam dalam satu tanaman menyebabkan proses panen manual lebih selektif dibandingkan panen serentak. Keterampilan pemetik sangat menentukan mutu hasil panen karena buah merah, kuning, hijau, dan lewat matang sering berada pada cabang yang sama (Buitrago-Osorio et al. 2020). Ketergantungan pada keterampilan manusia membuat hasil panen manual sulit distandarkan antarpekerja dan antarwaktu panen. Biaya tenaga kerja

menjadi salah satu persoalan utama karena panen kopi membutuhkan banyak pekerja, terutama pada puncak musim panen (Silva et al. 2015).

Panen manual juga menghadapi kendala efisiensi waktu, terutama pada kebun dengan luas areal besar atau topografi yang sulit dijangkau. Keterlambatan panen dapat menyebabkan peningkatan jumlah buah terlalu matang, buah kering di pohon, atau buah jatuh ke tanah sebelum dipanen. Kualitas bahan baku kopi dapat menurun apabila buah dengan tingkat kematangan berbeda tercampur dalam jumlah besar selama panen dan pengolahan. Pemetikan manual yang dilakukan secara terburu-buru berpotensi menurunkan ketelitian seleksi buah matang. Situasi tersebut menunjukkan bahwa panen manual memiliki keunggulan dalam selektivitas, tetapi masih lemah dari sisi kapasitas kerja, keseragaman hasil, dan efisiensi biaya.

Panen mekanis dikembangkan untuk mengatasi rendahnya kapasitas kerja pada sistem panen manual. Mesin atau alat pemanen mekanis mampu meningkatkan laju pemanenan karena proses pelepasan buah dilakukan melalui energi mekanis, seperti getaran, benturan, atau kombinasi keduanya (Yu et al. 2023). Sistem mekanis dapat mengurangi ketergantungan terhadap jumlah tenaga kerja, terutama pada daerah yang mengalami keterbatasan pekerja panen. Penggunaan panen mekanis juga berpotensi mempercepat proses panen sehingga kehilangan hasil akibat keterlambatan panen dapat ditekan. Keunggulan tersebut membuat mekanisasi menjadi salah satu arah penting dalam pengembangan teknologi panen kopi.



Gambar 1. Permasalahan panen kopi manual dan mekanis

Panen mekanis masih memiliki persoalan utama berupa rendahnya selektivitas apabila parameter kerja alat tidak disesuaikan dengan kondisi buah dan tanaman. Getaran dengan frekuensi dan amplitudo tinggi dapat meningkatkan efisiensi pelepasan buah, tetapi juga berpotensi merontokkan buah hijau atau buah belum matang (Gomes et al. 2020). Peningkatan intensitas getaran dapat memperbesar jumlah buah yang terlepas, tetapi persentase buah hijau yang ikut terpanen juga dapat meningkat (Silva et al. 2015). Kerusakan cabang, pelukaan kulit batang, gugurnya daun, dan penurunan potensi produksi berikutnya dapat terjadi apabila energi mekanis yang diberikan melebihi batas aman tanaman. Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan panen mekanis tidak hanya dinilai dari banyaknya buah yang terlepas, tetapi juga dari kemampuan alat mempertahankan selektivitas dan mengurangi kerusakan tanaman.

Permasalahan panen manual dan panen mekanis perlu dipahami sebagai dasar pengembangan alat pemanen kopi selektif tipe getar.

Panen manual unggul dalam pemilihan buah matang, tetapi memiliki keterbatasan pada kapasitas kerja, biaya, dan ketersediaan tenaga kerja. Panen mekanis unggul dalam kecepatan kerja, tetapi membutuhkan pengendalian parameter agar tidak merontokkan buah belum matang dan tidak merusak struktur tanaman. Kajian transmissibility pada sistem buah–tangkai menunjukkan bahwa rambatan getaran perlu dipahami untuk menentukan rentang frekuensi dan amplitudo yang sesuai bagi pelepasan buah secara selektif (Villibor et al. 2023). Pengembangan alat pemanen tipe getar perlu diarahkan untuk menggabungkan keunggulan selektivitas panen manual dengan efisiensi kerja panen mekanis melalui pengaturan getaran yang terukur.

1.3. PEMANENAN SELEKTIF SEBAGAI PENENTU MUTU KOPI

Pengembangan alat pemanen kopi selektif tipe getar bertujuan untuk menghasilkan teknologi panen yang mampu meningkatkan efisiensi kerja tanpa mengabaikan mutu buah. Tujuan utama alat ini adalah membantu proses pelepasan buah kopi matang melalui getaran yang terkontrol berdasarkan karakter mekanis buah dan tangkai. Perbedaan gaya lepas antara buah matang dan buah belum matang dapat digunakan sebagai dasar pengaturan parameter panen selektif (Santin et al. 2023). Prinsip selektivitas tersebut penting karena buah kopi pada satu tanaman sering berada pada tingkat kematangan yang berbeda. Teknologi panen yang dirancang secara selektif diharapkan dapat mengurangi tercampurnya buah matang dengan buah hijau selama proses pemanenan.

Pengembangan alat ini juga bertujuan untuk mengurangi ketergantungan petani terhadap panen manual yang membutuhkan banyak tenaga kerja. Panen manual memiliki keunggulan dalam

pemilihan buah, tetapi kapasitas kerjanya relatif rendah dan sangat bergantung pada ketersediaan pemetik. Mekanisasi panen kopi dapat meningkatkan kapasitas kerja karena energi mekanis digunakan untuk mempercepat proses pelepasan buah dari cabang (Yu et al. 2023). Alat tipe getar yang bersifat portabel diharapkan dapat digunakan pada kebun kopi skala kecil hingga menengah tanpa memerlukan mesin besar. Tujuan tersebut penting karena sebagian kebun kopi rakyat memiliki kondisi lahan, jarak tanam, dan akses kebun yang tidak selalu sesuai untuk penggunaan mesin pemanen berukuran besar.

Tujuan teknis dari pengembangan alat ini adalah menentukan rancangan getaran yang mampu melepas buah matang secara efektif. Parameter frekuensi, amplitudo, arah getaran, dan lama getaran perlu dikendalikan karena berpengaruh terhadap efisiensi pelepasan buah kopi (Zhou et al. 2025). Getaran yang sesuai dapat meningkatkan peluang terlepasnya buah matang, sedangkan getaran yang berlebihan dapat meningkatkan risiko rontoknya buah belum matang. Kajian transmissibility pada sistem buah–tangkai menunjukkan bahwa rambatan getaran menjadi faktor penting dalam menentukan rentang kerja alat yang mendukung panen selektif (Villibor et al. 2023). Pengendalian parameter tersebut menjadi dasar untuk merancang alat yang tidak hanya kuat dalam melepas buah, tetapi juga aman bagi tanaman.

Pengembangan alat ini bertujuan untuk menyediakan konsep desain yang menggabungkan aspek mekanika, biologi tanaman, dan ergonomi operator. Desain penjepit getar perlu mampu menyalurkan energi getaran secara efektif ke cabang atau tangkai tanpa menyebabkan kerusakan berlebihan pada jaringan tanaman. Efektivitas pelepasan buah pada sistem getar dipengaruhi oleh interaksi antara energi getaran, sifat mekanis tangkai, dan kondisi

kematangan buah (Gomes et al. 2020). Pegangan alat, bobot alat, posisi kendali kecepatan, dan kemudahan pengoperasian perlu diperhatikan agar alat dapat digunakan secara nyaman di lapangan. Tujuan ergonomis tersebut menjadi penting karena alat portabel akan dioperasikan langsung oleh pekerja dalam durasi kerja tertentu.

Pengembangan alat pemanen kopi selektif tipe getar juga bertujuan untuk membangun dasar ilmiah bagi perancangan prototipe yang dapat diuji dan dikembangkan lebih lanjut. Simulasi dinamis dapat digunakan untuk memperkirakan respons buah–tangkai–cabang terhadap variasi frekuensi dan amplitudo sebelum alat diuji secara lapang. Pendekatan pemodelan penting karena respons sistem buah–tangkai terhadap getaran merupakan dasar dalam pengembangan alat pemanen kopi yang lebih efisien (Mbuge et al. 2008). Data gaya lepas buah, massa buah, frekuensi kerja, dan tingkat kerontokan dapat digunakan sebagai parameter kalibrasi desain. Tujuan akhir pengembangan alat ini adalah menghasilkan konsep pemanen kopi selektif yang efisien, terukur, mudah dioperasikan, dan berpotensi mendukung peningkatan mutu hasil panen.

1.4. TEKNOLOGI GETAR UNTUK PEMANENAN KOPI

Inovasi alat panen kopi selektif tipe getar mencakup pengembangan konsep alat yang memanfaatkan energi getaran untuk membantu pelepasan buah matang dari tanaman. Inovasi ini tidak diarahkan untuk menggantikan seluruh sistem panen kopi secara penuh, melainkan untuk mendukung proses panen selektif pada kondisi kebun yang masih membutuhkan keterlibatan operator. Alat yang dikembangkan berfokus pada prinsip pelepasan buah berdasarkan perbedaan respons mekanis antara buah matang dan buah belum matang. Perbedaan gaya lepas buah pada berbagai tingkat

kematangan dapat menjadi dasar penting dalam penentuan parameter panen selektif (Santin et al. 2023). Ruang lingkup tersebut menjadikan alat ini sebagai teknologi bantu yang menggabungkan selektivitas panen manual dengan efisiensi mekanisasi.

Aspek biologis dalam inovasi ini meliputi pemahaman terhadap struktur buah, tangkai, cabang, dan tingkat kematangan buah kopi. Buah kopi memiliki karakter fisik dan mekanis yang berubah selama proses pematangan, sehingga responsnya terhadap gaya luar tidak selalu sama pada setiap fase kematangan. Perubahan karakter buah selama pematangan dapat memengaruhi kekuatan ikatan buah dengan tangkai dan peluang buah untuk terlepas akibat gaya mekanis (Barros et al. 2018). Kematangan buah juga perlu diperhatikan karena buah pada satu cabang sering berada pada fase merah, kuning, hijau, atau lewat matang secara bersamaan. Ruang lingkup biologis tersebut penting agar desain alat tidak hanya mempertimbangkan kemampuan merontokkan buah, tetapi juga kemampuan mempertahankan buah yang belum layak panen.

Aspek mekanis dalam inovasi ini mencakup pengaturan frekuensi, amplitudo, arah getaran, dan lama pemberian getaran. Parameter tersebut menjadi dasar dalam menentukan besar energi yang ditransmisikan dari alat menuju cabang dan tangkai buah. Studi tentang pemanenan kopi tipe getar menunjukkan bahwa parameter operasi alat berpengaruh terhadap keberhasilan pelepasan buah dan efektivitas kerja pemanenan (Yu et al. 2023). Transmissibility getaran pada sistem buah–pedunkel perlu dipahami karena rambatan getaran menentukan seberapa besar energi yang diterima oleh buah pada titik pelekatan (Villibor et al. 2023). Ruang lingkup mekanis tersebut menjadi dasar untuk merancang alat yang mampu menghasilkan getaran cukup kuat untuk melepas buah matang, tetapi tetap berada dalam batas aman bagi tanaman.

Aspek desain alat mencakup arsitektur alat, sistem aktuator, penjepit getar, pegangan, sumber energi, dan pengatur kecepatan. Desain alat portabel perlu mempertimbangkan kemudahan penggunaan di lapangan karena kebun kopi sering memiliki variasi jarak tanam, tinggi cabang, dan kondisi topografi. Penggunaan alat getar genggam pada pemanenan kopi telah dikembangkan untuk meningkatkan fleksibilitas operasi dibandingkan mesin pemanen besar (Yu et al. 2023). Penjepit getar menjadi komponen penting karena bagian ini berfungsi sebagai penghubung utama antara sumber getaran dan cabang atau tangkai. Ruang lingkup desain tidak hanya mencakup bentuk fisik alat, tetapi juga kemampuan alat dalam mengatur intensitas getaran sesuai kondisi buah dan tanaman.

Aspek pemodelan dan simulasi mencakup penyusunan model dinamis sistem buah–tangkai–cabang untuk memperkirakan respons buah terhadap getaran. Model massa–pegas–redaman dapat digunakan sebagai pendekatan awal untuk menggambarkan hubungan antara massa buah, kekakuan tangkai, redaman, dan gaya inersia. Analisis parameter getaran pada panen selektif kopi dapat membantu menentukan kombinasi frekuensi dan amplitudo yang lebih sesuai sebelum pengujian lapang dilakukan (Zhou et al. 2025). Simulasi juga dapat digunakan untuk membaca kemungkinan pelepasan buah berdasarkan variasi gaya lepas dan kondisi kematangan. Ruang lingkup pemodelan tersebut berperan sebagai jembatan antara teori mekanika dan pengembangan prototipe alat.

Aspek pengujian alat mencakup pengukuran gaya lepas buah, uji frekuensi kerja, uji selektivitas, dan evaluasi dampak alat terhadap tanaman. Pengujian gaya lepas buah diperlukan untuk memperoleh data dasar mengenai perbedaan kekuatan pelekatan buah pada berbagai tingkat kematangan. Efisiensi panen mekanis dapat dinilai melalui jumlah buah yang terlepas, tingkat kematangan buah yang

terpanen, dan potensi kerusakan tanaman akibat getaran (Silva et al. 2015). Evaluasi kerusakan tanaman perlu dilakukan karena tujuan inovasi bukan hanya meningkatkan jumlah buah terpanen, tetapi juga menjaga keberlanjutan produksi pada musim berikutnya. Ruang lingkup pengujian tersebut menegaskan bahwa keberhasilan alat harus dinilai melalui kombinasi aspek teknis, biologis, mutu hasil, dan keamanan tanaman.

1.5. PERAN MEKANISASI DALAM SISTEM PRODUKSI KOPI

Inovasi alat pemanen kopi selektif tipe getar memberikan manfaat utama dalam meningkatkan efisiensi proses panen tanpa menghilangkan prinsip selektivitas. Alat tipe getar dapat membantu operator mempercepat pelepasan buah melalui energi mekanis yang diarahkan pada cabang atau tangkai. Penggunaan pemanen getar genggam telah dilaporkan mampu meningkatkan dukungan mekanisasi panen kopi melalui pengaturan parameter operasi seperti posisi getar, frekuensi, dan gaya kerja alat (Yu et al. 2023). Efisiensi tersebut penting karena panen kopi secara manual membutuhkan waktu dan tenaga kerja yang besar pada saat puncak musim panen. Manfaat efisiensi kerja akan semakin terasa pada kebun kopi rakyat yang menghadapi keterbatasan jumlah pemetik.

Manfaat berikutnya adalah peningkatan peluang panen selektif berdasarkan perbedaan tingkat kematangan buah. Buah kopi matang dan buah belum matang memiliki respons mekanis yang berbeda terhadap gaya luar, terutama pada nilai gaya lepas buah atau *fruit detachment force*. Perbedaan gaya lepas antara buah hijau dan buah matang dapat digunakan sebagai dasar penyesuaian sistem panen agar buah matang lebih mudah terlepas dibandingkan buah belum matang (Ferraz et al. 2019). Alat tipe getar yang dapat diatur frekuensi

dan amplitudonya berpeluang menghasilkan gaya inersia yang lebih sesuai dengan kebutuhan pelepasan buah matang. Manfaat selektivitas ini penting untuk mengurangi tercampurnya buah muda dalam hasil panen.

Inovasi alat panen kopi selektif juga bermanfaat untuk menjaga mutu bahan baku pascapanen. Tingkat kematangan buah kopi saat panen berpengaruh terhadap mutu fisik dan potensi kualitas akhir produk kopi (Buitrago-Osorio et al. 2020). Buah yang dipanen terlalu muda dapat memberikan karakter mutu yang kurang optimal karena perkembangan fisik dan kimia buah belum mencapai kondisi matang. Alat yang mampu membantu pemanenan buah matang secara lebih selektif dapat mendukung keseragaman bahan baku sebelum proses sortasi, pengupasan, fermentasi, pengeringan, dan penyangraian. Manfaat mutu tersebut menjadikan inovasi alat panen tidak hanya berorientasi pada kecepatan kerja, tetapi juga pada peningkatan kualitas hasil.

Manfaat teknis dari alat pemanen kopi selektif tipe getar adalah tersedianya sistem kerja yang lebih terukur dibandingkan pemetikan manual penuh. Parameter getaran dapat dikalibrasi melalui pengaturan frekuensi, amplitudo, dan lama getaran sesuai kondisi tanaman. Penelitian tentang transmissibility getaran pada sistem buah-pedunkel kopi menunjukkan bahwa kombinasi frekuensi dan amplitudo dapat digunakan untuk mengidentifikasi rentang kerja yang sesuai bagi panen selektif (Villibor et al. 2023). Pengendalian parameter tersebut memungkinkan alat dikembangkan secara bertahap melalui pengujian laboratorium dan validasi lapang. Manfaat ini mendukung lahirnya prototipe yang berbasis data, bukan hanya berdasarkan percobaan bentuk alat secara empiris.

Inovasi alat panen kopi selektif tipe getar juga memberikan manfaat ergonomis bagi operator. Alat portabel yang dirancang dengan pegangan nyaman, bobot terkendali, dan sistem kendali kecepatan yang mudah dijangkau dapat mengurangi beban kerja pemetik selama proses panen. Teknologi pemanen selektif secara umum berpotensi meningkatkan produktivitas, mengurangi kebutuhan tenaga kerja, dan memperbaiki aspek ergonomi dalam aktivitas panen komoditas hortikultura dan perkebunan (Rajendran et al. 2023). Desain ergonomis menjadi penting karena operator harus mengarahkan alat ke cabang atau titik panen dalam waktu kerja yang berulang. Manfaat ergonomis tersebut diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan, keselamatan, dan konsistensi kerja operator di lapangan.

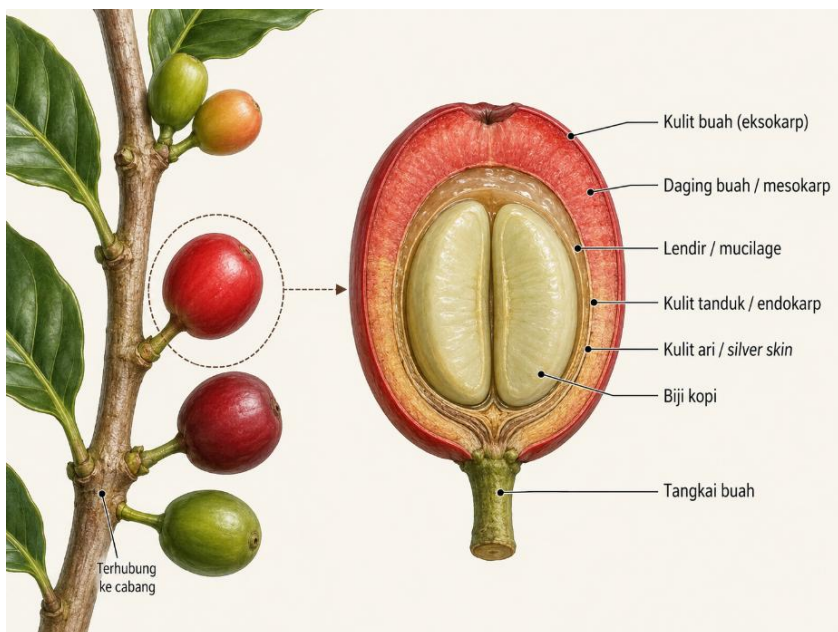
Manfaat jangka panjang dari inovasi ini adalah terbukanya peluang pengembangan mekanisasi kopi yang adaptif terhadap kondisi kebun rakyat. Alat pemanen getar berukuran portabel lebih memungkinkan diterapkan pada kebun dengan topografi beragam dibandingkan mesin pemanen besar. Penentuan parameter getaran yang tepat dapat mendukung pengembangan pemanenan selektif karena energi getaran dapat diarahkan untuk meningkatkan pelepasan buah matang dan menekan kerontokan buah belum matang (Zhou et al. 2025). Inovasi ini juga dapat menjadi dasar integrasi teknologi lanjutan seperti sensor kematangan, kendali kecepatan otomatis, dan visi komputer. Manfaat tersebut menunjukkan bahwa alat pemanen kopi selektif tipe getar dapat menjadi langkah awal menuju sistem panen kopi yang lebih efisien, presisi, dan berkelanjutan.

BAB 2

DASAR BIOLOGIS DAN MEKANIS BUAH KOPI

2.1. STRUKTUR BUAH KOPI DAN TANGKAI

Buah kopi merupakan buah batu atau *drupe* yang berkembang dari bakal buah dan di dalamnya terdapat biji yang menjadi bahan utama produk kopi. Struktur buah kopi tersusun atas beberapa lapisan utama, yaitu eksokarp, mesokarp, endokarp, kulit ari, dan endosperma atau biji kopi (Bastian et al. 2021). Eksokarp merupakan lapisan kulit luar yang tampak dari permukaan buah dan mengalami perubahan warna selama proses pematangan. Mesokarp merupakan bagian daging buah yang mengandung lendir atau mucilage dan berperan penting dalam proses pengolahan basah. Endokarp membentuk lapisan keras yang sering disebut kulit tanduk atau parchment dan berfungsi melindungi biji kopi di dalam buah (Tinoco et al. 2022).



Gambar 2. Struktur buah kopi dan tangkai

Struktur lapisan buah kopi memiliki hubungan erat dengan perubahan sifat fisik selama pematangan. Eksokarp yang semula berwarna hijau akan berubah menjadi kuning, oranye, merah, atau merah tua sesuai perkembangan pigmen dan kematangan buah. Perubahan warna kulit buah dapat digunakan sebagai indikator tingkat kematangan karena berkaitan dengan perubahan komposisi kimia dan akumulasi gula pada jaringan buah (Baptistella et al. 2024). Mesokarp mengalami perubahan tekstur dan kandungan senyawa selama pematangan, sehingga buah matang umumnya lebih lunak dibandingkan buah muda. Perubahan struktur dan komposisi jaringan tersebut menjadi dasar biologis penting dalam memahami perbedaan respons buah terhadap gaya mekanis.

Tangkai buah atau pedisel berperan sebagai penghubung mekanis antara buah dan cabang. Bagian ini menjadi jalur penyaluran air, asimilat, dan mineral dari tanaman induk menuju buah selama fase

tanaman dan kondisi kebun, perancang alat memahami prinsip mekanika dan manufaktur, sedangkan perguruan tinggi serta lembaga pengembangan teknologi berperan dalam memperkuat dasar keilmuan dan pendidikan. Kolaborasi tersebut dapat menghasilkan teknologi yang tidak hanya baik secara teknis, tetapi juga sesuai dengan kondisi sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat perkebunan.

Pada akhirnya, masa depan mekanisasi kopi ditentukan oleh kemampuan teknologi dalam menjaga keseimbangan antara produktivitas dan mutu. Alat pemanen kopi selektif tipe getar merupakan salah satu jalan menuju proses panen yang lebih cepat, terukur, dan sesuai dengan karakter buah kopi. Pengembangannya perlu tetap berorientasi pada perlindungan tanaman, kenyamanan operator, efisiensi energi, kemudahan perawatan, dan peningkatan mutu hasil panen. Dengan landasan tersebut, mekanisasi dapat berkembang sebagai bagian dari sistem produksi kopi yang modern tanpa meninggalkan kebutuhan dan karakter khas perkebunan kopi Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S., Brinkley, S., Smith, E., Sela, A., Theisen, M., Thibodeau, C., Warne, T., Anderson, E., Van Dusen, N., Giuliano, P., Ionescu, K. E., & Cash, S. B. (2021). Climate change and coffee quality: Systematic review on the effects of environmental and management variation on secondary metabolites and sensory attributes of *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. *Frontiers in Plant Science*, 12, 708013.
- Ameen, N. H. (2025). Advances in corrosion and abrasive wear resistance of agricultural machinery: A review of materials, surface engineering, and durability strategies. *Kirkuk University Journal for Agricultural Sciences*, 16(3), 1–16.
- Aristizábal-Torres, I. D., Oliveros-Tascón, C. E., & Álvarez-Mejía, F. (2012). Physical and mechanical properties correlation of coffee fruit (*Coffea arabica*) during its ripening. *Dyna*, 79(173), 148–155.
- Baptistella, J. L. C., Mazzafera, P., & Dornelas, M. C. (2024). Variation in soluble sugars in Arabica coffee cherry fruits. *Plants*, 13(13), 1855.
- Barros, M. M., Santos, F. L., Queiroz, D. M., & Pinto, F. A. C. (2018). Use of mechanical properties of coffee fruits and machine learning for determining harvest time. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(4), 256–261.
- Bastian, F., Hutabarat, O. S., Dirpan, A., Nainu, F., Harapan, H., Emran, T. B., & Simal-Gandara, J. (2021). From plantation to cup: Changes in bioactive compounds during coffee processing. *Foods*, 10(11), 2827.

- Bergamo, R. L., & Romano, L. N. (2016). Agricultural machinery and implements design process: Guidelines for small and mid-sized businesses. *Engenharia Agrícola*, 36(1), 206–216.
- Bizimungu, G., Gafuma, S., & Niyonzima, F. N. (2022). Physical and mechanical properties of coffee cherries and parchment beans. *Food Research*, 6(5), 357–364.
- Bote, A. D., & Vos, J. (2017). Tree management and environmental conditions affect coffee (*Coffea arabica* L.) bean quality. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 83, 39–46.
- Brandão, I. R., Silva, D. M., Souza, K. R. D., Boas, L. V. V., Santos, M. O., Silva, F. M., & Alves, J. D. (2016). Physiological and ultrastructural analysis reveal the absence of a defined abscission zone in coffee fruits. *Bragantia*, 75(4), 386–395.
- Buitrago-Osorio, J. A., Ramos-Giraldo, P., & Gómez-Gil, J. (2020). Ripeness stage characterization of coffee fruits (*Coffea arabica* L. var. Castillo) applying chromaticity maps obtained from digital images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179, 105834.
- Cheng, B., Furtado, A., Smyth, H. E., & Henry, R. J. (2016). Influence of genotype and environment on coffee quality. *Trends in Food Science & Technology*, 57, 20–30.
- Cheng, B., Furtado, A., Smyth, H. E., & Henry, R. J. (2019). Canopy position influences on gene expression and coffee bean quality in *Coffea arabica*. *Scientific Reports*, 9, 6417.
- DaMatta, F. M., Cunha, R. L., Antunes, W. C., Martins, S. C. V., Araújo, W. L., Fernie, A. R., & Moraes, G. A. B. K. (2008). In field-grown coffee trees source-sink manipulation alters photosynthetic rates, independently of carbon metabolism, via alterations in stomatal function. *New Phytologist*, 178(2), 348–357.

- Dong, R. G., Welcome, D. E., McDowell, T. W., & Xu, X. S. (2021). A review of hand–arm vibration studies conducted by US NIOSH since 2000. *Vibration*, 4(2), 482–528.
- Fathallah, F. A., Miller, B. J., & Miles, J. A. (2020). A review on ergonomics in agriculture. Part II: Mechanized operations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 78, 102983.
- Ferraz, G. A. S., Silva, F. M., Carvalho, F. M., Costa, P. A. N., & Carvalho, L. C. C. (2019). Characterization of the coffee fruit detachment force in crop subjected to mechanized harvesting. *Coffee Science*, 14(1), 71–79.
- Godinho Filho, J. D., Souza, J. B. C., Silva, F. M., Ferraz, G. A. S., & Alves, M. C. (2025). Spatial and temporal variability of coffee fruit detachment force in relation to maturity aiming at smart harvesting. *Smart Agricultural Technology*, 12, 101394.
- Gomes, E. Q., Silva, F. M., Alves, M. C., Ferraz, G. A. S., & Sales, R. S. (2020). Transmissibility of coffee fruit-peduncle-branch systems submitted to vibration induced by impact. *Coffee Science*, 15, e151750.
- Gomes, E. Q., Silva, F. M., Sales, R. S., & Silva, F. C. (2020). Effect of the impact of rigid rods on coffee fruit detachment efficiency. *Coffee Science*, 15, e151747.
- Hussain, N., Khan, M. A., & Akhtar, S. (2025). Impact of on-farm demonstrations on technology adoption and crop productivity among smallholder farmers. *Agriculture*, 15(2), 214.
- ISO 5349-1. (2001). *Mechanical vibration—Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration—Part 1: General requirements*. International Organization for Standardization.

- Jara-Villagrana, M. F., Briones, P., & Figueroa, J. E. (2025). Conceptual design based on modular platforms for a controlled environment agriculture chamber. *Designs*, 9(4), 86.
- Khodabakhshian, R. (2013). A review of maintenance management of tractors and agricultural machinery: Preventive maintenance systems. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(4), 147–159.
- Ma, W., Renwick, A., & Zheng, H. (2024). Harnessing the power of mechanization: A multivalued treatment effect analysis of agricultural mechanization and rural household outcomes. *Land*, 13(12), 2211.
- Martins, A. D., Alves, M. C., Silva, F. M., Ferraz, G. A. S., & Rodrigues, F. A. (2015). Modal analysis of the coffee fruit-peduncle-branch system using high speed digital video. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 37(4), 421–426.
- Mbuge, D. O., Langat, P. K., & Kiplagat, J. K. (2008). Design and development of a coffee harvesting machine. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 10, 1–11.
- Mbuge, D. O., Langat, P. K., & Kiplagat, J. K. (2008). Principles of a mechanical shaker for coffee harvesting. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 10, 1–13.
- Mgendi, G. B., Baiyegunhi, L. J. S., & Mushunje, A. (2022). Does agricultural training and demonstration matter in technology adoption? The empirical evidence from small rice farmers in Tanzania. *Technology in Society*, 70, 102024.
- Nasr, G. E. M. (2023). Agricultural machinery corrosion. In *Agricultural Machinery*. IntechOpen.

- Oh, J., Kim, I., & Roh, J. (2022). Evaluation of hand-arm vibration exposure levels among grounds maintenance workers: An observational human exposure measurement study. *Annals of Work Exposures and Health*, 66(8), 1057–1067.
- Rajendran, S. V., Debnath, B., Mghames, S., Mandil, W., Parsa, S., Parsons, S., & Ghalamzan-E, A. (2023). Towards autonomous selective harvesting: A review of robot perception, robot design, motion planning and control. *Journal of Field Robotics*, 40(7), 1695–1747.
- Rakocevic, M., Matsunaga, F. T., Batista, E. R., & Scholz, M. B. S. (2023). Variation in yield, berry distribution and chemical attributes of coffee beans among the canopy strata of irrigated and rainfed coffee trees. *Plants*, 12(5), 1042.
- Santin, M. R., Queiroz, D. M., Pinto, F. A. C., & Santos, F. L. (2023). Detachment force of Conilon coffee fruits at different maturation stages. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 58, e03166.
- Santin, M. R., Queiroz, D. M., Pinto, F. A. C., & Santos, F. L. (2023). Maturation and detachment force for mechanized harvesting of Conilon coffee fruits. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 58, e03166.
- Santos, F. L., Queiroz, D. M., Valente, D. S. M., & Pinto, F. A. C. (2010). Analysis of the coffee harvesting process using an electromagnetic shaker. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32(3), 373–378.
- Silva, F. C., Silva, F. M., Alves, M. C., Ferraz, G. A. S., & Sales, R. S. (2015). Efficiency of coffee mechanical and selective harvesting in different vibration during harvest time. *Coffee Science*, 10(1), 56–64.

- Sims, B., & Kienzle, J. (2017). Sustainable agricultural mechanization for smallholders: What is it and how can we implement it? *Agriculture*, 7(6), 50.
- Syekhnurjati. (2026). Analysis of preventive maintenance schedule of XYM1900 agricultural machinery based on root cause analysis and reliability-centered maintenance. *ITEJ: Information Technology Engineering Journals*.
- Tesema, Y. M., Tessema, W. K., & Tadesse, M. (2023). Factors affecting farmers' hiring decisions on agricultural mechanization services. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1), 2225328.
- Tinoco, H. A., Peña, F. M., Restrepo, J. P., & Velasco-Mejía, A. (2022). Experimental assessment of the elastic properties of coffee fruits at different ripening stages. *Agriculture*, 12(4), 502.
- Torres, J. A., Restrepo, J. P., & Velasco-Mejía, A. (2020). Physical-mechanical characterization of coffee fruits (*Coffea arabica* L. var. Castillo) classified by a colorimetry approach. *Applied Sciences*, 10(21), 7827.
- Unigarro, C. A., Montoya-Restrepo, E. C., & Ramírez-Builes, V. H. (2025). Flowering and fruiting of *Coffea arabica* L.: A comprehensive perspective from phenology. *Plants*, 14(21), 3396.
- Villibor, G. P., Queiroz, D. M., Santos, F. L., & Pinto, F. A. C. (2023). Vibration transmissibility in the coffee fruit-peduncle system. *Engenharia Agrícola*, 43, e20220137.
- Yu, Y., Cao, Y., Lai, Q., Zhao, Q., Sun, Z., Zhou, S., & Song, D. (2023). Design and operation parameters of vibrating harvester for *Coffea arabica* L. *Agriculture*, 13(3), 700.

- Yu, Y., Zhang, S., Li, Y., Chen, J., & Wang, X. (2023). Design and experiment of a hand-held vibrating coffee harvester. *Agriculture*, 13(3), 700.
- Zhou, J., Wang, X., Li, H., Zhang, Y., & Chen, L. (2025). Determining the vibration parameters for coffee selective harvesting. *Agriculture*, 15(10), 1036.
- Zhou, J., Wang, X., Li, H., Zhang, Y., & Chen, L. (2025). Parameter optimization of vibration harvesting for selective coffee harvesting. *Agriculture*, 15(10), 1036.
- Zhou, S., Yu, Y., Su, W., Wang, H., Yuan, B., & Que, Y. (2025). Determining the vibration parameters for coffee harvesting through the vibration of fruit-bearing branches: Field trials and validation. *Agriculture*, 15(10), 1036.

BIOGRAFI PENULIS



Dr. Muhammad Taufiq, S.TP., M.Si. lahir di Kota Medan pada tanggal 19 November 1989 merupakan dosen tetap pada Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Gelar Sarjana Teknologi Pertanian (S.TP) diperoleh pada tahun 2011 di Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas Padang. Gelar Magister Sains (M.Si) diperoleh pada tahun 2016 di Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Gelar Doktor (Dr.) diperoleh pada tahun 2025 di Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Sekolah Pascasarjana IPB University. Fokus bidang keahlian yang dimiliki adalah rekayasa alat dan mesin pertanian, tenaga dan penggerak mesin di bidang pertanian, desain dan rancang bangun alat dan mesin pertanian, dan teramekanika. Organisasi yang saat ini diikuti adalah Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) cabang Jember sebagai anggota biasa. Pengalaman bekerja yaitu: 1) Supervisor Farming Service di PT. Nusantara Tropical Farm, Lampung Timur pada tahun 2011-2013, 2) Dosen Tetap di Program Studi Agroteknologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan pada tahun 2017-2025.

Buku "Inovasi Alat Pemanen Kopi Selektif Tipe Getar" membahas pengembangan konsep alat panen kopi yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi pemanenan tanpa mengabaikan selektivitas buah. Permasalahan utama yang diangkat dalam buku ini adalah keterbatasan panen manual yang membutuhkan tenaga kerja besar dan keterbatasan panen mekanis yang sering kurang selektif terhadap tingkat kematangan buah. Gagasan utama buku ini bertumpu pada pemanfaatan getaran terkendali untuk membantu pelepasan buah kopi matang dari tangkai. Pendekatan tersebut diarahkan agar buah matang dapat lebih mudah terlepas, sedangkan buah hijau atau belum layak panen tetap bertahan pada tanaman. Buku ini menempatkan inovasi alat panen sebagai upaya menghubungkan kebutuhan praktis petani dengan dasar ilmiah mekanika getaran dan karakter biologis buah kopi.

Isi buku diawali dengan pembahasan mengenai latar belakang inovasi, tujuan pengembangan alat, ruang lingkup, dan manfaat alat pemanen kopi selektif. Bagian awal ini menjelaskan bahwa pengembangan alat tidak hanya berorientasi pada peningkatan kapasitas kerja, tetapi juga pada mutu hasil panen, keamanan tanaman, dan kenyamanan operator. Pembahasan dilanjutkan dengan dasar biologis buah kopi, meliputi struktur buah dan tangkai, tingkat kematangan, perubahan sifat fisik, fruit removal force, variabilitas spasial pada tanaman, serta relevansi varietas dan lingkungan. Dasar biologis tersebut menjadi fondasi penting karena alat panen tipe getar harus bekerja sesuai karakter buah, bukan hanya berdasarkan kemampuan mekanis alat. Buku ini menunjukkan bahwa pemahaman terhadap buah, tangkai, cabang, dan tingkat kematangan menjadi kunci dalam merancang teknologi panen yang lebih selektif.

Bagian berikutnya membahas prinsip dasar getaran pada pemanenan kopi. Materi yang dibahas meliputi gerak harmonik sederhana, frekuensi, amplitudo, resonansi, redaman, transmissibility, dan arah getaran. Konsep getaran dijelaskan sebagai dasar untuk memahami bagaimana energi mekanis dari alat dapat diteruskan menuju cabang, tangkai, dan buah. Pembahasan matematis kemudian dikembangkan melalui model massa-pegas-redaman, gaya inersia, energi getaran, model peluang pelepasan, dan indeks selektivitas. Bagian ini menegaskan bahwa pemanenan kopi selektif tipe getar membutuhkan hubungan yang jelas antara teori mekanika dan respons biologis buah kopi.

Buku ini juga menjelaskan relevansi teori terhadap konsep desain alat. Pembahasan mencakup pemilihan aktuator, desain penjepit getar, pengaturan batas frekuensi dan amplitudo aman, serta selektivitas sebagai parameter desain. Desain alat diarahkan agar getaran dapat diteruskan secara efektif ke cabang tanpa merusak jaringan tanaman. Sistem kendali kecepatan, bahan, manufaktur, kenyamanan operator, keselamatan getaran, perawatan, umur pakai, dan dampak sosial ekonomi turut dibahas sebagai bagian dari kesiapan alat menuju penggunaan nyata. Bagian ini memperlihatkan bahwa inovasi alat panen tidak hanya ditentukan oleh kemampuan teknis, tetapi juga oleh kemudahan penggunaan, keamanan, biaya, dan keberterimaan di tingkat petani.

Bagian akhir buku membahas simulasi, pemodelan dinamis, desain konseptual, dan peta jalan pengembangan prototipe. Simulasi digunakan untuk memperkirakan respons buah-tangkai-cabang terhadap variasi frekuensi, amplitudo, gaya inersia, energi getaran, dan peluang pelepasan. Peta jalan pengembangan prototipe disusun melalui tahap konseptual, prototipe laboratorium, uji kebun terbatas, optimasi desain, dan diseminasi. Tahapan tersebut menunjukkan bahwa inovasi alat pemanen kopi selektif tipe getar perlu dikembangkan secara bertahap, terukur, dan berbasis data. Buku ini diakhiri dengan penegasan bahwa teknologi panen kopi masa depan perlu menggabungkan efisiensi mekanisasi, selektivitas hasil panen, keselamatan operator, perlindungan tanaman, dan keberlanjutan penerapan pada kebun kopi rakyat.



CV. Tahta Media Group

Sukoharjo, Jawa Tengah

Web : www.tahtamedia.co.id

Ig : tahtamedia group

Telp/WA : +62 896 5427 3996

