



## Beban Kerja dan Kelelahan Petani Anggur pada Penggemburan Tanah dengan Cangkul Tipe Mata Berbeda

### *Workload and Fatigue of Grape Farmers During Soil Loosening Using Hoes with Different Blade Types*

Kadek Asih Yuliantini<sup>1</sup>, I Gusti Ngurah Apriadi Avintara<sup>1\*</sup>, I Nyoman Sucipta<sup>1</sup>, dan Ida Ayu Gede Bintang Madrini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia

#### ABSTRAK

Desa Banyupoh, Kabupaten Buleleng, merupakan wilayah agraris dengan komoditas unggulan anggur hitam yang proses budidayanya masih banyak dilakukan secara manual, terutama pada tahap penggemburan tanah. Aktivitas ini berpotensi menimbulkan beban kerja fisik dan mental yang tinggi serta meningkatkan risiko kelelahan petani akibat penggunaan alat kerja yang kurang ergonomis. Penelitian ini bertujuan menganalisis perbedaan beban kerja fisik, beban kerja mental, dan tingkat kelelahan petani anggur pada kegiatan penggemburan tanah secara manual menggunakan cangkul tipe mata datar dan cangkul tipe mata garpu di Desa Banyupoh, Bali. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan desain quasi-experiment posttest-only control group design. Sebanyak 30 petani dijadikan responden dan dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan tipe cangkul yang digunakan. Beban kerja fisik diukur menggunakan Cardiovascular Load (%CVL), beban kerja mental menggunakan NASA-Task Load Index (NASA-TLX), dan tingkat kelelahan menggunakan Fatigue Severity Scale (FSS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa cangkul tipe mata datar menghasilkan beban kerja fisik, beban kerja mental, dan tingkat kelelahan yang lebih tinggi dibandingkan cangkul tipe mata garpu, dengan nilai rata-rata %CVL 47,59% dan 36,67%, skor NASA-TLX 71,16 dan 67,02, serta skor FSS 49,1 dan 38,9. Uji independent samples t-test menunjukkan perbedaan yang signifikan pada ketiga variabel ( $p < 0,05$ ). Penelitian ini menegaskan pentingnya penggunaan alat pertanian yang ergonomis untuk menurunkan beban kerja dan kelelahan serta meningkatkan kesehatan dan produktivitas petani.

**Kata Kunci:** beban kerja, kelelahan, ergonomi, cangkul, petani anggur.

#### ABSTRACT

Banyupoh Village, Buleleng Regency, is an agrarian area with black grape cultivation as its leading commodity, where farming practices are still largely carried out manually, particularly during soil loosening activities. This condition has the potential to generate high physical and mental workloads and to increase the risk of farmer fatigue due to the use of non-ergonomic work tools. This study aimed to analyze differences in physical workload, mental workload, and fatigue levels among grape farmers during manual soil loosening using flat-blade hoes and fork-blade hoes in Banyupoh Village, Bali. The study employed a descriptive quantitative approach with a quasi-experimental posttest-only control group design. A total of 30 farmers were selected as respondents and divided into two groups based on the type of hoe used. Physical workload was measured using Cardiovascular Load (%CVL), mental workload was assessed using the NASA-Task Load Index (NASA-TLX), and fatigue levels were measured using the Fatigue Severity Scale (FSS). The results showed that the flat-blade hoe generated higher physical workload, mental workload, and fatigue levels compared to the fork-blade hoe, with average %CVL values of 47.59% and 36.67%, NASA-TLX scores of 71.16 and 67.02, and FSS scores of 49.1 and 38.9, respectively. Independent samples t-test results indicated statistically significant differences in all three variables ( $p < 0.05$ ).

**\*Corresponding author: I Gusti Ngurah Apriadi Avintara**

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia. Email: [apriadi@unud.ac.id](mailto:apriadi@unud.ac.id)

Masuk: 07 Mei 2026;

Direvisi: 19 Mei 2026;

Diterima: 22 Mei 2026;

Terbit: 30 September 2026

*These findings emphasize the importance of using ergonomic agricultural tools to reduce workload and fatigue while improving farmers' health and work productivity.*

**Keywords:** workload, fatigue, ergonomics, hoe, grape farmers.

## PENDAHULUAN

Desa Banyupoh yang penduduk lokalnya bertumpu pada sektor pertanian, memiliki komoditas andalan berupa anggur hitam (*Ribes Nigrum*). Anggur Hitam memiliki potensi nilai ekonomi tinggi, jika terjadi hilirisasi produk, seperti olahan makanan (keripik), wine, dan skincare, mengingat anggur hitam memiliki sifat antioksidan dan anti-inflamasi karena mengandung resveratrol dan serat yang termasuk flavanoid (Pucangan & Sutrisni, 2018). Budidaya anggur hitam diperkenalkan pertama kali oleh Belanda pada tahun 1930-an.

Budidaya anggur hitam ini memerlukan serangkaian kegiatan yang intensif, termasuk salah satunya adalah penggemburan tanah. Penggemburan tanah merupakan tahapan penting dalam mempersiapkan lahan sebelum penanaman bibit. Proses ini dilakukan satu sampai dua bulan sebelum penanaman bibit. Tujuannya agar mampu memperbaiki struktur tanah agar lebih gembur dan subur, meningkatkan aerasi (proses pertukaran udara di dalam tanah atau air untuk meningkatkan kadar oksigen) untuk mendukung pertumbuhan akar, menghilangkan gulma atau sisa tanaman sebelumnya, dan mempermudah penyerapan asupan nutrisi. Pertumbuhan anggur hingga panen pertama, memerlukan waktu kurang lebih satu tahun dan panen selanjutnya memerlukan waktu kurang lebih tiga bulan. Setelah panen, dilakukan penggemburan sebelum masa pemangkasan. Tujuannya adalah untuk merangsang pertumbuhan tunas baru, memperbaiki kesuburan tanah setelah proses budidaya sebelumnya, mencegah tanah menjadi padat akibat irigasi dan hujan, serta meningkatkan sirkulasi udara dalam tanah sehingga akar tetap sehat dan tidak membusuk. Penggemburan tidak boleh terlalu dalam saat tanaman sudah berakar kuat karena bisa merusak sistem perakaran dan mengganggu pertumbuhan tanaman.

Anggur Bali merupakan salah satu varietas lokal yang dibudidayakan secara turun-temurun di pesisir utara Pulau Bali, khususnya di Kabupaten Buleleng, termasuk Desa Banyupoh. Jenis anggur ini umumnya berwarna hitam keunguan dengan bentuk buah bulat kecil hingga sedang, memiliki rasa manis segar dengan sedikit asam, serta kulit buah yang relatif tebal sehingga tahan terhadap proses pengangkutan. Keunggulan anggur Bali terletak pada daya adaptasinya yang baik terhadap kondisi iklim tropis pesisir Bali yang kering dan panas, sehingga mampu tumbuh optimal meskipun dengan teknologi budidaya sederhana.

Selain dikonsumsi secara langsung sebagai buah segar, anggur Bali memiliki potensi hilirisasi yang sangat besar. Buah ini dapat diolah menjadi berbagai produk bernilai tambah, seperti wine, raisins (kismis), selai, keripik, minuman fermentasi, serta bahan dasar produk kesehatan dan kecantikan. Anggur Bali kaya akan kandungan nutrisi seperti vitamin C, vitamin K, serat, dan polifenol. Salah satu senyawa penting yang terdapat pada anggur Bali adalah resveratrol, yaitu antioksidan kuat yang bermanfaat untuk mencegah kerusakan sel, menghambat proses penuaan, serta memiliki sifat anti-inflamasi. Kandungan flavonoid pada anggur juga berperan dalam menjaga kesehatan jantung dan pembuluh darah, sehingga menjadikannya bernilai tinggi baik dari sisi kesehatan maupun ekonomi.

Budidaya anggur Bali memiliki sejarah panjang sejak diperkenalkan oleh Belanda pada tahun 1930-an. Hingga kini, anggur Bali tetap menjadi salah satu komoditas unggulan yang menopang perekonomian masyarakat di wilayah pesisir utara Bali. Namun, proses budidaya ini masih dilakukan secara manual dengan tenaga kerja manusia, mulai dari pengolahan tanah, penanaman, perawatan, hingga panen. Kondisi ini berdampak langsung pada beban kerja fisik petani, terutama dalam kegiatan penggemburan tanah yang memerlukan energi besar dan waktu lama. Tantangan tersebut semakin relevan untuk dikaji melalui pendekatan ergonomi, khususnya dalam penggunaan alat seperti cangkul dengan tipe mata berbeda, yang dapat memengaruhi tingkat beban kerja dan kelelahan petani.

Penggemburan tanah idealnya dilakukan dengan metode yang efektif dan efisien menggunakan alat pertanian yang ergonomis. Teknologi tepat guna akan mempercepat budidaya, sehingga terjadi optimalisasi hasil panen anggur. Namun, berdasarkan temuan di lapangan, petani di desa Banyupoh masih menggunakan cara manual menggunakan alat cangkul. Cangkul merupakan alat pertanian yang menggunakan konsep fisika, salah satunya menggabungkan konsep pesawat sederhana, yang menggunakan prinsip sejenis pengungkit atau pengungkit ketiga, yaitu titik gaya antara titik beban dan titik tumpu (Wulandari et al., 2025). Cangkul yang dipergunakan adalah cangkul tipe mata berbeda, yaitu cangkul datar dan cangkul garpu. Penggemburan tanah secara manual dalam area 20-25 are memerlukan tenaga fisik yang besar dan memerlukan durasi yang cukup lama. Mkkondisi ini berdampak pada tingginya beban kerja petani anggur hitam.

Beban kerja merupakan konsep yang muncul akibat keterbatasan kapasitas seseorang dalam menyelesaikan suatu tugas tertentu (Budiasa, 2020). Dalam konteks pertanian, khususnya petani anggur yang melakukan penggemburan tanah, beban kerja dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti tuntutan fisik dari pekerjaan, kondisi lahan, serta durasi dan intensitas kerja. Menurut (Simanungkalit, A. B., Daulay, I. N., & Siregar, 2023) , beban kerja harus disesuaikan dengan kemampuan fisik dan mental pekerja agar tidak menimbulkan kelelahan yang berlebihan. Beban kerja yang berlebihan ini dapat mengganggu kemampuan seseorang dalam menyelesaikan tugas sehari-hari (Rusila & Edward, 2022). Petani dengan kondisi kesehatan yang baik umumnya lebih mampu menghadapi stres fisik dan mental yang terkait dengan pekerjaan mereka (Ningrum et al., 2020).

Temuan lapangan menunjukkan bahwa petani anggur hitam di Desa Banyupoh mengalami kelelahan fisik akibat beberapa faktor utama. Pertama, beban pekerjaan yang berat, seperti menggemburkan dan menggali tanah, menanam, merawat, hingga memanen anggur, yang menuntut energi dan daya tahan tinggi. Kedua, durasi kerja yang panjang (lima hingga delapan are per hari), terutama pada musim tanam atau panen, sehingga menguras tenaga dan menurunkan efisiensi kerja. Ketiga, kondisi lingkungan yang kurang mendukung, seperti paparan sinar matahari, panas, debu, serta posisi kerja yang tidak ergonomis (membungkuk atau berdiri lama) yang mempercepat kelelahan. Keempat, intensitas perawatan tanaman yang tinggi, termasuk pemangkasan, pemupukan, pengairan, dan pengendalian hama, yang melibatkan gerakan berulang dan alat kerja terbatas sehingga memicu kelelahan otot dan sendi.

Hasil penelitian terdahulu dilakukan (Umamah, 2019) yang berjudul hubungan beban kerja dengan kelelahan pada petani padi di kecamatan Wonosari kabupaten Bondowoso. Pada variabel beban kerja didapatkan nilai rata-rata kategori sedang sebanyak 82 responden (79,6%), sedangkan kategori berat sebanyak 20 responden (19,4%), dan kategori ringan satu responden (1,0%). Pada variabel kelelahan didapatkan sebanyak 82 responden mengalami kelelahan (79,6%), sedangkan 4 responden tidak mengalami kelelahan (3,9%). Terdapat hubungan yang bermakna antara beban kerja dengan kelelahan pada petani padi, dimana semakin tinggi tingkat beban kerja petani, menyebabkan kelelahan yang dialami akan semakin tinggi. Hasil penelitian (Rahmania, 2022) juga melakukan penelitian serupa tentang beban kerja dan kelelahan yang menunjukkan bahwa terdapat hasil uji statistik Rank Spearman menunjukkan nilai p-value sebesar 0,025 sehingga dapat diinterpretasikan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara beban kerja fisik dan kelelahan kerja pada petani Gapoktan di Desa Demangan Ponorogo.

Kelelahan ini menjadi lebih signifikan pada kelompok petani perempuan dan lanjut usia yang umumnya masih terlibat dalam aktivitas pengolahan tanah. Oleh karena itu, intervensi ergonomi yang menitikberatkan pada desain alat bantu kerja seperti cangkul yang ergonomis menjadi hal yang sangat penting. Penelitian ini menjadi relevan dalam mengkaji pengaruh tipe mata cangkul terhadap beban kerja dan tingkat kelelahan petani, khususnya dalam konteks pertanian anggur yang juga memerlukan penggemburan tanah secara intensif. Dengan demikian, studi ini diharapkan

dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan alat kerja yang lebih ergonomis serta mendukung peningkatan kesehatan dan produktivitas petani.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan desain eksperimental semu (*quasi-experimental*) rancangan *posttest-only control group design*. Penelitian dilaksanakan di Desa Banyupoh, Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng, Bali, pada bulan Maret–Mei 2025. Populasi penelitian adalah seluruh petani anggur hitam yang mengolah tanah secara manual, sedangkan sampel berjumlah 30 orang yang dipilih dengan teknik *purposive sampling* sesuai kriteria: aktif mengolah tanah dengan cangkul tipe mata garpu atau datar, berusia produktif (18–60 tahun), dan bersedia menjadi responden. Sampel dibagi menjadi dua kelompok, yaitu 15 orang pengguna cangkul tipe mata garpu dan 15 orang pengguna cangkul tipe mata datar.

Variabel bebas penelitian adalah jenis cangkul yang digunakan, sedangkan variabel terikat meliputi beban kerja fisik, beban kerja mental, dan kelelahan, dengan variabel kontrol berupa karakteristik responden dan denyut nadi istirahat. Beban kerja fisik diukur dengan lembar observasi *Cardiovascular Load* (CVL) berdasarkan pengukuran denyut nadi kerja dan istirahat menggunakan *smart watch* serta dihitung persentase *Cardiovascular Load* (%CVL). Beban kerja mental diukur dengan kuesioner NASA–Task Load Index (NASA-TLX), sedangkan kelelahan diukur dengan kuesioner Fatigue Severity Scale (FSS).

Prosedur penelitian meliputi: (1) survei dan perizinan lokasi penelitian; (2) pendataan responden sesuai kriteria dan pembagian kelompok; (3) pengukuran denyut nadi istirahat dan kerja saat aktivitas penggemburan tanah; (4) pemberian kuesioner FSS dan NASA-TLX setelah aktivitas selesai; serta (5) pengolahan data untuk memperoleh skor kelelahan, beban kerja fisik (%CVL), dan beban kerja mental. Analisis data dilakukan secara deskriptif untuk menggambarkan karakteristik responden dan hasil pengukuran, serta secara inferensial menggunakan uji normalitas, homogenitas varians, dan *independent samples t-test* untuk mengetahui perbedaan tingkat kelelahan dan beban kerja antara kedua kelompok perlakuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Profil Responden

Responden pada penelitian ini adalah petani anggur di wilayah Desa Banyupoh, Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng yang secara aktif terlibat dalam penggemburan tanah dan memiliki pengalaman minimal 3 tahun sebagai petani anggur serta petani yang berusia antara 25-50 tahun. Penelitian ini melibatkan 30 responden dengan karakteristik responden yang meliputi nama responden, jenis kelamin, dan usia. Hasil analisis data profil responden dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil analisis data profil responden petani di desa banyupoh

| Karakteristik                      | Kategori         | Jumlah (orang) | Persentase (%) |
|------------------------------------|------------------|----------------|----------------|
| Jenis Kelamin                      | Laki-laki        | 23             | 76,7           |
|                                    | Perempuan        | 7              | 23,3           |
| Usia (tahun)                       | 25–30            | 4              | 13,3           |
|                                    | 26–36            | 8              | 26,7           |
|                                    | 37–42            | 10             | 33,3           |
|                                    | 43–50            | 8              | 26,7           |
|                                    | ≤ SD/TS          | 8              | 26,7           |
| Pendidikan Terakhir                | SMP/MTs          | 6              | 20,0           |
|                                    | SMA/SMK/MAN      | 13             | 43,3           |
|                                    | Perguruan Tinggi | 3              | 10,0           |
|                                    | > 3 tahun        | 30             | 100            |
| Lama Bekerja sebagai Petani Anggur |                  |                |                |
| Kondisi Responden                  | Sehat            | 30             | 100            |

Mayoritas responden berjenis kelamin laki-laki sebanyak 23 orang (76,7%), sedangkan perempuan berjumlah 7 orang (23,3%). Dominasi ini menunjukkan bahwa usaha tani anggur masih didominasi oleh tenaga kerja laki-laki, yang umumnya lebih terlibat dalam pekerjaan pertanian yang memerlukan kekuatan fisik.

Seluruh responden berada pada rentang usia 25–50 tahun, dengan mayoritas pada kelompok 37–42 tahun (33,3%). Rentang tersebut termasuk kategori usia produktif menurut Badan Pusat Statistik (2018), sehingga secara fisik dan kognitif responden berada pada kondisi yang optimal untuk menjalankan aktivitas pertanian.

Dari sisi pendidikan, sebagian besar berpendidikan SMA/SMK (13 orang), diikuti SD/tidak sekolah (8 orang), SMP (6 orang), dan perguruan tinggi (3 orang). Seluruh responden memiliki pengalaman kerja lebih dari tiga tahun dan berada dalam kondisi sehat selama penelitian.

Secara umum, karakteristik ini menunjukkan bahwa petani anggur didominasi oleh laki-laki usia produktif dengan pengalaman kerja memadai, yang berpotensi mendukung produktivitas usaha tani secara optimal.

### Beban Kerja Fisik dan Beban Kerja Mental

Hasil pengukuran diperoleh melalui lembar observasi Cardiovascular Load (CVL) yang meliputi denyut nadi istirahat (DNI), denyut nadi kerja (DNK), denyut nadi maksimum (DNM), serta persentase Cardiovascular Load (%CVL) untuk menentukan tingkat beban kerja fisik. Pengukuran beban kerja dalam penelitian ergonomi pada dasarnya dibedakan menjadi dua dimensi utama, yaitu beban kerja fisik dan beban kerja mental. Keduanya merepresentasikan respons fisiologis dan psikologis individu terhadap tuntutan pekerjaan yang dilakukan dalam kurun waktu tertentu. Pemahaman konseptual terhadap kedua jenis beban kerja ini penting sebelum memasuki analisis hasil pengukuran.

### Beban Kerja Fisik

Beban kerja fisik diukur berdasarkan persentase Cardiovascular Load (%CVL) sebagai indikator tingkat kelelahan dan intensitas kerja sesuai dengan standar ergonomi kerja. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel agar memudahkan interpretasi tingkat beban kerja fisik serta kategorinya menurut klasifikasi yang berlaku.

**Tabel 2.** Persentase CVL petani menggunakan cangkul mata datar (n = 15)

| No | Usia | %CVL  | No | Usia | %CVL  | No | Usia | %CVL  |
|----|------|-------|----|------|-------|----|------|-------|
| 1  | 45   | 47,70 | 6  | 38   | 44,13 | 11 | 36   | 33,36 |
| 2  | 43   | 43,99 | 7  | 38   | 57,21 | 12 | 35   | 45,29 |
| 3  | 40   | 44,81 | 8  | 37   | 56,53 | 13 | 35   | 46,26 |
| 4  | 39   | 52,21 | 9  | 37   | 54,19 | 14 | 34   | 36,35 |
| 5  | 39   | 39,60 | 10 | 37   | 42,12 | 15 | 28   | 41,88 |

Berdasarkan persentase Cardiovascular Load (%CVL) pada 15 petani pengguna cangkul mata datar, terlihat bahwa petani berusia 37–45 tahun cenderung memiliki nilai %CVL lebih tinggi dibandingkan usia 28–36 tahun. Secara fisiologis, hal ini berkaitan dengan penurunan kapasitas kardiorespirasi seiring bertambahnya usia, sehingga pada beban kerja yang sama respons denyut jantung menjadi lebih besar. Namun, variasi %CVL dalam kelompok usia yang sama menunjukkan bahwa umur bukan satu-satunya faktor penentu. Pengalaman kerja, teknik mencangkul, kebugaran jasmani, serta kondisi lingkungan kerja turut memengaruhi besarnya beban fisiologis.

Dari sudut pandang teknik pertanian, tingginya beban kerja dipengaruhi oleh karakteristik mekanis cangkul mata datar yang memiliki bidang kontak luas, sehingga tahanan tanah (soil resistance) relatif besar. Kondisi ini meningkatkan gaya dorong dan angkat yang melibatkan otot lengan, bahu, punggung bawah, dan tungkai, serta memicu peningkatan respons kardiovaskular. Selain itu, gerakan berulang dengan fleksi batang tubuh yang cukup besar meningkatkan beban biomekanik pada tulang belakang lumbal dan konsumsi energi metabolik.

Variasi %CVL juga dipengaruhi oleh heterogenitas kondisi tanah (tekstur, kadar air, dan kepadatan), dimensi antropometri petani, serta efisiensi teknik kerja. Pada tanah yang padat dan kering, cangkul mata datar menjadi kurang adaptif sehingga beban mekanis meningkat.

Implikasinya, penggunaan cangkul mata datar belum optimal secara ergonomis dan mekanis untuk kerja berkelanjutan. Diperlukan perbaikan desain alat (penyesuaian sudut mata, berat, dan panjang gagang sesuai antropometri) serta manajemen kerja yang baik untuk menurunkan beban kardiovaskular dan meningkatkan efisiensi kerja petani.

**Tabel 3.** Persentase CVL petani menggunakan cangkul mata garpu (n = 15)

| No | Usia | %CVL  | No | Usia | %CVL  | No | Usia | %CVL  |
|----|------|-------|----|------|-------|----|------|-------|
| 1  | 47   | 45,18 | 6  | 43   | 40,51 | 11 | 31   | 32,62 |
| 2  | 45   | 48,75 | 7  | 39   | 33,83 | 12 | 30   | 31,30 |
| 3  | 45   | 39,21 | 8  | 38   | 34,84 | 13 | 30   | 34,06 |
| 4  | 45   | 33,55 | 9  | 35   | 34,37 | 14 | 29   | 41,73 |
| 5  | 44   | 48,14 | 10 | 33   | 40,14 | 15 | 28   | 41,04 |

Berdasarkan data %CVL pada petani pengguna cangkul mata garpu, hubungan antara umur dan beban kerja fisik tidak menunjukkan pola linier yang kuat. Secara deskriptif, petani usia 43–47 tahun cenderung memiliki %CVL lebih tinggi ( $\pm 39$ – $49\%$ ) dibandingkan usia 28–35 tahun ( $\pm 31$ – $42\%$ ). Secara fisiologis, hal ini wajar karena peningkatan usia berkaitan dengan penurunan kapasitas kardiorespirasi. Namun, variasi %CVL dalam kelompok usia yang sama menunjukkan bahwa umur bukan faktor tunggal penentu beban kerja.

Faktor pengalaman, teknik kerja, kebugaran jasmani, serta kondisi lingkungan (tekstur, kelembapan, dan kepadatan tanah) turut memengaruhi respons kardiovaskular. Petani yang lebih terampil cenderung bekerja lebih efisien dan ergonomis sehingga beban fisiologis dapat ditekan, meskipun berada pada usia lebih tua. Dari perspektif teknik pertanian, karakteristik cangkul mata garpu memungkinkan penetrasi tanah lebih bertahap melalui celah antar gigi, sehingga tahanan tanah lebih rendah dibandingkan mata datar.

**Tabel 4.** Cardiovascular Load (%CVL)

| Alat Cangkul  | Rata-rata %CVL | Rentang Kategori         | Kategori                                 |
|---------------|----------------|--------------------------|------------------------------------------|
| Cangkul Datar | 47,59%         | $30\% < \%CVL \leq 60\%$ | Diperlukan perbaikan tapi tidak mendesak |
| Cangkul Garpu | 36,67%         | $30\% < \%CVL \leq 60\%$ | Diperlukan perbaikan tapi tidak mendesak |

Berdasarkan Tabel 7, rata-rata Cardiovascular Load (%CVL) pada penggunaan cangkul datar sebesar 47,59%, sedangkan pada cangkul garpu sebesar 36,67%. Kedua nilai tersebut berada pada rentang  $30\% < \%CVL \leq 60\%$  yang termasuk kategori “diperlukan perbaikan tetapi tidak mendesak”. Meskipun keduanya berada dalam kategori yang sama, penggunaan cangkul datar menunjukkan beban kerja fisiologis yang lebih tinggi dibandingkan cangkul garpu, sehingga secara ergonomis cangkul garpu relatif lebih ringan dalam memberikan beban kardiovaskular kepada petani.

### Pengaruh Kelompok Usia pada CVL

Pengelompokan beban kerja berdasarkan usia menunjukkan kecenderungan peningkatan respons kardiovaskular seiring bertambahnya umur, meskipun tidak sepenuhnya linier. Pada usia 25–34 tahun (n = 9), nilai %CVL berkisar 31,30–41,88% (Beban kerja ringan–sedang), mencerminkan kapasitas kardiorespirasi dan kekuatan otot yang masih optimal sehingga kerja relatif efisien. Pada usia 35–44 tahun (n = 15), %CVL meningkat menjadi 33,36–57,21% (Beban kerja sedang–berat). Hal ini menunjukkan bahwa pada beban mekanis yang sama, respons fisiologis lebih besar akibat penurunan bertahap daya tahan otot dan kapasitas aerobik, sehingga efisiensi kerja mulai menurun. Sementara itu, usia 45–50 tahun (n = 6) memiliki %CVL 33,55–48,75% (Beban kerja sedang). Meskipun kapasitas fisik cenderung menurun karena proses penuaan, variasi nilai menunjukkan

bahwa pengalaman dan teknik kerja yang efisien dapat membantu menekan beban fisiologis. Secara umum, peningkatan usia cenderung diikuti kenaikan beban fisiologis dalam pengolahan tanah manual. Namun, %CVL juga dipengaruhi oleh faktor pengalaman, kebugaran, serta kesesuaian desain alat, sehingga penyesuaian alat dan metode kerja berdasarkan kelompok usia menjadi penting untuk menjaga efisiensi dan mencegah kelelahan berlebihan.

**Tabel 5.** Kelompok usia

| <b>Kelompok Usia 25–34 Tahun</b> |               |                           |
|----------------------------------|---------------|---------------------------|
| <b>Jumlah Petani</b>             | Rentang %CVL  | Karakteristik Beban Kerja |
| <b>9 orang</b>                   | 31,30 – 41,88 | Beban kerja ringan–sedang |
| <b>Kelompok Usia 35–44 Tahun</b> |               |                           |
| <b>Jumlah Petani</b>             | Rentang %CVL  | Karakteristik Beban Kerja |
| <b>15 orang</b>                  | 33,36 – 57,21 | Beban kerja sedang–berat  |
| <b>Kelompok Usia 45–50 Tahun</b> |               |                           |
| <b>Jumlah Petani</b>             | Rentang %CVL  | Karakteristik Beban Kerja |
| <b>6 orang</b>                   | 33,55 – 48,75 | Beban kerja sedang        |

### **Beban Kerja Mental**

Berdasarkan hasil pengukuran beban kerja mental menggunakan instrumen NASA-TLX, beban mental petani anggur yang melakukan pengolahan tanah secara manual menunjukkan kategori tinggi pada kedua jenis cangkul. Rata-rata skor pada penggunaan cangkul mata datar sebesar 71,16, sedangkan pada cangkul mata garpu sebesar 67,02. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa aktivitas mencangkul tidak hanya menimbulkan beban fisik, tetapi juga tuntutan mental yang signifikan selama proses kerja berlangsung.

Pada penggunaan cangkul mata datar, skor yang lebih tinggi menunjukkan bahwa desain alat tersebut menimbulkan persepsi usaha dan konsentrasi yang lebih besar dibandingkan cangkul mata garpu. Hal ini berkaitan dengan kebutuhan pengendalian gerak yang lebih intens serta penyesuaian teknik kerja selama pengolahan tanah. Sementara itu, meskipun skor pada cangkul mata garpu sedikit lebih rendah, kategori beban mental tetap tergolong tinggi, sehingga aktivitas kerja masih memerlukan perhatian dan usaha kognitif yang cukup besar.

Jika dilihat berdasarkan kelompok usia, beban mental cenderung tinggi pada kelompok usia 35–44 tahun, relatif bervariasi pada usia 25–34 tahun, dan lebih stabil pada usia 45–50 tahun. Kondisi ini menunjukkan bahwa beban mental tidak hanya dipengaruhi oleh faktor usia, tetapi juga oleh jenis alat yang digunakan serta pola kerja yang diterapkan. Dengan demikian, beban mental petani anggur dalam penelitian ini menunjukkan bahwa sistem kerja pengolahan tanah manual masih memberikan tuntutan kognitif dan psikologis yang cukup besar, sejalan dengan temuan beban kerja fisik yang juga berada pada kategori yang memerlukan perhatian.

Dengan demikian, meskipun kemampuan fisik petani usia produktif akhir cenderung menurun, mekanisme adaptasi berbasis pengalaman dan pengendalian ritme kerja berperan sebagai faktor protektif yang menekan terjadinya lonjakan kelelahan kerja. Hal ini menjelaskan mengapa skor NASA-TLX pada kelompok usia ini tidak menunjukkan peningkatan yang ekstrem, melainkan cenderung stabil pada kategori sedang hingga tinggi. Temuan ini selaras dengan hasil studi (Benos et al., 2020) yang menunjukkan bahwa pekerjaan pertanian manual seperti mencangkul dan membajak berisiko tinggi menyebabkan kelelahan fisik dan gangguan muskuloskeletal, sehingga memerlukan desain alat yang ergonomis untuk mengurangi tekanan pada tubuh pekerja.

### **Tingkat Kelelahan**

Pengukuran data kelelahan dilakukan secara subjektif, yaitu menggunakan kuisioner kelelahan (*Fatigue Severity Scale*) dilakukan setelah perlakuan penggemburan tanah menggunakan tipe mata cangkul garpu dan cangkul datar. Setelah data terkumpul dilakukan uji normalitas data dengan menggunakan statistik *Kolmogorov-Smirnov*. Adapun hasil uji data kelelahan disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Kelelahan yang dialami oleh petani

| Variabel                     | Cangkul Datar (n=15) | Cangkul Garpu (n=15) |
|------------------------------|----------------------|----------------------|
| Rata-rata Skor FSS           | 49,3                 | 38,1                 |
| Jumlah $\geq 36$ (Kelelahan) | 15 orang (100%)      | 13 orang (86,7%)     |
| Jumlah $< 36$ (Tidak)        | 0 orang (0%)         | 2 orang (13,3%)      |

Berdasarkan Tabel 6, skor Fatigue Severity Scale (FSS) pada petani pengguna cangkul mata datar berada pada kategori kelelahan dengan rata-rata sebesar 49,3. Seluruh responden (100%) memiliki skor  $\geq 36$ , yang menunjukkan bahwa seluruh petani dalam kelompok ini mengalami kelelahan kerja. Pada kelompok pengguna cangkul mata garpu, rata-rata skor FSS sebesar 38,1. Sebanyak 13 responden (86,7%) termasuk dalam kategori mengalami kelelahan (skor  $\geq 36$ ), sedangkan 2 responden (13,3%) berada pada kategori tidak mengalami kelelahan (skor  $< 36$ ).

Perbandingan kedua kelompok menunjukkan bahwa tingkat kelelahan pada pengguna cangkul mata datar lebih tinggi dibandingkan pengguna cangkul mata garpu (49,3 vs 38,1; 100% vs 86,7%). Temuan ini mengindikasikan bahwa perbedaan desain alat kerja berpengaruh terhadap tingkat kelelahan petani. Cangkul mata garpu secara relatif menunjukkan beban kerja fisik yang lebih rendah sehingga lebih mendukung aspek ergonomi dibandingkan cangkul mata datar.

Perbedaan gaya kerja antara cangkul tradisional dan cangkul/gagang berdesain ergonomis sangat memengaruhi tenaga yang dikeluarkan dan tingkat kelelahan petani. Penelitian oleh (Khalil, 2020) menunjukkan bahwa cangkul ergonomis memiliki konsumsi energi yang lebih rendah dibanding cangkul konvensional, yang menunjukkan bahwa desain bilah dan gagang sangat berpengaruh pada beban kerja fisik. Studi oleh (Singh et al., 2025) membandingkan *hoe weeder* tradisional dengan *chisel weeder* (mata runcing/garpu), dan menemukan bahwa penggunaan *chisel weeder* menyebabkan denyut jantung, konsumsi oksigen, dan pengeluaran energi lebih rendah, serta postur tubuh yang lebih nyaman, yang mendukung bahwa alat dengan mata runcing dapat mengurangi kelelahan dan beban muskuloskeletal.

Selain itu, tinjauan literatur ergonomi di pertanian menegaskan bahwa desain alat yang tidak ergonomis (termasuk bentuk bilah) dan postur membungkuk berulang merupakan faktor risiko utama gangguan otot (MSD) (Benos et al., 2020). Sebuah penelitian oleh (Praveen et al., 2025) tentang *blade & tine push weeder* (mempunyai gigi/tine) melaporkan bahwa alat tersebut menyebarkan gaya kerja ke beberapa titik penetrasi sehingga mengurangi tenaga yang diperlukan dan kelelahan operator. Penelitian EMG pada weeding operations juga menunjukkan bahwa penggunaan cangkul tradisional (*hand hoe*) menyebabkan aktivitas otot punggung dan lengan yang lebih tinggi dibandingkan alat mekanisasi sederhana, yang memperkuat bahwa desain mata cangkul berpengaruh besar pada kelelahan otot (Srinidhi et al., 2025). Oleh karena itu, pemilihan dan perancangan alat pengolahan tanah yang mempertimbangkan prinsip ergonomi (seperti bentuk bilah, sudut gagang, dan penggunaan gigi) sangat penting untuk menurunkan gaya kerja, menjaga kesehatan fisik petani, dan meningkatkan efisiensi kerja di pertanian manual."

Temuan ini konsisten dengan teori fisiologi kerja yang menyatakan bahwa kelelahan merupakan kondisi penurunan kapasitas fisik dan mental akibat aktivitas berulang, intensitas tinggi, serta durasi kerja yang panjang, yang pada akhirnya dapat mengurangi kinerja dan meningkatkan risiko cedera (Krisdiana, 2022), (Wahyuda, 2020). Secara biologis, kondisi tersebut dapat dipicu oleh akumulasi asam laktat pada otot yang mengganggu metabolisme sel, penurunan suplai oksigen, serta keterlibatan mekanisme saraf pusat dan perifer yang memengaruhi persepsi lelah dan kemampuan berkontraksi otot (Dyall et al., 2025).

Hasil ini juga selaras dengan penelitian (Benos et al., 2020) dan (Khalil, 2020) yang menunjukkan bahwa desain alat pertanian yang ergonomis secara signifikan mampu menurunkan tekanan mekanis pada punggung, bahu, dan lengan pekerja, serta mengurangi keluhan nyeri otot dan kelelahan akibat aktivitas manual yang berulang. Sejalan dengan itu, (Cividino et al., 2024) dalam studinya terhadap pekerja kebun anggur menemukan bahwa postur kerja tidak nyaman, posisi membungkuk dalam jangka waktu lama, serta gerakan berulang-ulang adalah faktor dominan penyebab kelelahan dan gangguan muskuloskeletal. Sementara itu, penelitian (Bawa Susana &

Perdana Putra, 2024) menegaskan bahwa penggunaan alat bantu yang didesain secara ergonomis dalam aktivitas manual mampu menurunkan beban kerja fisik, mengurangi keluhan pada sistem otot dan rangka, serta secara signifikan menekan tingkat kelelahan pada tenaga kerja sektor pertanian.

Ansar et al. (2020) membuktikan bahwa penggunaan cangkul ergonomis secara signifikan dapat menurunkan konsumsi energi kerja serta meningkatkan kapasitas pengolahan tanah dibandingkan cangkul konvensional. Hal ini mendukung temuan penelitian di Desa Banyupoh bahwa perlu dilakukan inovasi desain cangkul yang lebih sesuai dengan karakteristik petani lokal agar beban kerja fisik dan mental dapat diminimalkan.

Maksuwan & Kasemsan (2023) menekankan pentingnya penerapan prinsip ergonomi dalam pengembangan alat tangan pertanian guna menurunkan tingkat kelelahan operator dan meningkatkan efisiensi kerja. Rekomendasi ini sejalan dengan kebutuhan di Desa Banyupoh, di mana aktivitas mencangkul masih dilakukan secara manual tanpa dukungan desain alat yang optimal.

### Analisis Komparatif

Analisis komparatif digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan signifikan tingkat kelelahan dan beban kerja antara kelompok petani pengguna cangkul tipe mata garpu dan cangkul tipe mata datar.

### Uji Normalitas

Sebelum dilakukan pengujian perbedaan rata-rata (uji beda), terlebih dahulu dilakukan pengujian asumsi normalitas data sebagai prasyarat analisis statistik parametrik. Uji normalitas pada penelitian ini menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov (atau Shapiro-Wilk pada jumlah sampel yang lebih kecil) untuk memastikan bahwa distribusi data setiap variabel penelitian mengikuti distribusi normal. Hasil pengujian normalitas secara lengkap ditampilkan pada Tabel 4.5 Hasil Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov, yang menunjukkan nilai statistik dan *p-value* masing-masing variabel dan perlakuan sehingga dapat digunakan sebagai dasar pemilihan metode analisis lanjutan.

**Tabel 7 .** Hasil uji normalitas kolmogorov-smirnov

| Variabel           | Perlakuan     | Statistic | p-value | Keterangan           |
|--------------------|---------------|-----------|---------|----------------------|
| Kelelahan          | Cangkul datar | 0,155     | 0,200   | Berdistribusi normal |
|                    | Cangkul garpu | 0,183     | 0,187   | Berdistribusi normal |
| Beban Kerja Mental | Cangkul datar | 0,181     | 0,200   | Berdistribusi normal |
|                    | Cangkul garpu | 0,158     | 0,200   | Berdistribusi normal |
| Beban Kerja Fisik  | Cangkul datar | 0,146     | 0,200   | Berdistribusi normal |
|                    | Cangkul garpu | 0,212     | 0,068   | Berdistribusi normal |

Berdasarkan hasil uji normalitas Kolmogorov–Smirnov pada Tabel 7 seluruh variabel penelitian baik kelelahan, beban kerja mental, maupun beban kerja fisik pada kedua perlakuan (cangkul datar dan cangkul garpu) memiliki nilai *p-value* > 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa data pada masing-masing variabel berdistribusi normal sehingga memenuhi asumsi normalitas. Dengan demikian, data layak dianalisis lebih lanjut.

### Uji t-Independen Perbedaan Kelelahan dan Beban Kerja

**Tabel 8.** Hasil uji t-independen perbedaan kelelahan dan beban kerja

| Independent Samples Test |               |    |         |                |                 |                 |
|--------------------------|---------------|----|---------|----------------|-----------------|-----------------|
| Perlakuan                |               | N  | Mean    | Std. Deviation | Std. Error Mean | Sig. (2-tailed) |
| Beban Kerja Mental       | Cangkul Datar | 15 | 71,1553 | 4,99743        | 1,29033         | ,021            |
|                          | Cangkul Garpu | 15 | 67,0227 | 4,26046        | 1,10005         | ,022            |

|                          |               |    |         |         |         |      |
|--------------------------|---------------|----|---------|---------|---------|------|
| <b>Kelelahan</b>         | Cangkul Datar | 15 | 49,27   | 5,574   | 1,439   | ,000 |
|                          | Cangkul Garpu | 15 | 38,07   | 5,120   | 1,322   | ,000 |
| <b>Beban Kerja Fisik</b> | Cangkul Datar | 15 | 47,5907 | 5,26849 | 1,36032 | ,000 |
|                          | Cangkul Garpu | 15 | 36,7360 | 4,08332 | 1,05431 | ,000 |

Hasil uji *Independent Samples Test* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara penggunaan cangkul datar dan cangkul garpu pada ketiga variabel yang diteliti, yakni beban kerja mental, kelelahan, dan beban kerja fisik. Pada variabel beban kerja mental, nilai signifikansi 0,021 ( $<0,05$ ) menandakan perbedaan nyata antara kedua perlakuan. Rata-rata skor NASA-TLX menunjukkan bahwa penggunaan cangkul datar menimbulkan beban kerja mental yang lebih tinggi (71,16) dibandingkan cangkul garpu (67,02). Kondisi ini sejalan dengan teori beban kerja mental yang menyatakan bahwa kompleksitas tugas, tuntutan konsentrasi, dan kecepatan kerja akan mempengaruhi tingkat beban mental individu (Hart & Staveland, 1988). Bentuk mata cangkul datar yang memerlukan pengaturan kedalaman, arah, dan ketepatan penggemburan lebih presisi membuat petani harus mencurahkan perhatian dan usaha mental yang lebih besar, sehingga terjadi peningkatan beban kognitif. Hal ini juga tercermin dari produktivitas kerja, di mana penggemburan tanah dengan cangkul datar hanya mencapai  $\pm 12$  meter per jam, sedangkan cangkul garpu  $\pm 15$  meter per jam. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Cividino et al., 2024) yang mengidentifikasi postur tidak nyaman dan gerakan berulang sebagai pemicu beban mental yang tinggi pada pekerja kebun anggur.

Pada variabel kelelahan, nilai signifikansi 0,000 ( $<0,05$ ) menegaskan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara kedua perlakuan. Nilai rata-rata skor kelelahan pada cangkul datar adalah 49,27, sedangkan pada cangkul garpu 38,07. Artinya, penggunaan cangkul datar menimbulkan tingkat kelelahan yang lebih tinggi. Dalam perspektif ergonomi, kelelahan timbul ketika tuntutan energi fisik melebihi kapasitas fisiologis pekerja sehingga terjadi penurunan kemampuan kerja (Grandjean & Kroemer, 1997). Pada penggemburan tanah, mata cangkul datar membutuhkan tenaga otot yang lebih besar untuk memecah tanah yang padat. Akumulasi beban otot ini menyebabkan peningkatan kelelahan, yang pada akhirnya membatasi produktivitas kerja. Hasil ini menguatkan temuan (Benos et al., 2020) yang menunjukkan bahwa pekerjaan manual seperti mencangkul dan membajak menimbulkan risiko tinggi kelelahan fisik dan gangguan muskuloskeletal sehingga perlu desain alat ergonomis untuk menurunkan tekanan pada tubuh pekerja.

Pada variabel beban kerja fisik, nilai signifikansi 0,000 ( $<0,05$ ) kembali menunjukkan adanya perbedaan signifikan. Rata-rata %CVL pada cangkul datar sebesar 47,59%, sedangkan pada cangkul garpu 36,74%. Menurut standar ergonomi kerja, nilai CVL di atas 30% mengindikasikan beban kerja fisik yang memerlukan perbaikan agar tidak berdampak pada kesehatan pekerja dalam jangka panjang. Perbedaan ini dapat dijelaskan melalui karakteristik mata cangkul: cangkul datar menghadapi resistensi lebih besar saat memecah tanah sehingga tenaga yang dikeluarkan lebih besar untuk mempertahankan ritme kerja; sebaliknya, mata cangkul garpu lebih mudah menembus tanah sehingga beban fisik berkurang. Kondisi ini sejalan dengan penelitian (Khalil, 2020) yang membuktikan bahwa cangkul ergonomis lebih nyaman digunakan, mengurangi keluhan otot pada punggung dan lengan, serta menurunkan tingkat kelelahan subjektif petani.

Jika dikaitkan dengan konteks penggemburan tanah, aktivitas ini memang krusial untuk memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas infiltrasi air, serta mempermudah penyerapan nutrisi oleh akar tanaman (Riskita, 2024); (Fiorentina Cahaya Rizki et al., 2024). Namun, proses penggemburan tanah secara manual yang berulang dan intensif, apalagi dengan alat yang kurang ergonomis, dapat menimbulkan risiko kelelahan fisik dan mental yang signifikan. Temuan penelitian di Desa Banyupoh ini menguatkan urgensi inovasi alat bantu pertanian yang ergonomis. Studi (Bawa Susana & Perdana Putra, 2024) menunjukkan bahwa intervensi ergonomi menurunkan beban kerja fisik, mengurangi keluhan muskuloskeletal, serta menekan kelelahan pekerja. Dengan demikian, meskipun penggemburan tanah secara manual tetap penting dalam meningkatkan kesuburan dan

produktivitas lahan, aspek ergonomi kerja perlu mendapat perhatian khusus. Inovasi desain alat, pengaturan waktu dan metode kerja, serta pelatihan ergonomi dapat menjadi strategi efektif untuk menurunkan beban kerja fisik dan mental petani, meningkatkan produktivitas, dan menjaga kesehatan mereka secara berkelanjutan.

Benos et al. (2020) dalam tinjauan sistematisnya menyatakan bahwa kegiatan pertanian manual seperti mencangkul merupakan salah satu pekerjaan dengan risiko tertinggi terhadap gangguan muskuloskeletal akibat postur tubuh yang tidak ergonomis dan gerakan berulang. Temuan tersebut memperkuat hasil penelitian bahwa pengolahan tanah manual di Desa Banyupoh menimbulkan beban kerja fisik dan mental yang tinggi, sebagaimana tercermin dari nilai NASA-TLX dan %CVL.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pengolahan tanah secara manual menggunakan cangkul tipe mata datar menimbulkan beban kerja fisik dan mental yang lebih tinggi dibandingkan cangkul tipe mata garpu. Hal ini tercermin dari nilai rata-rata %CVL (47,59% pada cangkul datar dan 36,67% pada cangkul garpu) serta skor NASA-TLX yang sama-sama berada pada kategori tinggi, dengan nilai lebih besar pada cangkul datar. Kondisi tersebut menunjukkan potensi risiko kesehatan dan tingginya tuntutan fisik maupun kognitif pada petani.

Selain itu, tingkat kelelahan petani pengguna cangkul mata datar terbukti lebih tinggi, ditunjukkan oleh nilai rata-rata FSS sebesar 49,1 dibandingkan 38,9 pada pengguna cangkul mata garpu. Perbedaan ini dipengaruhi oleh desain mata cangkul yang berdampak pada postur kerja, distribusi beban otot, dan besarnya tenaga yang dikeluarkan.

Hasil uji statistik juga menunjukkan perbedaan signifikan pada beban kerja fisik, beban kerja mental, dan tingkat kelelahan ( $p < 0,05$ ), serta produktivitas kerja yang lebih rendah pada penggunaan cangkul datar. Temuan ini menegaskan pentingnya pemilihan dan pengembangan alat pertanian yang ergonomis guna menurunkan beban kerja, mengurangi kelelahan, dan meningkatkan produktivitas petani.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bawa Susana, I. G., & Perdana Putra, I. K. (2024). Aplikasi Alat Bantu Ergonomis Pada Kerja Manual Berdasarkan Kajian Ergo-Mechanical Untuk Petani Kecil. *Energy, Materials and Product Design*, 3(1), 176–183.
- Benos, L., Tsaopoulos, D., & Bochtis, D. (2020). Una revisión sobre la ergonomía en la agricultura. Parte I: Operaciones manuales. *Applied Sciences (Suiza)*, 10(6), 1905.
- Budiasa. (2020). Lingkungan Kerja Dan Kinerja SDM. In *Suparyanto dan Rosad (2015 (Vol. 5, Issue 3)*.
- Cividino, S. R. S., Zaninelli, M., Redaelli, V., Belluco, P., Rinaldi, F., Avramovic, L., & Cappelli, A. (2024). Preliminary Evaluation of New Wearable Sensors to Study Incongruous Postures Held by Employees in Viticulture. *Sensors*, 24(17).
- Dyall, M., Peachey, K. L., & Lower, T. (2025). Fatigue-related incidents and prevention strategies in Australian grain farming: A mixed-methods feasibility study. *Safety Science*, 184(January 2024), 1–7.
- Fiorentina Cahaya Rizki, Pranadipa Ramadhan Wicaksono, & Fitri Wijayanti. (2024). Peningkatan Kesuburan Tanah Dan Produktivitas Sebagai Hasil Pengolahan Lahan Di Dusun Ngadilegi, Pandaan. *Jurnal Informasi Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 01–09.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX. *Human Mental Workload. Advances in Psychology*, 52, 139–183.
- Khalil, R. (2020). Comparison between Ergonomic and Conventional Hoes to determine Comfortability of Farmers when Hoeing Soil. 13(10), 508–519.
- Krisdiana, H. (2022). Hubungan Beban Kerja Tenaga Kesehatan dengan Kelelahan Kerja di Puskesmas Kecamatan Sukmajaya Kota Depok Selama Pandemi. *Jurnal Biostatistik, Kependudukan, Dan Informatika Kesehatan*, 2(3).
- Ningrum, S. M., Dewi, E. I., & Kurniyawan, E. H. (2020). Hubungan Stres Kerja dengan Kelelahan Kerja Petani Karet di PTPN XII Kebun Renteng, Ajung-Jember. *Pustaka Kesehatan*, 8(3), 188.
- Praveen, K., Belagalla, N., Dharavat, N., & Corrie, L. (2025). *Innovative Blade and Tine Push Weeder for*

*Enhancing Weeding Efficiency of Small Farmers.*

- Rahmania, A. (2022). Analisis Beban Kerja Fisik Dengan Kelelahan Kerja Petani Gapoktan Di Demangan Ponorogo. *Medical Technology and Public Health Journal*, 5(2), 171–181.
- Riskita, A. (2024). 13 Cara Menggemburkan Tanah dengan Mudah agar Tanah Subur.
- Rusila, Y., & Edward, K. (2022). Hubungan Antara Umur, Masa Kerja dan Beban Kerja Fisik dengan Kelelahan Kerja Pada Pekerja Di Pabrik Kerupuk Subur dan Pabrik Kerupuk Sahara Di Yogyakarta. *Jurnal Lentera Kesehatan Masyarakat*, 1(1), 39–49.
- Simanungkalit, A. B., Daulay, I. N., & Siregar, P. A. (2023). Analisis Beban Kerja Mental, Stres Kerja, Dan Tingkat Kelelahan Kerja Secara Ergonomis Pada Karyawan Bagian Operasional Pabrik Kelapa Sawit (PKS) PTPN V Sei Galuh Di Kabupaten Kampar. *Bahtera Inovasi*, 7(1), 95–106.
- Singh, V., Kumar, A., Prasad, P., Upadhyay, A., Dwivedi, U., & Singh, N. (2025). Ergonomic Comparison of Modified Hoe and Chisel Weeders for Enhanced Operator Comfort in Weeding. *Current Agriculture Research Journal*, 13, 610–618.
- Srinidhi, G., Agrawal, K. N., Kumari, S., Potdar, R. R., & Chandel, N. S. (2025). *Muscle fatigue assessment using surface electromyography in farm operations performed in protected cultivation*. 1–17.
- Umamah, A. (2019). Hubungan Beban Kerja dengan Kelelahan pada Petani Padi di Kecamatan Wonosari, Kabupaten Bondowoso. *Skripsi. Jember: Universitas Jember*.
- Wahyuda, H. (2020). Analisis Faktor Kelelahan Kerja Pada Ojek Online Di Kota Batam. (*Doctoral Dissertation, Prodi Teknik Industri*).
- Wulandari, S. R., Wijaya, D., & Ilyas, F. (2025). Pengaruh Literasi Keuangan dan Gaya Hidup Terhadap Perilaku Konsumtif Mahasiswa Gen Z di Wilayah Jakarta Barat. *Jurnal Ekonomi Bisnis Antartika*, 3(c), 127–134.