

## **Analisis Pengaruh Penurunan Kadar Air pada Studi Sifat Mekanik Threshing Force (TF) dalam Perontokan Tanaman Padi Varietas Ciherang**

*Muhammad Taufiq\**

*Program Studi Agroteknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi*

\*Correspondence Author: [muhammad\\_taufiq@dosen.pancabudi.ac.id](mailto:muhammad_taufiq@dosen.pancabudi.ac.id)

### **Abstrak**

Penurunan kadar air terjadi selama musim panen padi varietas Ciherang dari 116-125 hari setelah tanam (HST). Proses pemanenan padi dengan menggunakan mesin *stripper* mengakibatkan kehilangan hasil panen (*losses*) yang besar pada tingkatan kadar air terkecil. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kadar air terhadap sifat mekanik gaya perontokan yaitu *threshing force* (TF) pada padi varietas Ciherang. Penelitian ini mengukur TF pada empat tingkat kadar air, diantaranya yaitu 24%, 20%, 15%, dan 12%. Metode analisis dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap non-faktorial dengan 10 kali ulangan untuk setiap tingkat kadar air dengan total percobaan sebanyak 40 percobaan. Data hasil penelitian dianalisis dengan ANOVA pada tingkat signifikansi 5%. Hasil menunjukkan bahwa penurunan kadar air berpengaruh signifikan terhadap TF. Padi dengan kadar air 24% memiliki TF tertinggi (0.907 N), diikuti kadar air 20% (0.651 N), 15% (0.426 N), dan 12% (0.121 N). Hasil ANOVA mengonfirmasi bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dari pengaruh penurunan kadar air terhadap parameter TF dengan nilai P-value sebesar  $1.15 \times 10^{-22}$  ( $P < 0.05$ ). Hasil identifikasi sifat mekanik TF padi juga dapat digunakan sebagai pemberi rekomendasi kadar air yang sesuai untuk pekerjaan pemanenan padi pada mesin *stripper*. Penelitian ini menyimpulkan bahwa semakin rendah kadar air pada padi varietas Ciherang maka semakin rendah TF yang diperlukan untuk merontokkan gabah. Dengan demikian parameter kadar air memainkan peran penting dalam efisiensi perontokan padi. Hasil ini dapat digunakan untuk mengembangkan metode perontokan yang lebih efisien dan akurat serta meningkatkan kuantitas pemanenan padi.

**Kata Kunci:** Kadar Air, Padi, Threshing Force, Varietas Ciherang

### **Abstract**

*The moisture content decrease occurs during the Ciherang rice variety's harvest season from 116-125 days after planting (DAP). The rice harvesting process using a stripper machine results in significant yield losses at lower moisture content levels. This study aims to evaluate the effect of moisture content on the mechanical property of threshing force (TF) in Ciherang rice. The study measures TF at four moisture content levels: 24%, 20%, 15%, and 12%. The analytical method employed in this study uses a completely randomized design (CRD) non-*

*factorial with ten repetitions for each moisture content level, totaling 40 experiments. The data were analyzed using ANOVA at a 5% significance level. Results show that the reduction in moisture content significantly affects TF. Rice with 24% moisture content has the highest TF (0.907 N), followed by 20% (0.651 N), 15% (0.426 N), and 12% (0.121 N). ANOVA results confirm significant differences in the impact of moisture content reduction on TF parameters with a P-value of  $1.15 \times 10^{-22}$  ( $P < 0.05$ ). The identification results of the TF mechanical properties can also be used to recommend suitable moisture content for rice harvesting using a stripper machine. The study concludes that the lower the moisture content in Ciherang rice, the lower the TF required to thresh the grain. Therefore, the moisture content parameter plays an essential role in the efficiency of rice threshing. These findings can be used to develop more efficient and accurate threshing methods and enhance rice harvest quantity.*

**Keyword:** Ciherang Variety, Moisture Content, Paddy, Threshing Force

## **Pendahuluan**

Susut tercecer (*losses*) pada mesin *stripper* tipe *riding* mencapai 7.8%, jauh di atas batas yang ditentukan sebesar 2% [1]. Angka susut yang tinggi ini menandakan bahwa mesin *stripper* tidak beroperasi dengan efisiensi optimal, mengakibatkan sejumlah besar biji padi hilang atau tercecer selama proses perontokan [2], [3]. Faktor-faktor penyebab ketidakefisienan ini mungkin termasuk desain mesin yang kurang sempurna, pengaturan yang tidak sesuai dengan kondisi aktual lapangan, atau kurangnya perhatian terhadap sifat mekanik padi dalam perancangan mesin [4], [5]. Dampak dari tingginya tingkat susut ini sangat signifikan, karena setiap persen padi yang hilang mengurangi produktivitas dan berpotensi menyebabkan kerugian ekonomi bagi petani [6], [7]. Oleh karena itu, evaluasi dan peningkatan mesin *stripper* tipe *riding* sangat diperlukan untuk mengurangi tingkat susut tercecer dan meningkatkan efisiensi perontokan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Penelitian tentang sifat mekanik padi, seperti *shattering habit* (SH) atau yang disebut juga dengan *threshing force* (TF) sangat jarang dilakukan oleh para peneliti [8], [9]. Berbagai alasan yang mendasari kurangnya penelitian tentang sifat mekanik padi diantaranya yaitu pertama, fokus utama penelitian pertanian sering kali lebih diarahkan pada aspek agronomis dan biologis, seperti peningkatan hasil panen, ketahanan terhadap hama dan penyakit, serta adaptasi terhadap perubahan iklim [10], [11]. Hal ini membuat studi tentang sifat mekanik biji padi, yang memiliki implikasi lebih teknis dan mekanis, kurang mendapatkan perhatian. Kedua, penelitian mengenai mekanisme fisik seperti *shattering habit* (SH) atau *threshing force* (TF) memerlukan peralatan khusus dan teknik pengukuran yang kompleks [12], [13]. Peralatan dan teknologi yang diperlukan untuk mengukur gaya perontokan atau kebiasaan biji padi terlepas dari tangkainya mungkin tidak selalu tersedia di banyak lembaga penelitian, terutama di negara berkembang yang merupakan produsen padi utama [14]. Ketiga, ada keterbatasan dalam kolaborasi antara disiplin ilmu pertanian dan teknik mesin. Penelitian yang melibatkan analisis sifat mekanik padi memerlukan kerja sama yang erat antara ahli pertanian dan peneliti dalam bidang teknik mesin untuk memahami dan mengatasi tantangan-tantangan teknis yang muncul dalam proses perontokan [15]. Selain itu, kesadaran akan pentingnya optimasi mesin perontokan padi mungkin juga kurang berkembang di masa lalu, seiring dengan adopsi teknologi pertanian yang masih dalam tahap awal. Seiring dengan berkembangnya teknologi pertanian dan

meningkatnya permintaan akan efisiensi pascapanen, penelitian tentang sifat mekanik padi kini mulai mendapatkan perhatian lebih, untuk mendukung peningkatan efisiensi dan efektivitas proses perontokan serta optimasi desain mesin perontok padi tipe *stripper*.

Sifat mekanik pada padi, seperti *shattering habit* (SH) atau yang disebut juga dengan *threshing force* (TF), sangat penting dalam proses perontokan dan optimasi desain mesin perontok padi tipe *stripper* [16]. *Shattering habit* (SH) adalah kebiasaan biji padi terlepas dari tangkainya, menentukan seberapa mudah biji padi bisa dipisahkan dari batangnya saat diproses oleh mesin perontok [17]. *Threshing force* (TF) adalah gaya yang diperlukan untuk memisahkan biji dari tangkainya, mempengaruhi efisiensi dan efektivitas mesin perontok [18]. Jika *Threshing force* (TF) terlalu tinggi, mesin harus dirancang dengan kekuatan dan daya yang lebih besar, yang dapat meningkatkan biaya operasional dan konsumsi energi [19]. Sebaliknya, jika *threshing force* (TF) terlalu rendah, biji padi bisa rusak atau hancur, mengurangi kualitas hasil panen [20]. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang sifat-sifat mekanik ini memungkinkan para peneliti untuk mengoptimalkan desain mesin perontok padi tipe *stripper*, memastikan proses perontokan berjalan efisien, cepat, dan dengan kerusakan minimal pada biji padi, sehingga meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen.

Kebutuhan daya dan kecepatan putar komponen perontok dalam perancangan mesin pemanen padi tipe *stripper* sangat bergantung pada data sifat mekanik padi, seperti *shattering habit* (SH) atau *threshing force* (TF) [21]. Data ini sangat penting karena mempengaruhi efisiensi energi mesin. *Threshing force* (TF), misalnya, memberikan informasi tentang gaya yang diperlukan untuk memisahkan biji padi dari tangkainya [22]. Dengan mengetahui gaya ini, peneliti dapat merancang mesin yang menggunakan daya secara efisien, menghindari penggunaan energi berlebih yang dapat meningkatkan biaya operasional. Selain itu, data sifat mekanik padi memungkinkan perancangan komponen perontok yang tepat. Desain mekanisme perontokan dan kecepatan putar harus disesuaikan dengan karakteristik *shattering habit* (SH) padi untuk memastikan biji padi terpisah dengan efisien tanpa merusak biji atau tangkai [23]. Tanpa data yang akurat, ada risiko bahwa kecepatan putar yang tidak tepat dapat mengurangi efisiensi perontokan atau meningkatkan kerusakan pada biji dan tangkai, sehingga menurunkan kualitas hasil panen.

Pemahaman tentang *threshing force* (TF) juga membantu menghindari penggunaan gaya perontokan yang terlalu tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan pada biji padi [24]. Desain mesin yang didasarkan pada data yang akurat akan meminimalkan kerusakan biji, meningkatkan kualitas hasil panen [25]. Selain itu, data sifat mekanik padi membantu dalam merancang mesin yang stabil dan andal selama operasi. Mesin yang dirancang berdasarkan data yang akurat akan memiliki performa yang konsisten dan lebih sedikit mengalami kerusakan atau kegagalan komponen, meningkatkan masa pakai mesin. Data sifat mekanik padi juga memungkinkan penyesuaian mesin perontok untuk berbagai varietas padi [26]. Sifat mekanik padi dapat bervariasi antara varietas yang berbeda, sehingga data spesifik untuk berbagai varietas memungkinkan mesin perontok tipe *stripper* untuk disesuaikan dengan jenis padi yang dipanen. Dengan demikian, kinerja mesin dapat dioptimalkan di berbagai kondisi lapangan dan varietas padi, memastikan efisiensi dan efektivitas proses perontokan yang tinggi.

Sifat mekanik padi, seperti *shattering habit* (SH) atau *threshing force* (TF), memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat fisik padi, termasuk kadar air. Kadar air pada padi adalah faktor penting yang dapat mempengaruhi kedua sifat mekanik tersebut secara langsung [27]. *Shattering habit* (SH) sangat dipengaruhi oleh kadar air dalam proses biji padi untuk terlepas dari tangkainya. Padi dengan kadar air yang lebih tinggi cenderung memiliki biji yang lebih lekat pada tangkainya, sehingga memerlukan gaya yang lebih besar untuk memisahkannya [28].

Sebaliknya, padi dengan kadar air yang lebih rendah cenderung lebih mudah rontok, karena bijinya lebih kering dan kurang elastis, sehingga lebih mudah terlepas dari tangkainya. Hal ini berarti bahwa sifat kadar air padi dapat mempengaruhi efisiensi proses perontokan dan harus diperhatikan dalam perancangan mesin perontok. *Threshing force* (TF) juga sangat dipengaruhi oleh kadar air dalam hal kebutuhan gaya yang diperlukan untuk memisahkan biji padi dari tangkainya. Padi dengan kadar air tinggi biasanya membutuhkan gaya perontokan yang lebih besar karena biji dan tangkainya lebih sulit dipisahkan [29]. Dalam kondisi kadar air rendah, gaya yang diperlukan untuk perontokan akan lebih kecil karena biji dan tangkainya lebih rapuh dan mudah terlepas. Oleh karena itu, penentuan *threshing force* (TF) yang tepat sangat bergantung pada pengukuran kadar air padi sebelum proses perontokan.

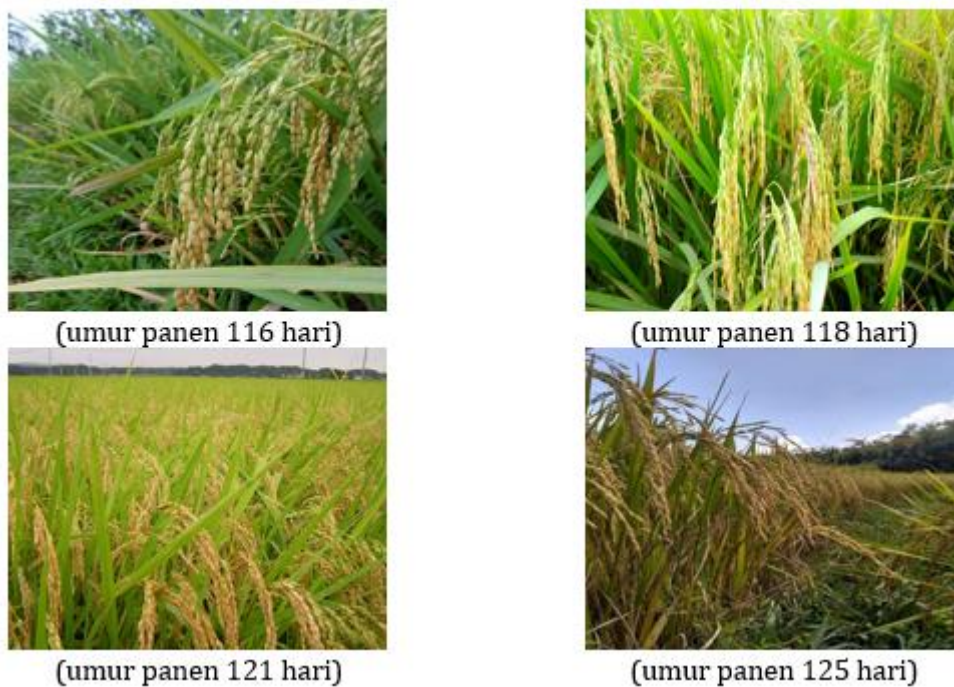
Kadar air juga mempengaruhi kondisi fisik biji padi selama proses perontokan. Padi dengan kadar air tinggi lebih rentan terhadap kerusakan mekanis karena bijinya lebih lunak dan dapat lebih mudah hancur jika gaya perontokan yang diterapkan terlalu besar. Sebaliknya, padi dengan kadar air rendah dapat menjadi terlalu rapuh dan mudah pecah, yang juga dapat menyebabkan kerusakan biji. Oleh karena itu, memahami hubungan antara sifat mekanik dan sifat fisik kadar air pada padi sangat penting untuk mengoptimalkan desain mesin perontok, memastikan bahwa biji padi dapat dipisahkan dengan efisien dan dengan kerusakan minimal. Secara keseluruhan, kadar air mempengaruhi sifat mekanik padi yang pada gilirannya mempengaruhi efisiensi dan kualitas proses perontokan. Pengaturan yang tepat dari kondisi kadar air padi saat memasuki masa panen dan pemahaman yang mendalam tentang sifat mekanik padi sangat penting untuk meningkatkan efektivitas mesin perontok dan kualitas hasil panen. dengan demikian tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh kadar air terhadap sifat mekanik gaya perontokan yaitu *threshing force* (TF) pada padi varietas Ciherang.

## Metode Penelitian

### Karakteristik padi varietas Ciherang

Tanaman padi varietas Ciherang merupakan salah satu jenis varietas padi yang digemari oleh petani di Indonesia. Padi varietas Ciherang memiliki tekstur nasi yang pulen, oleh karena itu sangat sesuai dengan selera konsumen di Indonesia. Direktorat Perbenihan Dirjen Tanaman Pertanian Kementan melalui Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Daerah Istimewa Yogyakarta merilis Padi varietas Ciherang pada tanggal 25 Februari 2000 dengan nomor SK Menteri Pertanian 60/Kpts/TP.240/2/2000. Padi varietas Ciherang memiliki umur 116-125 hari pada saat masa panen. Morfologi padi varietas Ciherang berbentuk tegak, daun bendera yang juga tegak dengan tinggi tanaman sekitar 107-115 cm. Kerontokan dan kerebahan tanaman padi varietas Ciherang masuk dalam kategori sedang. Sementara bentuk gabah padi varietas Ciherang adalah panjang ramping dengan warna kuning bersih. Berat 1000 butir padi varietas Ciherang adalah 27-28 gram, sehingga potensi rata-rata hasil panennya tergolong tinggi yaitu 5-7 ton/ha. Kadar air saat masa panen oleh padi varietas Ciherang ini biasanya sekitar 18-20%.

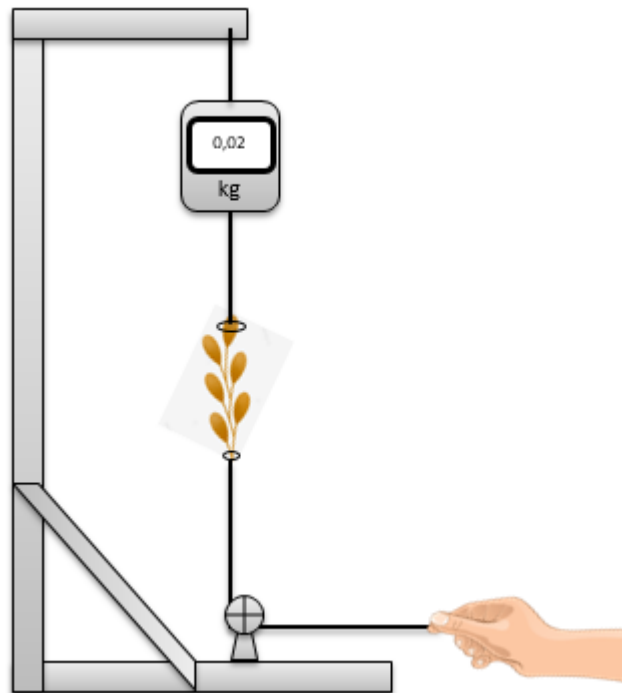
Penelitian ini menerapkan 4 perlakuan umur panen. Proses pemanenan padi varietas Ciherang dilakukan pada saat umur 116, 118, 121 hingga 125 hari setelah tanam (HST) yang dilakukan di Instalasi Pengujian dan Penerapan Standar Instrumen Pertanian (IP2SIP) Muara Bogor Jawa Barat pada bulan Januari 2024. Dokumentasi perubahan warna oleh padi varietas Ciherang saat memasuki masa pemanenan berdasarkan 4 kategori umur panen tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Perubahan warna gabah saat memasuki masa panen padi varietas Ciherang

### **Pengukuran *threshing force* (TF) padi varietas Ciherang**

Pengukuran parameter *threshing force* padi varietas Ciherang berdasarkan 4 kategori kadar air dilakukan dengan cara membuat instrumen uji *threshing force* (TF). Instrumen pengukur parameter *threshing force* (TF) dibuat dengan konsep menarik bulir gabah padi yang masih melekat pada batang malainya sebagaimana yang tampak pada Gambar 2. Timbangan digital digunakan sebagai instrumen penunjuk beban gaya tarikan yang diperoleh untuk memutuskan atau melepaskan gabah dari batang malainya. Tingkat ketelitian timbangan digital yang dipakai adalah 0.001 sampai dengan 5 kg. Instrumen pengukur parameter *threshing force* (TF) dibuat dengan material plat besi *hollow* berukuran 4 x 4 cm yang didisain dengan tiang penggantung timbangan digital dan bantalan *roller* yang berfungsi sebagai jalur benang penarik gabah dari batang malainya.



**Gambar 2.** Konsep instrumen pengukur threshing force (TF) gabah pada malai padi

Data pengujian *threshing force* (TF) adalah dalam satuan berat (kg). Untuk memperoleh satuan dalam Newton maka data hasil pengukuran dikali dengan percepatan gaya gravitasi bumi sebesar  $9.81 \text{ m/s}^2$ . Satuan Newton diperoleh berdasarkan prinsip hukum kedua Newton dalam konteks gaya gravitasi atau gaya berat. Persamaan untuk menghitung gaya gravitasi atau gaya berat suatu objek dalam satuan Newton adalah sebagai berikut [30]:

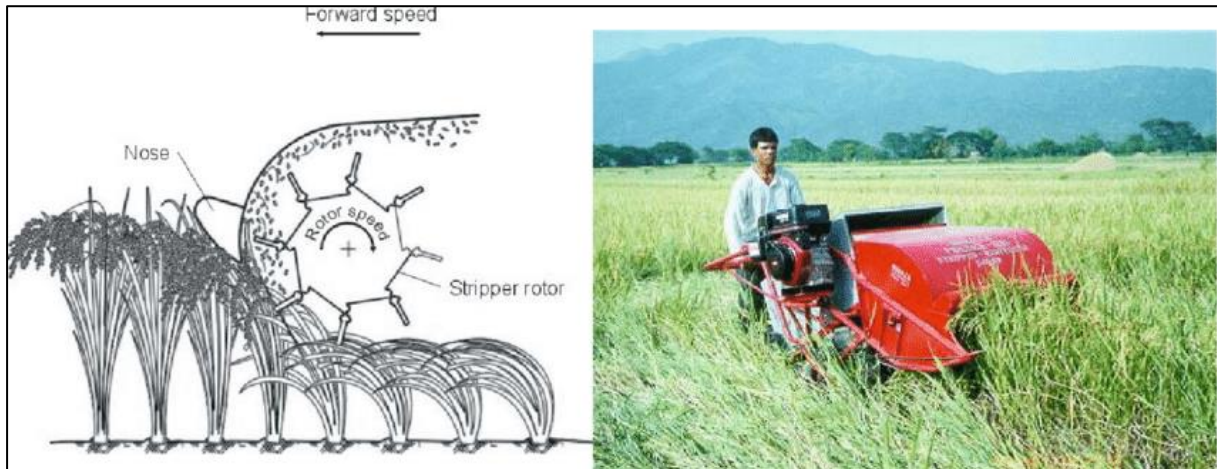
$$F = m \cdot g \quad (1)$$

Dimana F adalah gaya berat (N), m adalah massa (kg) dan g adalah gaya gravitasi bumi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ).

Pengukuran *threshing force* (TF) pada gabah padi varietas Ciherang dilakukan sebanyak 10 kali ulangan untuk 1 kategori kadar air. Jika terdapat 4 jenis perlakuan kadar air maka akan terdapat 40 satuan unit percobaan *threshing force* (TF).

### **Aplikasi data *threshing force* (TF) dalam membuat rekomendasi pemanenan**

Mesin pemanen padi tipe *stripper* adalah salah satu mesin pemanen padi yang cukup banyak digunakan sebagai mesin pemanen oleh petani di Indonesia selain mesin pemanen padi tipe *combine harvester* [31]. Mesin pemanen padi tipe *stripper* bekerja dengan cara kerja pemanenan menyisir bulir gabah tanpa memotong tanaman padi [32]. Dengan demikian tanaman padi akan tertinggal dilahan sawah, sementara bulir gabah akan tersisir dipanen oleh mesin pemanen tipe *stripper*. Perbedaannya dengan mesin pemanen padi tipe *combine harvester* adalah, mesin pemanen padi tipe *combine harvester* bekerja dengan memotong tanaman padi, lalu merontokkan bulir gabah yang masih melekat di batang hasil pemotongan dengan komponen yang masih tetap berada pada mesin *combine harvester* [33].



**Gambar 3.** Cara kerja dan tampilan mesin pemanen padi tipe stripper [34]

Mesin pemanen padi tipe *stripper* menggunakan sebuah unit rotor yang biasanya berbentuk silinder dan terbuat dari plat besi dengan tambahan disain penyisir (*strip*) yang terbuat dari material karet [35]. Konsep cara kerja dan tampilan dari mesin pemanen padi tipe *stripper* dapat dilihat pada Gambar 3. Komponen rotor dari mesin *stripper* ini adalah bagian yang paling berperan dalam merontokkan bulir gabah yang dipanen. Tinggi atau rendahnya kehilangan hasil (*losses*) dengan menggunakan mesin *stripper* ini sangat dipengaruhi oleh besar atau kecilnya gaya torsi ( $\tau$ ), kecepatan putar (*RPM*) dan daya (*watt*) yang dibutuhkan mesin untuk merontokkan bulir gabah [36].

Hasil pengukuran nilai *threshing force* (TF) pada gabah padi yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung anjuran gaya torsi yang harus diterapkan oleh rotor pada mesin *stripper* untuk melakukan proses pemanenan. Hasil pengukuran nilai *threshing force* (TF) juga dapat memberikan rekomendasi standar kadar air yang sesuai dalam proses pemanenan dengan menggunakan mesin *stripper*.

Berdasarkan data observasi padi varietas Cihayang yang ada telah ada yaitu seperti jumlah malai per rumpun yaitu sebesar 23 dan jumlah gabah per rumpun adalah sebanyak 541 [1] maka dapat diketahui jumlah gabah per lebar lebar efektif rotor penyisir dalam proses pemanenan dengan menggunakan mesin pemanen padi tipe *stripper*. Pada sistem tanam jajar legowo diketahui bahwa jarak antar baris rumpun tanaman padi adalah 15 cm (0.15 m) [37]. Dengan demikian dapat dihitung jumlah rumpun tanaman padi di dalam 0,6 m lebar kerja efektif rotor mesin *stripper* [34] ini yaitu sebanyak 4 rumpun. Jumlah rumpun sebanyak 4 dapat menjadi dasar perhitungan jumlah gabah per lebar kerja efektif. Jumlah gabah per rumpun yaitu sebanyak 541 dikali dengan 4 rumpun maka menghasilkan jumlah gabah dalam lebar kerja efektif rotor pada mesin pemanen *stripper* yaitu sebanyak 2164. Sehingga, nilai *threshing force* (TF) per lebar kerja efektif dapat dihitung berdasarkan persamaan 2 berikut ini:

$$TF_{LE} = TF_{gabah} \cdot n_{gabah} \quad (2)$$

Dimana  $TF_{LE}$  adalah *threshing force* yang dibutuhkan dalam lebar kerja efektif rotor mesin *stripper* (N),  $Tf_{gabah}$  adalah *threshing force* yang dibutuhkan untuk memutuskan 1 bulir gabah pada batang malai padi (N) dan  $n_{gabah}$  adalah jumlah gabah dalam lebar kerja efektif rotor mesin *stripper*.

Nilai *threshing force* yang dibutuhkan dalam lebar kerja efektif rotor mesin *stripper* ( $TF_{LE}$ ) dapat menjadi dasar dalam menentukan nilai torsi pada rotor ( $\tau$ ) mesin *stripper*.

Berdasarkan data dimensi ukuran diameter rotor mesin *stripper* maka nilai torsi pada rotor ( $\tau$ ) mesin *stripper* dapat dihitung. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan dalam menghitung nilai torsi pada rotor ( $\tau$ ) mesin *stripper*.

$$\tau_{rotor} = TF_{LE} \cdot l\tau_{rotor} \quad (3)$$

Dimana,  $\tau_{rotor}$  adalah torsi yang dibutuhkan rotor mesin *stripper* untuk merontokkan gabah sesuai dengan tingkat kadar airnya (N.m),  $TF_{LE}$  adalah *threshing force* yang dibutuhkan dalam lebar kerja efektif rotor mesin *stripper* (N), dan  $l\tau_{rotor}$  adalah lengan torsi atau dalam poros roda berarti radius (jari-jari) rotor (m).

Nilai torsi yang dibutuhkan oleh rotor mesin *stripper* ( $\tau_{rotor}$ ) yang telah dihitung berdasarkan persamaan 3 nantinya dapat menjadi anjuran besaran nilai torsi yang diterapkan untuk gaya torsi yang bekerja pada komponen perontok atau rotor pada mesin *stripper*. Berdasarkan nilai torsi yang dibutuhkan oleh rotor mesin *stripper* ( $\tau_{rotor}$ ) dan data radius (jari-jari) pada komponen rotor mesin *stripper* yang diuji berdasarkan variasi kadar air gabah maka akan membentuk suatu grafik. Berdasarkan grafik tersebut maka akan terbentuk model persamaan yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan rekomendasi kadar air gabah saat memasuki masa panen yang dapat dipanen dengan menggunakan mesin pemanen padi tipe *stripper* sesuai dengan spesifikasi desain mesin tersebut.

## Hasil

### Kadar air padi varietas Ciherang

Peningkatan umur panen yang dilakukan terhadap padi varietas Ciherang membuat perubahan kadar air pada gabah semakin menurun. Pengukuran kadar air dilakukan dengan menggunakan alat *Grain Moisture Meter* tipe 1725G pada sampel gabah yang telah melalui proses pemanenan yang diletakkan dalam wadah karung. Cara pengukuran kadar air padi dapat dilihat pada Gambar 4.

**Tabel 1.** Kadar air padi varietas Ciherang berdasarkan umur panen

Umur Panen (HST)	Kadar Air (%)
116	24
118	20
121	15
125	12





**Gambar 4.** Cara pengukuran kadar air gabah dengan menggunakan alat *Grain Moisture Meter* tipe 1725G

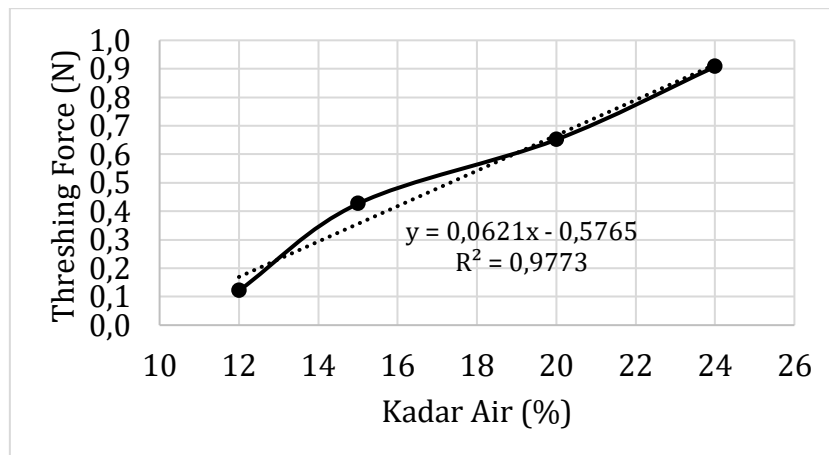
Hasil pengukuran kadar air ini serupa dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [38] yang menyatakan bahwa semakin lama umur tanaman padi di lahan maka akan menyebabkan kadar air pada gabah akan semakin berkurang. Gabah yang kadar airnya semakin berkurang dapat menyebabkan kerusakan pada bulir beras dan bahkan dapat mengakibatkan kehilangan hasil panen atau susut dalam hasil panen (*losses*) yang tinggi dalam proses panen dengan menggunakan mesin pemanen stripper maupun panen padi dengan cara manual sekalipun [39]. Kerusakan bulir beras dan kehilangan hasil panen atau susut dalam hasil panen (*losses*) tentu saja dapat menyebabkan kerugian bagi petani.

***Threshing force* (TF) padi varietas Ciherang**

Proses pengukuran nilai *threshing force* (TF) pada gabah padi yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5. Penurunan kadar air akibat penundaan waktu panen berdampak pada semakin menurunnya nilai *threshing force* (TF) pada gabah padi sebagaimana yang tampak pada grafik nilai rata-rata *threshing force* (TF) pada gabah padi berdasarkan kadar air Gambar 6.



**Gambar 5.** Pengukuran nilai *threshing force* (TF) pada gabah padi varietas Ciherang dengan variasi kadar air menggunakan instrumen pengukur *threshing force*



**Gambar 6.** Nilai rata-rata *threshing force* (TF) pada gabah padi berdasarkan kadar air

Berdasarkan Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa nilai *threshing force* (TF) tertinggi sebesar 0,907 N diperoleh dari gabah padi dengan kadar air 24%, selanjutnya nilai *threshing force* (TF) sebesar 0,651 N diperoleh dari gabah padi dengan kadar air 20%, kemudian nilai *threshing force* (TF) sebesar 0,426 N diperoleh dari gabah padi dengan kadar air 15%, dan terakhir adalah nilai *threshing force* (TF) terkecil yaitu sebesar 0,121 N diperoleh dari gabah padi dengan kadar air 12%.

Hasil ini menjelaskan bahwa kadar air padi memiliki pengaruh besar terhadap nilai *threshing force* (TF) yang diperlukan dalam proses perontokan [40]. Pada padi dengan kadar air tinggi, biji padi dan tangkainya cenderung lebih lekat satu sama lain karena sifat fisik dan kimia air yang membuat biji dan tangkai lebih fleksibel dan sulit dipisahkan [41]. Hal ini menyebabkan gaya yang lebih besar diperlukan untuk melepaskan biji dari tangkainya, sehingga nilai *threshing force* menjadi lebih tinggi. Elastisitas tangkai dan biji yang tinggi pada padi dengan kadar air tinggi juga berkontribusi pada meningkatnya *threshing force* karena bahan yang elastis memerlukan gaya yang lebih besar untuk mengatasi ketegangan dan melepaskan biji dari tangkai [42]. Sebaliknya, pada padi dengan kadar air rendah, biji dan tangkainya menjadi lebih kering dan rapuh, yang mengurangi elastisitas dan adhesi antara biji dan tangkai. Kekeringan ini membuat biji lebih mudah dipisahkan dengan gaya yang lebih kecil, sehingga nilai *threshing force* yang diperlukan juga lebih rendah [43]. Kadar air yang rendah juga mengurangi ikatan fisik antara biji dan tangkai, sehingga biji padi lebih mudah rontok dari tangkainya ketika diterapkan gaya mekanis [44]. Akibatnya, proses perontokan memerlukan gaya yang lebih sedikit, menurunkan nilai *threshing force*. Pemahaman tentang pengaruh kadar air terhadap *threshing force* sangat penting dalam perancangan mesin perontok padi. Mesin harus dirancang untuk menangani variasi dalam kadar air padi yang diproses, sehingga dapat beroperasi dengan efisiensi maksimal tanpa merusak biji atau tangkai [45]. Dengan pengaturan yang tepat, mesin perontok dapat dioptimalkan untuk bekerja dalam kondisi kadar air yang berbeda, memastikan perontokan yang efisien dan kualitas hasil panen yang tinggi.

Hasil *analysis of variance* (ANOVA) *single factor* memberikan gambaran tentang pengaruh penurunan kadar air gabah padi terhadap nilai *threshing force* (TF) yang diperoleh. Hasil ANOVA pada Tabel 2 menjelaskan bahwa dampak penurunan kadar air gabah padi

menyebabkan hasil yang berbeda secara signifikan atau berbeda nyata pada nilai *threshing force* (TF) yang diperoleh berdasarkan hasil nilai *P-value* yaitu sebesar  $1,15 \times 10^{-22}$  ( $P\text{-value} < 0,05$ ).

**Tabel 2.** ANOVA *single factor* pengaruh kadar air terhadap *threshing force* (TF)

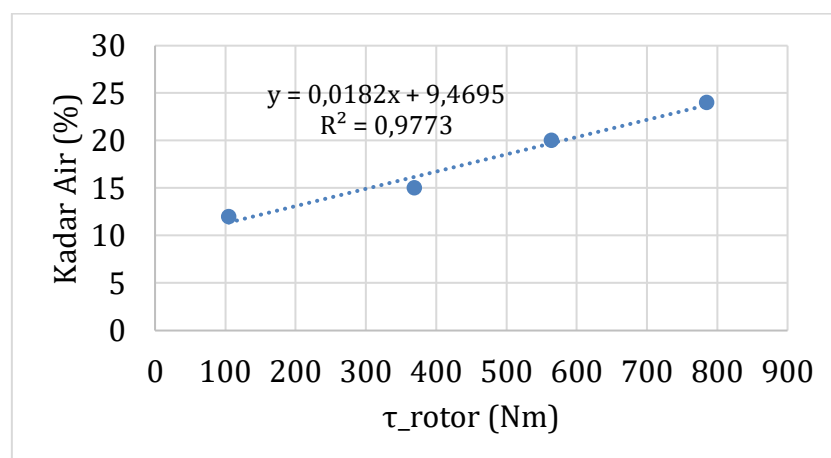
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	3,35	3	1,12	204,62	1,15E-22	2,87
Within Groups	0,20	36	0,01			
Total	3,54	39				

### Rekomendasi kadar air padi varietas Ciherang yang sesuai dengan mesin *stripper*

Perhitungan berdasarkan persamaan 3 sebelumnya telah mendapatkan hasil torsi yang dibutuhkan oleh rotor mesin *stripper* ( $\tau_{rotor}$ ) seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3. Adapun ukuran radius (jari-jari) rotor pada kebanyakan mesin *stripper* adalah 40 cm (0.4 m) [46]. Nilai torsi yang dibutuhkan oleh rotor mesin *stripper* berdasarkan Gambar 7 dapat dijelaskan bahwa semakin meningkat tingkat kadar air maka semakin meningkat pula nilai torsi yang dibutuhkan oleh rotor mesin *stripper*. Peningkatan yang terjadi pada nilai torsi yang dibutuhkan oleh rotor mesin *stripper* adalah karena nilai *threshing force* yang dibutuhkan untuk memutuskan 1 bulir gabah pada batang malai padi ( $Tf_{gabah}$ ) mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan kadar air pada gabah padi.

**Tabel 3.** Kebutuhan gaya torsi ( $\tau$ ) pada rotor mesin *stripper* berdasarkan kadar air gabah

KA (%)	$\tau$ rotor (Nm)
12	104,83
15	369,07
20	563,81
24	785,20



**Gambar 7.** Hubungan torsi yang dibutuhkan rotor mesin *stripper* dengan kadar air gabah

$$y = (0.0128 \cdot x) + 9.4695 \quad (4)$$

Dimana  $Y$  adalah notasi yang merepresentasikan kadar air (%) dan  $x$  adalah notasi yang merepresentasikan torsi yang dibutuhkan oleh rotor mesin *stripper* (N.m).

Gambar 7 menjelaskan bahwa hubungan antara torsi yang dibutuhkan oleh rotor mesin *stripper* dengan kadar air pada gabah padi membentuk sebuah persamaan linear yang tampak pada persamaan 4. Persamaan 4 tersebut dapat dijadikan sebagai pemberi rekomendasi untuk menentukan rekomendasi kadar air gabah saat memasuki masa panen yang dapat dipanen dengan menggunakan mesin pemanen padi tipe *stripper* sesuai dengan spesifikasi desain mesin. Pada sebuah mesin pemanen padi *stripper* tipe ST-600 diketahui bahwa daya mesin adalah 13 HP yang setara dengan 9694.1 watt. Kecepatan putar rotor pada mesin *stripper* tipe ST-600 ini adalah 850 RPM dengan jari-jari rotor sebesar 0.4 m maka roda memiliki kecepatan sudut sebesar 89.01 rad/s. Torsi yang bekerja pada spesifikasi mesin *stripper* tipe ST-600 ini dapat dihitung berdasarkan persamaan 6.

$$P = \tau_{rotor} \cdot \omega \quad (5)$$

$$\tau_{rotor} = \frac{P}{\omega} \quad (6)$$

Dimana,  $P$  adalah daya yang menggerakkan mesin *stripper* (watt),  $\tau_{rotor}$  adalah torsi yang dibutuhkan rotor mesin *stripper* untuk merontokkan gabah (N.m) dan  $\omega$  adalah kecepatan sudut rotor dalam berputar untuk merontokkan gabah (rad/s).

Pada spesifikasi mesin *stripper* tipe ST-600 yang telah dijelaskan sebelumnya maka besarnya nilai torsi ( $\tau_{rotor}$ ) diperoleh sebagaimana yang ditunjukkan oleh Tabel 4. Nilai rekomendasi kadar air gabah padi sebesar 11.45% yang tampak pada Tabel 4 dihitung berdasarkan persamaan linear yang terbentuk berdasarkan hubungan kadar air gabah dengan nilai torsi yang dibutuhkan oleh mesin pemanen padi *stripper*.

**Tabel 4.** Kadar air yang direkomendasikan untuk pemanenan padi varietas Ciherang dengan menggunakan mesin pemanen padi *stripper* tipe ST-600

RPM	P (HP)	P (Watt)	$\omega$ (rad/s)	$\tau_{rotor}$ (Nm)	Rekomendasi KA (%)
850	13	9694,1	89,01	108,91	11,45

## Simpulan

Hasil evaluasi nilai *threshing force* (TF) berdasarkan variasi kadar air dapat digunakan untuk mengestimasi kebutuhan gaya torsi pada rotor mesin pemanen padi tipe *stripper*. Hasil penelitian menjelaskan bahwa nilai *threshing force* (TF) akan semakin mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan pada kadar air gabah. Pada proses pemanenan yang tertunda akan menyebabkan kadar air gabah semakin menurun. Penurunan kadar air juga dapat berdampak menurunkan nilai *threshing force* (TF) pada gabah padi sehingga dapat menyebabkan nilai kebutuhan gaya torsi yang diestimasi untuk operasional lebar efektif mesin pemanen padi tipe *stripper* semakin menurun. Nilai *threshing force* (TF) tertinggi adalah sebesar 0.907 N dihasilkan pada gabah padi varietas Ciherang dengan tingkat kadar air 24%, selanjutnya nilai *threshing force* (TF) sebesar 0,651 N dihasilkan oleh gabah padi pada tingkat kadar air 20%, kemudian nilai *threshing force* (TF) sebesar 0.426 N dihasilkan oleh gabah padi pada tingkat kadar air 15% dan nilai *threshing force* (TF) terkecil yaitu sebesar 0,121 N dihasilkan oleh gabah padi pada tingkat kadar air 12%. Hasil ANOVA menyimpulkan bahwa dampak penurunan kadar air menyebabkan nilai *threshing force* (TF) gabah padi berbeda secara

signifikan atau berbeda sangat nyata dengan nilai  $P$ -value sebesar  $1,15 \times 10^{-22}$  ( $P$ -value  $< 0,05$ ). Pengaruh dari kadar air yang menghasilkan nilai *threshing force* (TF) dapat mengetahui nilai kebutuhan torsi pada rotor mesin tipe stripper. Berdasarkan hubungan antara kadar air dengan nilai kebutuhan torsi pada rotor mesin tipe stripper maka dihasilkan sebuah persamaan linear ( $y = (0,0128 * x) + 9,4695$ ) yang dapat digunakan untuk memberikan masukan terhadap mesin pemanen padi *stripper* tipe ST-600. Spesifikasi mesin *stripper* pemanen padi tipe ST-600 yang memiliki daya sebesar 13 watt (9694.1 watt) dan kecepatan putar sebesar 850 RPM (89.01 rad/s) dengan ukuran radius rotor perontok 0.4 m menghasilkan nilai rekomendasi kadar air sebesar 11.45%. Dengan demikian mesin *stripper* padi pemanen padi tipe ST-600 akan lebih baik jika bekerja dalam memanen padi pada kadar air 11.45%.

### Daftar Pustaka

- [1] K. R. Sulistiadji and A. Gunanto, "Evaluasi Kinerja Mesin Panen Padi Pada Lahan Pasang Surut," *J. Enj. Pertanian*, VI, pp. 13–22, 2008.
- [2] K. Wang, R. Xie, B. Ming, P. Hou, J. Xue, and S. Li, "Review of combine harvester losses for maize and influencing factors," *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [3] A. Allameh and M. R. Alizadeh, "Rice losses characteristics in various harvesting methods," *AGROFOR*, vol. 5, no. 1, 2020.
- [4] A. G. de Araújuo et al., "The status of mechanization in Conservation Agriculture systems," in *Advances in conservation agriculture*, Burleigh Dodds Science Publishing, 2020, pp. 427–496.
- [5] W. Kruszelnicka, Z. Chen, and K. Ambrose, "Moisture-dependent physical-mechanical properties of maize, rice, and soybeans as related to handling and processing," *Materials (Basel)*, vol. 15, no. 24, p. 8729, 2022.
- [6] Á. Mesterházy, J. Oláh, and J. Popp, "Losses in the grain supply chain: Causes and solutions," *Sustainability*, vol. 12, no. 6, p. 2342, 2020.
- [7] X. Qu, D. Kojima, Y. Nishihara, L. Wu, and M. Ando, "Impact of rice harvest loss by mechanization or outsourcing: Comparison of specialized and part-time farmers.," *Agric. Econ. Ekon.*, vol. 66, no. 12, 2020.
- [8] A. Allameh and S. N. Chali, "Milling and Shedding Variability of Rice Plant at Harvest Season," *Asian J. Res. Rev. Agric.*, pp. 204–213, 2021.
- [9] T. Szalóki, Á. Székely, F. Tóth, Á. Tarnawa, N. Valkovszki, and M. Jancsó, "Evaluation and Comparative Analysis of Meteorological Data, Moisture Content, and Rice Panicle Threshability," *Agronomy*, vol. 12, no. 3, p. 744, 2022.
- [10] F. Jacquet et al., "Pesticide-free agriculture as a new paradigm for research," *Agron. Sustain. Dev.*, vol. 42, no. 1, p. 8, 2022.
- [11] J. Hufnagel, M. Reckling, and F. Ewert, "Diverse approaches to crop diversification in agricultural research. A review," *Agron. Sustain. Dev.*, vol. 40, no. 2, p. 14, 2020.

- [12] F. Boukid, *Cereal-Based Foodstuffs: The Backbone of Mediterranean Cuisine*. Springer, 2021.
- [13] X. Luo, Y. Yang, X. Lin, and J. Xiao, "Deciphering spike architecture formation towards yield improvement in wheat," *J. Genet. genomics*, 2023.
- [14] F. Wang, Y. Liu, Y. Li, and K. Ji, "Research and Experiment on Variable-Diameter Threshing Drum with Movable Radial Plates for Combine Harvester," *Agriculture*, vol. 13, no. 8, p. 1487, 2023.
- [15] H. Ren et al., "Method for measuring rice grain internal damage degree undergoing threshing force," *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 14, no. 1, pp. 63–73, 2021.
- [16] R. Chandel and S. S. Thakur, "Optimizing Field Performance of Axial Flow Rotary Combine With Single Rotor and Snap Roll Header for Maize Harvesting," *J. Agric. Sci.*, vol. 14, no. 3, p. 211, 2022.
- [17] A. K. Mahapatra and Y. Lan, "Structure, Composition, and Harvesting of Grains and Pulses," in *Handbook of Food Preservation*, CRC Press, 2020, pp. 61–78.
- [18] K. Que, Z. Tang, T. Wang, Z. Su, and Z. Ding, "Effects of Unbalanced Incentives on Threshing Drum Stability during Rice Threshing," *Agriculture*, vol. 14, no. 5, p. 777, 2024.
- [19] Y. Li, Z. Su, Z. Liang, and Y. Li, "Variable-diameter drum with concentric threshing gap and performance comparison experiment," *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 15, p. 5386, 2020.
- [20] D. Zhou et al., "Model study on the combination of operating parameters of corn kernel harvesters," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 21, p. 10328, 2021.
- [21] M. A. Okusanya and A. A. Oladigbolu, "Development of a motorised thresher for paddy rice processing," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 11, no. 2, pp. 821–836, 2020.
- [22] C. Fan et al., "A multi-parameter control method for maize threshing based on machine learning algorithm optimisation," *Biosyst. Eng.*, vol. 236, pp. 212–223, 2023.
- [23] T. Jing, Z. Tang, S. Hao, C. Shen, T. Wang, and M. Wang, "Structure design and rice threshing performance of the variable-speed inertial pulley for simulating artificial threshing," *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 17, no. 1, pp. 33–40, 2024.
- [24] C. Fan et al., "Power consumption and performance of a maize thresher with automatic gap control based on feed rate monitoring," *Biosyst. Eng.*, vol. 216, pp. 147–164, 2022.
- [25] H. Tang, C. Xu, Z. Wang, Q. Wang, and J. Wang, "Optimized design, monitoring system development and experiment for a long-belt finger-clip precision corn seed metering device," *Front. Plant Sci.*, vol. 13, p. 814747, 2022.
- [26] M. I. Bomoi, N. M. Nawi, S. Abd Aziz, and M. S. Mohd Kassim, "Sensing technologies for measuring grain loss during harvest in paddy field: A review," *AgriEngineering*, vol. 4, no. 1, pp. 292–310, 2022.
- [27] A. A. H. Saeed et al., "Moisture content impact on properties of briquette produced from rice husk waste," *Sustainability*, vol. 13, no. 6, p. 3069, 2021.

- [28] X. Wang et al., “Stalk architecture, cell wall composition, and QTL underlying high stalk flexibility for improved lodging resistance in maize,” *BMC Plant Biol.*, vol. 20, pp. 1–12, 2020.
- [29] Z. Tang, Y. Li, B. Zhang, M. Wang, and Y. Li, “Controlling rice leaf breaking force by temperature and moisture content to reduce breakage,” *Agronomy*, vol. 10, no. 5, p. 628, 2020.
- [30] S. Mochrie and C. De Grandi, “Force and Momentum: Newton’s Laws and How to Apply Them,” in *Introductory Physics for the Life Sciences*, Springer, 2022, pp. 37–130.
- [31] H. Saputra, “Analisis Kelayakan Mesin Combine Harvester dari Aspek Teknis, Finansial dan Sosial Budaya pada Usaha Tani Padi di Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung,” *J. Glob. Sustain. Agric.*, vol. 1, no. 2, pp. 46–55, 2021.
- [32] J. Fu et al., “Research progress and prospect of mechanized harvesting technology in the first season of ratoon rice,” *Agriculture*, vol. 12, no. 5, p. 620, 2022.
- [33] A. Khater et al., “Modification of the rice combine harvester for cutting and binding wheat crop,” *J. Agric. Food Res.*, vol. 14, p. 100738, 2023.
- [34] E. U. Bautista and E. F. Javier, “The evolution of rice production practices,” *PIDS Discussion Paper Series*, 2005.
- [35] H. Tang, C. Xu, J. Zhao, and J. Wang, “Formation and steady state characteristics of flow field effect in the header of a stripping prior to cutting combine harvester with CFD,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 211, p. 107959, 2023.
- [36] H. P. Smith, *Farm machinery and equipment*. Read Books Ltd, 2020.
- [37] A. Herwati, “Pengaruh jarak tanam legowo 2: 1 dan jumlah bibit per lubang tanam terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi (*Oryza sativa* L.),” *J. Agrotan*, vol. 10, no. 1, pp. 14–19, 2024.
- [38] Y. Ding, W. Wang, Q. Zhuang, and Y. Luo, “Adaptation of paddy rice in China to climate change: The effects of shifting sowing date on yield and irrigation water requirement,” *Agric. Water Manag.*, vol. 228, p. 105890, 2020.
- [39] A. Müller et al., “Rice drying, storage and processing: effects of post-harvest operations on grain quality,” *Rice Sci.*, vol. 29, no. 1, pp. 16–30, 2022.
- [40] M. Wang, Z. Tang, B. Zhang, and Y. Li, “Differences in breaking behavior of rice leaves under microwave and naturally drying processes,” *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 15, no. 1, pp. 89–100, 2022.
- [41] N. Zainal and R. Shamsudin, “Physical properties of different cultivar local glutinous rice (susu and siding) and commercial Thai cultivar,” *Adv. Agric. Food Res. J.*, vol. 2, no. 1, 2021.
- [42] M. A. Abdeen, G. Xie, A. E. Salem, J. Fu, and G. Zhang, “Longitudinal axial flow rice thresher feeding rate monitoring based on force sensing resistors,” *Sci. Rep.*, vol. 12, no. 1, p. 1369, 2022.
- [43] B. Dobrzański and A. Stępniewski, “Physical properties of seeds in technological processes,” *Adv. agrophysical Res.*, vol. 11, pp. 269–294, 2013.

- [44] W.-X. Wang et al., “Effects of different mechanical direct seeding methods on grain yield and lodging resistance of early indica rice in South China,” *J. Integr. Agric.*, vol. 20, no. 5, pp. 1204–1215, 2021.
- [45] B. A. M. Bouman, E. Humphreys, T. P. Tuong, and R. Barker, “Rice and water,” *Adv. Agron.*, vol. 92, pp. 187–237, 2007.
- [46] R. Kalsirisilp and G. Singh, “PM—Power and machinery: Adoption of a stripper header for a thai-made rice combine harvester,” *J. Agric. Eng. Res.*, vol. 80, no. 2, pp. 163–172, 2001.