

49251-177042-1-PB.pdf

by CEK TURNITIN

Submission date: 23-Mar-2026 02:23PM (UTC+0700)

Submission ID: 2902848027

File name: 49251-177042-1-PB.pdf (815.09K)

Word count: 3695

Character count: 22000



Pengujian Kinerja Mesin Singulasi Benih Kedelai Berbasis Disk Vertikal Dengan Pengaturan Kecepatan Variabel Menggunakan Motor *Stepper*

Harsa Dhani^{*1)}, Maria Puri Nurani²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Karya, Malang, Indonesia.

²⁾Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Katolik Widya Karya, Malang, Indonesia.

*E-mail: dhani_mesin@widyakarya.ac.id

Abstrak

Guna mengoptimalkan penggunaan benih yang merupakan komponen biaya input terbesar dalam budidaya kedelai, diperlukan mesin singulasi benih yang mempunyai unjuk kerja tinggi, terjangkau, dan sesuai untuk kondisi di Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengevaluasi kinerja mesin singulasi benih kedelai dengan disk vertikal berdiameter 118 mm yang dilengkapi *seed cell* sesuai dimensi rata-rata benih kedelai (8,8 mm × 7,4 mm × 6 mm). Bentuk *seed cell* disesuaikan dengan sifat gesekan benih kedelai dan permukaan PETG sebagai material disk. Desain disk vertikal dapat meminimalkan kerusakan benih saat pengambilan, dibandingkan desain dengan *screw*. Mesin singulasi terdiri atas hopper penampung benih dan kontainer pengambilan benih satu per satu oleh *seed cell* di sekeliling disk. Disk digerakkan motor *stepper* dengan kecepatan putar variabel yang dikontrol presisi oleh mikrokontroler Arduino Uno R3. Evaluasi dilakukan pada kecepatan putar disk 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, dan 5 rpm. Hasil terbaik mencapai 100% singulasi atau *Miss Index* nol pada rentang 5 rpm kebawah dengan kecepatan linier permukaan disk 0,11 km/jam atau kurang. Penanaman benih presisi ini menghilangkan benih *multiple* dan *missing* pada skala laboratorium.

Kata Kunci : Alat penjajah benih, *Miss Index*, pertanian presisi, *seed cell*, *Seed Miss Prevention System*

Performance Testing of a Vertical Disc-Based Soybean Seed Singulation Machine with Variable Speed Control Utilizing a Stepper Motor

Harsa Dhani^{1*} Maria Puri Nurani²⁾

¹ Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Widya Karya Catholic University, Malang, Indonesia.

² Agribusiness Department, Faculty of Agriculture, Widya Karya Catholic University, Malang, Indonesia.

*E-mail: dhani_mesin@widyakarya.ac.id

Abstract

To optimize the use of seeds, which are the largest input cost component in soybean cultivation, a seed singulation machine with high performance, affordability, and suitability for conditions in Indonesia is required. The objective of this research is to design and evaluate the performance of a soybean seed singulation machine with a 118 mm diameter vertical disk equipped with seed cells according to the average dimensions of soybean seeds (8.8 mm × 7.4 mm × 6 mm). The shape of the seed cell is adjusted to the frictional properties of soybean seeds and the PETG surface as the disk material. The vertical disk design can minimize seed damage during pickup, compared to a screw design. The singulation machine consists of a seed hopper and a container for individual seed pickup by the seed cells around the disk. The disk is driven by a stepper motor with variable rotational speed precisely controlled by an Arduino Uno R3 microcontroller. Evaluation was conducted at disk rotational speeds of 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, and 5 rpm. The best result achieved 100% singulation or a zero Miss Index in the range of 5 rpm and below, with a disk surface linear speed of 0.11 km/h or less. This precision seed planting eliminates multiple and missing seeds on a laboratory scale.

Keywords : Miss Index, precision agriculture, seed cell, seed metering tool, Seed Miss Prevention System

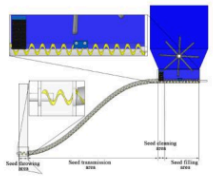
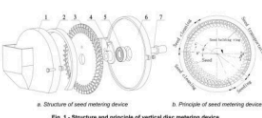
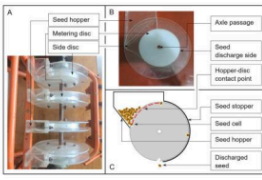
PENDAHULUAN

Kebutuhan kedelai Indonesia untuk tahun 2025 diperkirakan oleh USDA mencapai 2,75 juta metrik ton dan pemenuhan kebutuhan kedelai nasional masih sangat tergantung pada impor mencapai 2,6 juta metrik ton, sedangkan produksi lokal hanya sekitar 350.000 metrik ton (Rahmanulloh, 2024). Ketidakmampuan produksi kedelai lokal memenuhi kebutuhan tersebut disebabkan oleh dominasi modal luar negeri dan keterbatasan ketersediaan kedelai lokal yang memadai di pasar domestik (Yudiono et al., 2019). Keunggulan kedelai lokal dibanding impor adalah rasa yang lebih baik dan bebas dari rekayasa genetika, sehingga memiliki nilai tambah bagi konsumen nasional yang semakin sadar akan pangan sehat (Haloho & Kartinaty, 2020; Yudiono, 2024). Berhasilnya produksi kedelai sangat dipengaruhi oleh ketersediaan benih unggul dan teknik penanaman yang optimal. Dalam praktik budidaya, penanaman dengan teknik singulasi benih, yakni penanaman satu benih per lubang, sangat penting untuk menghindari kompetisi antar tanaman dan memaksimalkan pertumbuhan (Dhani, 2021;

Mourtzinis et al., 2021). Oleh karena itu, kebutuhan akan mesin singulasi yang presisi dan efisien menjadi krusial terutama untuk meningkatkan produktivitas benih kedelai.

Mesin singulasi benih atau alat penjatah benih (*seed metering device*) dikelompokkan menjadi alat pneumatik dan mekanik. Namun alat pneumatik kompleks, harganya tinggi, dan biasanya dipakai untuk alat berat dengan lahan berkontur datar yang luas sehingga kurang cocok untuk kondisi seperti di Indonesia (Zhu et al., 2023). Beberapa mesin singulasi benih mekanik ditunjukkan pada Tabel 1 dengan sistem kerja, keunggulan dan kelemahannya.

Tabel 1. Perbandingan alat singulasi benih

No	Alat	Sistem Kerja	Keunggulan	Kelemahan
1	<p><i>Shaftless spiral</i></p>  <p>(Zhu et al., 2023)</p>	<p>Kumpulan dari kedelai dari <i>hopper</i> diambil oleh <i>shaftless spiral</i> yang dilingkupi tabung fleksibel yang dapat langsung dihantarkan ke tanah (Zhu et al., 2023).</p>	<p>Dapat dipakai untuk lahan <i>no-till</i> yang tidak rata dan berbukit-bukit karena kedelai dibatasi oleh <i>shaft</i> dan tabung sehingga tidak jatuh saat transport.</p>	<p>Terjadinya kerusakan benih saat perubahan geometri dari <i>hopper</i> ke pipa <i>screw</i>.</p>
2	<p><i>Vertical disk with seed holding ring</i></p>  <p>(Zhuang et al., 2022)</p>	<p>Benih-benih masuk melalui <i>shell</i> secara radial, kemudian akan terambil oleh disk vertikal untuk dihantarkan ke titik pelepasan (Zhuang et al., 2022).</p>	<p>Biaya fabrikasi rendah</p>	<ul style="list-style-type: none"> Hanya digunakan untuk benih yang dilapisi coating sehingga bentuk benih bulat sempurna. Terjadi kerusakan benih di gap antara disk dan <i>seed holding ring</i>.
3	<p><i>Cylindrical carrot seeder with seed cell</i></p>  <p>(Valentin et al., 2024)</p>	<p>Benih wortel dalam <i>hopper</i> diambil satu per satu oleh <i>seed cell</i> pada perimeter disk vertikal dengan kecepatan tetap (Valentin et al., 2024).</p>	<ul style="list-style-type: none"> Biaya fabrikasi rendah. Dapat digunakan untuk bentuk benih yang tidak bulat sempurna. 	<p>Kecepatan putar ditentukan oleh kecepatan <i>driving wheel</i>, sehingga tidak dapat dikontrol.</p>

Pada penanaman kedelai, jika terjadi *missing* artinya pada posisi tersebut tidak ada yang ditanam sehingga *yield* menurun, sedangkan jika terjadi *multiple*, maka terjadi kompetisi antar tanaman untuk nutrisi dan sinar matahari. Benih merupakan salah input yang paling mahal dari budidaya kedelai selain tenaga kerja dan pupuk (Sugiyono et al.,

2025; Wahyudin et al., 2018). Singulasi benih kedelai pada jarak penanaman kurang dari 15 inci secara signifikan menaikkan *yield* (Carleo et al, 2023).

Kebaruan penelitian ini adalah pengembangan mesin singulasi benih kedelai berbasis disk vertikal dengan *seed cell* yang merupakan adaptasi dari *cylindrical carrot seeder with seed cell* yang disesuaikan untuk benih kedelai dan dengan penambahan penggerak motor *stepper* dan kontrol yang dapat mengatur kecepatan rotasi secara variabel dan presisi. Mesin ini memanfaatkan keunggulan motor *stepper* dalam kontrol posisi dan kecepatan rotasi untuk mengatasi keterbatasan sistem mekanik konvensional. Implementasi teknologi ini diharapkan meningkatkan efisiensi singulasi benih kedelai.

Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan dan menguji mesin singulasi benih kedelai dengan disk vertikal yang dilengkapi kontrol kecepatan variabel menggunakan motor *stepper* agar mampu bekerja secara lebih presisi dan adaptif. Harapan yang ingin dicapai adalah tersedianya solusi teknologi yang dapat meningkatkan kualitas penanaman benih, efisiensi kerja alat, serta berkontribusi pada peningkatan produksi kedelai lokal yang berdampak pada ketahanan pangan nasional.

Manfaat ilmiah dari penelitian ini adalah menambah khazanah teknologi alat pertanian terutama di bidang otomatisasi penanaman benih yang memanfaatkan sistem aktuasi elektrik dengan pengendalian kecepatan elektronik yang berpotensi meningkatkan keseragaman tanaman dan *yield* dengan input yang tetap. Penelitian diharapkan dapat dijadikan referensi bagi pengembangan teknologi *precision agriculture* di Indonesia, khususnya dalam bidang singulasi benih untuk tanaman kedelai dan tanaman polong-polongan lain.

METODE PENELITIAN

Benih Kedelai

Kedelai yang digunakan pada penelitian ini menggunakan varietas Dega 1 yang diperoleh dari Badan Perakitan dan Pengujian Tanaman Aneka Kacang (BRMP Aneka Kacang). Varietas Dega 1 dipilih karena berbiji besar dan ketersediaannya berlimpah karena disenangi petani. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui dimensi dan berat kedelai. Dimensi kedelai yaitu panjang (p), lebar (l), dan tebal (t) diukur menggunakan jangka sorong dial caliper Anytime dengan ketelitian 0.02 mm pada 100 sampel kedelai. Sedangkan berat kedelai diukur menggunakan neraca analitis Mettler AJ100 untuk 100 sampel, kemudian rata-rata beratnya dikalikan 1000 untuk mendapatkan *Thousand Grain Weight* (TGW) (Erdogan et al., 2022). Benih kedelai ditunjukkan pada Gambar 1, sedangkan hasil pengukuran dimensi dan berat kedelai diberikan pada Tabel 2.



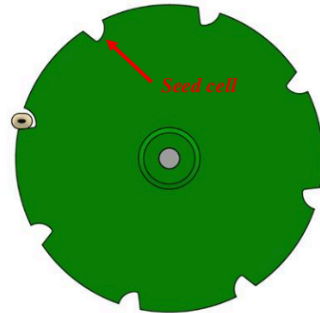
Gambar. 1. Benih kedelai varietas Dega 1.

Tabel 2. Dimensi dan berat benih kedelai Dega 1

Sifat fisik	Rerata	Standar Deviasi	Koefisien Variasi
Panjang, mm	8,80	0,76	0,58
Lebar, mm	7,42	0,40	0,16
Tebal, mm	6,06	0,35	0,12
TGW, gram	261,20	41,22	1,70

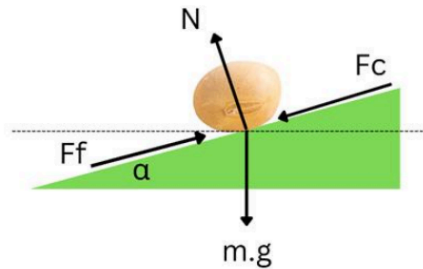
Geometri Disk Vertikal

Desain geometri disk vertikal untuk mengambil tepat satu benih dari kumpulan benih di kontainer, didesain dengan lingkaran berdimensi luar 118 mm dengan 8 buah *seed cell*. Gambar 2 menunjukkan geometri disk vertikal ini.



Gambar. 2. Disk vertikal untuk singulasi benih kedelai.

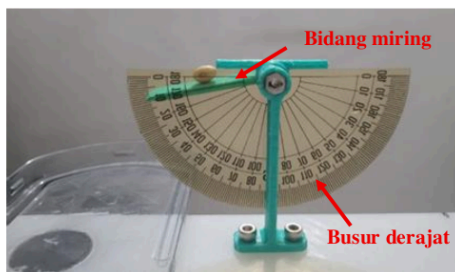
Sementara itu, besarnya kemiringan *seed cell* direncana agar benih ketika diambil tidak jatuh dari *seed cell* karena beratnya sendiri dan gaya sentrifugal yang bekerja karena putaran disk. Adapun gaya-gaya yang bekerja pada bidang miring *seed cell* ditunjukkan pada Gambar 3 sebagai *Free Body Diagram* (FBD) (Valentin et al., 2024).



Gambar. 3. FBD gaya-gaya pada permukaan miring *seed cell*.

Metode untuk mendapatkan koefisien gesekan statik (μ) antara benih dengan permukaan seed cell, untuk gesekan sliding, adalah menggunakan plat bidang datar dengan sudut yang dapat diatur, yang dicetak menggunakan filamen 3D printer PETG, yaitu material yang sama yang akan digunakan untuk mencetak disk vertikal. Konfigurasi alat dapat dilihat pada Gambar 4. Sudut dimana benih kedelai mulai bergerak sliding dan jatuh (α) dimasukkan pada rumus (1) untuk memperoleh (μ). Sebanyak 36 sampel diambil untuk mendapatkan α yang ditampilkan pada Tabel 3.

$$\mu = \tan \alpha \dots\dots\dots(1)$$



Gambar. 4. Alat penguji bidang miring untuk mendapatkan sudut α .

Tabel 3. Sudut kemiringan maksimum dan koefisien gesek maksimum antara benih kedelai dengan material PETG.

Sifat fisik	Rerata	Standar Deviasi	Koefisien Variasi	Range
α (°)	15,39	1,23	1,50	6
μ	0,28	0,02	0,001	0,11

Dengan rata-rata sudut α yang didapat pada percobaan, maka gaya normal N pada FBD didapatkan dari persamaan (2) (Valentin et al., 2024) sebesar 68×10^{-5} Newton. Sedangkan gaya gesek maksimum (F_f) didapatkan dari koefisien gesekan statis (μ) dengan mengikuti persamaan (3). Gaya sentrifugal (F_c) merupakan fungsi dari masa benih, kecepatan angular disk, dan jari-jari disk seperti persamaan (4) (Xiong et al., 2021). Didapatkan F_f dan F_c masing-masing sebesar 19×10^{-3} Newton dan $15,45 \times 10^{-3}$ Newton. Maka sudut kemiringan maksimum *seed cell* agar benih tidak jatuh dengan pengaruh gaya sentrifugal didapat dari persamaan (5) yaitu $0,79^\circ$.

$$N = mg \sin \alpha \dots\dots\dots(2)$$

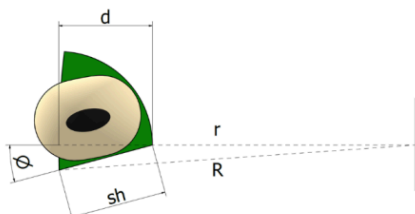
$$F_f = \mu N \dots\dots\dots(3)$$

$$F_c = m\omega^2 r \dots\dots\dots(4)$$

$$\phi = \sin^{-1} \left(\frac{F_f - F_c}{mg} \right) \dots\dots\dots(5)$$

Selain sudut kemiringan ϕ , variabel-variabel lainnya untuk menentukan geometri *seed cell* diberikan pada Gambar 5. Dengan menggunakan hukum kosinus, persamaan (6) memberikan hubungan tiap variabel, dimana kedalaman *cell* (d) adalah 80% dari panjang benih ($d = 0.8 l$), dan radius minor disk adalah ($R-d$) (mm) (Valentin et al., 2023, 2024). Sudut kemiringan ϕ dipilih kurang dari sudut kemiringan maksimum, yaitu 0° . Variabel sh ditentukan antara 50 sampai 80% dari rata-rata panjang benih, dan dipilih $sh = 0.8l$ yaitu 7 mm.

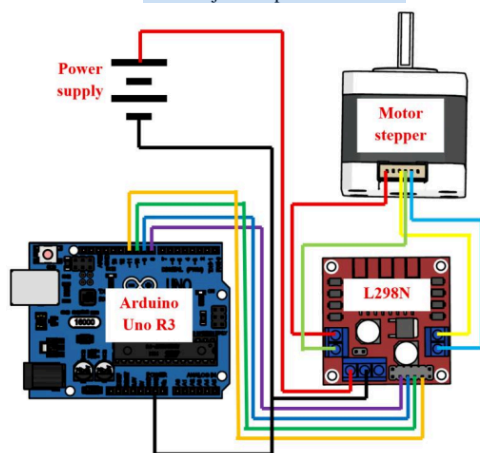
$$R^2 = sh^2 + r^2 - 2r(sh) \cos(180 - \phi) \dots\dots\dots(6)$$



Gambar. 5. Variabel-variabel dalam penentuan geometri *seed cell*.

Sistem Kontrol

Untuk mendapatkan gerakan putaran yang presisi posisi dan kecepatan putarnya, digunakan motor *stepper* NEMA 17 HS4401 dengan torsi maksimum 0,4 Nm yang digerakkan dengan L298N motor driver. Pengontrolan jumlah putaran dan kecepatan putar dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler Elegoo Uno R3 (Arduino Uno R3 clone). Diagram sistem kontrol ini ditunjukkan pada Gambar 6.



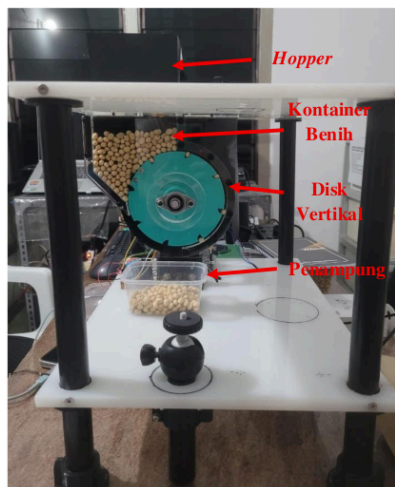
Gambar. 6. Skema *wiring* komponen-komponen sistem kontrol.

Evaluasi

Untuk evaluasi performa singulasi dari mesin, maka disk diputar dengan kecepatan angular mulai dari 40 rpm, kemudian diturunkan ke 35, 30, 25, 20, 15, 10 dan 5 rpm sebagai variabel bebas, dan sebanyak 100 sampel diamati dan dilakukan dalam tiga kali pengulangan untuk tiap kecepatan putar, kemudian dilakukan rata-rata untuk mendapatkan hasil. Hasil pengamatan dihitung dan dikelompokkan menjadi *singulation*, *missing* dan *multiple*. *Singulation* merupakan kondisi ketika tepat satu benih diambil oleh disk dan dilepaskan ke tempat penampung. *Missing* adalah kondisi ketika tidak ada benih yang diambil oleh *seed cell*, dan *multiple* merupakan kondisi ketika lebih dari satu benih diambil oleh *seed cell* dan dihantar ke tempat penampung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin singulasi benih kedelai difabrikasi dan dirakit seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Benih kedelai dimasukkan ke dalam mesin melalui *hopper* yang diteruskan ke dalam kontainer benih. Dari dalam kontainer benih, kedelai diambil satu persatu oleh *seed cell* di sekeliling disk yang berputar *clockwise* (CW). Setiap benih yang diambil oleh *seed cell* kemudian dikeluarkan ke penampung. Gambar tampak samping dari disk yang ditunjukkan pada Gambar 8, memperlihatkan motor *stepper* yang memutar disk, mengatur posisi mulai dan berhentinya disk secara presisi dan mengatur kecepatan putarnya.



Gambar. 7. Bagian-bagian utama mesin singulasi benih kedelai disk vertikal.

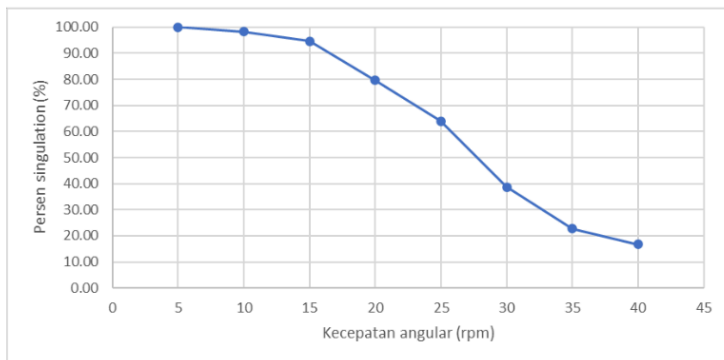


Gambar. 8. Mesin singulasi benih kedelai disk vertikal tampak samping.

Hasil evaluasi performa mesin singulasi diberikan pada tabel 4. Persen singulasi tertinggi didapatkan dengan putaran 5 rpm dimana seluruhnya mendapatkan singulasi atau 100 persen pada semua pengulangan. Trend yang terjadi ditunjukkan oleh grafik gambar 10 dimana semakin rendah kecepatan putar maka persen singulasi semakin tinggi. Jika lebih dibutuhkan kecepatan, maka untuk memperoleh singulasi lebih dari 90% kecepatan maksimum 10 rpm, dan jika diinginkan lebih cepat dengan unjuk kerja minimum 80%, maka dapat digunakan kecepatan angular maksimum 20 rpm. Dari tabel diperlihatkan bahwa kegagalan singulasi murni seluruhnya karena kejadian *missing* dan bukan karena *multiple*. Ini menandakan dimensi geometri *seed cell* sudah cukup kecil untuk tidak terjadi *multiple*. Maka masih memungkinkan untuk memperbesar dimensi *seed cell* untuk mereduksi *missing* dan menaikkan singulasi dengan menggunakan kecepatan angular yang lebih besar.

Tabel 4. Data unjuk kerja mesin

Kecepatan angular (rpm)	Jumlah sampel	Singulation	Missing	Multiple	Persen singulasi
40	100	16,67	83,33	0	16,67
35	100	22,67	77,33	0	22,67
30	100	38,67	61,33	0	38,67
25	100	64	36	0	64
20	100	79,67	20,33	0	79,67
15	100	94,67	5,33	0	94,67
10	100	98,33	1,67	0	98,33
5	100	100	0	0	100



Gambar. 10. Grafik unjuk kerja mesin singulasi benih kedelai disk vertikal.

Pada penggunaan di lapangan, alat singulasi atau penjatah benih manual biasanya digerakkan oleh roda yang dihubungkan dengan transmisi daya ke mesin singulasi benih. Namun dikarenakan slip antara roda dan ground, proses singulasi akan terganggu yang menyebabkan banyak *missing* terjadi. Oleh karena itu pada pertanian presisi, alat singulasi benih digerakkan secara terpisah oleh motor *stepper* (Pareek et al., 2025; Zhai et al., 2014). Benih *missing* merupakan masalah utama pada alat penjatah benih komersial (Singh et al., 2012). Banyak peneliti menggunakan *Miss Index (MI)* sebagai estimator utama untuk menganalisa performa dari mesin singulasi benih, yang diberikan oleh persamaan 7 (Nikolay et al., 2022; Xiong et al., 2021).

$$MI = \frac{I_{miss}}{I_{total}} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana: I_{miss} menyatakan jumlah seed cell kosong yang melewati tempat penjatihan benih yaitu di atas penampungan, sementara I_{total} adalah jumlah *seed cell* total yang melewati tempat penjatihan benih. *Missing Index* ini mencapai nol atau seratus persen singulasi pada penelitian ini pada kecepatan angular 5 rpm atau pada kecepatan *seed cell* dengan radius disk 59 mm adalah 30,88 mm/s atau 0,11 km/h. Namun hasil pengujian laboratorium ini belum diuji pada kondisi lapangan dan kombinasi antara alat singulasi benih dengan bentuk benih tertentu akan mendapatkan hasil yang berbeda (Nikolay et al., 2022). *Seed Miss Prevention System (SMPS)* atau sistem pencegah benih *missing* menggunakan berbagai cara, salah satunya adalah memperlambat kecepatan putar disk dengan bantuan motor *stepper* (Nikolay et al., 2022). Hal ini mudah untuk dilakukan dengan menggunakan motor *stepper*. Teknik-teknik SMPS yang diterapkan pada benih dengan bentuk *irregular* seperti jagung, kedelai, atau padi, secara signifikan mereduksi *missing* pada kecepatan rotasi rendah 3-10 rpm, dan pada kecepatan putar lebih dari 15 rpm, *Miss Index* akan terus meningkat (Bakirov et al., 2025). Namun sebenarnya diinginkan bahwa pertanian presisi dapat menyediakan solusi lebih lanjut untuk singulation dan penanaman yang *high speed* tetapi *Miss Index* yang sangat rendah mendekati nol (Chen et al., 2024).

KESIMPULAN

Mesin singulasi benih presisi didesain berbentuk disk vertikal dengan kecepatan yang dapat dikontrol. Bentuk *seed cell* untuk singulasi benih dibuat dengan kemiringan 0°, lebih kecil dari kemiringan maksimum sebesar 0,79° dimana gesekan sliding antara benih dan bahan PETG tidak bisa lagi menahan benih untuk tidak jatuh. Kedalaman *seed cell* didapatkan sebesar 0,8 kali panjang benih rata-rata, yaitu 7 mm. Dengan desain disk vertikal berdiameter 118 mm dan mempunyai 8 *seed cell*, mesin penjatah benih ini dapat mencapai 100 persen singulasi atau *Miss Index* 0 pada kecepatan angular 5 rpm atau kurang, yang setara dengan kecepatan linier 30,88 mm/s pada perimeternya pada pengujian skala laboratorium. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah penggunaan *computer vision* dengan AI untuk mengidentifikasi *seed cell* yang missing. *Seed cell* yang missing ini saat di posisi penjatuhan benih akan dipercepat sehingga jatuhnya benih akan tetap timingnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas pendanaan dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikisaintek) dengan nomor DIPA SP DIPA-139.04.1.693320/2025 revisi ke 04, Tanggal 30 April 2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakirov, A., Kostyuchenkov, N., Kostyuchenkova, O., Grishin, A., Omarbekova, A., & Zagainov, N. (2025). Application of seed miss prevention system for a spoon-wheel type precision seed metering device: effectiveness and limitations. *Agriculture (Switzerland)*, 15(13), 1–24. <https://doi.org/10.3390/agriculture15131363>
- Carleo, J., Carrijo, D., Casteel, S., Conley, S. P., Francisco, E., Holshouser, D., Kandel, H., Kleinjan, J., Lee, C., Licht, M., Lindsey, L., Matcham, E. G., Moseley, D., Mulvaney, M., Naeve, S., Nafziger, E., Plumblee, M., Fontes, G. P., Ross, J., Singh, R. (2023). *Planter technologies*. [Fact sheet]. Soybean Research Information Network. https://soybeanresearchinfo.com/wp-content/uploads/2023/02/20230110_Factsheet_PlanterTechnologies_V2.pdf
- Chen, X., Zhang, S., Dong, J., Liu, F., Jia, X., & Huang, Y. (2024). Development of high-speed and precision metering device with gradient-feeding and control seed for soybean planting. *Journal of Agricultural Engineering*, 55(3). <https://doi.org/10.4081/jae.2024.1574>
- Dhani, H. (2021). *Development of a bioinspired NugalBot for precision seeding of rice* [Mississippi State University]. <https://search.proquest.com/openview/81194b3e3945536159412ce1b8035bc6/1?pq-origsite=scholar&cbl=18750&diss=y>
- Erdogan, H., Unal, H., & Gurcan, I. S. (2022). Physical and classification characteristics of soybean (*Glycine max* CV.) varieties. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 16(46), 18–26.
- Haloho, J. D., & Kartinaty, T. (2020). Perbandingan bahan baku kedelai lokal dengan kedelai import terhadap mutu tahu. *Journal TABARO Agriculture Science*, 4(1), 49–55. <https://doi.org/https://doi.org/10.35914/tabaro.v4i1.363>
- Mourtzinis, S., Roth, A., Gaska, J., & Conley, S. P. (2021). Planting method and seeding

- rate effect on whole and partitioned soybean yield. *Agrosystems, Geosciences and Environment*, 4(3), 1–9. <https://doi.org/10.1002/agg2.20208>
- Nikolay, Z., Nikolay, K., Gao, X., Wei Li, Q., Peng Mi, G., & Xiang Huang, Y. (2022). Design and testing of novel seed miss prevention system for single seed precision metering devices. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, Article 107048. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107048>
- Pareek, C. M., Tewari, V. K., & Nare, B. (2025). A mechatronic seed metering control system for improving sowing uniformity of planters. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, 13(2), 808–819. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.10.041>
- Rahmanulloh, A. (2024). *Oilseeds and products update* [Report]. United States Department of Agriculture. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Oilseeds+and+Products+Update_Jakarta_Indonesia_ID2024-0048.pdf
- Singh, M. K., Kumar, N., Verma, P., & Garg, S. K. (2012). Performance evaluation of mechanical planters for planting of chickpea and pigeonpea. *Journal of Food Legumes*, 25(2), 131–134.
- Sugiyono, Sulistyowati, & Karyadi. (2025). Analisis Pendapatan dan Kelayakan Usahatani Kedelai. *Agromedia*, 43(2).
- Valentin, M. T., Pagnas, K. M., Suclad, R. L. M., Jasinskas, A., Domeika, R., & Šarauskis, E. (2024). Development of a cell-type cylindrical carrot seeder. *Heliyon*, 10(23). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39605>
- Wahyudin, H. A., Sujaya, D. H., & Ramdan, M. (2018). Analisis kelayakan usahatani kedelai (*Glycine max* L.): Suatu kasus di Desa Karangmulya Kecamatan Padaherang Kabupaten Pangandaran. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroinfo Galuh*, 4(3), 796–802.
- Xiong, D., Wu, M., Xie, W., Liu, R., & Luo, H. (2021). Design and experimental study of the general mechanical pneumatic combined seed metering device. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(16). <https://doi.org/10.3390/app11167223>
- Yudiono, K. (2024). *Pemetaan karakteristik kedelai lokal versus kedelai impor sebagai bahan baku tempe*. PT Literasi Nusantara Abadi Grup. <http://repository.ukwk.ac.id/handle/123456789/2038>
- Yudiono, K., Cahyono, E. D., & Suprapti, M. A. F. (2019). *Disruptive innovation dan kedaulatan industri tempe*. Penerbit DIOMA. <http://repository.ukwk.ac.id/handle/123456789/329>
- Zhai, J. B., Xia, J. F., Zhou, Y., & Zhang, S. (2014). Design and experimental study of the control system for precision seed-metering device. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 7(3), 13–18. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20140703.002>
- Zhu, H., Wu, X., Bai, L., Li, R., Guo, G., Qin, J., Zhang, Y. Y., & Li, H. (2023). Design and experiment of a soybean shaftless spiral seed discharge and seed delivery device. *Scientific Reports*, 13(1), 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48117-1>
- Zhuang, Y., Han, J., Liu, Z., Zhang, M., Zhang, Z., Lan, Y., & Chen, Y. (2022). Optimum design of seed holding ring of vertical disc seed-metering device. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 66(1), 219–228. <https://doi.org/10.35633/inmateh-66-22>

ORIGINALITY REPORT

7%

SIMILARITY INDEX

4%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Muhammadiyah Sukabumi Student Paper	2%
2	informatika.itsk-soepraoen.ac.id Internet Source	1%
3	H Dhani, K Yudiono. "An omni-wheel robot platform prototype for batch soybean handling in a tempeh industry 4.0", Journal of Physics: Conference Series, 2025 Publication	<1%
4	journal.unpar.ac.id Internet Source	<1%
5	repository.ipb.ac.id Internet Source	<1%
6	dmm.biologists.org Internet Source	<1%
7	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1%
8	www.scribd.com Internet Source	<1%
9	repository.ukwk.ac.id Internet Source	<1%
10	adoc.pub Internet Source	<1%
11	anekakacang.brmp.pertanian.go.id Internet Source	<1%

12

yudiagusta.files.wordpress.com

Internet Source

<1 %

13

portalcris.vdu.it

Internet Source

<1 %

14

Xin Du, Cailing Liu. "Design and testing of the filling-plate of inner-filling positive pressure high-speed seed-metering device for maize", Biosystems Engineering, 2023

Publication

<1 %

15

Huibin Zhu, Xian Wu, Lizhen Bai, Rongdong Li, Guanyu Guo, Jin Qin, YuanYuan Zhang, Hui Li. "Design and experiment of a soybean shaftless spiral seed discharge and seed delivery device", Scientific Reports, 2023

Publication

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On