

**RANCANG BANGUN ALAT PEMBAGI CONTOH KERJA BENIH MENTIMUN
(*Cucumis sativus* L.) BERBASIS MIKROKONTROLER**
*Design of Microcontroller-Based Seeds Sample Divider for Cucumber
(*Cucumis sativus* L.)*

Ayu Nur Litasari¹, Budi Wijayanto², Geraldo Adinugra Rimartin³
Politeknik Pembangunan Pertanian Yogyakarta Magelang
geraldo.rimartin@gmail.com³

ABSTRACT

*This research aimed to design and construct a microcontroller-based seed sample divider for cucumber (*Cucumis sativus* L.), to evaluate its technical performance, and to compare its result with those of the conventional soil divider method. The study was conducted from November 2025 to April 2026 at the Seed Machinery Laboratory (Alsinben), Yogyakarta-Magelang Agriculture Development Polytechnic. The device was constructed using an Arduino Uno Atmega328P microcontroller as the central control unit, load cell sensors with HX711 signal amplifier modules for mass measurement, an SG90 servo motor as the actuator for directing seed flow, and a 16 x 212C LCD as the display interface. The seed division process followed the dividing tree method, with an initial submitted sample weight of 150 gram and a working sample target of 70 gram, in accordance with ISTA (2025) standards. Performance was assessed using three parameters: division accuracy, coefficient of variation (CV), and total mass deviation. The results showed that the microcontroller-based device achieved a seed division accuracy of 99,8%, which was higher than the 97,6% obtained by the manual method. The average CV values for containers A and B in the microcontroller-based device were 1,14% and 1,36%, respectively, lower than those of the manual device at 4,64% and 3,41%. The total mass deviation of the microcontroller-based device was recorded at 0,13%, considerably lower than the manual device at 3,37%. All performance parameters of the microcontroller-based device met the standards setablished under ISTA (2025) and SNI ISO/IEC 17025:2017.*

Keywords : *cucumber seed, dividing tree, design and construction, microcontroller, seed sample divider*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan menguji alat pembagi contoh kerja benih mentimun (*Cucumis sativus* L.) berbasis mikrokontroler. Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2025 hingga April 2026 di Laboratorium Alat dan Mesin Perbenihan (Alsinben), Politeknik Pembangunan Pertanian Yogyakarta-Magelang. Alat dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno Atmega328P

sebagai pusat kendali, sensor *load cell* dengan modul penguat sinyal HX711 sebagai pengindera massa, motor servo SG90 sebagai aktuator pengatur arah aliran benih serta LCD 16x2 I2C sebagai antarmuka tampilan. Proses pembagian benih mengacu pada metode pohon faktor (*dividing tree*) dengan bobot contoh kirim awal sebesar 150 gram dan target contoh kerja sebesar 70 gram sesuai standar ISTA (2025). Pengujian kinerja dilakukan menggunakan tiga parameter, yaitu akurasi pembagian benih, koefisien variasi, dan penyimpangan massa total. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat berbasis mikrokontroler menghasilkan akurasi pembagian benih sebesar 99,8%, lebih tinggi dibandingkan alat manual yang mencapai 97,6%. Nilai rata-rata koefisien variasi wadah A dan B pada alat berbasis mikrokontroler masing-masing sebesar 1,14% dan 1,36%, lebih rendah dibandingkan alat manual sebesar 4,64% dan 3,41%. Penyimpangan massa total alat berbasis mikrokontroler tercatat sebesar 0,13%, jauh lebih rendah dibandingkan alat manual sebesar 3,37%. Seluruh parameter kinerja alat berbasis mikrokontroler memenuhi standar yang ditetapkan sesuai ketentuan ISTA (2025) dan SNI ISO/IEC 17025:2017.

Kata kunci: rancang bangun, mikrokontroler, pembagi contoh kerja, pohon faktor, benih mentimun

A. Pendahuluan

Perkembangan sistem pemasaran modern dan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap konsumsi sayuran segar turut mendorong tingginya kebutuhan mentimun di berbagai daerah. Data Pusat dan Sistem Informasi Pertanian menunjukkan bahwa kebutuhan penyediaan mentimun, termasuk kebutuhan benih untuk kegiatan budidaya, masih berada pada tingkat yang tinggi. Penggunaan benih mentimun pada tahun 2022 tercatat sebesar 3.150 ton, kemudian mengalami penurunan menjadi 2.960 ton pada tahun 2023 dan kembali

menurun menjadi 2.270 ton pada tahun 2024. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya ketersediaan benih bermutu sebagai faktor penunjang keberlanjutan produksi hortikultura nasional (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2024; Badan Pusat Statistik, 2024).

Keberhasilan budidaya tanaman sangat dipengaruhi oleh kualitas benih yang digunakan. Benih yang memiliki mutu tinggi mampu menghasilkan pertumbuhan tanaman yang seragam, produktivitas yang optimal, serta ketahanan yang lebih baik terhadap berbagai kondisi lingkungan. Oleh karena itu, sistem

perbenihan nasional tidak hanya menitikberatkan pada kegiatan pemuliaan dan sertifikasi benih, tetapi juga pada proses pengujian mutu yang dilakukan secara akurat dan konsisten. Salah satu tahapan penting dalam pengujian mutu benih adalah pengambilan contoh kerja (*working sample*) yang harus mampu merepresentasikan populasi benih secara keseluruhan. Ketepatan dalam proses pengambilan contoh kerja akan menentukan validitas hasil pengujian sehingga dapat menjamin mutu benih yang beredar di masyarakat (Direktorat Perbenihan Hortikultura, 2021).

Namun demikian, proses pembagian contoh kerja benih di berbagai laboratorium masih banyak dilakukan secara manual menggunakan alat konvensional, seperti *soil divider* maupun *seed divider*. Penggunaan metode manual sering kali menghasilkan pembagian benih yang kurang seragam karena dipengaruhi oleh keterampilan operator, kondisi alat, serta faktor kelelahan kerja. Situasi tersebut berpotensi meningkatkan terjadinya kesalahan manusia (*human error*) yang dapat memengaruhi akurasi hasil pengujian. Ketidakseragaman

contoh kerja yang dihasilkan juga dapat menyebabkan hasil analisis mutu benih kurang representatif terhadap populasi benih yang sebenarnya.

Perkembangan teknologi otomasi berbasis mikrokontroler memberikan peluang besar untuk meningkatkan efisiensi dan ketelitian dalam proses pengujian benih. Salah satu platform yang banyak digunakan adalah Arduino Uno karena memiliki kemampuan integrasi yang baik dengan berbagai sensor dan perangkat elektronik. Pemanfaatan Arduino Uno yang dipadukan dengan sensor *load cell* memungkinkan proses penimbangan dan pembagian benih dilakukan secara otomatis dengan tingkat presisi yang lebih tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Paim P. *et al.* (2018) menunjukkan bahwa sistem berbasis Arduino mampu meningkatkan efisiensi kerja serta menghasilkan tingkat kesalahan yang lebih rendah dibandingkan metode manual. Selain itu, sistem otomatis dapat melakukan pembacaan massa benih secara *real time* dan menyimpan data secara digital sehingga hasil pengukuran menjadi lebih objektif, akurat, dan

mudah dianalisis (Paim P. *et al.*, 2018).

Pengembangan alat pembagi contoh kerja benih berbasis mikrokontroler menjadi sangat relevan dengan upaya modernisasi laboratorium pengujian benih di Indonesia. Direktorat Perbenihan Hortikultura menegaskan bahwa penguatan sistem pengujian dan sertifikasi benih melalui pemanfaatan teknologi inovatif merupakan salah satu program prioritas dalam mendukung peningkatan mutu benih nasional (Direktorat Perbenihan Hortikultura, 2024). Dalam konteks tersebut, penggunaan sensor *load cell* diharapkan mampu menghasilkan pembagian benih dengan rasio yang seimbang, yaitu 50:50, sehingga tingkat ketelitian alat menjadi lebih baik dibandingkan alat pembagi benih konvensional.

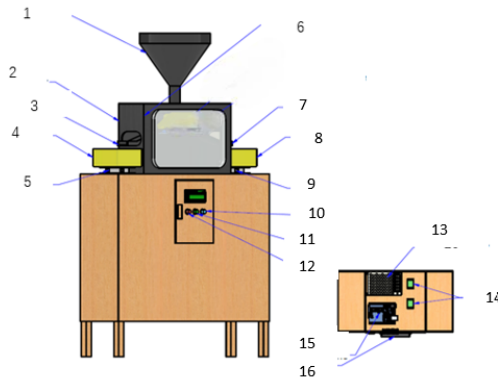
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan menguji kinerja alat pembagi contoh kerja benih mentimun berbasis Arduino Uno dan sensor *load cell*. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif untuk memperoleh data yang objektif mengenai performa alat. Parameter yang diamati meliputi akurasi

pembagian benih, konsistensi hasil pembagian, serta besarnya penyimpangan massa selama proses pengoperasian. Setiap pengujian dilakukan sebanyak lima kali pengulangan guna meningkatkan validitas data yang diperoleh. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial untuk mengevaluasi stabilitas kinerja alat serta mengidentifikasi potensi penerapannya sebagai teknologi pendukung dalam kegiatan pengujian mutu benih di laboratorium.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada November 2025–April 2026 di Laboratorium Alat dan Mesin Perbenihan (Alsinben), Politeknik Pembangunan Pertanian Yogyakarta–Magelang, Kampus Yogyakarta. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk merancang, membangun, dan menguji kinerja alat pembagi contoh kerja benih mentimun (*Cucumis sativus* L.) berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan sensor *load cell*. Alat yang digunakan meliputi Arduino Uno, sensor *load cell* dengan modul

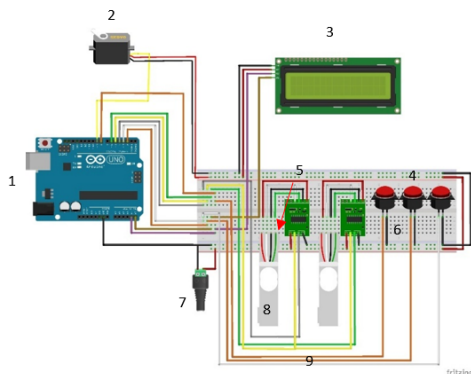
HX711, motor servo SG90, LCD I2C, tombol kontrol, serta komponen mekanik berbahan akrilik, PVC board, aluminium, dan *stainless steel*, sedangkan benih mentimun digunakan sebagai objek pengujian.



Gambar 1. Desain Alat

Keterangan:

- | | |
|--------------------|------------------|
| 1. Seed Container | 9. Load Cell A |
| 2. Driver Conveyor | 10. Up Button |
| 3. Output A | 11. Start Button |
| 4. Container B | 12. Down Button |
| 5. Load Cell B | 13. Power Supply |
| 6. Servo Motor | 14. HX711 Module |
| 7. Output B | 15. Arduino Uno |
| 8. Container A | 16. LCD Display |



Gambar 2. Desain Wiring Mikrokontroler

Keterangan :

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Arduino Uno ATmega328P | 6. Breadboard |
| 2. Servo SG90 | 7. Adaptor |
| 3. LCD I2C | 8. Load cell |
| 4. Tombol kontrol (<i>start, up, down</i>) | 9. Kabel jumper |
| 5. HX711 | |

Tahapan penelitian meliputi identifikasi masalah, perancangan alat menggunakan SolidWorks dan Fritzing, konstruksi, serta pengujian kinerja. Sistem bekerja dengan mengukur massa benih secara *real-time* menggunakan *load cell*, kemudian Arduino Uno mengendalikan motor servo untuk membagi benih secara otomatis dengan target rasio 50:50. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali ulangan menggunakan sampel benih seberat 150 g. Parameter yang diamati meliputi akurasi pembagian benih, koefisien variasi (CV), dan penyimpangan massa total. Data dianalisis secara statistik deskriptif menggunakan nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien variasi untuk mengevaluasi tingkat akurasi, konsistensi, dan stabilitas kinerja alat. Berikut rumus yang digunakan:

Rumus Akurasi Pembagian Benih

$$\text{Akurasi (\%)} = \left(1 - \frac{|W_A - W_B|}{W_{awal}} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

- W_A = Bobot benih tempat A
 W_B = Bobot benih tempat B
 W_{awal} = Bobot benih awal

Rumus Koefisien Variasi

- a. Hitung rata-rata ($\tilde{x}$) dari 5 ulangan

$$\tilde{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5}{5}$$

Keterangan :

$\tilde{x}$ = Rata-rata

x_1 = ulangan ke 1

x_2 = ulangan ke 2

x_3 = ulangan ke 3

x_4 = ulangan ke 4

x_5 = ulangan ke 5

- b. Hitung Standar Deviasi (SD)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (x_i - \tilde{x})^2}{5-1}}$$

Keterangan :

SD = Standar deviasi

x_i = Nilai data ke-i

$\tilde{x}$ = Rata-rata

- c. $CV = \frac{SD}{Mean} \times 100\%$

Keterangan :

SD = Standar deviasi

CV = Koefisien variasi

Mean = Rata-rata

Rumus Penyimpangan Massa Total

$$\text{Penyimpangan Massa Total (\%)} = \frac{|M_0 - (M_1 + M_2)|}{M_0} \times 100\%$$

Keterangan:

M_0 = massa awal benih sebelum pembagian (gram)

M_1 = massa benih pada wadah keluaran A (gram)

M_2 = massa benih pada wadah keluaran B (gram)

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Konsep perancangan alat pembagi contoh kerja benih mentimun (*Cucumis sativus* L.) berbasis

mikrokontroler diawali dari upaya untuk menjawab permasalahan yang muncul dalam kegiatan pengambilan contoh kerja benih secara konvensional di laboratorium pengujian. Metode pembagian manual yang selama ini lazim digunakan, seperti pemanfaatan *soil divider* atau *seed divider*, kerap menghasilkan ketidakseragaman distribusi benih akibat intervensi dan keterbatasan operator. Situasi tersebut berpotensi menyebabkan hasil pengujian mutu benih menjadi tidak representatif terhadap populasi benih yang sesungguhnya (Paim. P *et al.*, 2018). Oleh sebab itu, diperlukan suatu pendekatan yang lebih terstandar, presisi dan dapat diulang secara konsisten dalam setiap sesi pembagian contoh kerja.

Konsep alat ini dibangun diatas integrasi sistem mekanik dan komponen elektronik yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno Atmega328P sebagai unit pemrosesan utama. Arduino Uno dipilih sebagai inti kendali karena kemampuannya mengolah data sensor *real time*, kemudahan pemrograman berbasis bahasa C, serta dukungan ekosistem perangkat keras yang luas dan terjangkau (Izzulhaq &

Hersaputri, 2023). Sensor utama yang diintegrasikan dalam sistem ini adalah *load cell* yang difungsikan untuk mengatur bobot benih pada masing-masing wadah keluaran secara kontinu. Sinyal analog dari *load cell* dikuatkan melalui modul HX711 sebelum diteruskan ke Arduino Uno untuk proses menjadi data bobot dalam satuan gram (Djajasmita *et al.*, 2021).

Tujuan utama konsep alat ini adalah menghasilkan pembagian contoh kerja benih dengan rasio 50:50 antara wadah 50 : 50 antara dua wadah keluaran, yakni wadah A dan B. Rasio ini merupakan standar yang dipersyaratkan dalam prosedur pengambilan contoh kerja benih sesuai pedoman yang diterbitkan oleh *International Seed Testing Association* (ISTA). Menurut ISTA , setiap proses pembagian contoh kerja harus dilaksanakan secara adil, merata, dan sistematis, agar hasil pengujian memiliki tingkat keandalan yang dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah (ISTA, 2025). Dengan demikian, pendekatan otomatis berbasis sensor bobot menjadi solusi yang tepat untuk memastikan distribusi benih berlangsung

seimbang dan bebas dari bias subjektif operator.

Penerapan mikrokontroler pada bidang pertanian dan perbenihan menunjukkan perkembangan yang cukup pesat dalam beberapa tahun terakhir. Penelitian yang dilakukan oleh Randa *et al.* (2024) juga menunjukkan bahwa integrasi sensor pengukuran massa dengan Arduino Uno mampu menghasilkan sistem yang memiliki tingkat ketelitian tinggi dan dapat digunakan untuk mendukung proses sortasi hasil pertanian. Hasil penelitian Masmur dan Snae (2024) juga menunjukkan bahwa sistem berbasis Arduino mampu meningkatkan akurasi dan kestabilan proses kerja dibandingkan metode konvensional. Temuan tersebut menjadi dasar bahwa pemanfaatan mikrokontroler pada alat pembagi contoh kerja benih memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas proses pengambilan contoh kerja di laboratorium pengujian benih.

Keberadaan alat yang dirancang dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif teknologi yang mendukung kegiatan pengujian mutu benih secara lebih efektif. Sistem otomatis yang diterapkan tidak hanya berfungsi untuk mempercepat proses

pembagian contoh kerja, tetapi juga membantu menjaga keseragaman hasil pembagian sehingga dapat meningkatkan kepercayaan terhadap hasil pengujian mutu benih yang dilakukan di laboratorium.

Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional merupakan tahapan verifikasi yang dilakukan untuk memastikan seluruh komponen penyusun alat pembagi contoh kerja benih mampu beroperasi sesuai dengan fungsi yang dirancang, baik secara terpisah maupun dalam satu sistem terintegrasi. Tahap ini menjadi fondasi sebelum pelaksanaan pengujian kinerja lebih lanjut, karena kegagalan fungsi pada satu bagian komponen berpotensi mengganggu kualitas data yang dihasilkan pada pengujian berikutnya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem secara umum mampu menjalankan seluruh fungsi yang telah dirancang. Mikrokontroler Arduino Uno dapat menerima masukan dari pengguna melalui tombol kendali, mengolah data hasil pembaca sensor, serta mengendalikan proses pembagian benih secara otomatis. Penggunaan mikrokontroler sebagai pusat kendali memungkinkan proses kerja berlangsung secara terstruktur

dan konsisten sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap keterampilan operator. Kemampuan tersebut sejalan dengan penelitian Paim *et al.* (2018) yang menjelaskan bahwa sistem berbasis Arduino mampu meningkatkan efektivitas proses pengukuran dan pengendalian pada aplikasi perbenihan. Selain itu, penerapan Arduino dalam sistem pengukuran massa juga terbukti mampu menghasilkan proses kerja yang lebih efisien dibandingkan metode manual.

Pengoperasian alat diawali dengan pengaturan target pembagian menggunakan tombol kendali yang terdiri atas tombol *start*, *up*, dan *down*. Tombol *up* berfungsi untuk menambah nilai target massa yang akan digunakan dalam proses pembagian benih, sedangkan tombol *down* digunakan untuk mengurangi nilai target massa sesuai kebutuhan pengujian. Pengaturan nilai target dilakukan berdasarkan hasil perhitungan pembagian contoh kerja menggunakan metode pohon faktor yang telah ditetapkan sebelumnya. Setelah nilai target sesuai dengan kebutuhan pengujian, tombol *start* digunakan untuk memulai proses pembagian benih secara otomatis.

Sistem kemudian menjalankan proses pembacaan massa dan pembagian benih hingga mencapai target yang telah ditentukan.

Kinerja sensor *load cell* selama pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca perubahan massa benih dan mengirimkan data tersebut ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut. Hasil pembacaan sensor digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam proses pembagian benih sehingga massa contoh kerja yang dihasilkan dapat mendekati nilai target yang telah ditentukan. Kemampuan *load cell* dalam memberikan data pengukuran massa dengan tingkat ketelitian yang baik dalam akurasi pengukuran mencapai 99,259% pada sistem pengukuran massa berbasis Arduino (Saputra *et al.*, 2022). Hasil yang serupa juga dilaporkan oleh Hartanto dan Saputra (2024) yang menyatakan bahwa integrasi *load cell* dengan modul HX711 mampu menghasilkan tingkat akurasi pengukuran sebesar 99,039%.

Pengamatan selama pengujian menunjukkan adanya satu kendala pada tampilan LCD, yaitu nilai massa yang ditampilkan sering mengalami perubahan angka meskipun massa

benih yang diukur pada timbangan analitik relatif tetap. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya fluktuasi sinyal pada proses pembacaan sensor *load cell*. Fenomena ini umum terjadi pada sistem pengukuran berbasis *load cell* karena sensor memiliki sensitivitas tinggi terhadap getaran mekanik, gangguan listrik, perubahan posisi beban, serta *noise* pada sinyal keluaran modul HX711. Gangguan sinyal (*noise*) pada sistem pengukuran berbasis *load cell* dapat menyebabkan nilai pembacaan berubah-ubah sehingga diperlukan proses penyaringan data (*filtering*) untuk meningkatkan kestabilan hasil pengukuran (Choi, 2017). Gangguan – gangguan tersebut menyebabkan nilai ADC (*Analog to Digital Converter*) pada HX711 tidak sepenuhnya stabil dari satu siklus pembacaan ke siklus berikutnya, sehingga nilai yang ditampilkan di LCD ikut berubah-ubah meskipun beban yang diukur tetap konstan (Sani & Maha, 2018).

Fluktuasi nilai tampilan tersebut pada prinsipnya dapat diatasi melalui beberapa pendekatan, diantaranya penerapan metode *averaging* pada program Arduino, yakni mengambil rata-rata dari sejumlah pembacaan

berturut-turut sebelum nilai akhir ditampilkan pada LCD, serta peningkatan kualitas *grounding* dan penyaringan tegangan suplai melalui penambahan kapasitor filter pada jalur daya modul HX711. kedua langkah ini terbukti efektif meredam fluktuasi nilai pada sistem penimbangan berbasis *load cell* dalam berbagai penelitian terdahulu (Suparman *et al.*, 2024). Secara keseluruhan, meskipun terdapat fluktuasi pada tampilan LCD yang perlu ditangani lebih lanjut, seluruh komponen alat pembagi contoh kerja benih mentimun berbasis mikrokontroler telah terkonfirmasi bekerja sesuai fungsi masing-masing. Tombol *start*, *up* dan *down* merespons dengan tepat setiap interaksi operator, motor servo mengarahkan aliran benih secara akurat, serta sensor *load cell* mampu mendeteksi perubahan bobot secara *real time* meskipun memerlukan optimasi kestabilan tampilan. Dengan demikian, alat dinyatakan lulus pengujian fungsional dan dapat dilanjutkan ke tahap pengujian kinerja.

Uji Kinerja

Akurasi Pembagian Benih

Tabel 1. Perbandingan akurasi pembagian benih

Parameter	Alat Manual (<i>Soil Divider</i>)	Alat Mikrokontroler
Bobot benih awal	150,00 gram	150,00 gram
Bobot hasil bagian A	76,88 gram	75,20 gram
Bobot hasil bagian B	73,24 gram	74,80 gram
Selisih bobot	3,64 gram	0,40 gram
Akurasi pembagian benih	97,60 %	99,80%

Sumber : Data Primer Penelitian, 2026

Berdasarkan Tabel 1 bahwa alat mikrokontroler lebih unggul pada sisi akurasi pembagian benih dengan selisih bobot 0,40 gram, sedangkan pada alat manual (*soil divider*) memiliki selisih bobot 3,64 gram. Kedua alat diuji menggunakan bobot benih mentimun awal yang sama, yaitu 150 gram. Pada alat manual, bobot benih yang masuk ke bagian A tercatat 76,88 gram, sementara bagian B memperoleh 73,24 gram, sehingga menghasilkan selisih sebesar 3,64 gram antara kedua bagian. Selisih tersebut menghasilkan nilai akurasi pembagian sebesar 97,6%, yang dihitung berdasarkan formula akurasi dengan membandingkan selisih bobot antara wadah A dan B terhadap bobot benih awal (Paim. P *et al.*, 2018).

Alat berbasis mikrokontroler berhasil membagi benih yang lebih merata, dengan bobot bagian A sebesar 75,20 gram dan bagian B sebesar 74,80 gram, sehingga selisih bobot yang terjadi hanya 0,40 gram.

Nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan selisih yang dihasilkan alat manual, dan menghasilkan akurasi pembagian benih sebesar 99,80 %. Keunggulan ini dicapai berkat kemampuan sensor *load cell* dalam memantau akumulasi bobot benih di setiap wadah secara *real time* melalui modul HX711, yang selanjutnya dijadikan dasar kendali pergerakan motor servo SG90 untuk mengarahkan aliran benih secara otomatis dan presisi (Randa *et al.*, 2024).

Nilai akurasi alat manual sebesar 97,60% masih memenuhi ambang batas minimum yang ditetapkan dalam standar pengujian benih, yaitu $\geq 95\%$, selisih bobot sebesar 3,64 gram yang dihasilkan berpotensi menimbulkan bias pada tahap analisis mutu benih berikutnya (ISTA, 2025). Sementara itu , alat berbasis mikrokontroler dengan akurasi 99,80 % menunjukkan kemampuan distribusi yang sangat mendekati kondisi ideal, dengan selisih bobot yang dapat diabaikan secara praktis. Hasil ini selaras dengan pernyataan (Albasheer *et al.*, 2025) bahwa integrasi sistem sensor massa yang presisi ke dalam mekanisme pembagi benih secara signifikan mampu mereduksi

variabilitas distribusi yang kerap muncul pada metode pembagian manual, sehingga memperkuat keandalan dan objektivitas hasil pengujian mutu benih di laboratorium.

Koefisien Variasi

Tabel 2. Koefisien Variasi

Bobot Teoritis (g)	CV Manual (%)		CV Mikrokontroler (%)	
	Wadah A	Wadah B	Wadah A	Wadah B
37,50	2,38	2,18	0,04	0,07
18,75	2,13	3,22	0,07	0,07
9,375	3,21	4,70	1,14	1,06
4,687	10,82	3,52	3,31	3,16
Rata-rata	4,64	3,41	1,14	1,09

Sumber : Data Primer Penelitian, 2026

Berdasarkan Tabel 2, terdapat perbedaan yang nyata antara metode manual dan metode berbasis mikrokontroler pada setiap tahapan pembagian. Pada metode manual, nilai CV wadah A berkisar antara 2,13% hingga 10,82% dengan rata-rata sebesar 4,64%, sedangkan CV wadah B berkisar antara 2,18% hingga 4,70% dengan rata-rata 3,41%. Nilai CV tertinggi pada metode manual ditemukan pada bobot teoritis terkecil yaitu 4,687 gram, dimana CV wadah A mencapai 0,04% hingga 3,31% dengan rata-rata 1,14%, dan CV wadah B berkisar antara 0,07% hingga 3,16% dengan rata-rata 1,09%. Secara keseluruhan, nilai CV pada metode berbasis mikrokontroler lebih rendah dan lebih konsisten dibandingkan metode manual pada seluruh tingkatan bobot teoritis yang diuji.

Rendahnya nilai CV pada metode berbasis mikrokontroler dibandingkan metode manual menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan mampu menghasilkan pembagian yang lebih konsisten dalam dapat diulang. Hal ini disebabkan oleh sistem umpan balik tertutup (*closed-loop feedback*) yang diterapkan pada alat, dimana sensor *load cell* secara terus-menerus membaca massa pada kedua wadah secara *real time* dan mengoreksi arah aliran benih melalui motor servo. Mekanisme ini meminimalkan variasi antar ulangan yang tidak dapat dihindari pada metode manual akibat perbedaan kecepatan dan teknik penuangan yang dilakukan oleh operator (Paim. P *et al.*, 2018).

Tingginya nilai CV metode manual pada bobot teoritis terkecil 4,687 gram yang mencapai 10,82% mengindikasikan bahwa semakin kecil massa yang dibagi, semakin besar pengaruh kesalahan manusia (*human error*) terhadap konsistensi hasil. Kondisi ini selaras dengan pernyataan Albasheer *et al.* (2025) bahwa ketidakakuratan distribusi benih pada sistem mekanik pasif cenderung meningkat seiring menurunnya bobot sampel karena gaya gravitasi yang

bekerja semakin lemah sehingga distribusi antar saluran menjadi tidak merata.

Nilai rata-rata CV metode berbasis mikrokontroler sebesar 1,14% pada wadah A dan 1,09% pada wadah B berada jauh di bawah ambang batas yang ditetapkan dalam literatur, yaitu $\leq 5\%$ (Albasheer *et al.*, 2025). Pencapaian ini membuktikan bahwa sistem sensor *load cell* berbasis Arduino Uno mampu menghasilkan pengukuran massa yang stabil dan berulang, konsisten dengan temuan Nur Annisa *et al.* (2025) yang melaporkan akurasi sistem *load cell* Arduino Uno mencapai 98% pada pengujian beban berulang. Dengan demikian, alat berbasis mikrokontroler terbukti lebih unggul dalam hal konsistensi pembagian dibandingkan metode manual, khususnya pada tahapan pembagian dengan bobot yang semakin kecil.

Penyimpangan Massa Total

Tabel 3. Penyimpangan Massa Total

Parameter	Alat Manual (Soil Divider)	Alat Berbasis Mikrokontroler
Bobot benih awal (g)	150,00	150,00
Bobot benih wadah A (g)	76,12	75,15
Bobot benih wadah B (g)	78,94	74,65
Total bobot setelah pembagian (g)	155,06	149,80
Selisih massa total (g)	5,06	0,20
Penyimpangan massa total (%)	3,37	0,13

Sumber : Data Primer Penelitian, 2026

Penyimpangan massa total digunakan untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara bobot benih awal dengan total bobot benih yang

diperoleh setelah proses pembagian contoh kerja selesai dilakukan. Parameter ini penting untuk mengevaluasi apakah selama proses pembagian terjadi kehilangan benih, benih yang tertinggal pada alat, maupun kesalahan pengukuran yang dapat memengaruhi representativitas contoh kerja.

Berdasarkan Tabel 3, menunjukkan bahwa alat manual (*soil divider*) menghasilkan total bobot setelah pembagian sebesar 155,06 gram dari bobot awal 150,00 gram. Nilai tersebut menghasilkan selisih massa total sebesar 5,06 gram dengan penyimpangan massa total sebesar 3,37%. Sementara itu, alat pembagi contoh kerja benih berbasis mikrokontroler menghasilkan total bobot setelah pembagian sebesar 149,80 gram dari bobot awal 150,00 gram. Selisih massa total yang diperoleh hanya sebesar 0,20 gram dengan nilai penyimpangan massa total sebesar 0,13%. Nilai penyimpangan massa total pada alat berbasis mikrokontroler lebih rendah dibandingkan alat manual. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses pembagian benih menggunakan sistem berbasis mikrokontroler mampu mempertahankan

keseimbangan massa benih yang lebih baik selama proses pembagian berlangsung.

Nilai penyimpangan massa total sebesar 3,37% pada alat manual menunjukkan bahwa masih terjadi ketidaksesuaian antara massa benih awal dan massa benih setelah proses pembagian. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh adanya benih yang tertinggal pada celah-celah saluran pembagi, menempel pada permukaan alat, atau tersangkut pada bagian pembagi selama proses pengoperasian. Faktor operator juga berpotensi memengaruhi hasil pembagian karena proses pengaliran benih dilakukan secara manual sehingga distribusi benih tidak selalu berlangsung secara seragam. Menurut *Internasional Rules for Seed Testing* (ISTA), proses pengurangan contoh kerja harus mempertahankan representativitas sampel serta meminimalkan kehilangan benih selama proses pembagian agar hasil pengujian tetap valid (ISTA, 2025).

Nilai penyimpangan pada alat berbasis mikrokontroler hanya sebesar 0,13%, yang menunjukkan bahwa massa benih yang masuk ke dalam sistem hampir seluruhnya berhasil terdistribusi ke wadah

keluaran. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa sistem otomasi yang memanfaatkan mikrokontroler, sensor, dan mekanisme aktuator mampu mengendalikan proses pembagian dengan tingkat kehilangan massa yang sangat kecil. Penggunaan sensor dan sistem kendali elektronik memungkinkan proses pembagian berlangsung lebih konsisten dibandingkan metode manual sehingga kesalahan akibat faktor manusia dapat dikurangi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Audu dan Aremu (2021) yang menyatakan bahwa penerapan sistem otomatis pada proses penanganan benih mampu meningkatkan ketepatan distribusi material serta mengurangi variasi hasil yang disebabkan oleh pengoperasian manual.

Penyimpangan massa total sebesar 0,13% yang masih ditemukan pada alat berbasis mikrokontroler berasal dari benih yang terpentak ketika melewati saluran pembagian dan mekanisme servo. Kecepatan aliran benih yang tidak sepenuhnya seragam menyebabkan sebagian kecil benih keluar dari jalur distribusi sehingga tidak masuk ke wadah penampung. Meskipun demikian, nilai

tersebut masih jauh lebih rendah dibandingkan alat manual dan berada di bawah batas toleransi umum yang digunakan dalam pengendalian mutu laboratorium benih. Persyaratan kompetensi laboratorium pengujian pada SNI ISO/IEC 17025:2017 menekankan pentingnya pengendalian peralatan dan pemantauan mutu hasil pengukuran untuk memastikan ketertelusuran serta keandalan data yang diperoleh (Badan Standardisasi Nasional, 2018).

Perbedaan nilai penyimpangan massa total antara kedua alat menunjukkan bahwa penerapan mikrokontroler Arduino Uno pada alat pembagi contoh kerja benih mampu meningkatkan efisiensi distribusi benih dan menjaga keseimbangan massa selama proses pembagian. Hasil tersebut mendukung tujuan pengembangan alat. Yaitu menghasilkan contoh kerja yang lebih representatif dengan tingkat kehilangan massa yang minimal. Nilai penyimpangan massa total yang rendah juga menunjukkan bahwa alat berpotensi digunakan sebagai alternatif metode pembagian contoh kerja benih di laboratorium pengujian

benih untuk meningkatkan ketelitian dan konsistensi proses kerja.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa rancang bangun alat pembagi contoh kerja benih mentimun (*Cucumis sativus* L.) berbasis mikrokontroler berhasil dikembangkan dengan mengintegrasikan Arduino Uno Atmega328P, sensor *load cell* yang terhubung dengan modul HX711, motor servo SG90, dan LCD 16×2 I2C sebagai sistem kendali dan pemantauan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat memiliki kinerja yang sangat baik dengan tingkat akurasi pembagian benih sebesar 99,80%, nilai koefisien variasi rata-rata sebesar 1,14% pada wadah A dan 1,09% pada wadah B, serta penyimpangan massa total hanya 0,13%. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa alat mampu melakukan pembagian benih secara presisi, konsisten, dan efisien. Selain itu, performa alat terbukti lebih unggul dibandingkan metode konvensional menggunakan *soil divider* pada seluruh parameter yang diuji. Dengan demikian, hipotesis penelitian dapat diterima karena alat pembagi contoh

kerja benih berbasis mikrokontroler memberikan pengaruh nyata terhadap efektivitas proses pembagian benih dan telah memenuhi standar ISTA (2025), ditunjukkan oleh akurasi di atas 97%, koefisien variasi di bawah 5%, serta penyimpangan massa total kurang dari 2% dari massa awal contoh kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Albasheer, A. H., Liao, Q., Wang, L., Ibrahim, E. J., Xiao, W., & Li, X. (2025). Design and Optimization of Divider Head Geometry in Air-Assisted Metering Devices for Enhanced Seed Distribution Accuracy. *Agronomy*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy15040769>
- Audu, J., & Aremu, A. K. (2021). Development, Evaluation, and Optimization of an Automated Device for Quality Detection and Separation of Cowpea Seeds. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 5, 240–251. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2021.10.003>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Pertanian 2024*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi. In *IEC* (Vol. 17025). www.bsn.go.id
- Boydas, M. (2024). Comparison of Experimental and Numerical Results on Flow Uniformity of Seeds Transmitted from the Studded Feed Roller. *Research in Agricultural Engineering*,

- 70(1), 43–52.
<https://doi.org/10.17221/34/2023-RAE>
- Choi, K. N. (2017). Noise in Load Cell Signal in an Automatic Weighing System Based on a Belt Conveyor. *Journal of Sensors*, 2017(1).
<https://doi.org/10.1155/2017/1524782>
- Direktorat Perbenihan Hortikultura. (2021). *Rencana Strategis Pengembangan Sistem Perbenihan Hortikultura (Revisi 2) Tahun 2020-2024*.
- Direktorat Perbenihan Hortikultura. (2024). *Laporan Akuntabilitas Kinerja Instansi Pemerintahan (LAKIP/LAKIN) Tahun 2024*.
- Djajasasmita, D., Hidayat, M. R., & Sambasri, S. (2021). Miniaturized Infusion Monitoring System with Weight Sensor (Load Cell) Based on AT-MEGA 328 Microcontroller. *International Journal of Industrial Research and Applied Engineering*, 5(1), 14–18.
<https://doi.org/10.9744/jirae.5.1.14-18>
- Fang, Z., Fan, Q., Tian, L., Jiang, H., Wang, C., Fu, X., Li, X., Li, M., Zhang, S., Zhang, Y., & Li, Y. (2024). Evaluation of Cucumber Seed Germination Vigor Under Salt Stress Environment Based on Improved YOLOv8. *Frontiers in Plant Science*, 15.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1447346>
- ISTA. (2025). *International Rules for Seed Testing Sampling*.
- Izzulhaq, G., & Hersaputri, M. (2023). *Perancangan Sistem Mixing Menggunakan Sensor Load Cell Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560*.
- Lu, B., Ni, X., Li, S., Li, K., & Qi, Q. (2022). Simulation and Experimental Study of a Split High-Speed Precision Seeding System. *Agriculture (Switzerland)*, 12(7).
<https://doi.org/10.3390/agriculture12071037>
- Masmur, D., & Snae, M. (2024). Rancang Bangun Sistem Sortir Buah Cabai Berdasarkan Warna Berbasis Arduino Uno. *HOAQ (High Education of Organization Archive Quality) : Jurnal Teknologi Informasi*, 15(1), 33–42.
<https://doi.org/10.52972/hoaq.vol15no1.p33-42>
- Nur Annisa, Marshela, Noor Fadilla, F., Luthfi, M., Hidayat, S., & Asti Rosalia, C. (2025). *Prosiding the 16 th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*.
- Paim, P, de Carvalho Juliana Oliveira, Russini Alexandre, Galafassi Cristiano, Vargas Rogerio Rodrigues, & Martins Luis David de Nazare. (2018). *Seed Counting System Evaluation Using Arduino Uno* (Number 1).
- Randa, W., Irwan Bustami, M., & Riyadi, W. (2024). *Perancangan Penyortir Kentang Berdasarkan Ukuran Menggunakan Load Cell Berbasis Arduino Uno*. 4(1).
<https://doi.org/10.33998/jakakom.v4i1>
- Sani, R. A., & Maha, A. I. (2018). Konstruksi Timbangan Digital Menggunakan Load Cell Berbasis Arduino Uno dengan Tampilan LCD (Liquid Crystal Display). *EINSTEIN E-JOURNAL*, 5(2).
<https://doi.org/10.24114/einstein.v5i2.11837>

- Saputra, A., Junaidi, J., Supriyanto, A., & Surtono, A. (2022). Desain dan Realisasi Alat Ukur Massa (Neraca Digital) Menggunakan Sensor Load Cell Berbasis Arduino. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 10(02), 159. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v10i2.2660>
- Suparman, Supriyanto Gani, Kumara Agung, Pertanian, J. T., Teknologi Pertanian, F., & Pertanian Stiper Yogyakarta Jl, I. (2024). Rancang Bangun Timbangan Menggunakan Sensor Load Cell dan Mikrokontroler Berbasis Internet of Things (IoT). *AE Innovation Journal*, 2(01), 62–68. <https://doi.org/10.55180/aei.v2i1.1024>
- Surip. P, Yunus Mahmud, & Wahyuningsih Dian. (2014). *Rancang Bangun Alat Penghitung Biji Tanaman Pangan Berbasis Mikrokontroler*. 98.
- Wetenriajeng Sidehabi, S., Jabir, N., & Ilyas, M. (2022). *IbM Sosialisasi Alat Penyortir Biji Kopi Otomatis dengan Menggunakan Mikrokotroller Arduino Nano pada Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) Toraja Kawaa Roasters*.
- Yatskul, A., Lemiere, J. P., & Cointault, F. (2017). Influence of the Divider Head Functioning Conditions and Geometry on the Seed's Distribution Accuracy of the Air-Seeder. *Biosystems Engineering*, 161, 120–134. <https://doi.org/10.1016/j.biosys.2017.06.015>
- Zavrazhnov, A. I., Balashov, A. V, Zavrazhnov, A. A., & Pustovarov, N. Y. (2023). Control of Sowing Seeds of Row Crops with Electrified Seeders. *Rossiiskaia Selskokhoziaistvennaia Nauka*, (3), 67–71. <https://doi.org/10.31857/s2500262723030134>