

**PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR AIR LIMBAH TAHU
TERHADAP PERTUMBUHAN CAISIM (*Brassica chinensis* var.
parachinensis) DAN SUMBANGANNYA PADA
PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA**

SKRIPSI

Oleh:

Putri Aprilia

NIM: 06091382126058

Program Studi Pendidikan Biologi



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

**PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR AIR LIMBAH TAHU
TERHADAP PERTUMBUHAN CAISIM (*Brassica chinensis* var.
parachinensis) DAN SUMBANGANNYA PADA
PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA**

SKRIPSI

Oleh:

Putri Aprilia

NIM: 06091382126058

Program Studi Pendidikan Biologi



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

**PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR AIR LIMBAH TAHU
TERHADAP PERTUMBUHAN CAISIM (*Brassica chinensis* var.
parachinensis) DAN SUMBANGANNYA PADA
PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA**

SKRIPSI

Oleh:

Putri Aprilia

NIM: 06091382126058

Program Studi Pendidikan Biologi

Menyetujui

Koordinator Program Studi



Dr. Masagus M Tibrani, S.Pd., M.Si
NIP. 197904132003121001

Pembimbing



Dr. Rahmi Susanti, M.Si.
NIP. 196702121993032002

Mengetahui

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



Dr. Ketang Wiyono, S.Pd., M.Pd
NIP. 197905222005011005

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama: Putri Aprilia

NIM : 06091382126058

Program Studi : Pendidikan Biologi

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengaruh Pupuk Organik Cair Air Limbah Tahu terhadap Pertumbuhan Caisim (*Brassica chinensis* Var. *parachinensis*) dan Sumbangannya pada Pembelajaran Biologi SMA” ini seluruh dan isinya adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku sesuai dengan peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 17 tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi. Apabila di kemudian hari, ada pelanggaran yang ditemukan dalam skripsi ini dan/atau ada pengaduan dari pihak lain terhadap keaslian karya ini, saya bersedia menanggung sanksi yang dijatuhkan kepada saya. Demikianlah pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh tanpa pemaksaan dari pihak manapun.

Palembang, Agustus 2025



Putri Aprilia

PRAKATA

Skripsi dengan judul “Pengaruh Pupuk Organik Cair Air Limbah Tahu Terhadap Pertumbuhan Caisim (*Brassica chinensis* Var. *parachinensis*) dan Sumbangannya pada Pembelajaran Biologi SMA” disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd.) pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya. Dalam mewujudkan skripsi ini, penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Rahmi Susanti, M.Si. sebagai pembimbing dan atas segala bimbingan dan nasihat yang telah diberikan dalam penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Hartono, M.A. sebagai Dekan FKIP Unsri, Dr. Ketang Wiyono, S.Pd., M.Pd. sebagai ketua jurusan Pendidikan MIPA, Dr. Masagus M. Tibrani, S.Pd., M.Si. sebagai Koordinator Program Studi Pendidikan Biologi dan segenap dosen, serta seluruh staf akademik yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada ibu Dr. Ermayanti, S.Pd., M.Si. sebagai reviewer seminar proposal dan hasil penelitian, sekaligus penguji dalam ujian akhir program S1 yang telah memberikan saran untuk perbaikan skripsi ini hingga menjadi lebih baik. Ucapan terima kasih juga diperuntukan kepada bapak Dr. Adeng Slamet, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak membimbing selama masa perkuliahan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada mbak Nadiyah selaku Pengelola Administrasi Pendidikan Biologi, kak Novran Kesuma, S.Pd. selaku Pengelola Laboratorium Pendidikan Biologi Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan bantuan, saran serta kemudahan dalam urusan administrasi dan penelitian. Ucapan terima kasih juga dipersembahkan kepada ibu Elvira Destiansari, S.Pd., M. Pd. dan ibu Susy

Amizera SB, S.Pd., M.Si sebagai validator pembuatan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang telah memberikan saran untuk perbaikan skripsi ini.

Ucapan terima kasih yang termanis terkhusus kepada kedua orangtua saya tercinta Bapak Irawanto dan Ibu Elvi Sunarti yang senantiasa memberikan motivasi, semangat, dukungan, serta doa yang tidak terputus. Terima kasih kepada Yuk Lusy Yana dan Era Susanti yang selalu memberikan motivasi dan dukungan serta menjadi contoh yang baik bagi penulis. Terima kasih untuk Yumna dan Elbarra sudah membuat penulis selalu tersenyum dan merasa lebih baik.

Terima kasih kepada Fika Amalia Hasanah yang senantiasa memberi semangat, dukungan dan menemani penulis menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih kepada Mishbahuz Zholam teman sepenelitian yang senantiasa memberi semangat dan menemani penulis menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih kepada teman-teman seperjuangan Prodi Pendidikan Biologi angkatan 2021 yang senantiasa bersama selama masa perkuliahan.

Terima kasih kepada diri saya sendiri Putri Aprilia yang sudah berjuang sampai sejauh ini. Terima kasih sudah bertahan dan berusaha untuk kuat, menjadi perempuan yang berusaha untuk selalu menutupi kesedihannya dengan sebuah canda dan tawa, dan selalu berusaha terlihat baik-baik saja, meskipun banyak rintangan dalam menyelesaikan skripsi ini tetapi penulis memutuskan untuk tidak menyerah. Selesaiannya penulisan skripsi ini menjadi kebanggaan tersendiri bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pembelajaran biologi dan pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan sains.

Palembang, 03 Agustus 2025

Putri Aprilia

DAFTAR ISI

PRAKATA	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Rumusan Masalah.....	19
1.3 Tujuan Penelitian	20
1.4 Manfaat Penelitian	20
1.5 Batasan Masalah	21
1.6 Hipotesis Penelitian	21
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Pupuk	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Pupuk Anorganik	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Pupuk Organik	Error! Bookmark not defined.
2.1.3 Pupuk Organik Cair	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Air Limbah Tahu	Error! Bookmark not defined.
2.1.3 Karakteristik Air Limbah Tahu	Error! Bookmark not defined.
2.2 Tinjauan Umum Caisim (<i>Brassica chinensis</i> var. <i>parachinensis</i>)....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Klasifikasi Caisim (<i>Brassica chinensis</i> var. <i>parachinensis</i>).....	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Ciri- Ciri Morfologi Caisim (<i>Brassica chinensis</i> var. <i>parachinensis</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Kandungan Gizi setiap 100 gram Caisim ((<i>Brassica chinensis</i> var. <i>parachinensis</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.2.4 Syarat Tumbuh Caisim (<i>Brassica chinensis</i> var. <i>parachinensis</i>) ..	Error! Bookmark not defined.

2.2.5 Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.6 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman	Error! Bookmark not defined.
2.3 Sumbangannya pada Pembelajaran Biologi SMA	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Variabel Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.3 Alat dan Bahan.....	Error! Bookmark not defined.
3.4 Metode Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5 Cara Kerja	Error! Bookmark not defined.
3.5.1 Pembuatan Pupuk Organik Cair Air Limbah Tahu	Error! Bookmark not defined.
3.5.2 Pembibitan/Persemaian Tanaman Caisim (<i>Brassica chinensis</i> var. <i>parachinensis</i>)	Error! Bookmark not defined.
3.5.3 Persiapan Media Tanam.....	Error! Bookmark not defined.
3.5.4 Penanaman Tanaman Caisim (<i>Brassica chinensis</i> var. <i>parachinensis</i>)	Error! Bookmark not defined.
3.5.5 Pemupukan.....	Error! Bookmark not defined.
3.5.6 Pemeliharaan.....	Error! Bookmark not defined.
3.5.7 Pemanenan	Error! Bookmark not defined.
3.5.8 Parameter yang Diamati.....	Error! Bookmark not defined.
3.6 Analisis Data.....	Error! Bookmark not defined.
3.7 Analisis LKPD	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4.1.1 Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Air Limbah Tahu terhadap Jumlah Daun Tanaman Caisim (<i>Brassica chinensis</i> var. <i>parachinensis</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.1.2 Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Air Limbah Tahu terhadap Berat Basah Tumbuhan Tanaman Caisim (<i>Brassica chinensis</i> var. <i>parachinensis</i>)	Error! Bookmark not defined.

4.1.3 Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Air Limbah Tahu terhadap Berat Kering Taruk Tanaman Caisim (<i>Brassica chinensis</i> var. <i>parachinensis</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.1.4 Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Air Limbah Tahu terhadap Berat Basah Akar Tanaman Caisim (<i>Brassica chinensis</i> var. <i>parachinensis</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.1.5 Pengaruh pemberian Pupuk Organik Cair Air Limbah Tahu terhadap Berat Kering Akar Tanaman Caisim (<i>Brassica chinensis</i> var. <i>parachinensis</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.2 Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
4.3 Sumbangan Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Gizi Setiap 100 Gram Caisim **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 1 Konsentrasi Perlakuan Pupuk Organik
Cair.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 2 Daftar Analisis Sidik Ragam Rancangan Acak Lengkap **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 3 Penentuan Kategori KK.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 4 Variasi Persetujuan Diantara Ahli**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 5 Interpretasi Kappa.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Hasil Analisis Keragaman Pengaruh Pupuk Organik
Cair Air Limbah Tahu terhadap Pertumbuhan
Caisim.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 2 Hasil analisis keragaman jumlah daun caisim.. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 3 Hasil Uji Lanjut dengan BJND Jumlah Daun Caisim **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 4 Hasil analisis keragaman berat basah taruk caisim..**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 5 Hasil Uji Lanjut dengan BJND Berat Basah Taruk Caisim **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 6 Hasil analisis keragaman berat kering taruk caisim **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 7 Hasil uji lanjut dengan BJND berat kering taruk caisim **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 8 Hasil analisis uji keragaman berat basah akar caisim..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 9 Hasil uji lanjut dengan BJND berat basah akar caisim..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 10 Hasil analisis keragaman berat kering akar caisim **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 11 Hasil uji lanjut dengan BJND berat kering akar caisim **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Pembuatan Tahu	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 2 Tumbuhan Caisim (<i>Brassica chinensis</i> var. <i>parachinensis</i>).....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 1 Tata Letak Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1 Tanaman Caisim 43 Hari Setelah Perlakuan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 Grafik Rata-Rata Jumlah Daun.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 Berat Basah Taruk Caisim	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Berat Kering Taruk Caisim.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5 Berat Basah Akar Caisim.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6 Berat Kering Akar Caisim	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Modul Ajar	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3 Instrumen Validasi LKPD	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4 Analisis Data Parameter Pengamatan	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 6 Usulan Judul Skripsi	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 7 Surat Izin Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 8 Surat Keputusan Pembimbing.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 9 Surat Persetujuan Seminar Proposal	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 10 Surat Persetujuan Seminar Hasil	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 11 Surat Peersetujuan Sidang Skripsi .	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 12 Surat Tugas Validator	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 13 Surat Keterangan Bebas Pustaka Ruang Baca FKIP	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 14 Surat Keterangan Bebas Laboratorium	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 15 Hasil Pengecekan Plagiasi.....	Error! Bookmark not defined.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pupuk organik cair air limbah tahu terhadap pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian eksperimen dengan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 9 pengulangan sehingga didapat 27 satuan percobaan. Konsentrasi POC yang digunakan pada penelitian ini yaitu PO (Kontrol), P1 (5% POC air limbah sisa perendaman), dan P2 (5% POC air limbah sisa perebusan). Parameter dalam penelitian ini adalah jumlah daun, berat basah taruk, berat kering taruk, berat basah akar dan berat kering akar. Hasil penelitian dianalisis dengan uji statistik One Way ANNOVA dan dilanjutkan dengan uji beda jarak nyata Duncan (BJND). Hasil uji ANNOVA menunjukkan bahwa parameter jumlah daun, berat basah taruk, dan berat kering akar berbeda sangat nyata. Namun pada parameter berat kering taruk dan berat basah akar berbeda nyata di setiap perlakuan. Perlakuan terbaik pada setiap parameter yaitu pada P1 dengan 5% POC air sisa perendaman rata-rata jumlah daun 10 helai, berat basah taruk 30,11 gr, berat kering taruk 1,7452 gr, berat basah akar 1,9644 gr, berat kering akar 0,2127 gr. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa POC air limbah tahu efektif terhadap pertumbuhan tanaman caisim. Hasil dari penelitian ini disumbangkan dalam bentuk Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Kelas XII Fase F semester genap pada materi Pertumbuhan dan Perkembangan Makhluk Hidup.

Kata kunci : *Air limbah tahu, Pupuk organik cair.*

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of liquid organic fertilizer made from tofu wastewater on the growth of caisim plants (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*). The method used in this research was an experimental study employing a Completely Randomized Design (CRD) with 3 treatments and 9 replications, resulting in 27 experimental units. The concentrations of liquid organic fertilizer (LOF) used in this study were as follows: LOF control (no fertilizer), P1 (5% LOF made from soaking wastewater), and P2 (5% LOF made from boiling wastewater). The parameters observed in this study included the number of leaves, fresh shoot weight, dry shoot weight, fresh root weight, and dry root weight. The results were analyzed using One-Way ANOVA statistical tests and followed by Duncan's Significant Difference Test (BJND) for significance differences. The ANOVA test results showed that the number of leaves, fresh shoot weight, and dry root weight parameters differed significantly. However, the dry shoot weight and fresh root weight parameters showed notable differences across treatments. The best treatment for all parameters was P1 with 5% LOF from soaking wastewater, with an average of 10 leaves, 30.11 g fresh shoot weight, 1.7452 g dry shoot weight, 1.9644 g fresh root weight, and 0.2127 g dry root weight. Based on these results, it can be concluded that tofu wastewater liquid organic fertilizer effectively supports the growth of caisim plants. The findings of this study have been contributed in the form of Student Worksheet (LKPD) for Grade XII, Phase F, even semester on the topic of Growth and Development of Living Things.

Keywords : *Tofu wastewater, Liquid organic fertilizer*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produktivitas tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara yang memadai (Tampinongkol et al., 2021). Dalam konteks pertanian modern, pemberian pupuk dipandang sebagai strategi krusial untuk mengoptimalkan hasil produksi. Pemupukan juga berfungsi sebagai elemen esensial yang mendukung proses pertumbuhan serta menunjang tingkat produktivitas tanaman (Saputra, 2024). Di dalam pupuk terdapat senyawa kimia yang memiliki unsur hara untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Sitanggang et al., 2022). Ketika ketersediaan unsur hara tertentu tidak mencukupi, tanaman akan menunjukkan gejala khas yang mengindikasikan kekurangan tersebut (Mansyur et al., 2021). Oleh karena itu, pengelolaan pemupukan yang tepat sangat penting, terutama dengan memadukan pupuk organik dan anorganik yang masing-masing memiliki karakteristik unik untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Laili, 2022).

Sebagai pelengkap, pupuk anorganik menyediakan unsur hara yang mudah tersedia dan langsung diserap oleh tanaman. Pupuk anorganik merupakan jenis pupuk yang dibuat dari bahan-bahan kimia atau senyawa anorganik yang diolah secara sintesis, sehingga sering disebut pula sebagai pupuk buatan (Arintoko et al., 2023). Salah satu jenis pupuk anorganik yang paling umum digunakan adalah urea, yang memiliki kandungan nitrogen tinggi (46%) (Syifa et al., 2020). Penggunaan pupuk urea terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, membuat daun lebih hijau, rimbun, dan segar, serta mendukung pembentukan klorofil yang mempercepat laju pertumbuhan. Hasil penelitian dari Indayani (2023) juga menunjukkan adanya pengaruh interaksi antara cara aplikasi dan dosis pupuk urea terhadap pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*). Namun, sifat mobilitas tinggi pada urea menyebabkan unsur hara mudah hilang melalui penguapan atau pencucian oleh air hujan. Pupuk anorganik memang

memiliki keunggulan karena mudah terurai dan cepat diserap oleh tanaman, namun penggunaannya secara berlebihan dapat berdampak buruk, seperti pencemaran lingkungan serta penurunan kualitas fisik dan biologis tanah (Mansyur et al., 2021).

Pupuk organik berasal dari bahan-bahan alami, seperti limbah organik atau kotoran hewan (Dayanti, 2023). Salah satu contoh yang umum digunakan adalah pupuk kandang kambing. Pupuk ini memiliki tekstur remah yang meningkatkan porositas tanah dan kandungan hara makro seperti nitrogen (0,55%), fosfor (0,31%), dan kalium (0,15%) yang sangat bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman (Mansyur et al., 2021). Penggunaan pupuk organik juga lebih ramah lingkungan serta dapat mendukung keberlanjutan produktivitas lahan pertanian (Gulo et al., 2024). Adapun keuntungan pupuk organik yaitu lebih ramah lingkungan karena dapat memperbaiki struktur fisik dan kimia tanah, meskipun dalam penggunaannya memerlukan jumlah yang lebih besar dibandingkan pupuk anorganik (M. T. Mendrofa & Gulo, 2024). Namun demikian, kandungan hara pada pupuk organik cenderung lebih rendah dibandingkan pupuk anorganik, dan proses pelepasan nutrisinya berlangsung secara bertahap (Tyasmoro, 2023).

Oleh karena itu, sektor pertanian kini semakin diarahkan untuk mengutamakan penggunaan bahan organik sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan kimia dalam kegiatan budidaya tanaman. Upaya ini bertujuan untuk mengurangi dampak negatif dari penggunaan bahan kimia sintetis yang dapat menurunkan kualitas tanah, mencemari lingkungan, serta mengganggu keseimbangan ekosistem (Fathurohman et al., 2023). Selain itu, penggunaan pupuk organik dapat meningkatkan produktivitas lahan secara berkelanjutan dengan memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan keberagaman mikroorganisme yang berperan dalam siklus hara (Gulo et al., 2024).

Salah satu inovasi pemupukan yang banyak digunakan adalah pupuk organik cair. Pupuk organik cair adalah larutan hasil pembusukan bahan organik seperti sisa tanaman, kotoran hewan, dan manusia yang mengandung lebih dari satu unsur hara (Irawan et al., 2021). Keunggulan pupuk organik cair meliputi penyerapan hara yang lebih cepat oleh tanaman karena unsur-unsur di dalamnya sudah terurai.

Dibandingkan pupuk cair anorganik, pupuk organik cair cenderung tidak merusak tanah meski digunakan dalam jangka panjang. Salah satu bahan organik yang memiliki potensi besar sebagai pupuk organik cair adalah limbah cair tahu (Lapa & Srihidayati, 2023). Limbah ini dihasilkan dari proses pembuatan tahu, seperti pencucian kedelai, perendaman, dan pencetakan tahu. Limbah cair tahu mengandung unsur hara esensial, seperti Nitrogen (N) sebesar 1,24%, Fosfor (P_2O_5) sebesar 5,54%, Kalium (K_2O) sebesar 1,34%, serta C-Organik sebesar 5,803%. Selain itu, limbah ini juga kaya akan senyawa organik, yaitu protein (40-60%), karbohidrat (25-50%), dan lemak (10%). Kandungan tersebut menjadikan limbah cair tahu sangat berguna untuk menyuplai kebutuhan unsur hara tanaman, seperti nitrogen yang berfungsi merangsang pertumbuhan akar, batang, dan daun; fosfor yang membantu proses pernapasan dan asimilasi; serta kalium yang memperkuat struktur batang tanaman (D. A. Sari et al., 2024). Limbah cair tahu yang selama ini dianggap sebagai limbah yang mencemari lingkungan, dapat diolah menjadi pupuk cair yang bermanfaat bagi pertanian (D. A. Sari et al., 2024). Salah satu teknik pengolahan limbah cair tahu dilakukan melalui pembuatan pupuk organik cair. Prosedur ini dilaksanakan dengan cara mencampurkan limbah cair tahu bersama air baku, larutan asam, serta larutan basa (*alkali*), sehingga menghasilkan pupuk organik cair (Rahajoeningroem & Mardika, 2021). Penggunaan pupuk organik cair dalam budidaya pertanian memberikan manfaat yang signifikan, di antaranya meningkatkan efisiensi penyerapan hara oleh tanaman, mempercepat pertumbuhan tanaman, serta memperbaiki struktur tanah (D. A. Sari et al., 2024). Selain itu, implementasi pertanian berkelanjutan melalui pembuatan pupuk organik cair telah terbukti membantu petani dalam mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia dan meningkatkan hasil panen secara lebih ramah lingkungan (Fadhli et al., 2021).

Salah satu tanaman hortikultura yang dapat memperoleh manfaat dari penggunaan pupuk organik cair adalah caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*), yang biasa disebut dengan sawi hijau adalah salah satu jenis tanaman hortikultura yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Caisim merupakan sayuran daun yang populer di Indonesia karena nilai ekonomi dan gizinya yang signifikan, serta siklus pertumbuhannya yang cepat, kurang dari 60 hari dari

perkecambahan hingga panen (Istiqomah et al., 2022). Tanaman ini dapat beradaptasi dengan baik di iklim tropis dan toleran terhadap suhu tinggi, sehingga cocok dibudidayakan di dataran rendah maupun tinggi. Untuk pertumbuhan optimal, caisim membutuhkan suhu antara 15°C hingga 32°C, kelembaban udara 80%-90%, dan kelembaban tanah 80-90% (Shah et al., 2020).

Pupuk organik cair semakin menjadi tren dalam praktik pertanian modern karena manfaatnya yang beragam. Berbeda dengan pupuk kimia, pupuk organik cair mengandung unsur hara makro dan mikro yang mudah diserap tanaman serta berperan dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang menguntungkan. Sejumlah penelitian juga menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik cair dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen kailan, termasuk tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, serta kandungan klorofil dan serapan nitrogen.

Pemanfaatan limbah organik sebagai pupuk cair telah menjadi perhatian dalam pertanian berkelanjutan karena dapat meningkatkan produktivitas tanaman sekaligus mengurangi limbah yang mencemari lingkungan. Salah satu sumber limbah organik yang potensial untuk diolah menjadi pupuk organik cair adalah limbah cair tahu. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa limbah cair tahu mengandung nutrisi penting, terutama nitrogen, yang berperan dalam mendukung pertumbuhan tanaman hortikultura, termasuk Caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).

Penelitian oleh Novia (2023) bahwa pemberian pupuk organik cair dari limbah cair tahu pada sawi putih meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah daun secara signifikan, menunjukkan bahwa limbah tahu dapat dimanfaatkan sebagai sumber hara alternatif yang efektif.

Sarawasih (2017) dalam skripsi terdokumentasi, ditemukan bahwa fermentasi limbah cair tahu menggunakan EM-4 sebagai inokulan dapat meningkatkan panjang akar serta berat segar sawi caisim. Penggunaan pupuk organik cair limbah

cair tahu pada sawi hijau secara signifikan meningkatkan berat segar dan panjang akar tanaman, mendukung hasil budidaya yang lebih optimal.

Selain itu, penelitian dari Rahmani (2022) dalam studi hidroponik sistem wick di *Agrohita* melaporkan bahwa kombinasi pupuk organik cair limbah tahu 200 ml/L + AB-mix 5 ml/L menghasilkan jumlah daun rata-rata 10,05 helai dan bobot segar 72,75 g per tanaman, tidak berbeda nyata dibanding kontrol AB-mix tun ggal yang menghasilkan 10,10 helai dan 76,11 g. Serta penambahan pupuk organik cair limbah tahu pada sistem hidroponik wick untuk caisim 'Shinta' mampu menambah jumlah daun dan berat segar tanaman dibanding kontrol tanpa pupuk organik cair.

Lebih lanjut, penelitian oleh Sugiono (2022) menyebutkan bahwa meskipun konsentrasi pupuk organik cair lebih tinggi (400–800 ml/L) menurunkan tinggi dan jumlah daun secara nyata, formulasi konsentrasi rendah (200 ml/L) tetap mendukung pertumbuhan optimal dan dapat menggantikan sebagian unsur nutrisi AB-mix, penggunaan pupuk organik cair tetap berkontribusi pada pertumbuhan biomassa dan luas daun caisim.

Penelitian lainnya oleh Ramadhani (2023) menyimpulkan bahwa fermentasi limbah tahu dengan EM-4 meningkatkan kandungan nutrisi pupuk organik cair, dan aplikasinya pada sawi hijau secara umum memberikan efek positif terhadap pertumbuhan, meskipun penelitian lanjutan dengan pengukuran parameter kuantitatif sangat dibutuhkan, walaupun hasil eksak pada caisim memerlukan penelitian lebih lanjut.

Selain manfaatnya dalam meningkatkan hasil pertanian, pemanfaatan limbah cair tahu sebagai pupuk organik cair juga memiliki nilai edukatif yang signifikan, terutama dalam bidang pembelajaran biologi di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA). Materi "Pertumbuhan dan Perkembangan" dalam Kurikulum Merdeka menekankan pada pemahaman siswa mengenai berbagai faktor yang memengaruhi pertumbuhan makhluk hidup, baik faktor internal maupun eksternal. Dalam konteks ini, penelitian tentang penggunaan pupuk organik cair dari limbah tahu dapat dijadikan bahan ajar yang relevan dan kontekstual.

Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi sumber pembelajaran yang mendorong siswa berpikir kritis, menganalisis data, dan menarik kesimpulan berdasarkan hasil observasi mereka. Penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dalam pembelajaran juga dapat memperkaya pengalaman belajar siswa dan membantu mereka memahami konsep pertumbuhan tanaman secara lebih aplikatif.

Melalui penelitian ini, siswa tidak hanya mendapatkan pemahaman teoritis tentang pertumbuhan dan perkembangan tanaman, tetapi juga memperoleh wawasan praktis mengenai pertanian berkelanjutan dan pengelolaan limbah. Hal ini sesuai dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berbasis pengalaman nyata dan penerapan ilmu dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan, penelitian ini ditujukan untuk menelaah secara lebih mendalam dampak pemanfaatan pupuk organik cair berbahan limbah tahu terhadap perkembangan tanaman caisim (*Brassica chinensis* var. *Parachinensis*). Selain itu, penelitian ini juga dimaksudkan untuk menilai sejauh mana penerapan pupuk tersebut memberikan kontribusi dalam proses pembelajaran biologi. Atas dasar itu, penelitian ini mengangkat judul sebagai berikut: **“Pengaruh Pupuk Organik Cair Air Limbah Tahu terhadap Pertumbuhan Tanaman Caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*) dan Sumbangannya pada Pembelajaran Biologi SMA”**. Berdasarkan hasil penelitian ini yang nantinya diharapkan dapat dikontribusikan pada sumber materi ajar berbentuk LKPD untuk pembelajaran Biologi SMA kelas XII semester genap pada Fase F “Pertumbuhan dan Perkembangan Makhluk Hidup”.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh pupuk organik cair air limbah tahu terhadap pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*)?
2. Bagaimana perbedaan pengaruh antara pemberian pupuk organik cair yang berasal dari air limbah tahu sisa perendaman dan pupuk organik cair yang berasal dari air limbah tahu sisa perebusan terhadap pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*) ?.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh pupuk organik cair air limbah tahu terhadap pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).
2. Untuk mengetahui perbedaan pengaruh antara pemberian pupuk organik cair yang berasal dari air limbah tahu sisa perendamaan dan pupuk organik cair yang berasal dari air limbah tahu sisa perebusan terhadap pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).

1.4 Manfaat Penelitian

1. Bagi peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat memperluas wawasan peneliti mengenai pemanfaatan air limbah tahu sebagai pupuk organik cair, serta kontribusinya terhadap pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).

2. Bagi Guru dan Peserta Didik

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam proses pembelajaran biologi di tingkat SMA, khususnya pada materi "Pertumbuhan dan Perkembangan" yang terdapat dalam kelas XII. Penelitian ini dapat diterapkan dalam pembelajaran dengan menggunakan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang mengacu pada Capaian Pembelajaran (CP) yang menekankan pada kemampuan siswa untuk memahami pengaruh berbagai faktor, baik internal maupun eksternal, terhadap proses pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkaya materi ajar, tetapi juga memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan aplikatif bagi siswa.

3. Bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan edukasi kepada masyarakat mengenai pemanfaatan air limbah tahu sebagai pupuk organik cair yang ramah lingkungan. Penelitian ini dapat mendorong masyarakat

untuk lebih peduli terhadap pengelolaan limbah dan memanfaatkan limbah organik sebagai solusi yang bermanfaat dalam pertanian atau perkebunan.

1.5 Batasan Masalah

Untuk mendukung keberhasilan pada penelitian ini sehingga lebih terarah maka perlu ada pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Air limbah tahu yang digunakan adalah air limbah tahu pada proses perendaman dan perebusan.
2. Tanaman uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah pertumbuhan caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).
3. Parameter dalam penelitian ini adalah jumlah daun, berat basah taruk, berat kering taruk, berat basah akar dan berat kering akar.

1.6 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah :

- H₀₁ : Pemberian pupuk organik cair (POC) air limbah cair tahu berpengaruh tidak signifikan terhadap jumlah daun caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).
- H₁₁ : Pemberian pupuk organik cair (POC) air limbah cair tahu berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).
- H₀₂ : Pemberian organik cair (POC) air limbah cair tahu berpengaruh tidak signifikan terhadap berat basah taruk caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).
- H₁₂ : Pemberian pupuk organik cair (POC) air limbah cair tahu berpengaruh signifikan terhadap berat basah taruk caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).
- H₀₃ : Pemberian pupuk organik cair (POC) air limbah cair tahu berpengaruh tidak signifikan terhadap berat kerig taruk caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).

- H1₃ : Pemberian pupuk organik cair (POC) air limbah cair tahu berpengaruh signifikan terhadap berat kering taruk caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).
- H0₄ : Pemberian organik cair (POC) air limbah cair tahu berpengaruh tidak signifikan terhadap berat basah akar caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).
- H1₄ : Pemberian pupuk organik cair (POC) air limbah cair tahu berpengaruh signifikan terhadap berat basah akar caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).
- H0₅ : Pemberian organik cair (POC) air limbah cair tahu berpengaruh tidak signifikan terhadap berat kering akar caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).
- H1₅ : Pemberian pupuk organik cair (POC) air limbah cair tahu berpengaruh signifikan terhadap berat kering akar caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).

DAFTAR PUSTAKA

- Alifah, S., Nurfida, A., & Hermawan, A. (2019). Pengolahan Sawi Hijau menjadi Mie Hijau yang Memiliki Nilai Ekonomis Tinggi di Desa Sukamanis Kecamatan Kadudampit Kabupaten Sukabumi. *Journal of Empowerment Community (JEC)*, 1(2), 52–58. <https://doi.org/10.36423/jec.v1i2.364>
- Amalia, R. N., Devy, S. D., Kurniawan, A. S., Hasanah, N., Salsabila, E. D., Anis, D., Ratnawati, D. A. A., Fadil, F. M., Syarif, A., & Aturdin, G. A. (2022). Potensi Limbah Cair Tahu sebagai Pupuk Organik Cair di RT. 31 Kelurahan Lempake Kota Samarinda. *Abdiku*, 1(1), 36–41. <https://doi.org/10.32522/abdiku.v1i1>
- Arintoko, A. N., Maryani, Y., & Pamungkas, D. H. (2023). Pengaruh Pupuk Anorganik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) Varietas Vima 1 dan Demak. *Jurnal Ilmiah Agroust*, 7(1), 14–25. <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/agroust/article/view/14707>
- Aris, B. S., Rudi, & Lasarido. (2021). Pengelolaan Limbah Industri Tahu Menggunakan Berbagai Jenis Tanaman dengan Metode Fitoremediasi. *Jurnal Agrifor*, 20(2), 257–264. <http://ejurnal.untag-smd.ac.id/index.php/AG/article/view/5621/5406>
- Bailey, L. H. (2010). *Brassica rapa*. Plantamor.com. <https://plantamor.com/species/profile/brassica/rapa/parachinensis#gsc.tab=0>
- Berdame, J., Pongoh, J., Polii, M. G. M., Rantung, M., Supit, P., & Sompotan, S. (2024). Pertumbuhan Tanaman Caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*) dengan Pemberian Variasi Dosis Pupuk Kandang Ayam. *Eugenia*, 30(2), 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.35791/eug.v30i1.57411>
- Bula, M., & Wali, I. (2020). Pengaruh Alat Pencetakan Tahu terhadap Produktifitas Tahu di Desa Waegeren Kabupaten Buru. *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, 6(1), 18–25. <https://doi.org/10.35326/pencerah.v6i1.532>
- Dayanti, V. I. P. (2023). Pengolahan Pupuk Organik dengan Metode Cacing ANC di Desa Dlanggu Kabupaten Mojokerto. *Prosiding Patriot Mengabdi*, 2(1), 243–251. <https://conference.untag-sby.ac.id/index.php/spm/article/view/2847/1578>
- Dewi, A. F. D., Fernanda, D. N. S. A., Irfan, M. Z., Celloiva, T. C., Gezali, M. F., & Rachmadani, M. D. (2025). Eco-Farming Revolution: Pemanfaatan Limbah Cair Tahu sebagai Pupuk Organik Cair Unggulan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 3(4), 1063–1068. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.528>
- Ding, Y., & Yang, S. (2022). Surviving and Thriving: How Plants Perceive and Respond to Temperature Stress. *Developmental Cell*, 57(8), 947–958. <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2022.03.010>

- Divka Nurcahyani, Ummatus Sholehah, Akhrianil Hami M, Salva Fadhillah, Safira Salsabila, Prilianti Tiurida M, Syafira Khairani, Verlina Tasya Amanda, Della Nur S, Dyah Ayu F, & Reyhan Achmad Dani S. (2024). Pembuatan Pupuk Organik Dari Limbah Kotoran Hewan Dan Tumbuhan Bersama Kelompok Tani dan Masyarakat Desa Dalam Mengoptimalkan Hasil Pangan. *Jurnal Pengabdian Sosial*, 2(2), 2971–2977. <https://doi.org/https://doi.org/10.59837/5a4eyr85>
- Djollong, A. F. (2014). Teknik Pelaksanaan Penelitian Kuantitatif (Technique of Quantitative Research). *Istiqra'*, 11(1), 86–100. <https://jurnal.umpar.ac.id/index.php/istiqra/article/view/224>
- Elfianis, R. (2022). *Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Caisim*. Agrotek.Id. <https://agrotek.id/klasifikasi-dan-morfologi-tanaman-caisim/>
- Fadhli, K., Khomsah, M., Pribadi, R. G., & Firmasyah, K. (2021). Pemberdayaan Masyarakat melalui Sosialisasi Pemanfaatan Pupuk Organik Padat Kohe Kambing dan Agens Hayati Mikoriza sebagai Alternatif Pertanian Berkelanjutan. *Jumat Pertanian: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 64–70. <https://ejournal.unwaha.ac.id/index.php/abdimasper/article/view/1749>
- Fathurohman, A., Murniati, Sukemi, Susiloningsih, E., Erni, Kurdiati, L. A., & Samsuryadi. (2023). Developing Mobile Learning of Physics (MOBLEP) with android- based problem-based learning approach to improve students ' learning independence. *Momentum: Physics Education Journal*, 7(1), 125–135. <https://doi.org/https://doi.org/10.21067/mpej.v7i1.7980>
- Fiqa, A. P., Nursafitri, T. H., Fauziah, & Masudah, S. (2021). Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Pertumbuhan Beberapa Aksesori Dioscorea alata L Terpilih Koleksi Kebun Raya Purwodadi. *Jurnal AGRO*, 8(1), 25–39. <https://doi.org/10.15575/10594>
- Ginting, N., Purba, S., Lubis, A. R., Zendrato, M., Program,), Agribisnis, S., Sains, F., & Teknologi, D. (2023). Pemanfaatan Pupuk Organik yang Ramah Lingkungan Terhadap Pertumbuhan Tanaman di Pematang Raya. *Community Development Journal*, 4(2), 3682–3686. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/cdj.v4i2.14890>
- Gul, M. U., Paul, A., S., M., & Chehri, A. (2023). Hydrotropism: Understanding the Impact of Water on Plant Movement and Adaptation. *Water (Switzerland)*, 15(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/w15030567>
- Gulo, A., Lawolo, A. J., Zebua, O. Z., Laoli, D. A., & Lase, N. K. (2024). Inovasi Pupuk Organik untuk Pertanian Ramah Lingkungan. *Penarik: Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 01(02), 68–73. <https://doi.org/https://doi.org/10.70134/penarik.v1i1.190>
- Habibunnisa, Utami, W. T., Fadillah, D. J., Nst, L. P., Villanda, B., & Daulay, R. A. (2023). Proses Pembuatan Tahu Putih di Desa Sei Baman Dusun Tahun X Kec. Batang Serangan Kab. Langkat. *Jurnal Dirosah Islamiyah*, 5(2), 528–

535. <https://doi.org/10.17467/jdi.v5i2.3189>

- Handayani, D. R., Juliastuti, H. J., Rakhmat, I. I., Yuslianti, E. R., Pratama, A. G. N., Hasna, A., Anugrah, R. A., & Ahtayary, V. P. (2022). *Sayur dan Buah Berwarna Hijau di Lingkungan Rumah untuk Menangkal Radikal Bebas di Masa Pandemi Covid-19 (Vol. 1)* (E. R. Yuslianti (ed.); 1 ed.). Deepublish Digital. <https://bintangpusnas.perpusnas.go.id/konten/BK65370/sayur-dan-buah-berwarna-hijau-di-lingkungan-rumah-untuk-menangkal-radikal-bebas-di-masa-pandemi-covid-19>
- Hapsari, A. T., Darmanti, S., & Hastuti, E. D. (2018). Pertumbuhan Batang, Akar dan Daun Gulma Katumpangan (*Pilea microphylla* (L.) Liebm.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 3(1), 79–84. <https://doi.org/10.14710/baf.3.1.2018.79-84>
- Hariato, V., & Pohan, S. D. (2018). Respon Pertumbuhan dan Fisiologi Tanaman Sawi (*Brassica rapa* Var. *Parachinensis*) yang dipapar Timbal (pb). *Jurnal Biosains*, 4(3), 154–160. <https://doi.org/https://doi.org/10.24114/jbio.v4i3.11212>
- Hasdar, M., & Delia Meilani, D. (2021). Rancangan Acak Lengkap dan Rancangan Acak Kelompok pada pH Gelatin Kulit Domba dengan Pretreatment Larutan NaOH. *Journal of Technology and Food Processing (JTFF)*, 1(01), 17–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.46772/jtff.v1i01.338>
- Hasniar, Innaninengseh, & Satriani. (2022). Pengaruh Media Tanam yang Berbeda dan Pemberian Dosis Pupuk Organik Cair Nasa terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Agroterpadu*, 1(1), 13–17. <https://doi.org/10.35329/ja.v1i1.2815>
- Herdhiansyah, D., Reza, Sakir, & Asriani. (2022). Kajian Proses Pengolahan Tahu: Studi Kasus Industri Tahu di Kecamatan Kabangka Kabupaten Muna. *Agritech*, 24(2), 231–237. <https://doi.org/10.30595/agritech.v24i2.13375>
- Herlinda, S., & Sari, J. M. P. (2022). Penyerbuk yang Berperan Meningkatkan Produksi Tanaman Semusim dan Tahunan secara Berkelanjutan. In S. Herlinda (Ed.), *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal* (Vol. 10, Nomor 1, hal. 40–60). Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI) 40. <https://conference.unsri.ac.id/index.php/lahansuboptimal/article/view/2679>
- Indayani, D. radita, Lestari, M. W., & Murwani, I. (2023). Analisis Pertumbuhan Tanaman Sawi Caisim (*Brassicca juncea* L) Akibat Pemberian Dosis dan Cara Aplikasi Pupuk Urea. *Agronisma*, 11(1), 181–190. <https://jim.unisma.ac.id/index.php/AGRNM/article/viewFile/19935/14874>
- Indriana, K. R., Suherman, C., Rosniawaty, S., & Sumadi. (2020). Respon Pertumbuhan Tanaman Kombinasi Kultivar Jarak Pagar dengan Dosis Mikoriza Terbaik dan Konsentrasi Sitokinin di Dataran Medium. *Jurnal Agroekoteknologi*, 12(1), 38–47.

<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.33512/jur.agroekotetek.v12i1.8776>

- Irawan, S., Tampubolon, K., Elazhari, & Julian. (2021). Pelatihan Pembuatan Pupuk Cair Organik dari Air Kelapa dan Molase, Nasi Basi, Kotoran Kambing serta Activator Jenis Produk EM4. *Journal Liaison Academia and Society (J-LAS)*, 1(3), 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.58939/j-las.v1i3.198>
- Istiqomah, Sari, M. M., & Istyadji, M. (2022). Pengaruh Pemberian Limbah Cair Tahu dengan Konsentrasi yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L) secara Hidroponik. *Jurnal Sains dan Terapan*, 1(3), 158–170. <https://doi.org/https://doi.org/10.57218/juster.v1i3.369>
- Iswadi, D. (2021). Modifikasi Pembuatan Tahu dengan Penggunaan Lama Perendaman, Lama Penggilingan dan Penggunaan Suhu dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Produk Tahu. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 5(1), 20–30. <https://doi.org/10.32493/jitk.v5i1.7008>
- Izza, O. N., & Sa'diyah, H. (2024). Pengaruh Konsentrasi dan Interval Waktu Pemberian Pupuk Organik Cair Urin Kelinci terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Caisim (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Agrium*, 21(1), 16–25. <https://doi.org/10.29103/agrium.v21i1.15683>
- Jubaida, Sugiarto, & Muslikah, S. (2024). Respon Tanaman Caisim (*Brassica Juncea* L.) terhadap Pemberian NPK Grower dan Lama Induksi Siplo dengan Pemakaian Macam Katoda. *Jurnal Agronisma*, 12(2), 32–47. <https://jim.unisma.ac.id/index.php/AGRNM/article/viewFile/26157/19834>
- Kudoyarova, G., & Akhiyarova, G. (2024). Special Issue “Phytohormones 2022–2023.” *Biomolecules*, 14(9), 2022–2025. <https://doi.org/10.3390/biom14091146>
- Laili, M. (2022). Pemanfaatan Pupuk Organik dan Pupuk Anorganik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max*). *Jurnal Fakultas Pertanian-Agrosasepa*, 1(1), 16–20. <https://jurnal.uic.ac.id/index.php/Agrosasepa/article/view/98/62>
- Lapa, H. R., & Srihidayati, G. (2023). Pemanfaatan Limbah Cair Tahu dan Batang Pisang sebagai Pupuk Organik Cair. *Wanatani: Jurnal Ilmu Pertanian*, 3(1), 11–22. <https://doi.org/10.51574/jip.v3i1.153>
- Latifa, A., & Indriyatmoko, T. (2022). Pengaruh Giberelin dan Zat Retardan terhadap Pemanjangan Batang Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Sains Dasar*, 11(2), 58–62. <https://doi.org/10.21831/jsd.v11i2.49204>
- Lestari, C. A., Setiawan, A., Putri, A. M., Muqoddam, Khairunnisa, F. D., Rahmadi, R., & Rochman, F. (2025). Efektivitas Pemberian Pupuk Organik, Anorganik, dan Hayati terhadap Produktivitas Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). *Planta Simbiosis*, 6(2), 169–179. <https://doi.org/10.25181/jplantasimbiosis.vXiX.XXXX>
- Li, G., Jiang, D., Wang, J., Liao, Y., Zhang, T., Zhang, H., Dai, X., Ren, H., Chen,

- C., & Zheng, Y. (2023). A High-Continuity Genome Assembly of Chinese Flowering Cabbage (*Brassica rapa* var. *parachinensis*) Provides New Insights into Brassica Genome Structure Evolution. *Plants*, 12(13), 1–17. <https://doi.org/10.3390/plants12132498>
- Madadzadeh, F., Ghafari, H., & Bahariniya, S. (2023). Kappa Statistics: A Method of Measuring Agreement in Dental Examinations. *The Open Public Health Journal*, 16, 1–6. <https://doi.org/10.2174/0118749445259818231016040344>
- Mansyur, N. I., Pudjiwati, E. H., & Murti laksono, A. (2021). *Pupuk dan Pemupukan* (Z. Hanum (ed.)). Syiah Kuala University Press. https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=eiwyEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=pupuk&ots=TDqb5v97pt&sig=hpHvCcQ8f7cjQ0OqlengGnW_qI8&redir_esc=y#v=onepage&q=pupuk&f=false
- Mendrofa, H. K., Laoli, O., Waruwu, L. P., Mendrofa, J. B. E., Zai, M. L. F., Dawolo, A. J., Larosa, Y. M., & Telaumbanua, P. H. (2025). Dampak Penggunaan Pupuk Organik dan Anorganik pada Tanaman Kedelai (*Glycine Max*). *PENARIK: Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 2(2), 207–212. <https://doi.org/https://doi.org/10.70134/penarik.v2i2.653>
- Mendrofa, M. T., & Gulo, D. (2024). Pengaruh Pupuk Organik terhadap Perbaikan Stuktur dan Stabilitas Tanah. *PENARIK: Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(1), 105–110. <https://doi.org/https://doi.org/10.70134/penarik.v2i2.72>
- Murwindra, R., Asril, A., Musdansi, D. P., Kurniawan, E., Ningsih, J. R., Yuhelman, N., Studi, P., Kimia, P., Tarbiyah, F., Keguruan, D., Islam, U., & Singingi, K. (2021). Pembuatan Pupuk Organik Untuk Meningkatkan Produk Pertanian. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat: Bhakti Nagori*, 1(2), 95–103. https://doi.org/https://doi.org/10.36378/bhakti_nagori.v1i2.1826
- Novia, P., Afrida, & Fauziah, V. Y. (2023). Pengaruh Pemberian Limbah Cair Tahu Pupuk Organik Cair (POC) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Reseach Ilmu Pertanian*, 3(1), 60–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.31933/3nk1ta16>
- Nur, A. J., Tantawi, A. R., & Hasibuan, S. (2021). Pengaruh Suara Adzan terhadap Pertumbuhan, Produksi, dan Kejadian Penyakit Pada Tiga Jenis Tanaman Brassicaceae. *Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA)*, 3(2), 158–168. <https://doi.org/10.31289/jiperta.v3i2.784>
- Pambudi, Y. S., Sudaryantiningasih, C., & Geraldita, G. (2021). Analisis Karakteristik Air Limbah Industri Tahu dan Alternatif Proses Pengolahannya Berdasarkan Prinsip-Prinsip Teknologi Tepat Guna. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6(8), 2548--1398. <https://doi.org/10.36418/syntax>
- Pangestu, A. P., Karna, N. B. A., & Irawan, A. I. (2022). Caisim Growth Model Using Smart Farm IoT-Based Machine Learning. *e-Proceedings of Engineering*, 8(6), 2861–2868.

<https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/18931>

- Pradani, H. R. (2020). Peran Ethylane dalam Pertumbuhan dan Pengembangan Tanaman. *Anterior Jurnal*, 19(2), 103–109. <https://doi.org/10.33084/anterior.v19i2.1481>
- Purba, T., Situmeang, R., Rohman, H. F., Mahyati, Arsi, Firgiyanto, R., Salam, J. A., Saadah, T. T., Junairiah, Herawati, J., & Suhastyo, A. A. (2021). Pemupukan dan Teknologi Pemupukan. In R. Watrianthos (Ed.), *Yayasan Kita Menulis* (1 ed.). Yayasan Kita Menulis. https://www.researchgate.net/publication/357680476_Pupuk_dan_Teknologi_Pemupukan
- Purwani, J., & Sulistyowati, D. (2011). Pengaruh Dosis Pupuk Nitrogen dan Jumlah Tanaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil Caisim (*Brassica sp.*). *Jurnal Penyuluhan Pertanian*, 6(1), 53–60. <https://doi.org/https://doi.org/10.51852/jpp.v6i1.315>
- Putri, F. C. (2024). Edukasi Daring Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Pupuk Organik pada Kelompok Usaha Bersama di Desa Tulakan Kecamatan Donorojo Kabupaten Jepara. *Jurnal Altifani Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*, 4(6), 536–543. <https://doi.org/10.59395/altifani.v4i6.627>
- Putri Saldi, A., Ananda, C., Rahmi, N., Putri Utama, Y., & Fevria, R. (2022). Budidaya Sawi Caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*) dengan Hidroponik Sistem Wick. *Prosiding SEMNAS BIO 2022 UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*, 731–742. <https://doi.org/https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol2/501>
- Rahajoeningroem, T., & Mardika, A. S. (2021). Sistem Kendali dan Monitoring Parameter Limbah Cair Tahu sebagai Larutan Nutrisi Tanaman Hidroponik Bebas Internet Of Things. *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, 9(1), 48–59. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v9i1.5622>
- Rahmani, A. A., Sugiono, D., & Syah, B. (2022). Penambahan POC Limbah Cair Tahu terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Caisim (*Brassica juncea* L.) Varietas Shinta pada Hidroponik Sistem WICK. *Agrohita Jurnal Agroteknologi*, 7(3), 579–586. <https://doi.org/https://doi.org/10.31604/jap.v7i3.7103>
- Ramadhani, M. F., Prihatiningrum, A. E., & Abror, M. (2023). Optimization of Mustard Pakcoy Growth: The Influence of Media Composition and Coconut Water Concentration. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1, 1–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1242/1/012004>
- Rosmana, P. S., Ruswan, A., Rahma, A., Lesmana, D., Andini, I. F., Yuliani, I. P., Ramanda, N., & Nurfitriana, R. (2024). Penerapan LKPD terhadap Efektivitas Pembelajaran Peserta Didik di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Tambusai*,

- 8(1), 3082–3088. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/jptam.v8i1.12851>
- Rouf, M. A., Marlina, Habibi, M. K., Padliannor, M., Astuti, M., Rahman, Y. O., Maghvira, N. M. Al, Zuriyatun, & Widayanti, D. R. (2025). Pelatihan Praktis Pembuatan Pupuk Kompos sebagai Upaya Pengurangan Sampah Rumah Tangga. *Welfare: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1), 211–216. <https://doi.org/https://doi.org/10.30762/welfare.v3i2.2258>
- Rozi, M. F., Muryanto, S., & Juhariah, J. (2025). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair dan Padat terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L). *AGROTECH Research Journal*, 6(1), 25–31. <https://doi.org/10.36596/arj.v6i1.1685>
- Rukmanai, D. A., Zamnah, L. N., & Zakiah, N. E. (2024). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik pada Materi Peluang Majemuk Berbasis Discovery Learning. *Proceeding Galuh Mathematics National Conference*, 4(1), 788–793. <https://jurnal.unigal.ac.id/GAMMA-NC/article/view/15135>
- Sabri, Y. (2017). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair dari Sabut Kelapa dan Bokashi Cair dari Kotoran Ayam terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Caisim (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Pertanian Fapeta UMSB*, 1(1), 35–42. <https://ojs.umb-bungo.ac.id/index.php/saingro/article/view/1514/1215>
- Saidi, I. A., Azara, R., & Yanti, E. (2021). *Buku Ajar Pasca Panen dan Pengolahan Sayuran Daun* (M. T. Multazam & M. Darmawan (ed.); 1 ed.). UMSIDA PERS. <https://press.umsida.ac.id/index.php/umsidapress/article/download/978-623-6292-21-1/994/>
- Salsabilla, A., Murtiningrum, & Maftukhah, R. (2019). *Tigmomorfogenesis Tanaman Sawi (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*) berdasarkan Tipe Irigasi Kabut dan Irigasi Tetes* [Universitas Gajah Mada]. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/176230>
- Saputra, R. (2024). Pengaruh Pemberian Pupuk Phonska dan Pupuk Organik Terhadap Varietas Tanaman Buah. *JGPP: Jurnal Greenation Pertanian dan Perkebunan*, 2(4), 85–93. <https://doi.org/10.38035/jgpp.v2i4>
- Sarawasih, I. (2017). *Pengaruh Limbah Cair Tahu terhadap Pertumbuhan Sawi Caisim (*Brassica rapa* var. *parachinensis* L.) dengan Teknik Hidroponik Rakit Apung* [UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) RADEN INTAN LAMPUNG]. https://repository.radenintan.ac.id/2662/1/Skripsi_Full.pdf
- Sari, A., Hasnelly, H., & Prastia, B. (2024). Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Caisim (*Brassica juncea* L.) Akibat Pemberian Kombinasi Pupuk Organik Cair (POC) dan NPK. *Jurnal Sains Agro*, 9(1), 36–44. <https://doi.org/10.36355/jsa.v9i1.1514>
- Sari, D. A., Yanti, R., Ibrahim, H., & Dharma, S. (2024). Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik Padat dari Limbah Pertanian di Kelompok Tani Sadar

- Kelurahan Limbukan guna Mendukung Pertanian Berkelanjutan. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 4(4), 3065–3071.
<https://doi.org/https://doi.org/10.70609/icom.v4i4.5796>
- Senga, J. B., Nurdin, D., & MS, S. (2022). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik dan Anorganik terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Wortel (*Daucus Corata*L,.). *Jurnal Agroterpadu*, 1(2), 96–100.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.35329/ja.v1i2.2988>
- Setio, F., & Firnia, D. (2024). Applying Coffee Processing Waste as an Organic Material Against Growth and Yield of Caisim Plant (*Brassica chinensis* var . *parachinensis*). *Gema Wiralodra*, 15(1), 156–166.
<https://doi.org/https://doi.org/10.31943/gw.v15i1.669>
- Shah, A. A., Khan, W. U., Yasin, N. A., Akram, W., Ahmad, A., Abbas, M., Ali, A., & Safdar, M. N. (2020). Liquiritoside Alleviated Pb Induced Stress in *Brassica rapa* subsp. *Parachinensis*: Modulations in Glucosinolate Content and Some Physiochemical Attributes. *Chemosphere*, 261, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127728>
- Sitanggang, Y., Sitinjak, E. M., Marbun, N. V. M. D., Gideon, S., Sitorus, F., & Hikmawan, O. (2022). Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) Berbahan Baku Limbah Sayuran/ Buah di Lingkungan I, Kelurahan Namo Gajah Kecamatan Medan Tuntungan, Medan. *Jurnal Pengabdian Ilmiah dan Teknologi*, 1(1), 17–20. <https://akses.ptki.ac.id/jurnal/index.php/apitek/article/download/25/20>
- Smolikova, G., Strygina, K., Krylova, E., Leonova, T., Frolov, A., Khlestkina, E., & Medvedev, S. (2021). Transition From Seeds to Seedlings: Hormonal and Epigenetic Aspects. *Plants*, 10(9), 1–20.
<https://doi.org/10.3390/plants10091884>
- Sofyan, A., Haryati, T. M., Dahlan, D. S., Hasan, A. D. A., Aburachman, I., & Sudjud, S. (2023). Addition of Organic Matter to Sandy Soil on the Growth and Production of Caisim (*Brassica Juncea* L .) Plants and as an Effort to Improve Soil Properties. *IJRTI*, 8(9), 15–21.
<https://ijrti.org/papers/IJRTI2309003.pdf>
- Sugiono, D., Syah, B., & Rahmani, A. A. (2022). Kombinasi POC Limbah Cair Tahu dan Ab-Mix terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Caisim (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Agrium*, 19(4), 378–383.
<https://doi.org/10.29103/agrium.v19i4.9742>
- Suhairin, Muanah, & Dewi, E. S. (2020). Pengolahan Limbah Cair Tahu menjadi Pupuk Organik Cair di Lombok Tengah NTB. *Selaparang: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(1), 374–377.
<https://doi.org/10.58466/literasi.v2i2.690>
- Surachman, Zulfita, D., Mahmudi, Anggorowari, D., & Listiawati, A. (2025). Biofertilizers and Cow Urine Affect Growth, Nutrient Absorption and Yield of Caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*) on Peat Soil. *Arcc Journals*.

<https://doi.org/10.18805/ag.DF-&31>

- Susanto, H., Yanto, J., & Wahyudin. (2020). Rancangan Alat Potong Tahu Tradisional untuk Indutri Rumahan di Kabupaten Nagan Raya. *Jurnal Mekanova*, 6(1), 20–29. <https://doi.org/10.35308/jmkn.v6i1.2211>
- Syifa, T., Isnaeni, S., & Rosmala, A. (2020). Pengaruh Jenis Pupuk Anorganik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Pagoda (*Brassicae narinosa* L.). *Agroscript*, 2(1), 21–33. <https://media.neliti.com/media/publications/357827-pengaruh-jenis-pupuk-anorganik-terhadap-95ee930f.pdf>
- Tampinongkol, C. L., Tamod, Z., & Sumayku, B. (2021). Ketersediaan Unsur Hara sebagai Indikator Pertumbuhan Tanaman Mentimun (*Cucumis Sativus* L.). *Agri-Sosio Ekonomi Unsrat*, 17(2), 711–718. <https://doi.org/https://doi.org/10.35791/agrsosek.17.2%20MDK.2021.35439>
- Tyasmoro, S. Y. (2023). Pertanian Organik: Penerapan Pupuk Organik Menuju Pertanian Berkelanjutan. In A. A. Muffiddah (Ed.), *UB Press* (1 ed.). UB Press. <https://doi.org/10.11594/ubpress9786232966772>
- Utama, R. F., Sitohang, R., & Sinaga, T. R. (2021). Pemanfaatan Tanaman Bayam dan Kailan untuk Meningkatkan Pemasukan Masyarakat Mekar Jaya Kabupaten Langkat. *Jurnal Abdimas Mutiara*, 2(1), 387–390. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=aamqlB80AAAAJ&citation_for_view=aamqlB80AAAAJ:W7OEmFMylHYC
- Vennapusa, A. R., Nimmakayala, P., Zaman-Allah, M. A., & Ratnakumar, P. (2023). Editorial: Physiological, Molecular and Genetic Perspectives of Environmental Stress Response in Plants. *Frontiers in Plant Science*, 14(June), 1–3. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1213762>
- Wang, Y., & Liu, G. (2022). Production Guide for Choy Sum-An Emerging Asian Vegetable in Florida. *IFAS Extension*, 1–5. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1012.39>
- Wimudi, M., & Fuadiyah, S. (2021). Pengaruh Cahaya Matahari terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau. *Prosiding SEMNAS BIO*, 1, 587–592. <https://doi.org/https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol1/72> Pengaruh
- Wu, W., Chen, L., Liang, R., Huang, S., Li, X., Huang, B., Luo, H., Zhang, M., Wang, X., & Zhu, H. (2025). The Role of Light in Regulating Plant Growth, Development and Sugar Metabolism: a review. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1507628>
- Zunaidi, A. A., Lim, L. H., & Metali, F. (2024). Heavy Metal Tolerance and Accumulation in the Brassica species (*Brassica chinensis* var. *parachinensis* and *Brassica rapa* L.): A Pot Experiment. *Heliyon*, 10(8), 2–15. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29528>