

**PEMANFAATAN LIMBAH SAWI PUTIH DAN KUBIS
SEBAGAI MEDIA ALTERNATIF PERTUMBUHAN
Saccharomyces cerevisiae UNTUK PRODUKSI
PROTEIN SEL TUNG GAL**

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada program studi Biologi



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh:
Yanuar Bakhrul Alam
09030121046

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2025**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Yanuar Bakhrul Alam

NIM : 09030121046

Program Studi : Biologi

Angkatan : 2021

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: "PEMANFAATAN LIMBAH SAWI PUTIH DAN KUBIS SEBAGAI MEDIA ALTERNATIF PERTUMBUHAN *Saccharomyces cerevisiae* UNTUK PRODUKSI PROTEIN SEL TUNGGA". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 15 Januari 2025

Yang menyatakan,



Yanuar Bakhrul Alam

NIM. 09030121046

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi

Pemanfaatan Limbah Sawi Putih dan Kubis sebagai
Media Alternatif Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* untuk
Produksi Protein Sel Tunggal

Diajukan oleh:

Yanuar Bakhrul Alam

NIM : 09030121046

Telah diperiksa dan disetujui
di Surabaya, 5 Januari 2025

Dosen Pembimbing Utama



Nirmala Fitria Firdhausi, M.Si.
NIP : 198506252011012010

Dosen Pembimbing Pendamping



Hanik Faizah, S.Si., M.Si.
NIP : 199008062023212045

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Yanuar Bakhrul Alam ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 7 Januari 2025

Penguji I



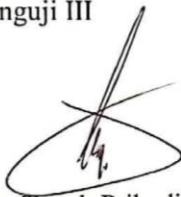
Nirmala Fitria Firdhausi, M.Si.
NIP. 198506252011012010

Penguji II



Hanik Faizah, S.Si., M.Si
NIP 199008062023212045

Penguji III



Eko Teguh Pribadi, S.KM., M.Kes.
NIP. 198001152014031001

Penguji IV



Drs. Abdul Manan, M.Pd.I.
NIP. 197006101998031002



Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UN Sunan Ampel Surabaya

Dr. A. Saepul Hamdani, M.Pd.
NIP. 196507312000031002



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Yanuar Bakhrul Alam
NIM : 09030121046
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi
E-mail address : kknyanuar@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

PEMANFAATAN LIMBAH SAWI PUTIH DAN KUBIS SEBAGAI MEDIA ALTERNATIF PERTUMBUHAN

Saccharomyces cerevisiae UNTUK PRODUKSI PROTEIN SEL TUNGGAL

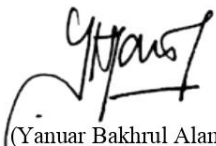
beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 15 Januari 2025

Penulis


(Yanuar Bakhrul Alam)

**PEMANFAATAN LIMBAH SAWI PUTIH DAN KUBIS SEBAGAI
MEDIA ALTERNATIF PERTUMBUHAN *Saccharomyces cerevisiae*
UNTUK PRODUKSI PROTEIN SEL TUNGGAL**

Protein merupakan elemen penting bagi tubuh yang berperan sebagai sumber utama energi. Protein juga berperan dalam mengatur metabolisme tubuh dalam bentuk hormon maupun enzim dan berperan dalam sistem kekebalan tubuh serta berperan dalam proses regenerasi sel-sel yang rusak. Tidak hanya manusia, hewan ternak juga membutuhkan protein. Protein pada hewan ternak diperoleh dari pakan ternak. Alternatif sumber protein pakan ternak dapat diperoleh dari Protein Sel Tunggal (PST). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah sawi putih dan kubis sebagai media alternatif pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* untuk produksi PST dengan media kontrol PDB (*Potato Dextrose Broth*). Penelitian ini merupakan penelitian experimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan uji statistik *one way ANOVA*. Inkubasi *Saccharomyces cerevisiae* dilakukan selama tiga hari dengan suhu 30°C. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah nilai OD, biomassa kering, dan kadar protein. Media terbaik untuk menumbuhkan *Saccharomyces cerevisiae* dengan kadar protein tertinggi yakni dengan menggunakan ekstrak sawi dan kubis dengan perbandingan 1:2. Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dapat ditingkatkan dengan memperbaiki proses ekstraksi dan dilakukan proses hidrolisis karbohidrat agar menjadi gula yang lebih sederhana.

Kata kunci : PST, protein, OD, dan biomassa,

ABSTRACT

UTILIZATION OF CHICORY WASTE, AND CABBAGE

AS ALTERNATIVE GROWTH MEDIA *Saccharomyces cerevisiae* FOR THE PRODUCTION OF SINGLE CELL PROTEIN (SCP)

*Protein is an essential element for the body that acts as the main source of energy. Protein also plays a role in regulating the body's metabolism in the form of hormones and enzymes and plays a role in the immune system and plays a role in the regeneration process of damaged cells. Not only humans, farm animals also need protein. Protein in livestock is obtained from animal feed. Alternative sources of animal feed protein can be obtained from Single Cell Protein (SCP). This study aims to determine the effect of chicory and cabbage waste as alternative media for the growth of *Saccharomyces cerevisiae* for SCP production with PDB (Potato Dextrose Broth) control media. This research is an experimental research using a completely randomized design (CRD) with one way ANOVA statistical test. *Saccharomyces cerevisiae* incubation was carried out for three days at 30°C. The parameters used in this study were OD value, dry biomass, and protein content. The best media to grow *Saccharomyces cerevisiae* with the highest protein content is by using mustard and cabbage extracts in a ratio of 1:2. The growth of *Saccharomyces cerevisiae* can be increased by improving the extraction process and hydrolyzing carbohydrates into simpler sugars.*

Keyword : SCP, protein, OD, and biomass.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR ISI

halaman Persetujuan Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Tim Penguji Skripsi.....	iii
Lembar Pengesahan	iii
Lembar Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah.....	iv
Halaman Pernyataan Keaslian Karya Ilmiah	v
Halaman Motto.....	vi
Halaman Persembahan	vi
Kata Pengantar	vii
Abstrak	ix
Abstract	x
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Lampiran.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	11
1.3. Tujuan.....	11
1.4. Manfaat.....	11
1.5. Batasan Penelitian	12
1.6. Hipotesis Penelitian	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1. Protein Sel Tunggal	13
2.2. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	15
2.3. Sawi Putih (<i>Brassica rapa</i> L. Var. <i>pekinensis</i>)	19
2.4. Kubis/kol (<i>Brassica oleracea</i> Var. <i>capitata</i>).....	22
2.5. Molase	24
2.6. Media Pertumbuhan Fungi	25
2.7. Mekanisme Pertumbuhan Mikroba	28
2.8. Uji Pertumbuhan Mikroba.....	56
2.9. Uji Kadar Protein.....	58
BAB III METODE PENELITIAN.....	60
3.1. Rancangan Penelitian	60
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	61
3.3. Alat dan Bahan	62
3.4. Bahan Penelitian.....	62
3.5. Variabel Penelitian	62
3.6. Prosedur Penelitian	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	67
4.1. Pengaruh Kombinasi Limbah Sawi Putih, Kubis, dan Molase Terhadap Pertumbuhan <i>S. cerevisiae</i> untuk Produksi PST	67
4.2. Pengaruh Kombinasi Limbah Sawi Putih, Kubis, dan Molase Terhadap Kadar Protein <i>S. cerevisiae</i> untuk Produksi PST	88
BAB V PENUTUP.....	101
5.1. Simpulan	101
5.2. Saran.....	101

DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN.....	116



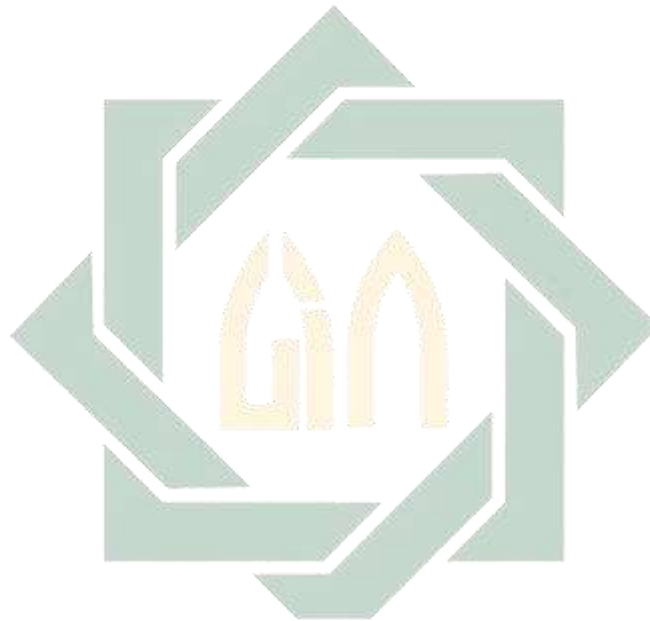
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sel Tunggal <i>S. cerevisiae</i> B. Koloni <i>S. cerevisiae</i> yang Dilihat dari Mikroskop	19
Gambar 2. 2 Berbagai Subspesies <i>Brassica rapa</i>	20
Gambar 2. 3 (a) Bibit sawi putih dengan dua daun remaja, (b) Tampak samping bibit sawi putih yang memiliki banyak trikoma abaksial, (c) Tampak samping bibit yang menunjukkan empat daun muda dan ruas yang memanjang, (d) bibit yang menunjukkan empat daun muda dan ruas yang memanjang, (e) Bibit dengan daun dewasa awal (daun 5-7). (f) Roset dengan daun dewasa awal. (g) Lipatan tanaman dengan daun dewasa akhir pertama. (h) Tanaman tajuk dengan daun dewasa akhir. (i-k) Fase daun remaja kedua (l) Diagram yang menunjukkan hubungan antara fase vegetatif dan tahap perkembangan tanaman kubis Cina. Angka menunjukkan posisi daun yang ditentukan oleh urutan kemunculannya	21
Gambar 2. 4 <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	24
Gambar 2. 5. Mekanisme Pertumbuhan Mikroba	29
Gambar 2. 6 Glikolisis Jalur EMP	31
Gambar 2. 7. Proses Oksidasi Piruvat menjadi Asetil KoA	33
Gambar 2. 8. Siklus asam sitrat atau siklus krebs	35
Gambar 2. 9 Hasil Akhir NADH dan FADH ₂ Pada Proses Glikolisis, Fosforilasi oksidatif, dan Siklus Krebs	36
Gambar 2. 10. Akumulasi Ion H ⁺ pada Membran Mitokondria	37
Gambar 2. 11 Mekanisme Transpor Elektron dan Kemiosmosis.	37
Gambar 2. 12. Fermentasi Alkohol pada <i>S. cerevisiae</i>	38
Gambar 2. 13. Proses Fermentasi Alkohol pada <i>Yeast</i>	39
Gambar 2. 14 Sintesis Pirimidin	41
Gambar 2. 15 Sintesis Purin	43
Gambar 2. 16 Proses Transkripsi DNA	44
Gambar 2. 17 Daftar Asam Amino Sesuai dengan Kodon mRNA	46
Gambar 2. 18 Struktur Tiga Dimensi tRNA	47
Gambar 2. 19 Pengenalan Antikodon Pada Situs A.	48
Gambar 2. 20 Pembentukan Ikatan Peptida pada Asam Amino.	49
Gambar 2. 21 Pemindahan Ikatan Peptida ke Situs A	49
Gambar 2. 22 Proses Translokasi pada Mekanisme Translasi.	49
Gambar 2. 23 β - oksidasi Asam Lemak	50
Gambar 2. 24 Oksidasi Propionil KoA menjadi Piruvat	52
Gambar 2. 25 Biosintesis Fosfolipid	54
Gambar 2. 26. Siklus Reproduksi Seksual <i>S. cerevisiae</i>	55
Gambar 4. 1. Grafik Nilai OD dan Biomassa PST	70
Gambar 4. 2. Grafik Kadar Protein PST	90

DAFTAR TABEL

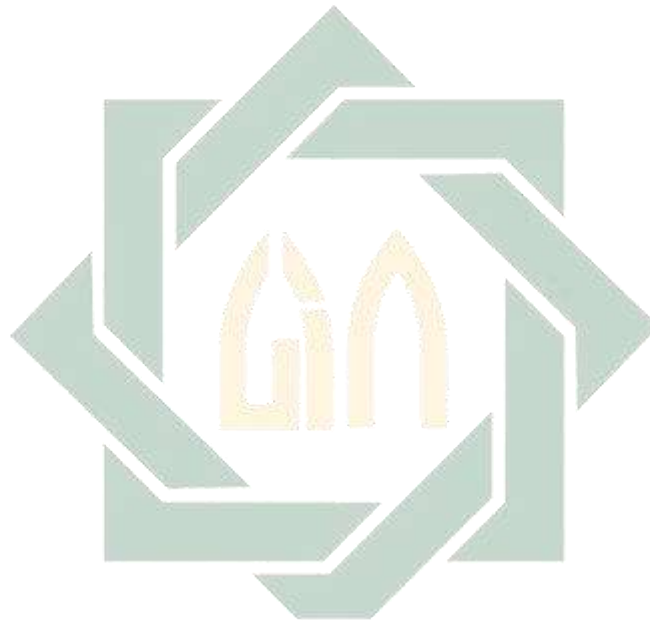
Tabel 3. 1 Rancangan Penelitian.....	60
Tabel 3. 2 <i>Timeline</i> Penelitian.....	61
Tabel 3. 3 Variasi Campuran Bahan	64
Tabel 4. 1 Tabel OD dan Biomassa PST.....	69
Tabel 4. 2 Kadar Protein PST	89



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Tes Normalitas	116
Lampiran 2. Tes Homogenitas	117
Lampiran 3. Tes <i>One Way Anova</i>	117
Lampiran 4. Uji <i>Games-Howell</i>	117
Lampiran 5. Proses Pembuatan PST	121
Lampiran 6. Biomassa Kering dari Masing-masing Sampel	122
Lampiran 7. Proses Uji Protein	124
Lampiran 8. Penghitungan Kadar Protein	125



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Adedayo, M. R., Ajiboye, E. A., Akintunde, J. K., & Odaibo, A. (2011). Single Cell Proteins: As Nutritional Enhancer. *Pelagia Research Library*, 2(5), 396–409.
- Ahmed, M. G., Gouda, S. A., Donia, S., & Hassanein, N. M. (2024). Production of single cell protein by fungi from different food wastes. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1–16.
- Aini, N., & Rahayu, T. (2015). Media alternatif untuk pertumbuhan jamur menggunakan sumber karbohidrat yang berbeda. *Jurnal Ilmu Kesehatan*, 3(5), 855–860.
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2002). *Molecular Biology of the Cell* (4th Editio). Garland Science.
- Aliya, H., Maslakah, N., Numrapi, T., Buana, A. P., & Hasri, Y. N. (2016). Pemanfaatan Asam Laktat Hasil Fermentasi Limbah Kubis sebagai Pengawet Anggur dan Stroberi. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 9(1), 23–28.
- Angraeni, P. D., & Marhamah, D. R. (2021). Pengaruh Pemanasan Berulang Terhadap Kualitas Media Plate Count Agar (PCA) di Laboratorium Bakteriologi Jurusan Analis Kesehatan. *Jurnal Medika Malahayati*, 6(4), 220–226.
- Antika, S. R., & Kurniawati, P. (2017). Isolasi dan karakterisasi pektin dari kulit nanas. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 218–225.
- Ardiyanto, M. (2021). *Pengaruh Lama Perendaman Garam terhadap Sifat Fisikokima dan Organoleptik Kimchi Sawi Putih*. Universitas Semarang.
- Asmaul, R., & Karyanto, Y. (2022). Pemanfaatan Larutan Laktat Hasil Fermentasi Limbah Kubis Untuk Meningkatkan Umur Simpan Pada Cumi-Cumi. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Gizi (Journal of Food Technology and Nutrition)*, 21(1), 32–36.
- Astuti, R. N. P. (2003). *Optimasi Produksi Protein Sel Tung Gal (PST) Mikroalga Hijau (Chlorella vulgaris Bey) dengan Menggunakan Substrat Air Rebusan Kedelai*. Unika Soegijapranata.
- Atmodjo, K. (2017). Optimalisasi Gula Cair dan pH Medium untuk Fermentasi

- Alkohol dari Jus Curucuma xanthorihiza. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 2(3), 97–104.
- Atmodjo, K., Narindri, B., & Edison, A. (2016). The Effect of Temulawak Extract on Alcohol Fermentation from Molase Substrate by *Saccharomyces cerevisiae*. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 1(3), 132–137.
- Azam, S., Khan, Z., Ahmad, B., Khan, I., & Ali, J. (2014). Production of single cell protein from orange peels using *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Global Journal of Biotechnology & Biochemistry*, 9(1), 14–18.
- Bacha, U., Nasir, M., Khalique, A., Anjum, A. A., & Jabbar, M. A. (2011). Comparative assessment of various agro-industrial wastes for *Saccharomyces cerevisiae* biomass production and its quality Evaluation as single cell protein. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 21(3), 844–849.
- Baharudin, A. M. (2019). Peranan Akal Dalam Mengenali Allah SWT: Kajian Terhadap Surah Al-Nahl. *Jurnal Pengajian Islam*, 12(2), 62–79.
- Bahtiar, V. K., Patang, P., & Indrayani, I. (2024). The Effect of Molasses Concentration on the Growth of Yeast *Saccharomyces Cereviceae* in Making Single Cell Proteins the Effect of the concentrate on of Waste Molasses on the Growth of Yeast *Saccharomyces Cereviceae* in the Making of Single Cell Proteins. *Formosa Journal of Applied Sciences*, 3(1), 337–352.
- Basaniah, B., Rahayu, Y. P., Nasution, H. M., & Dalimunthe, G. I. (2024). Produksi Protein Sel Tunggal dari Kultur *Bacillus cereus* dengan Medium Limbah Cair Tahu. *Vitalitas Medis: Jurnal Kesehatan Dan Kedokteran*, 1(2), 129–147.
- Bawole, K. V, Umboh, S. D., & Tallei, T. E. (2018). Uji ketahanan bakteri asam laktat hasil fermentasi kubis merah (*Brassica oleracea* L.) pada pH 3. *Jurnal MIPA*, 7(2), 20–23.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. I., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V, & Jackson, R. B. (2008). *Biologi* (W. Hardani (ed.); 8th Editio). Erlangga.
- Christwardana, M., Nur, M. M. A., & Hadiyanto, H. (2013). Spirulina platensis: potensinya sebagai bahan pangan fungsional. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(1), 1–4.
- Coniwanti, P., Siagian, F., & Prasetyo, Y. (2016). Pengaruh konsentrasi asam sulfat

- dan variasi masa ragi terhadap pembuatan bioetanol dari biji durian. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(4), 45–53.
- Corin, C., & Tri, A. (2014). Produksi protein sel tunggal isolat khamir asal limbah pabrik kecap dengan metode co-culture. *Jurnal Biotropika*, 2(3), 181–185.
- Destyiana, T. (2015). *Analisa Kadar Protein pada Putih Telur Menggunakan Spektrofotometer Visibel*. Universitas Diponegoro.
- Dewi, E. M., Legowo, A., & M, I. (2015). Produksi Protein Sel Tunggal *Saccharomyces cerevisiae* pada Limbah Non Dairy Creamer Berdasarkan Berat Kering Sel dan Waktu Fermentasi. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan 2015*, 550–515.
- Djajakirana, G. (2003). Metode-Metode Penetapan Biomassa Mikroorganisme Tanah secara Langsung dan Tidak Langsung: Kelemaahn dan Keunggulannya (Direct and Indirect Methods of Soil Microbial-Biomass Determination: Weakness and Strength). *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 5(1), 29–38.
- Dunuweera, A. N., Nikagolla, D. N., & Ranganathan, K. (2021). Fruit waste substrates to produce single-cell proteins as alternative human food supplements and animal feeds using baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). *Journal of Food Quality*, 2021, 1–6.
- Edam, M. (2018). Variasi Lama Fermentasi Dengan Penambahan Nacl Terhadap Produksi Asam Laktat Dari Kubis (*Brassica Oleracea*). *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 10(1), 25–36.
- Eko, M. (2007). Budidaya Tanaman Sayuran Sawi Pakcoy. In *Jakarta: Swadaya*.
- Eriyanto, B. (2019). *Fasâd Al-Arđi Dalam Tafsir Al-Sya'rawi*. UIN Syarif Hidayatullah.
- Ernawati, F., Prihatini, M., & Yuriestia, A. (2016). Gambaran Konsumsi Protein Nabati Dan Hewani Pada Anak Balita Stunting Dan Gizi Kurang Di Indonesia (the Profile of Vegetable-Animal Protein Consumption of Stunting and Underweight Children Under Five Years Old in Indonesia). *Penelitian Gizi Dan Makanan (The Journal of Nutrition and Food Research)*, 39(2), 95–102.
- Fardiaz, D. S. (1992). *Mikrobiologi pangan 1*. PT Gramedia.
- Febriyanti, A. E., Sari, C. N., & Adisyahputra, A. (2016). Efektivitas Media Pertumbuhan Khamir Komersial (*Saccharomyces Cerevisiae*) Untuk

- Fermentasi Bioetanol Dari Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). *Bioma*, 12(2), 112–117.
- Fitri, A. S., & Fitriana, Y. A. N. (2020). Analisis Senyawa Kimia pada Karbohidrat. *Sainteks*, 17(1), 45–52.
- Fitriana, M. (2017). *Pengaruh Waktu Pemanenan Terhadap Produksi Glutathion Pada Saccharomyces Cerevisiae Wild Type Dan Overekspresi Gshi*. Universitas Brawijaya.
- Frederick, L. R. (1965). Microbial populations by direct microscopy. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 9, 1452–1459.
- Fuadi, M. (2017). Cara Pengawetan Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L) dengan Menggunakan Fermentasi Limbah Kubis (*Brassica oleracea*). *Agrintech: Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*, 1(1), 55–63.
- Gomashe, A. V, Pounikar, M. A., & Gulhane, P. A. (2014). Liquid whey: A potential substrate for single cell protein production from *Bacillus subtilis* NCIM 210. *International Journal of Life Sciences*, 2(2), 119–123.
- González-Camejo, J., Aparicio, S., Pachés, M., Borrás, L., & Seco, A. (2022). Comprehensive Assessment of the Microalgae-nitrifying Bacteria Competition in Microalgae-based Wastewater Treatment Systems: Relevant Factors, Evaluation Methods and Control Strategies. *Algal Research*, 61, 102563.
- Hafsan. (2011). *Mikrobiologi Umum* (M. K. Mustami (ed.); 1st ed.). Alauddin University Press.
- Harahap, M., Rahayu, Y. P., Lubis, M. S., & Yuniarti, R. (2024). Produksi Protein Sel Tunggal dari Kultur *Saccharomyces cerevisiae* dengan Medium Limbah Cair Tahu. *Vitalitas Medis: Jurnal Kesehatan Dan Kedokteran*, 1(2), 109–128.
- Harjono, I. (1996). Melirik Bisnis Tani Kubis Bunga: Sayur Mewah Komoditi Primadona Kaum Elit. In *CV Aneka Solo*.
- Hartanti, D., & Mawarni, D. R. M. (2020). Hubungan Konsumsi Buah dan Sayur serta Aktivitas Sedentari terhadap Kebugaran Jasmani Kelompok Usia Dewasa Muda. *Sport and Nutrition Journal*, 2(1), 1–9.
- Hartini, E., & Yulianto, Y. (2018). Kajian Dampak Pencemaran Lindi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Ciangir Terhadap Kualitas Air dan Udara. *Jurnal*

Siliwangi Seri Sains Dan Teknologi, 4(1), 27–32.

Haryanto, E., Suhartini, T., Rahayu, E., & Sunarjono, H. (2007). *Sawi dan Selada*. Penebar Swadaya.

Herawati, D. A., & Wibawa, A. A. (2019). Pengaruh Penambahan Molase pada produksi Bioethanol dari Limbah Padat Industri Pati Aren. *Biomedika*, 12(2), 197–204.

Hezarjaribi, M., Ardestani, F., & Ghorbani, H. R. (2016). Single cell protein production by *Saccharomyces cerevisiae* using an optimized culture medium composition in a batch submerged bioprocess. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 179(8), 1336–1345.

Hidayati, M., Sapalian, K. D., Febriana, I., & Bow, Y. (2022). Pengaruh pH dan Waktu Fermentasi Molase menjadi Bioetanol Menggunakan Bakteri EM4. *Publikasi Penelitian Terapan Dan Kebijakan*, 5(1), 33–40.

Hülßen, T., Hsieh, K., Lu, Y., Tait, S., & Batstone, D. J. (2018). Simultaneous treatment and single cell protein production from agri-industrial wastewaters using purple phototrophic bacteria or microalgae--a comparison. *Bioresource Technology*, 254, 214–223.

Inuhan, B., Arreneuz, S., & Wibowo, M. A. (2016). Optimasi produksi protein sel tunggal (PST) dari bakteri yang terdapat pada gastrointestinal (GI) ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan ikan kembung (*Scomber canagorta*). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(1), 24–26.

Janssen, M., Wijffels, R. H., & Barbosa, M. J. (2022). Microalgae based production of single-cell protein. *Current Opinion in Biotechnology*, 75, 1–8.

Juliastuti, H., Kes, M., Yuslianti, E. R., Rakhmat, I. I., Kes, M., Handayani, D. R., Kes, M., Prayoga, A. M., Ferdianti, F. N., Prastia, H. S., & others. (2021). *Sayuran Dan Buah Berwarna Merah, Antioksidan Penangkal Radikal Bebas*. Deepublish.

Khan, M., Khan, S. S., Ahmed, Z., & Tanveer, A. (2010). Production of single cell protein from *Saccharomyces cerevisiae* by utilizing fruit wastes. *Nanobiotechnica Universale*, 1(2), 127–132.

Khofiya, Z. N., Winarsa, R., & Muzakhar, K. (2019). Hidrolis Kulit Buah Kopi Oleh Kapang *Pestalotiopsis* sp. VM 9 Serta Pemanfaatan Hidrolisatnya

- Sebagai Medium Produksi Protein Sel Tunggal *Saccharomyces cerevisiae*. *BERKALA SAINSTEK*, 7(1), 19–23.
- Khotimah, D. F., Faizah, U. N., & Sayekti, T. (2021). Protein sebagai zat penyusun dalam tubuh manusia: tinjauan sumber protein menuju sel. *PISCES: Proceeding of Integrative Science Education Seminar*, 1(1), 127–133.
- Kurniawan, K., Lestari, S., & RJ, S. H. (2012). Hidrolisis Protein Tinta Cumi-cumi (*Loligo sp*) dengan Enzim Papain. *Jurnal Fishtech*, 1(1), 41–54.
- Kurniawati, A., Nugroho, A. S., & Kaswinarni, F. (2015). Dampak lindi TPA Jatibarang terhadap keanekaragaman dan kelimpahan plankton di perairan Sungai Kreo Kota Semarang. *Prosiding Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS*, 708–713.
- Kursia, S., Imrawati, I., Halim, A., Sasmita, S., & Hanifah, F. (2019). Identifikasi Biokimia dan Aktivitas Antibakteri Isolat Bakteri Asam Laktat dari Limbah Sayur Sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Kesehatan*, 51–60.
- Kustyawati, M. E. (2018). *Saccharomyces cerevisiae: Metabolit dan Agensia Modifikasi Pangan*. GRAHA ILMU.
- Lesmana, K. Y. P. (2014). Pentingnya Olahraga dan Kesehatan Gizi Bagi Keluarga dan Olahragawan. *Prosiding Seminar Nasional MIPA*, 373–388.
- Lubis, F. M., Daulay, A. S., & Haris Munandar Nasution, R. (2022). Optimasi Pembuatan Tepung Jagung Termodifikasi (Modified Corn Flour) Berdasarkan Kadar Protein Secara Fermentasi Dengan Bakteri Asam Laktat (BAL). *Journal of Health and Medical Science*, 1(3), 219–229.
- Maharani, D., & Hasan, Z. A. (2023). Pengaruh Replikasi Pemanasan Media Nutrient Agar Terhadap Nutrisi Media, pH Media dan Jumlah Koloni Bakteri. *Prosiding Asosiasi Institusi Pendidikan Tinggi Teknologi Laboratorium Medik Indonesia*, 2, 73–85.
- Mahdalina, M., Zarniyeni, Z., & Hafizah, N. (2019). Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kubis (*Brassica oleracea* L.) terhadap Berbagai Dosis Pupuk Kandang Kotoran Itik dengan Penambahan Abu Sekam pada Tanah Rawa Lebak. *Rawa Sains: Jurnal Sains STIPER Amuntai*, 9(1), 1–8.
- Maisaroh, S., Wijanarka, W., & Supriyadi, A. (2020). Kemampuan Memproduksi Inulinase Isolat Khamir Hasil Isolasi dari Nira Siwalan (*Borassus flabellifer*

- L.) dengan Variasi Konsentrasi. *NICHE Journal of Tropical Biology*, 3(1), 1–7.
- Mangelep, C., Wolayan, F. R., Imbar, M. R., & Untu, I. M. (2016). Penggantian sebagian pakan dengan tepung limbah sawi putih (*brassica pekinensia* l) terhadap performans broiler. *Zootec*, 37(1), 8–14.
- Maryana, L., Anam, S., & Nugrahani, A. W. (2016). Produksi protein sel tunggal dari kultur *Rhizopus oryzae* dengan medium limbah cair tahu. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy)(e-Journal)*, 2(2), 132–137.
- Masithoh, E. (2012). *Pengaruh Konsentrasi Sukrosa Terhadap Pertumbuhan Khamir Roti Saccharomyces Cerevisiae pada Media Bekatul dalam Produksi Protein Sel Tunggal*. UNS (Sebelas Maret University).
- Masniawati, A. (2016). Pengaruh Konsentrasi Gula dan Pacloburazol dalam Menginduksi Umbi Mikro Kentang *Solanum tuberosum* L. Varietas Atlantik secara In Vitro. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 2(1), 87–91.
- Maulinasari, D., Sugiharto, A., Khuzaimah, S., & Estiyantara, N. (2024). Pemanfaatan Cairan Asam Laktat dari Fermentasi Limbah Kubis (*Brassica Oleracea*) untuk Pengawetan Buah Tomat dan Anggur. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 3(1), 27–33.
- Milala, M. A., Yakubu, M., Burah, B., Laminu, H. H., & Bashir, H. (2018). Production and optimization of single cell protein from orange peels by *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Bioscience and Biotechnology Discovery*, 3(5), 99–104.
- Mohammadi, M., Samadi, S., & Najafpour Darzi, G. (2016). Production of single cell protein from sugarcane bagasse by *Saccharomyces cerevisiae* in tray bioreactor. *International Journal of Engineering*, 29(8), 1029–1036.
- Mujdalipah, S., & Putri, M. L. (2020). Utilization of pineapple peel and rice washing water to produce single cell proteins using *Saccharomyces cerevisiae*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 472(1), 1–7.
- Munfaridah, S. (2019). *Analisis Pola Distribusi Kubis (Brassica Oleracea) Berbasis Structure Conduct Performance (SCP) di Kecamatan Karangreja Kabupaten Purbalingga*. Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Napitupulu, K. J., Rahayu, Y. P., Nasution, H. M., & Lubis, M. S. (2024). Produksi

- Protein Sel Tunggal dari Kultur *Saccharomyces cerevisiae* dengan Medium Limbah Kulit Nanas (*Ananas comosus* L. MERR). *OBAT: Jurnal Riset Ilmu Farmasi Dan Kesehatan*, 2(2), 230–250.
- Nasseri, A. T., Rasoul-Amini, S., Morowvat, M. H., Ghasemi, Y., & others. (2011). Single cell protein: production and process. *American Journal of Food Technology*, 6(2), 103–116.
- Nurdin, E., & Anwar, A. T. (2021). Studi Pertumbuhan Jamur Pada Media Alternatif Sukun (*Artocarpus altilis*) Pada Sediaan Langsung dan Powder. *Jurnal Biocelbes*, 15(1), 21–29.
- Okamoto, T., Wei, X., Mehraj, H., Hossain, M. R., Akter, A., Miyaji, N., Takada, Y., Park, J.-I., Fujimoto, R., Nou, I.-S., & others. (2021). Chinese Cabbage (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis*) Breeding: Application of Molecular Technology. *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops: Volume 10: Leaves, Flowerheads, Green Pods, Mushrooms and Truffles*, 10, 59–94.
- Olivares-Marin, I. K., González-Hernández, J. C., Regalado-Gonzalez, C., & Madrigal-Perez, L. A. (2018). *Saccharomyces cerevisiae* Exponential Growth Kinetics in Batch Culture to Analyze Respiratory and Fermentative Metabolism. *Journal of Visualized Experiments*, 139, 1–10. <https://doi.org/10.3791/58192>
- Panda, H. (2011). The Complete Book on Wine Production. In *Niir Project Consultancy Services*. Niir Project Consultancy Services.
- Pang, W., Kim, Y.-Y., Li, X., Choi, S. R., Wang, Y., Sung, C., Im, S., Ramchiary, N., Zhou, G., & Lim, Y. P. (2015). Anatomic characteristics associated with head splitting in cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *PloS One*, 10(11), 1–12.
- Parkinson, D., & Paul, E. A. (1983). Microbial biomass. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 9, 821–830.
- Pawignya, H. (2011). Pembuatan Protein Sel Tunggal dari Limbah Nanas dengan Proses Fermentasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” 2011*, 1–5.
- Pelczar, M. J., Chan, E. C. S., & Hadioetomo, R. S. (1988). *Dasar-dasar*

- mikrobiologi*. Universitas Indonesia.
- Pontes, M. H., Sevostyanova, A., & Groisman, E. A. (2015). When too Much ATP is Bad for Protein Synthesis. *Journal of Molecular Biology*, 427(16), 2586–2594.
- Prasetya, H. A. (2019). *Welch Anova & Uji Games-Howell Sebagai Alternatif Kasus Heterogenitas Varians Pada Anova*. Universitas Gadjah Mada.
- Prasetyo, G. (2016). *Pengaruh Pemberian Rebusan Sayur Sawi Hijau (Brasiscarapa) Terhadap Kadar Glukosa Darah Pada Mencit (Mus musculus)*. Universitas Muhammadiyah Surabaya.
- Pudjihastuti, I., Margaretha, T. S., Wahyuningsih, W., & Supriyo, E. (2014). Optimasi Produksi Protein Sel Tunggal dari Bagase Terhidrolisa dengan Fermentasi Oleh *Saccaromyces Cereviceae*. *METANA*, 8(02), 18–24.
- Purwoko, T. (2009). *Fisiologi Mikroba*. Bumi Aksara.
- Putera, Ri. I. (2018). *Uji Kemampuan Bakteri Burkholderia pseudomallei untuk Menyisihkan Logam Besi (Fe)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Putri, M. A. (2018). Uji Daya Hasil Tanaman Sawi Putih (*Brassica rapa* L. Ssp. *Pekinensis*) di Dataran Tinggi. In *Universitas Brawijaya*. Universitas Brawijaya.
- Rahmah, A., Izzati, M., & Parman, S. (2014). Pengaruh pupuk organik cair berbahan dasar limbah sawi putih (*Brassica Chinensis* L.) terhadap pertumbuhan tanaman jagung manis (*Zea Mays* L. Var. *Saccharata*). *Anatomi Fisiologi*, 22(1), 65–71.
- Rasmito, A., Hutomo, A., & Hartono, A. P. (2019). Pembuatan pupuk organik cair dengan cara fermentasi limbah cair tahu, starter filtrat kulit pisang dan kubis, dan bioaktivator EM4. *Jurnal Iptek*, 23(1), 55–62.
- Rasouli, Z., Valverde-Pérez, B., D'Este, M., De Francisci, D., & Angelidaki, I. (2018). Nutrient recovery from industrial wastewater as single cell protein by a co-culture of green microalgae and methanotrophs. *Biochemical Engineering Journal*, 134, 129–135.
- Ravimannan, N., Arulanantham, R., Pathmanathan, S., Niranjana, K., & others. (2014). Alternative culture media for fungal growth using different formulation of protein sources. *Annals of Biological Research*, 5(1), 36–39.

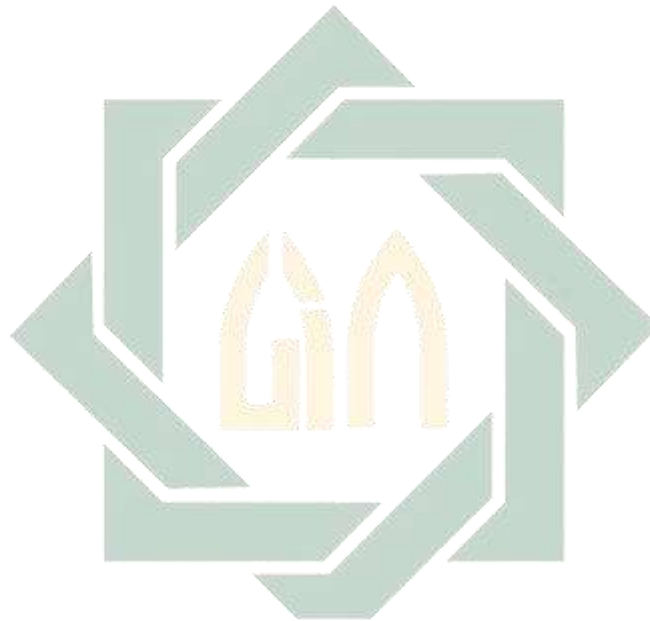
- Rofiqoh, S. (2016). *Pengaruh Penggunaan Protein Sel Tunggal Saccharomyces Cerevisiae Dan Candida Utilis Dalam Pakan Burung Puyuh Terhadap Bobot Telur, Volume Putih Dan Kuning Telur, Warna Kuning Telur*. Universitas Brawijaya.
- Roni, K. A., & Herawati, N. (2012). Uji Kandungan Asam Laktat di Dalam Limbah Kubis dengan Menggunakan NaCl dan CaCl₂. *Berkala Teknik*, 2(4), 320–333.
- Rudi, K. (2023). *Biokimia* (Z. Arifin (ed.); Edisi ke s). Karya Bakti Makmur.
- Sa'adah, N. (2018). *Pembiakan Khamir Saccharomyces cerevisiae dan Uji Antagonis Terhadap Gloeosporium Sp. Penyebab Penyakit Busuk Buah pada Apel*. Universitas Brawijaya.
- Salazar-López, N. J., Barco-Mendoza, G. A., Zúñiga-Martínez, B. S., Domínguez-Avila, J. A., Robles-Sánchez, R. M., Ochoa, M. A. V., & González-Aguilar, G. A. (2022). Single-cell protein production as a strategy to reincorporate food waste and agro by-products back into the processing chain. *Bioengineering*, 9(11), 1–13.
- Salim, A. A. (2022). Perumpamaan “Nyamuk” Di Dalam Al-Qur’an. *Jurnal Asy-Syukriyyah*, 23(2), 203–216. <https://doi.org/10.36769/asy.v23i2.235>
- Sampurna, I. P. (2013). Kebutuhan Nutrisi Ternak. In *Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Udayana*.
- Sanjaya, E. M., Tobing, M. C., & Lisnawati, L. (2018). Toksisitas Metabolit Skunder Penicillium Sp. Pada Berbagai Mediakultur Untuk Mengendalikan Spodoptera Sp. In Vitro. *Talenta Conference Series: Agricultural and Natural Resources (ANR)*, 1(1), 131–137.
- Santosa, B., Wirawan, W., & Muljawan, R. E. (2019). Pemanfaatan Molase sebagai Sumber Karbon Alternatif dalam Pembuatan Nata de Coco. *Teknologi Pangan: Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 10(2), 61–69.
- Saputra, A. (2014). Pengaruh Pemberian Jus Tempe terhadap Status Gizi Anak Batita Kekurangan Energi Protein di Wilayah Kerja Puskesmas Bajeng Kecamatan Bajeng Kabupaten Gowa Tahun 2014. In *Undergraduate (S1) Thesis*. Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar.
- Sasmita, A. H., Sapriati, A. N., & Kursia, S. (2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri

- Asam Laktat dari LIUR BASA (Limbah Sayur Bayam dan Sawi). *As-Syifaa*, 10(2), 141–151.
- Schaechter, M. (2012). *Eukaryotic microbes*. Academic Press.
- Shahruzzaman, Hossain, S., Ahmed, T., Kabir, S. F., Islam, M. M., Rahman, A., Islam, M. S., Sultana, S., & Rahman, M. M. (2022). Biological Macromolecules as Antimicrobial Agents. *Bioactivity and Biomedical Applications*, 165–202.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323857598000075>
- Solomon, E. P., Berg, L. R., & Martin, D. W. (2010). *Biology* (9th Editio). Cengage Learning.
- Stevenson, K., McVey, A. F., Clark, I. B. N., Swain, P. S., & Pilizota, T. (2016). *General Calibration of Microbial Growth in Microplate Readers*. *Sci Rep* 6: 38828.
- Suhariati, A. (2015). *Produksi Bioetanol Oleh Saccharomyces cerevisiae Strain FNCC 3210 dan ATCC 9763 pada Media Molases*. Universitas Jember.
- Sundari, D., Almasyhuri, A., & Lamid, A. (2015). Pengaruh Proses Pemasakan terhadap Komposisi Zat Gizi Bahan Pangan Sumber Protein. *Media Penelitian Dan Pengembangan Kesehatan*, 25(4), 235–242.
- Suryanto, E., & Taroreh, M. R. I. (2019). Ultrasound-assisted Extraction Antioksidan Serat Pangan dari Tongkol Jagung (*Zea mays* L.). *Chemistry Progress*, 12(2), 104–110.
- Utama, C. S., & Mulyanto, A. (2009). Potensi limbah pasar sayur menjadi starter fermentasi. *Jurnal Kesehatan*, 2(1), 6–13.
- Utama, C. S., Sulistiyanto, B., & Ginting, K. N. C. (2020). Total jamur dan identifikasi yeast pada limbah kubis fermentasi dengan penambahan vitamin dan mineral. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Peternakan Tropis*, 7(3), 196–202.
- Utama, C. S., Sulistiyanto, B., & Setiani, B. E. (2013). Profil mikrobiologis pollard yang difermentasi dengan ekstrak limbah pasar sayur pada lama peram yang berbeda. *Jurnal Agripet*, 13(2), 26–30.
- Uthami, F. N., & Irdawati, I. (2024). Analisis Karakteristik Pola Pertumbuhan Bakteri Termofilik Isolat MS-17 dari Sumber Air Panas Mudiak Sapan. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(2), 17109–17114.

- Venkateshwar, M., Chaitanya, K., Altaf, M., Mahammad, E. J., Bee, H., & Reddy, G. (2010). Influence of Micronutrients on Yeast Growth and β -D-fructofuranosidase Production. *Indian Journal of Microbiology*, 50(1), 325–331.
- Vestimarta, A. W., & Irdawati, I. (2024). Profil Kurva Pertumbuhan Bakteri Termofilik Isolat Bakteri SSA-8 dari Sumber Air Panas Sapan Sungai Aro. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1), 15802–15808.
- Wang, Y., Wu, F., Bai, J., & He, Y. (2014). Brp SPL 9 (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis* SPL 9) controls the earliness of heading time in Chinese cabbage. *Plant Biotechnology Journal*, 12(3), 312–321.
- Wardhana, A. H. (2016). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) sebagai sumber protein alternatif untuk pakan ternak. *Wartazoa*, 26(2), 69–78.
- Warmadewanthi, I., & Naufal, M. (2015). Pengaruh Penambahan Nitrogen dalam Produksi Bioetanol dari Molase Tebu dengan Metode Simultaneous Saccharification And Fermentation (SST) Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae*. *Jurnal Purifikasi*, 15(1), 41–52.
- Widanti, A., & Susilawati, L. (2011). Optimasi Waktu Pertumbuhan Yeast *Saccharomyces cerevisiae* 3005 pada Substrat Limbah Cair Tahu (Kajian Awal Potensinya dalam Memproduksi Protein Sel Tunggal). *Prosiding Seminar Biologi*, 8(1), 478–480.
- Widodo, S. S., Susanto, J., Subagyo, Y., Syamsi, A. N., & Ifani, M. (2022). Kajian Metode Titration Formol dalam Pengukuran Protein Susu Segar Melalui Validasi Metode Analisis (VMA). *ANGON: Journal of Animal Science and Technology*, 4(3), 303–309.
- Widodo, W. (2009). Ketahanan pakan unggas di tengah krisis pangan. *Jurnal Salam*, 12(1), 107–124.
- Wikanastri, H., Suyanto, A., & Utama, C. S. (2012). Aplikasi proses fermentasi kulit singkong menggunakan starter asal limbah kubis dan sawi pada pembuatan pakan ternak berpotensi probiotik. *Seminar Hasil-Hasil Penelitian – LPPM UNIMUS 2012*, 1(1), 281–288.
- Wu, Y., Li, B., Miao, B., Xie, C., & Tang, Y. Q. (2022). *Saccharomyces cerevisiae* Employs Complex Regulation Strategies to Tolerate Low pH Stress during

Ethanol Production. *Microbial Cell Factories*, 21(1), 1–16.
<https://doi.org/10.1186/s12934-022-01974-3>

Yurliasni, Y., & Zakaria, Y. (2013). Kajian Penambahan Khamir *Kluyveromyces Lactis*, *Candida Curiosa* Dan *Brettanomyces Custersii* Asal Dadih Terhadap Konsentrasi Asam-asam Amino, Lemak, Organik Dan Karbohidrat Susu Kerbau Fermentasi (Dadih). *Bionatura*, 15(1), 54–59.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A