

**PRODUKSI BIOETANOL DARI AIR KELAPA (*Cocos nucifera* L.)
MENGUNAKAN STARTER DARI BEBERAPA JENIS TAPAI**

**RAHMA LAILA FITRI
D1C121063**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JAMBI
2025**

**PRODUKSI BIOETANOL DARI AIR KELAPA (*Cocos nucifera* L.)
MENGUNAKAN STARTER DARI BEBERAPA JENIS TAPAI**

**RAHMA LAILA FITRI
D1C121063**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknologi Pertanian pada Fakultas Pertanian Universitas Jambi**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JAMBI
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Produksi Bioetanol dari Air Kelapa (*Cocos nucifera* L.) Menggunakan Starter dari Beberapa Jenis Tapai” oleh Rahma Laila Fitri D1C121063, telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal 7 Juli 2025 dihadapan tim penguji yang terdiri atas :

Ketua : Dr. Ir. Sahrial, M.Si.
Sekretaris : Rudi Prihantoro, S.TP., M.Sc.
Penguji Utama : Yernisa, S.TP., M.Si.
Penguji Anggota : Latifa Aini, M.T.P.

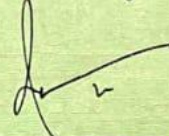
Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Sahrial, M.Si.
NIP. 196611031992031005

Dosen Pembimbing II



Rudi Prihantoro, S.TP., M.Sc.
NIP. 198909182024061001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian



Dr. Fitry Tafzi, S.TP., M.Si.
NIP. 197209031999032004

Tanggal Ujian Skripsi : 07 Juli 2025

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Produksi Bioetanol dari Air Kelapa (*Cocos nucifera* L.) Menggunakan Starter dari Beberapa Jenis Tapai” oleh Rahma Laila Fitri D1C121063, telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal 7 Juli 2025 dihadapan tim penguji yang terdiri atas :

Ketua : Dr. Ir. Sahrial, M.Si.

Sekretaris : Rudi Prihantoro, S.TP., M.Sc.

Penguji Utama : Yernisa, S.TP., M.Si.

Penguji Anggota : Latifa Aini, M.T.P.

Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Sahrial, M.Si.
NIP. 196611031992031005

Dosen Pembimbing II



Rudi Prihantoro, S.TP., M.Sc.
NIP. 198909182024061001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian



Dr. Fitry Tafzi, S.TP., M.Si.
NIP. 197209031999032004

Tanggal Ujian Skripsi : 07 Juli 2025

RIWAYAT HIDUP



Rahma Laila Fitri Lahir di Tanjung Pucuk Jambi, Tepatnya pada tanggal 2 Desember 2002. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak **Miskaini** dan Ibu **Sri Rezeki**. Penulis memulai pendidikan di TK Pertiwi Desa Tanjung Pucuk Jambi pada tahun 2008, kemudian melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 58/VIII Tanjung Pucuk Jambi dan lulus pada tahun 2015. Kemudian penulis melanjutkan ke sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Koto Salak dan lulus pada tahun 2018 kemudian melanjutkan ke sekolah menengah atas di SMA

Negeri 1 Koto Baru Dharmasraya dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun 2021 penulis diterima di Prodi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Jambi melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama perkuliahan penulis dibimbing oleh Dosen Pembimbing Akademik Yaitu Bapak Rudi Prihantoro, S.TP., M.Sc.

Selama masa perkuliahan, Penulis aktif sebagai anggota dalam Unit Kegiatan Mahasiswa *Entrepreneur* pada tahun 2021 – 2023. Penulis juga merupakan penerima dana pada Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) dengan judul “Stick Ubi Ungu” pada tahun 2022. Penulis dinyatakan lulus pada Program Pertukaran Mahasiswa Merdeka (PMM) Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) di Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang pada tahun 2023.

Pada 2024 penulis dinyatakan lulus pada program Magang dan Studi Independen Bersertifikat (MSIB) Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) di PT Gunung Sejahtera Ibu Pertiwi – Agro Menara Sejahtera, Kalimantan Tengah, Astra Agro Lestari dibawah naungan PT Astra Internasional Tbk. dan melaksanakan kegiatan Magang pada 7 Maret - 25 Juni 2024. Pada tanggal 24 Juli 2024 penulis melaksanakan Seminar Magang dengan Judul “Perbandingan Efektivitas Kubota dan Graber sebagai Alat Angkut Tandan Buah Segar (TBS) dari Tempat Pengumpulan Hasil (TPH) Ke Bin Di PT Agro Menara Rachmat Kalimantan Tengah”.

Pada hari Senin tanggal 7 Juli 2025 penulis dinyatakan lulus dengan Skripsi yang berjudul “Produksi Bioetanol dari Air Kelapa (*Cocos nucifera* L.) Menggunakan Starter dari Beberapa Jenis Tapai” dibawah bimbingan Bapak Dr. Ir. Sahrial, M.Si dan Bapak Rudi Prihantoro, S.TP., M.Sc.

MOTTO

Allah Subhanahu Wa Ta'ala Tak Pernah Menjanjikan Kesulitan Itu Akan Berakhir,
Namun Dua Kali Allah Katakan Didalam Al-Quran Bahwa :

“ Maka Sesungguhnya Bersama Kesulitan Pasti Ada Kemudahan, dan
Sesungguhnya Bersama Kesulitan Pasti Ada Kemudahan ”

(Al – Insyirah : 5-6)

“ Ketika kamu ikhlas menerima semua kekecewaan hidup, maka Allah akan
membayar tuntas semua kecewamu itu dengan ribuan kebaikan – Nya.
Segala sesuatu yang baik untukmu, tidak akan pernah melewatkanmu kecuali
akan diganti dengan yang lebih baik lagi. Karena Allah tak akan menyegerakan
sesuatu kecuali itu yang terbaik dan tidak pula melambatkan sesuatu kecuali itu
yang terbaik ”

(Ali Bin Abi Thalib)

“ Diperjumpakan dengan Akhir dan Kerampungan, Kita Akan Usai dan
Menyambut Garis Selesai”

“ Perang Telah Usai, Aku Bisa Pulang.
Kubaringkan Panah, dan Berteriak ‘MENANG’ ”

(Nadin Hamizah)

“ Mengering Sumurku Terisi Kembali, Ku Temukan Makna Hidupku Disini ”
“Semua Jatuh Bangunmu Hal Yang Biasa, Angan dan Pertanyaan Waktu Yang
Menjawabnya, Berikan Tenggat Waktu Bersedihlah Secukupnya.

Rayakan Perasaanmu Sebagai Manusia ”

(Baskara Putra – Hindia)

“ Aku Harus Kaya untuk Membeli Mulut Orang Yang Menghina Keluargaku ”
(Rahma Laila Fitri, 2021)

“ Mustahil Allah Membawamu Sejauh Ini Hanya Untuk Gagal ”
Because Allah its The Best Planner In Our Life

Iam So Proud Of Me. You Did Well

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmaanirrahim

Dengan mengucapkan Alhamdulillahirabbil ‘Alamin Segala Puji dan Syukur tak henti – hentinya penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta’ala yang telah memberikan Karunia, Pertolongan, Kekuatan, Kemudahan dan Kesempatan kepada penulis sehingga penulis mampu bertahan hingga detik ini dan menyelesaikan penulisan Skripsi ini diwaktu yang tepat. Kebahagiaan ini diperoleh tidak lepas dari doa, bantuan, dukungan dan semangat dari berbagai pihak dalam kehidupan penulis selama masa perkuliahan sampai selesainya penulisan skripsi ini.

Tidak ada lembar paling indah dalam skripsi ini kecuali lembar persembahan. Oleh Karenanya Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Cinta Pertama dan Superheroku, Ayahanda **Miskaini**, Terimakasih telah memberikan cinta, kasih sayang yang tiada hingga kepada penulis hingga detik ini, setiap keringat, kerja keras tanpa henti yang engkau lakukan mampu mengantarkan anakmu hingga mendapat gelar sarjana. Terimakasih atas setiap dukungan dan semangat yang senantiasa menjadi alasan penulis bertahan hingga detik ini. Ayah harus selalu mendampingi penulis disetiap perjalanan hidup. *I Love You More*. Semoga Allah selalu memberikan Ayah umur yang panjang, kesehatan dan rezeki yang tiada hingga. Aamiin
2. Pintu Surgaku, Ibunda **Sri Rezeki**, Terimakasih atas semua doa yang tak pernah terputus yang engkau panjatkan agar penulis mampu bertahan dan menghadapi setiap tantangan hidup. Terimakasih atas cinta dan kasih sayang yang tiada putus engkau curahkan kepada penulis hingga penulis sampai dititik ini. Mak Terimakasih juga selalu menelepon setiap hari hanya untuk memastikan anak mu selalu sehat dan baik diperataan setiap detiknya. Mungkin kalau bukan karena doamu penulis tidak akan mampu bertahan hingga detik ini. Mak harus selalu ada disemua pencapaian yang ada dalam perjalanan hidup penulis. *I love You More*. Semoga Allah senantiasa memberikan kesehatan dan umur yang panjang kepada mak. Aaminn
3. Kedua Adik Tersayang, **Diego Azzizurrahman** dan **Rifqy Hamizan Kaini**, Terimakasih sudah menjadi pelipur lara dan tawa yang kalian berikan

dirumah, kalian adalah salah satu alasan penulis untuk menjadi lebih baik kedepannya. Tumbuhlah lebih baik, kejar semua impian kalian inginkan, uni selalu ada dibelakang. Maaf jika penulis belum menjadi kakak yang baik. Semoga Allah senantiasa memberikan kalian kelancaran untuk meraih semua mimpi yang kalian inginkan. Aamiin

4. Untuk Almarhum Kakekku **H. Latif** dan **Marasad**, serta Nenek **Sumiati** dan Almarhumah **Syamsidar**, Terimakasih sudah menyayangiku dengan sepenuh hati, Skripsi ini selesai juga berkat doa dan semangat yang kalian berikan. Juga untuk paman tercintaku **Taswan**, semoga engkau bangga kepadaku diatas sana, keponakan yang engkau sayangi sudah menjadi sarjana sekarang. Semoga Allah melapangkan kubur kalian dan menempatkan kalian ditempat terbaik disisinya, juga semoga Allah selalu memberikan kesehatan dan umur yang panjang kepada nenek **Sumiati** untuk terus ada disetiap perjalanan hidup penulis. Aamiin
5. Teruntuk semua keluarga besar yang tak dapat disebutkan satu – persatu, terimakasih sudah mendoakan penulis untuk sampai dititik ini
6. Bapak **Dr. Ir. Sahrial, M.Si** dan Bapak **Rudi Prihantoro, S.TP, M.Sc** selaku dosen pembimbing skripsi penulis, Terimakasih atas waktu, bimbingan, saran dan arahan yang tiada henti bapak berikan hingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Terimakasih juga penulis ucapkan kepada ibu **Yernisa, S.TP., M.Si** dan ibu **Latifa Aini, M.T.P** selaku dosen penguji skripsi penulis, terimakasih untuk koreksi dan saran yang ibu berikan untuk skripsi ini agar lebih baik kedepannya. Semoga Allah selalu melimpahkan kesehatan, umur yang panjang dan rezeki yang lancar kepada bapak dan ibu. Aamiin
7. Bapak **Rudi Prihantoro, S.TP, M.Sc**, selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis selama perkuliahan, Terimakasih atas waktu, bimbingan, arahan, semangat, perhatian serta candaan bapak kepada penulis selama masa perkuliahan hingga selesainya penulisan skripsi ini. Semoga Allah membalas semua kebaikan yang bapak berikan dan memberikan bapak kesehatan, umur yang panjang dan rezeki yang tiada putusnya. Aamiin

8. Bapak ibu dosen dan staff Jurusan Teknologi Pertanian dan Terkhusus Prodi Teknologi Industri Pertanian, terimakasih untuk didikan selama 4 tahun perkuliahan, semoga Allah senantiasa memberikan kesehatan bapak dan ibu. Aamiin
9. Teruntuk Sahabat penulis, **Tamara Tambunan, Yuli Fitriani, Kiel Saragih, Rice Silvia**, Terimakasih sudah mendengarkan keluh kesah penulis selama perkuliahan hingga berakhirnya penulisan skripsi ini, Terimakasih sudah menghibur penulis disaat penulis merasa dibawah, Semoga Tuhan membalas semua kebaikan kalian dan memberikan kalian kekuatan disetiap perjalanan kalian. Aamiin
10. Teruntuk Teman – teman TIP angkatan 2021, terimakasih atas semua bantuan yang telah diberikan, semoga teman-teman diberikan kelancaran dalam penulisan skripsi, diberikan kekuatan yang tiada henti.
11. Teruntuk **Jodoh** Penulis dimasa depan kelak, namamu belum tertulis dengan jelas disini namun tertulis jelas di *Lauhul Mahfudz*. Terimakasih sudah menjadi motivasi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dan juga satu hal untuk memantaskan diri menjadi pribadi yang lebih baik kedepannya sebelum akhirnya bertemu denganmu. Entah dibagian bumi mana engkau berada, namun seperti kata BJ Habibie “Jika memang dia dilahirkan untuk saya, kamu jungkir balikpun tetap akan saya yang dapat”
12. *Last but not least, i wanna thank to my self*, **Rahma Laila Fitri** Terimakasih atas kerja keras yang telah engkau lakukan, Terimakasih atas semua luka yang kau simpan sendiri, ruang ikhlas yang masih engkau sisakan. Penulis bangga dengan diri sendiri, semoga penulis tetap punya alasan kecil untuk terus bertahan. Berbahagialah dan Tetap rayakan dirimu sendiri.

Dengan selesainya skripsi ini Semoga kalian semua bangga kepada penulis.

With Love Rahma Laila Fitri, 2025

RAHMA LAILA FITRI. D1C121063. Produksi Bioetanol dari Air Kelapa (*Cocos nucifera* L.) Menggunakan Starter dari Beberapa Jenis Tapai.
Pembimbing : Dr. Ir. Sahrial, M.Si. dan Rudi Prihantoro, S.TP., M.Sc.

RINGKASAN

Bioetanol (C_2H_5OH) adalah senyawa etanol yang diperoleh dari pengolahan biomassa (tanaman) yang mengandung gula, pati, atau selulosa melalui proses biologis seperti enzimatis dan fermentasi. Bioetanol merupakan jenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tidak berwarna dan merupakan alkohol yang paling umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Bioetanol dari air kelapa diperoleh melalui proses fermentasi menggunakan ragi yang kemudian akan dilakukan pemurnian dan didapatkan bioetanol murni. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh starter dari beberapa jenis tapai terhadap bioetanol dari air kelapa dan untuk mengetahui starter dari beberapa jenis tapai yang menghasilkan bioetanol dari air kelapa paling optimal.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan pada masing-masing penambahan starter dari beberapa jenis tapai dengan 4 taraf perlakuan yaitu P1 (Starter dari Tapai Singkong) P2 (Starter dari Tapai Ketan Hitam) P3 (Starter dari Tapai Ketan Putih) P4 (Starter dari Tapai Beras) setiap taraf perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 16 satuan percobaan. Adapun prosedur penelitian yaitu meliputi persiapan bahan baku, pembuatan tapai, pembuatan ragi dari tapai, sterilisasi, fermentasi dan pemurnian. Parameter yang diamati dalam penelitian ini yaitu Kadar Gula Pada Air Kelapa, Kadar Etanol, Nilai pH, dan Rendemen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Starter dari beberapa jenis tapai berpengaruh sangat nyata terhadap kadar etanol, dan rendemen, berpengaruh nyata terhadap pH, namun tidak berpengaruh nyata terhadap kadar gula pada air kelapa. Pada penelitian ini perlakuan terbaik dalam menghasilkan bioetanol dari air kelapa adalah P1 (Starter dari Tapai singkong) dengan kadar etanol 9,50% , pH 3,53, dan rendemen 12,79%.

Kata Kunci : *Air Kelapa, Bioetanol, Tapai*

KATA PENGANTAR

Pertama penulis ucapkan Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul **“Produksi Bioetanol dari Air Kelapa (*Cocos nucifera* L.) Menggunakan Starter dari Beberapa Jenis Tapai”**.

Skripsi ini dapat diselesaikan berkat doa, arahan, motivasi, nasehat serta dukungan dari berbagai pihak sehingga penulisan skripsi ini dapat selesai. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Forst Bambang Irawan, S.P., M.Sc., IPU selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jambi.
2. Ibu Dr. Fitry Tafzi, S.TP., M.Si selaku Ketua Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Jambi.
3. Ibu Yernisa, S.TP., M.Si selaku Ketua Program Studi Teknologi Industri Pertanian Universitas Jambi.
4. Bapak Dr. Ir. Sahrial, M.Si., dan Bapak Rudi Prihantoro, S.TP., M.Sc selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberi bimbingan, saran, arahan, dan masukan dalam penulisan skripsi.
5. Bapak Rudi Prihantoro, S.TP., M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, saran, arahan dan masukan selama perkuliahan.
6. Ibu Yernisa, S.TP., M.Si. dan Ibu Latifa Aini M.T.P. selaku Dosen Penguji Skripsi yang telah memberikan saran dan perbaikan untuk skripsi ini agar lebih baik.
7. Kepala beserta Staf Laboratorium APHP Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jambi.
8. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Jambi

Demikian skripsi ini penulis buat, Penulis menyadari masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik untuk menyempurnakan dan perbaikan lebih lanjut skripsi ini.

Jambi, 14 Juli 2025

Rahma Laila Fitri

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kelapa.....	4
2.2 Air Kelapa.....	4
2.3 Bioetanol.....	5
2.4 Tapai.....	8
2.5 Kandungan Gizi.....	9
2.6 Ragi.....	10
2.7 NPK.....	12
2.8 Fermentasi.....	12
2.9 Pemurnian.....	14
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Waktu dan Tempat.....	15
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Rancangan Penelitian.....	15
3.4 Pelaksanaan Percobaan.....	15
3.5 Parameter Yang Diamati.....	18
3.6 Analisa data.....	19
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Kadar Gula pada Air Kelapa.....	20
4.2 Kadar Etanol.....	20
4.3 Nilai pH.....	22
4.4 Rendemen.....	25
BAB V. PENUTUP.....	28
5.1 Kesimpulan.....	28
5.2 Saran.....	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29
LAMPIRAN.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi yang terdapat dalam air kelapa (dalam 100 g).....	5
2. SNI Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Minyak.....	6
3. Sifat fisika dan kimia etanol.....	8
4. Kandungan Karbohidrat pada Bahan Baku Pembuatan Tapai	9
5. Nilai Rata-rata Kadar Etanol Pada Bioetanol dari Air Kelapa pada Berbagai Perlakuan	20
6. Nilai Rata-rata pH Pada Larutan Bioetanol dari Air Kelapa pada Berbagai Perlakuan	23
7. Nilai Rata-rata Rendemen Pada Larutan Bioetanol dari Air Kelapa pada Berbagai Perlakuan.....	25
8. Hasil Perhitungan Perlakuan Terbaik	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Grafik Nilai Rata-rata Kadar Etanol (%) pada Bioetanol dari Air Kelapa	22
2. Grafik Nilai Rata-rata pH pada Bioetanol dari Air Kelapa	24
3. Grafik Nilai Rata-rata Rendemen (%) pada Bioetanol dari Air Kelapa	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram Alir Persiapan Bahan Baku Air Kelapa	35
2. Diagram Alir Pembuatan Ragi dari Tapai	36
3. Diagram Alir Pembuatan Bioetanol Air Kelapa	37
4. Data Perhitungan Bahan Baku	38
5. Data Hasil Pengamatan dan Sidik Ragam Kadar Gula	39
6. Data Hasil Pengamatan dan Sidik Ragam Kadar Etanol	40
7. Data Hasil Pengamatan dan Sidik Ragam Nilai pH	42
8. Data Hasil Pengamatan dan Sidik Ragam Rendemen	44
9. Tabel Konversi Berat Jenis Alkohol	46
10. Dokumentasi Penelitian	47

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa (*Cocos nucifera* L.) merupakan sumber daya alam Indonesia yang sangat potensial. Pohon kelapa dapat tumbuh dengan baik di hampir seluruh wilayah Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik (2023) total luas areal perkebunan kelapa di Indonesia yaitu 3.331.000 Ha. Di Provinsi Jambi, terdapat perkebunan kelapa seluas 115.000 Ha, yang tersebar hampir di seluruh wilayah Provinsi Jambi (Badan Pusat Statistik, 2023).

Kelapa (*Cocos nucifera* L.) dijuluki sebagai *tree of life* atau pohon kehidupan karena hampir semua bagiannya dapat dimanfaatkan. Pengolahan kelapa secara industri menyisakan air kelapa yang tidak dimanfaatkan atau dibuang (Malle dkk, 2014). Limbah air kelapa tua biasanya akan dibuang begitu saja ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga dapat mengakibatkan di antaranya polusi asam asetat yang terjadi karena fermentasi limbah air kelapa tua tersebut (Mukti dkk, 2013).

Kandungan dari air kelapa adalah zat gizi, berupa protein 0,2%, lemak 0,15%, karbohidrat 7,27%, gula, vitamin, elektrolit dan hormon pertumbuhan. Air kelapa umumnya mengandung 4% gula yang terdiri dari glukosa, fruktosa, sukrosa, maltosa dan xilosa (Child dan Nathanal, 2016). Kandungan gula – gula sederhana di dalam air kelapa dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi.

Bioetanol (C_2H_5OH) adalah senyawa etanol yang diperoleh dari pengolahan biomassa (tanaman) yang mengandung gula, pati, atau selulosa melalui proses biologis seperti enzimatik dan fermentasi (Effendi, 2012). Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang diolah oleh tanaman melalui proses fermentasi glukosa menggunakan bantuan khamir, dimana memiliki keunggulan mampu mengurangi emisi CO_2 hingga 18%. Ada 3 kelompok tanaman sumber bioetanol, yaitu tanaman yang mengandung pati (seperti singkong, kelapa sawit, kelapa, kapuk, jarak pagar, rambutan, dan malapari), mengandung glukosa (seperti tetes tebu, nira aren, nira tebu, air kelapa dan nira getah manis) dan serat selulosa (seperti batang sorgum, batang pisang, jerami, kayu dan ampas tebu) (Arif, 2011). Etanol biasa dan

bioetanol, umumnya tidak memiliki perbedaan, namun jika dipelajari lebih lanjut perbedaan antara keduanya terdapat pada bahan baku dan proses pembuatannya. Etanol merupakan jenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tidak berwarna dan merupakan alkohol yang paling umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Anwar dkk, 2020).

Untuk memperoleh bioetanol yang terdapat pada air kelapa dilakukan melalui proses fermentasi. Fermentasi merupakan reaksi biokatalis yang digunakan untuk mengkonversi bahan baku yang berupa substrat dengan bantuan enzim dari mikroba menjadi suatu produk baru. Dalam proses fermentasi, salah satu faktor yang mempengaruhi kadar etanol adalah jenis ragi yang digunakan. Ragi dipilih sebagai substrat dalam pembuatan bioetanol karena harganya yang terjangkau, mudah didapat, dan efisien dalam penggunaannya (Rahmadina, 2019). Ragi umumnya mengandung khamir yang melakukan fermentasi dan menjadi media pertumbuhan untuk khamir tersebut. Media biakan ini dapat berbentuk butiran-butiran kecil atau cairan nutrien. Ragi biasanya digunakan dalam industri makanan untuk membuat makanan dan minuman hasil fermentasi seperti acar, tempe, tapai, roti, dan bir.

Saccharomyces cerevisiae adalah jenis ragi yang efektif dalam mengubah gula menjadi bioetanol. *Saccharomyces cerevisiae* adalah genus ragi yang mampu mengubah glukosa menjadi alkohol dan CO₂. *Saccharomyces cerevisiae* adalah mikroorganisme bersel tunggal yang tidak memiliki klorofil, termasuk dalam kelompok *Eumycetes*. *Saccharomyces cerevisiae* tumbuh optimal pada suhu 30°C dan pH 4,8. Kelebihan *Saccharomyces cerevisiae* dalam proses fermentasi meliputi proliferasi cepat, toleransi terhadap kadar alkohol tinggi, tahan terhadap suhu tinggi, stabilitas dan adaptasi yang cepat (Yuniarti dkk, 2018).

Saccharomyces cerevisiae merupakan salah satu khamir yang berperan pada fermentasi pembuatan tapai. Jenis tapai yang banyak ditemukan di Indonesia antara lain tapai singkong, tapai ketan, tapai ubi, tapai beras, dan tapai sorgum. Proses fermentasi tapai melibatkan mikroba yang memecah pati dalam bahan menjadi gula dan kemudian menjadi alkohol serta asam, memberikan Tapai rasa dan aroma yang khas. Pada saat tapai sudah selesai fermentasi, mikroba pada proses fermentasi masih aktif, meskipun jumlahnya tidak sebanyak pada awal fermentasi. Biasanya, tapai yang sudah selesai fermentasi masih mengandung mikroba hidup yang dapat terus

berkembang jika tapai tidak disimpan dengan benar. Mikroba yang tersisa pada proses fermentasi tapai masih dapat dimanfaatkan untuk proses fermentasi kembali dengan penanganan khusus.

Beberapa penelitian tentang bioetanol dari air kelapa yang dilakukan yaitu oleh Malle dkk, (2014) tentang pembuatan bioetanol dari air kelapa melalui proses fermentasi mendapatkan hasil kadar bioetanol 73 % dengan penambahan ragi 8,75 g dengan lama waktu fermentasi 6 jam. Penelitian yang dilakukan oleh Marlina dkk, (2020) tentang pembuatan bioetanol dari air kelapa melalui fermentasi dan destilasi-dehidrasi dengan zeolite mendapatkan hasil kadar bioetanol 29,71% dengan penambahan ragi 3 g serta urea 0,3 gr dengan lama waktu fermentasi 3 hari.

Berdasarkan penjelasan diatas, mendorong peneliti untuk melakukan penelitian dengan judul **“Produksi Bioetanol dari Air Kelapa (*Cocos nucifera* L.) Menggunakan Starter dari Beberapa Jenis Tapai”**.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh starter dari beberapa jenis tapai terhadap bioetanol dari air kelapa
2. Untuk mengetahui starter dari beberapa jenis tapai yang menghasilkan bioetanol dari air kelapa paling optimal.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan informasi mengenai proses pembuatan bioetanol dari air kelapa menggunakan starter dari beberapa jenis tapai yang berbeda serta mengetahui starter dari beberapa jenis tapai yang tepat untuk menghasilkan bioetanol paling optimal dari air kelapa.

1.4 Hipotesis Penelitian

1. Starter dari beberapa jenis tapai berpengaruh kadar bioetanol dari air kelapa
2. Terdapat starter dari beberapa jenis tapai yang menghasilkan bioetanol dari air kelapa paling optimal

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera* L.) merupakan tanaman tahunan yang termasuk dalam tanaman monokotil yang tumbuh tanpa cabang dengan perakaran serabut. Tanaman kelapa banyak dibudidayakan di daerah tropis. Kelapa dapat tumbuh lebih baik jika berada pada lahan dengan ketinggian kurang dari 200 meter di atas permukaan laut atau berada di wilayah pesisir pantai tanaman akan lebih cepat berbuah. Kelapa dapat tumbuh dengan baik jika berdekatan dengan tempat yang terdapat air yang bergerak seperti dekat sungai, pantai.

Tinggi tanaman kelapa dapat mencapai 30 meter dengan diameter batang 20-30 cm, namun keadaan tersebut tergantung dari kondisi lahan, iklim, dan tanah. Menurut Warisno (2003) Klasifikasi botani kelapa adalah sebagai berikut :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Super Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Monocotyledonae</i>
Ordo	: <i>Palmales</i>
Famili	: <i>Palmae</i>
Genus	: <i>Cocos</i>
Spesies	: <i>Cocos nucifera</i> L.

2.2 Air Kelapa

Air kelapa merupakan cairan bening di dalam kelapa (buah dari pohon kelapa). Sebagai buah yang matang, air kelapa secara bertahap diganti dengan daging kelapa dan udara (Haerani dan Hamdana, 2016). Secara pertumbuhan, air kelapa semakin tua semakin sedikit volumenya. Terbukti jika kelapa tua digoyang-goyang air kelapa akan berbunyi. Kelapa semakin tua kadar air di dalam kelapa akan semakin menurun. Selain itu kandungan kadar gula pada kelapa pun juga akan ikut menurun. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan buah kelapa untuk transpirasi dan respirasi (Wrasiati dkk, 2013).

Air kelapa merupakan cairan endosperm buah kelapa yang terbentuk mulai bulan ketiga masa pematangan buah kelapa. Kadar maksimum air kelapa umumnya

dicapai pada bulan ke delapan masa pematangan buah kelapa (Satheesh dan Prasad, 2013). Pada buah kelapa tua, air kelapa adalah hasil samping pengolahan buah kelapa yang belum banyak dimanfaatkan dan umumnya dibuang ke lingkungan sebagai limbah. Pembuangan limbah air kelapa tua ke lingkungan dapat menyebabkan polusi asam asetat dan mengganggu keberlangsungan kehidupan ekosistem (Reynad, 2017).

Air kelapa mengandung sejumlah zat gizi yaitu protein, lemak, karbohidrat, gula, vitamin elektrolit dan hormon pertumbuhan. Jenis gula yang terkandung di dalam air kelapa yaitu sukrosa, glukosa, fruktosa dan sorbitol (Warisno, 2004). Disamping itu, air kelapa juga mengandung mineral seperti kalsium, natrium dan mineral. Selain mengandung mineral, air kelapa juga mengandung vitamin - vitamin seperti riboflavin, tiamin dan biotin. Menurut Jean dkk (2009) komposisi air kelapa yaitu dapat dilihat di **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi yang terdapat dalam air kelapa (dalam 100 g)

Komponen	Jumlah (% b/b)
Air	94,45
Minyak	0.15
Protein	0.52
Abu	0.47
Gula	4,41

Sumber : Jean, dkk (2009)

Air kelapa tua memiliki beberapa manfaat antara lain untuk pembuatan minuman isotonik, media pertumbuhan mikroorganisme, obat – obatan, vinegar, dan anti mikroba (Child dan Nathanal, 2016). Selain itu, air kelapa tua juga dapat digunakan sebagai media produksi bioetanol melalui proses fermentasi. Hal ini dikarenakan air kelapa tua masih mengandung gula dan nutrisi pada air kelapa tua (Satheesh dan Prasad, 2013).

2.3 Bioetanol

Bioetanol merupakan senyawa alkohol yang terdiri atas gugus hidroksil (OH) dengan dua atom karbon (C). Bioetanol merupakan cairan yang diperoleh dari fermentasi gula dari sumber karbohidrat (selulosa) dengan menggunakan bakteri. Bioetanol merupakan senyawa dengan rumus molekul C_2H_5OH dengan rumus struktur CH_3-CH_2-OH tetapi sering ditulis EtOH dan sering disebut dengan etanol.

Bioetanol dihasilkan dari biomassa yang mengandung gula, pati, dan selulosa (Arlianti, 2018). Bioetanol bersifat mudah menguap, mudah terbakar, larut dalam air, tidak bersifat karsinogenik dan tidak mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan. Bioetanol mempunyai manfaat bagi manusia sebagai minuman beralkohol. Selain itu, bioetanol dapat digunakan sebagai bahan bakar dengan kandungan etanol minimal 10% (Seftian dkk, 2012).

Badan Standar Nasional menetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk bioetanol sebagai bahan bakar minyak pada SNI 7390:2012 dapat dilihat pada **Tabel 2.**

Tabel 2. SNI Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Minyak

No.	Parameter	Persyaratan
1.	Kadar etanol	Min. 99,5 %
2.	Kadar air	Maks. 0,7 %
3.	Visual/ Tampilan	Jernih dan tidak ada endapan
4.	Kadar tembaga (Cu)	Maks. 0,1 mg/kg
5.	Denaturan hidrokarbon/ denatrium benzoat	2,5 %-v
6.	Keasaman	Maks. 30 mg/l
7.	Kadar Ion Klorida (Cl)	Maks. 20 mg/l
8.	Kandungan belerang (S)	Maks. 50 mg/l
9.	Kadar getah purwa dicuci	Maks. 50 mg/100ml
10.	Kadar metanol	Maks. 0,5%

Sumber : Badan Standar Nasional (2012)

Menurut Nurichana (2011) bioetanol memiliki karakteristik dan dapat diklasifikasikan berdasarkan kandungan air dan proses produksi.

1. Berdasarkan bahan baku dan proses produksi
 - Secara biologis bahan baku yang digunakan mengandung pati (jagung, ubi kayu, dan umbi-umbian) serta bahan baku yang mengandung gula (molase, tebu, aren)
 - Secara sintesis bahan baku yang digunakan seperti minyak mentah dan gas
2. Berdasarkan kandungan air
 - Alkohol super prima, prima I, dan prima II dengan kadar etanol 95 – 96%
 - *Anhydrous etanol* dengan kandungan air 0,5% dan kandungan etanol 99,5%
3. Berdasarkan manfaatnya
 - Untuk industri digunakan sebagai pelarut, dan bahan baku kloroform

- Untuk minuman yang mengandung alkohol, serta
- Untuk bahan bakar

Berdasarkan bahan baku yang digunakan, bioetanol dikelompokkan menjadi :

1. Generasi Pertama (G1)

Produksi bioetanol melalui fermentasi gula telah lama dikenal. Bioetanol terbuat dari pati dan bahan-bahan yang mengandung gula yang difermentasi. Bahan baku yang umum digunakan adalah gula tebu, gula bit, molase tebu dan gula bit, atau pati dari singkong, jagung, sorgum, gandum (S. Rezania dkk, 2020).

Proses produksi bioetanol generasi pertama baru-baru ini telah dimulai kembali diperiksa. Karena bersaing dengan pangan, hal ini akan mendorong harga pangan; hanya menggunakan pati, menghilangkan lignoselulosa yang terkandung dalam bahan baku aslinya, sehingga menghasilkan limbah dalam jumlah besar mendorong peningkatan produksi pupuk (K. Chojnacka dkk, 2020).

2. Generasi Kedua (G2)

Bioetanol termasuk generasi kedua, terbuat dari komponen biomassa seperti selulosa dan hemiselulosa sehingga sering disebut etanol selulosa (S.N. Naik dkk, 2010). Biomassa yang diteliti meliputi berbagai limbah rumput, limbah kayu lunak, dan biomassa, antara lain berupa limbah pertanian, limbah tanaman, limbah pengolahan kehutanan, dan limbah padat perkotaan.

Proses konversi adalah konversi biologis komponen lignin selulosa menjadi etanol yang terhambat oleh struktur dan kompleksitas senyawa kimia biomassa itu sendiri. Untuk memanfaatkan biomassa, matriks biomassa yang sebagian besar terdiri dari lignin, hemiselulosa, dan selulosa harus dipecah dan komponen-komponennya dipisahkan. Selulosa dan hemiselulosa diubah menjadi senyawa manis yang dapat difermentasi menjadi etanol, sedangkan lignin yang jumlahnya banyak dan relatif sulit terurai secara mikrobiologis menjadi limbah (Zou dkk, 2020).

3. Generasi Ketiga (G3)

Bioetanol dikelompokkan berdasarkan bahan bakunya yang berasal dari alga, mikroalga atau makroalga, oleh karena itu sering disebut Algal Etanol (Ting dkk, 2020).

4. Generasi Keempat (G4)

Etanol lanjutan adalah bioetanol yang dihasilkan dari biomassa hasil rekayasa genetika (GMO) (S. Achinas dan Euverink, 2016), dimana pada matriks biomassa terdapat enzim yang akan membantu menghancurkan matriks biomassa itu sendiri, sehingga memudahkan pre-treatment. Brazil telah mengembangkan tebu untuk menghasilkan enzim melalui modifikasi genetik yang mampu melakukan autohidrolisis. Sifat – sifat fisika dan kimia pada etanol dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Sifat fisika dan kimia etanol

Komposisi	Nilai
Rumus molekul	C ₂ H ₅ OH
Bobot molekul (g/mol)	46,7
Warna	Bening
Bobot jenis (g/L)	789
Titik didih (°C)	78,5
Titik beku (°C)	-117
Titik nyala (°C)	12,8
Tekanan uap (mmHg)	50 pada 38 °C
Nilai kalor	21,09 – 29,80
Kalor spesifik (kcal/Kg°C)	60
Keasaman	15,9
Viskositas (mPa.s)	1,2 pada 25 °C
Indeks bias	1,36 pada 25°C
Angka oktan	99

Sumber : Walker (2010)

2.4 Tapai

Tapai merupakan makanan tradisional yang populer di kalangan masyarakat Indonesia, yang dibuat melalui proses fermentasi singkong atau beras ketan. Tapai berkualitas baik memiliki ciri-ciri aroma harum, rasa manis, lembut, dan tidak menyengat akibat kadar alkohol yang terlalu tinggi. Proses fermentasi tapai

dipengaruhi oleh mikroorganisme yang terdapat dalam ragi yang dicampurkan ke dalam beras ketan (Islami, 2018).

Tapai dihasilkan melalui proses fermentasi, di mana senyawa organik dalam beras, ketan, dan singkong mengalami oksidasi dengan bantuan ragi tapai (*Saccharomyces cerevisiae*). Senyawa organik utama dalam bahan tersebut adalah karbohidrat, seperti pati atau polisakarida (Suaniti, 2015). Fermentasi singkong dan hasil olahannya secara otomatis memenuhi kriteria sebagai produk fermentasi pangan. Menurut Aro (2008) fermentasi didefinisikan sebagai proses biokimia di mana jaringan hewan atau tumbuhan diubah oleh mikroorganisme atau enzim, menghasilkan perubahan yang diinginkan dan modifikasi signifikan pada kualitas makanan. Tapai yang ditemukan di Indonesia diantaranya tapai singkong, tapai ketan hitam, tapai ketan putih, tapai beras, tapai pisang, tapai ubi jalar, tapai sorgum, dan tapai sukun.

2.5 Kandungan Gizi

Kandungan gizi dari setiap bahan baku yang digunakan dalam pembuatan tapai berbeda – beda diantaranya yaitu sebagai berikut:

- Singkong, setiap 100 g singkong mengandung energi sebesar 154 kkal, protein 1,0 g, lemak 0,3 g, karbohidrat 36,8 g dan serat 0,9 g (Kementerian Kesehatan RI, 2018).
- Beras ketan hitam, dalam 100 g ketan hitam terdiri atas protein 4 g, lemak 1,2 g, karbohidrat 37,3 g, serat 0,3 g, kalsium 9 mg, fosfor 144 mg, zat besi 1,7 mg, vitamin B1 0,21 mg dan antosianin (Indriani, Nurhidajah & Suyanto, 2013).
- Beras ketan putih, kandungan dalam beras ketan putih seperti karbohidrat yang lumayan tinggi yaitu 79,40 g dari 100 g bahan. Beras ketan putih biasanya dapat diolah menjadi produk makanan berupa tapai dengan cara fermentasi (Fathnur, 2019).
- Beras, kandungan gizi beras putih per 100 gram adalah 360 kkal energi, 6,6 g protein, 0,58 g lemak, dan 79,34 g karbohidrat (USDA, 2011).

Tabel 4. Kandungan Karbohidrat pada Bahan Baku Pembuatan Tapai

Bahan baku	Kadar karbohidrat (gram/ 100 g)
Singkong	36,8
Ketan hitam	37,3
Ketan putih	79,40
Beras	79,34

2.6 Ragi

Ragi atau *yeast* atau khamir merupakan organisme *eukariotik* yang bersel tunggal dan berkembang biak dengan cara pembelahan. Berbeda dengan bakteri, khamir memiliki sel yang lebih besar, organel yang lebih kompleks, membran inti sel, dan DNA yang terletak pada kromosom inti sel (Tiara dkk, 2015). Ragi berkembang biak melalui proses yang disebut tunas, yang menyebabkan fermentasi. Fermentasi adalah istilah umum yang mencakup perubahan gas dan gelembung udara (aerobik dan anaerobik) yang disebabkan oleh mikroorganisme.

Ragi tapai merupakan populasi campuran dari spesies-spesies genus *Aspergillus*, *Saccharomyces*, *Candida*, *Hansenulla* dan bakteri *Acetobacter*. Selain itu ada beberapa jenis jamur juga yang terdapat dalam ragi tapai, antara lain *Chlamydomucor oryzae*, *Mucor sp* dan *Rhizopus sp* (Hasanah, 2008). Menurut *American Wheat Association* (2008) ragi terdiri dari sejumlah kecil enzim, termasuk protease, lipase, invertase, maltase dan zymase. Enzim penting dalam ragi adalah invertase, maltase dan zymase. Enzim ragi invertase bertanggung jawab untuk memulai aktivitas fermentasi. Enzim ini mengubah gula (sukrosa) yang dilarutkan dalam air menjadi gula sederhana termasuk glukosa dan fruktosa. Gula sederhana kemudian dipecah menjadi karbon dioksida dan alkohol.

2.5.1 *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces merupakan salah satu jenis ragi yang mampu mengubah glukosa menjadi etanol dan CO₂. *Sacharomyces* merupakan khamir bersel tunggal tidak mengandung klorofil yang termasuk dalam kelompok *eumycetes*, tumbuh baik pada suhu 30°C dan pH 4.5-5. Pertumbuhan *Saccharomyces* dipengaruhi oleh penambahan unsur hara khususnya unsur C sebagai sumber karbon, unsur N, unsur amonium dan pepton, unsur mineral dan vitamin (Ahmad, 2005).

Menurut Agustining (2012) klasifikasi *Saccharomyces cerevisiae* adalah sebagai berikut :

Filum	: <i>Ascomycota</i>
Subfilum	: <i>Saccharomycotina</i>
Kelas	: <i>Saccharomycetes</i>
Ordo	: <i>Saccharomycetales</i>
Famili	: <i>Saccharomycetaceae</i>
Genus	: <i>Saccharomyces</i>
Spesies	: <i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Sel *Saccharomyces cerevisiae* dapat tumbuh pada media yang mengandung konsentrasi tinggi air gula. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan kelompok khamir yang mampu memanfaatkan senyawa gula yang dihasilkan oleh mikroorganisme selulosa untuk pertumbuhannya. Spesies ini dapat memfermentasi berbagai karbohidrat dan menghasilkan enzim invertase yang dapat menguraikan sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa, serta mengubah glukosa menjadi alkohol dan karbon dioksida. Oleh karena itu, banyak digunakan dalam industri bir, roti atau *wine* (Agustining, 2012).

Menurut Agustining (2012) *Saccharomyces cerevisiae* memiliki tahap pertumbuhan yang terbagi menjadi 3 tahap yaitu :

a. Fase adaptasi (*lag*)

Fase ini merupakan fase penyesuaian atau adaptasi dengan lingkungan baru, dan belum memperbanyak jumlah sel. Pada fase ini mikroba akan mengubah substrat menjadi nutrisi untuk pertumbuhan fase selanjutnya.

b. Fase percepatan (*acceleration*)

Pada fase ini mikroba mulai meningkatkan jumlah sel dalam waktu yang singkat.

c. Fase eksponensial (*log*)

Setelah mikroba dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya, pembelahan sel akan berlangsung cepat secara ekponensial. Dalam kondisi optimum sel akan mengalami reaksi metabolisme yang maksimum dan Fase ini berlangsung selama 2 jam.

d. Fase penurunan (*deceleration*)

Pada fase ini laju pertumbuhan akan mengalami penurunan dan berlangsung selama 20 menit.

e. Fase penetapan (*stasioner*)

Pada fase ini tidak lagi terjadi percepatan pertumbuhan, dan nutrient mulai habis yang menyebabkan adanya persaingan antar mikroba yang mengakibatkan kematian.

f. Fase kematian (*decline*)

Pada fase ini kehidupan mikroba akan terhenti karena sudah tidak adalagi nutrient dan energi untuk melakukan metabolisme.

2.7 NPK

Pupuk NPK (*Nitrogen Phosphat Kalium*) merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai sumber nutrisi pada proses fermentasi. Penambahan NPK pada proses fermentasi dapat mempengaruhi kadar alkohol yang akan dihasilkan. Menurut Jumari (2009), menyebutkan bahwa salah satu nutrien yang dibutuhkan mikroorganisme fermentasi adalah Fosfor sedangkan dalam berbagai uji coba pembuatan bioetanol, pupuk jenis NPK merupakan pupuk yang paling banyak digunakan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hastuti dkk (2015), penambahan ragi dan pupuk pada proses fermentasi bioetanol dengan bahan baku yang digunakan yaitu limbah jambu citra secara nyata mempengaruhi kadar alkohol, waktu destilasi dan volume bioetanol yang dihasilkan. Perlakuan yang optimal untuk menghasilkan bioetanol adalah dengan penambahan 45 g ragi dan 90 gram pupuk dalam setiap 100 g limbah jambu citra, pembuatan bioetanol dengan perlakuan tersebut menghasilkan bioetanol dengan kadar alkohol 5,3% dan volume 11,6% sedangkan waktu destilasi yang dibutuhkan hanya selama 62 menit.

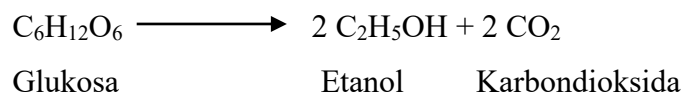
2.8 Fermentasi

Fermentasi merupakan proses transformasi kimia pada substrat organik melalui aksi enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme (Suprihatin, 2010). Fermentasi adalah proses perubahan komposisi kimia pangan akibat enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme (Trinanda 2015). Gula seperti glukosa, fruktosa

dan sukrosa merupakan bahan dasar yang bila difermentasi dalam kondisi anaerobik menghasilkan etanol, asam laktat dan hidrogen. Proses fermentasi ini akan menyebabkan perubahan kondisi asam atau penurunan pH (Sari 2013). Penurunan pH yang terjadi menandakan adanya aktivitas mikroba pada saat penguraian karbohidrat (Zahro, 2014).

Fermentasi produksi bioetanol dengan ragi merupakan proses pengubahan gula heksosa sederhana menjadi bioetanol dan CO₂ dalam kondisi anaerobik, tanpa perlu menggunakan udara selama proses fermentasi. Menurut Haryadi (2013), pada saat fermentasi terjadi penguraian senyawa induk, dimana satu molekul glukosa akan menghasilkan 2 molekul bioetanol, 2 molekul CO₂ dan melepaskan energi. Secara teoritis, 1 g gula akan diubah menjadi 0,51 g bioetanol (51% bioetanol) dan 0,49 g CO₂ (49% CO₂) (Chairul & Silvia, 2013).

Fermentasi dengan ragi misalnya *Sacharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan etil alkohol (etanol) dan CO₂ menurut reaksi:



Pada proses ini glukosa difermentasi dengan enzim zymase/invertase yang dihasilkan oleh *Sacharomyces cerevisiae*. Fungsi enzim zymase adalah menguraikan polisakarida (pati) yang tersisa selama hidrolisis menjadi monosakarida (glukosa). Sedangkan enzim invertase kemudian mengubah monosakarida menjadi alkohol melalui fermentasi (Susanti, 2013).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi adalah:

- pH (tingkat keasaman), Untuk mencapai pH optimal, dapat ditambahkan asam seperti asam tartarat, malat atau sitrat. Biasanya selama fermentasi tingkat pH menurun.
- Suhu, Suhu optimal untuk *Saccharomyces cerevisiae* adalah antara 25 dan 30°C dan suhu maksimum antara 35 - 47°C.
- Jenis bakteri, Pemilihan bakteri untuk fermentasi perlu diperhatikan. Bakteri baik adalah bakteri yang dapat tumbuh dengan cepat dan menghasilkan enzim yang diperlukan untuk fermentasi (Harada, dkk 2018).

- Oksigen, Oksigen diperlukan untuk mikroorganisme aerobik. Oleh karena itu, oksigen yang cukup akan mempengaruhi jumlah etanol yang terbentuk.
- Nutrisi, Mikroorganisme membutuhkan nutrisi yang baik untuk mencapai hasil fermentasi yang baik. Nutrisi utama adalah nitrogen yang diperoleh dengan menambahkan NH_3 , garam amonium, pepton, asam amino dan urea. Jumlah nitrogen yang dibutuhkan adalah 400 hingga 1000 g/1000 L cairan. Dan jumlah fosfat yang dibutuhkan adalah 400 g/1000 L cairan, sedangkan amonium sulfat adalah 70-400 g/1000 L cairan (Arlianti, 2018).

2.9 Pemurnian

Proses pemurnian merupakan proses pemisahan etanol dan air untuk memperoleh etanol dengan konsentrasi tinggi. Pemurnian bioetanol dapat menggunakan proses destilasi. Destilasi merupakan proses pemisahan komponen berdasarkan titik didihnya, dimana titik didih etanol murni adalah 78°C sedangkan titik didih air adalah 100°C sehingga proses pemanasan mencapai suhu 78°C akan menyebabkan etanol menguap melalui kondensor dan akan menghasilkan etanol (Sofyan, 2012).

Dalam distilasi sederhana, dasar pemisahannya adalah perbedaan besar titik didih atau salah satu komponen yang mudah menguap. Jika campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya paling rendah akan menguap terlebih dahulu. Selain perbedaan titik didih, terdapat juga perbedaan volatilitas, yaitu kecenderungan suatu zat menjadi gas. Proses penyulingan ini dilakukan pada tekanan atmosfer, aplikasi penyulingan sederhana yang memungkinkan untuk memisahkan campuran air dan alkohol.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret - Mei 2025 di Laboratorium Analisa Pengolahan Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Jambi.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu baskom, pisau, panci, saringan, nampan, erlenmayer, gelas ukur, gelas beker, piknometer, blender, magnet stirer, *autoclave*, pH meter, toples kaca, spatula, timbangan analitik, corong, tisu, kapas, aluminium foil, benang, inkubator, vakum evaporator, dan refraktometer.

Bahan-bahan yang akan digunakan air kelapa, singkong, ketan hitam, ketan putih, beras, ragi tapai NKL, tapai singkong, tapai ketan hitam, tapai ketan putih, tapai beras, NaOH, H₂SO₄, NPK dan aquades.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini akan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan (P) pada masing - masing penambahan starter dari beberapa jenis tapai dengan 4 taraf perlakuan yaitu :

P1 = Starter dari Tapai Singkong

P2 = Starter dari Tapai Ketan Hitam

P3 = Starter dari Tapai Ketan Putih

P4 = Starter dari Tapai Beras

Setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali sehingga didapatkan hasil 16 satuan percobaan.

3.4 Pelaksanaan Percobaan

3.4.1 Persiapan Bahan (Malle dkk, 2014 Yang Dimodifikasi)

Limbah air kelapa yang didapat dari pedagang santan di Pal 10, Muaro Jambi. Selanjutnya 1 liter air kelapa yang didapatkan disaring untuk memisahkan antara kotoran dan filtratnya.

3.4.2 Pembuatan Tapai

3.4.2.1 Tapai Singkong

Singkong sebanyak 1 kg dikupas, lalu dicuci sebanyak 2 kali hingga kotoran yang melekat pada singkong menghilang. Kemudian singkong dilakukan pengecilan ukuran ± 5 cm untuk memudahkan proses perebusan. Singkong direbus selama 1 jam dengan api besar atau hingga singkong matang. Selanjutnya singkong ditiriskan dan dibiarkan hingga suhu ruang. Selanjutnya singkong disusun di atas plastik untuk memudahkan proses peragian pada singkong. Tambahkan ragi sebanyak 12 g kemudian susun didalam baskom dan ditutup dengan plastik serta bungkus dengan kain untuk dilakukan proses fermentasi selama 36 jam.

3.4.2.2 Tapai Ketan Hitam

Beras ketan hitam sebanyak 500 g dicuci menggunakan air bersih sebanyak 2 kali, kemudian dimasak dengan penambahan air 1 : 1, selama 30 menit. Setelah matang, ketan hitam dibiarkan hingga suhu ruang. Kemudian tambahkan ragi sebanyak 6 g dan dicampurkan hingga homogen. Selanjutnya dipindahkan ke baskom dan tutup menggunakan plastik serta kain dan difermentasi selama 36 jam.

3.4.2.3 Tapai Ketan Putih

Beras ketan putih sebanyak 1 kg dicuci menggunakan air bersih sebanyak 2 kali, kemudian dimasak dengan penambahan air 1 : 1, selama 30 menit. Setelah matang, ketan putih dibiarkan hingga suhu ruang. Kemudian tambahkan ragi sebanyak 12 g dan dicampurkan hingga homogen. Selanjutnya pindahkan ke baskom dan tutup menggunakan plastik serta kain dan difermentasi selama 36 jam.

3.4.2.4 Tapai Beras

Beras sebanyak 1 kg dicuci menggunakan air bersih sebanyak 2 kali, kemudian dimasak dengan penambahan air bersih 1 : 1, selama 30 menit. Setelah matang, nasi biarkan hingga suhu ruang. Kemudian tambahkan ragi sebanyak 12 g lalu dipindahkan ke baskom dan tutup menggunakan plastik serta kain dan difermentasi selama 36 jam.

3.4.3 Pembuatan Ragi menggunakan Tapai (Islami, 2018 Yang Dimodifikasi)

Tapai yang sudah difermentasi selama 36 jam dipisahkan antara padatan dan cairan hasil fermentasi. Kemudian padatan tapai akan dibiarkan hingga terlihat ragi yang muncul dipermukaan tapai, selanjutnya tapai dikeringkan dibawah sinar matahari hingga mengering, tapai kering akan dilakukan pengecilan ukuran agar memudahkan proses penghalusan. Tapai kemudian dihaluskan menggunakan blander dengan menambahkan aquadest 1 : 1 sehingga didapatkan *slurry* ragi.

3.4.4 Sterilisasi (Nainggolan, 2023 Yang Dimodifikasi)

Filtrat air kelapa kemudian dituangkan sebanyak 500 ml ke dalam erlenmeyer 500 ml dan ditutup menggunakan kapas, aluminium foil dan diikat menggunakan benang selanjutnya dilakukan sterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C dengan lama waktu 15 menit. Setelah proses sterilisasi selesai dilakukan filtrat air kelapa didinginkan.

Wadah yang digunakan untuk fermentasi berupa toples kaca kedap udara juga akan di sterilisasi menggunakan *autoclave* dengan suhu 121°C selama 10 menit. Setelah proses sterilisasi selesai toples kaca dibiarkan hingga dingin.

3.4.5 Fermentasi (Turnip, 2016 Yang Modifikasi)

Filtrat yang sudah disterilisasi kemudian dilakukan pengukuran pH larutan sebelum fermentasi (pH 4,5-5 optimum untuk fermentasi). Jika pH larutan dibawah 4,5 dilakukan penambahan NaOH, dan jika pH larutan diatas 5 dilakukan penambahan H₂SO₄ hingga pH optimum fermentasi diperoleh. Selanjutnya tambahkan NPK sebanyak 0,8% lalu diaduk hingga homogen. Kemudian tambahkan ragi sesuai perlakuan yang terdiri atas 4 jenis tapai yaitu tapai singkong, tapai ketan hitam, tapai ketan putih, dan tapai beras dengan jumlah masing-masing 5 % dan aduk hingga homogen menggunakan *magnet stirer*. Pindahkan larutan yang siap difermentasi ke dalam wadah toples kaca untuk dilakukan proses fermentasi selama 5 hari di dalam inkubator dengan suhu 27 – 30 °C.

3.4.6 Pemurnian (Kurniawan, 2014)

Larutan hasil fermentasi yang didapatkan akan disaring menggunakan saringan untuk memisahkan ampas sisa fermentasi dan larutan hasil, kemudian dilakukan proses destilasi untuk mendapatkan bioetanol murni dengan bantuan alat

vakum evaporator dengan suhu 70°C. Prinsip kerja dari proses pemurnian yaitu pemisahan kandungan yang terdapat pada larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Titik didih etanol yaitu 78 – 80 °C, sedangkan titik didih air yaitu 100 °C. Proses destilasi dilakukan selama 4 - 6 jam.

3.5 Parameter Yang Diamati

3.5.1 Kadar Gula pada Air Kelapa (Rahmadina, 2019)

Kadar gula diukur sebelum dilakukan proses fermentasi, yang bertujuan untuk mengetahui kecukupan nutrisi bagi khamir selama produksi etanol. Kadar gula dalam larutan diukur dengan menggunakan refraktometer. Kadar gula diukur dengan mengambil sampel menggunakan pipet tetes kemudian diteteskan ke refraktometer, kemudian kadar gula otomatis ditampilkan di layar.

3.5.2 Kadar Etanol (Riski, 2019 Dalam Nainggolan, 2023)

Kadar etanol merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur larutan yang telah mengalami proses pemurnian (destilasi). Kadar etanol yang terkandung dalam larutan bioetanol dapat diukur menggunakan alat alkohol meter dengan syarat larutan yang dihasilkan jumlahnya tidak kurang dari 100 ml. Jika larutan yang dihasilkan setelah proses pemurnian (destilasi) tidak lebih dari 100 ml maka pengukuran kadar alkohol pada suatu larutan dapat dilakukan dengan metode piknometer. Prinsip dari metode pengukuran alkohol dengan piknometer adalah pengukuran kadar alkohol berdasarkan berat jenis yang kemudian dikonversikan ke Tabel berat jenis alkohol (lampiran 9).

$$\text{Kadar Alkohol} = \frac{w3 - w1}{w2 - w1}$$

Keterangan :

W1 = Piknometer kosong

W2 = Piknometer + Etanol

W3 = Piknometer + Aquades

3.5.3 Nilai pH (Putri, 2018)

Nilai pH diukur dengan pH meter yang direndam dalam larutan sebelum dilakukan setelah proses fermentasi berlangsung. Nilai pH akan ditampilkan pada alat dan kemudian dicatat.

3.5.4 Rendemen (Yusra, 2011 Dalam Riski 2019)

Rendemen yang dihasilkan dapat ditentukan dengan menghitung perbandingan antara volume etanol dan volume air kelapa atau dapat ditulis dengan rumus :

$$\text{Jumlah Etanol} = \frac{\text{volume etanol (ml)}}{\text{volume air kelapa}} \times 100 \%$$

3.6 Analisa data

Data rata-rata hasil penelitian akan dianalisis menggunakan sidik ragam Anova (*Analysis of variance*) dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap produk. Apabila perlakuan berpengaruh nyata maka akan dilakukan uji lanjut *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 1% dan 5% untuk melihat perbedaan dari setiap perlakuan yang ada (Gomez, 1995).

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kadar Gula pada Air Kelapa

Produksi bioetanol dilakukan melalui proses fermentasi dengan bantuan khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Khamir membutuhkan berbagai persyaratan untuk menghasilkan bioetanol. Salah satu persyaratan yang penting untuk khamir dalam menghasilkan bioetanol adalah kadar gula pada substrat pertumbuhannya. Gula digunakan oleh khamir untuk menghasilkan alkohol dan asam dalam proses fermentasi.

Menurut Khurniawati dkk (2019), kadar gula yang optimal selama proses fermentasi yaitu berkisar 10 – 18 %. Pengukuran kadar gula bertujuan untuk mengetahui kecukupan nutrisi bagi khamir selama proses produksi etanol. Kadar gula pada air kelapa yang digunakan sebagai bahan baku berkisar antara 4,0 - 4,3 °Brix atau sama dengan 4,0 - 4,3 %.

Menurut Rahmadina (2019) fermentasi bioetanol dapat berjalan jika kadar gula dibawah 10%, namun alkohol yang dihasilkan akan encer sehingga sulit untuk didestilasi. Kadar gula yang rendah juga dapat menyebabkan kadar etanol yang dihasilkan rendah karena tidak optimalnya nutrisi bagi khamir dalam melakukan fermentasi. Hal ini sesuai dengan pendapat (Khurniawati dkk, 2019) bahwa penggunaan glukosa yang terlalu rendah dapat menyebabkan waktu pertumbuhan khamir yang pendek, sehingga menyebabkan kadar bioetanol rendah dan mengalami fase kematian lebih cepat, hal ini dikarenakan khamir yang terbentuk lebih banyak dibandingkan dengan jumlah makanan yang tersedia pada awal fermentasi.

4.2 Kadar Etanol

Kadar etanol merujuk pada persentase etanol dalam suatu sampel, yang biasanya diukur setelah proses fermentasi dan destilasi. Kadar bioetanol dinyatakan dengan satuan persen (%). Berikut merupakan hasil sidik ragam yang menunjukkan bahwa kadar etanol berpengaruh nyata terhadap semua perlakuan bioetanol dari air kelapa. Berikut rata-rata hasil perhitungan kadar etanol dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Nilai Rata-rata Kadar Etanol Pada Bioetanol dari Air Kelapa pada Berbagai Perlakuan

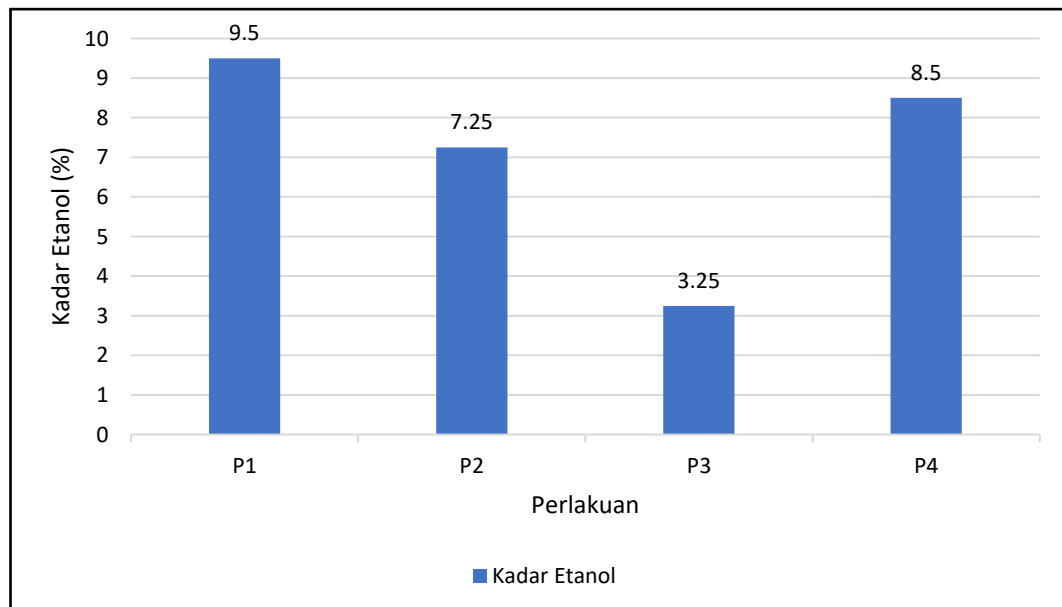
Perlakuan	Rata – Rata Kadar Etanol (%)
P1 = Starter dari Tapai Singkong	9,50 ± 0,58 a
P2 = Starter dari Tapai Ketan Hitam	7,25 ± 1,50 c
P3 = Starter dari Tapai Ketan Putih	3,25 ± 0,96 d
P4 = Starter dari Tapai Beras	8,50 ± 0,58 b

Ket : Angka - angka yang diikuti huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata pada taraf 1% berdasarkan uji DNMR

Berdasarkan **Tabel 5.** dapat dilihat bahwa Starter dari beberapa jenis tapai berbeda sangat nyata terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Berdasarkan **Tabel 5.** Starter dari tapai singkong berbeda sangat nyata terhadap starter dari tapai ketan hitam, starter dari tapai ketan putih, dan starter dari tapai beras. Starter dari tapai ketan hitam berbeda sangat nyata terhadap starter dari tapai singkong, starter dari tapai ketan putih dan starter dari tapai beras. Starter dari tapai ketan putih berbeda sangat nyata terhadap starter dari tapai singkong, starter dari tapai ketan hitam dan starter dari tapai beras. Starter dari tapai beras berbeda sangat nyata terhadap starter dari tapai Singkong, starter dari tapai ketan hitam, dan starter dari tapai ketan putih. Nilai kadar etanol tertinggi didapatkan oleh perlakuan tapai singkong yaitu 9,50% dan nilai kadar etanol terendah didapatkan oleh tapai ketan putih yaitu 3,25%.

Berdasarkan **Tabel 5.** starter dari tapai singkong menghasilkan kadar etanol tertinggi dibandingkan starter dari tapai ketan hitam, starter dari tapai ketan putih dan starter dari tapai beras, hal ini dikarenakan singkong sebagai substrat tapai mengandung karbohidrat terendah dibandingkan ketan hitam, ketan putih dan beras yaitu senilai 34,7 g dalam 100 g singkong. Dengan rendahnya kandungan karbohidrat pada singkong menyebabkan khamir pada starter akan memproduksi enzim lebih banyak. Khamir dapat memfermentasikan berbagai karbohidrat dengan menghasilkan enzim zymase yang bisa memecah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa, kemudian memproduksi enzim invertase untuk mengubah glukosa menjadi alkohol dan karbondioksida (Agustining, 2012). Hal ini menyebabkan semakin rendah kadar karbohidrat dari bahan baku starter yang digunakan maka akan menghasilkan kadar etanol yang semakin tinggi.

Kadar etanol dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu nutrisi, khamir dan lama waktu fermentasi. Penggunaan berbagai jenis tapai sebagai starter untuk proses fermentasi menjadi salah satu penyebab rendahnya kadar etanol yang dihasilkan, hal ini karena khamir pada tapai yang sudah melewati proses fermentasi sudah tidak optimal bekerja dalam mengubah gula menjadi alkohol. Tapi yang sudah difermentasi mengandung khamir yang sedikit karena sebagian dari khamir tersebut sudah mengalami fase kematian.



Gambar 1. Grafik Nilai Rata-rata Kadar Etanol (%) pada Bioetanol dari Air Kelapa

4.3 Nilai pH

Nilai pH dibentuk dari informasi kuantitatif yang dinyatakan oleh tingkat derajat keasaman atau basa yang berkaitan dengan aktivitas ion hydrogen. Nilai pH dari suatu unsur adalah perbandingan antara konsentrasi ion hydrogen $[H^+]$ dengan konsentrasi ion hidroksil $[OH^-]$ (Anggraini dkk, 2017).

Nilai pH merupakan satu diantara beberapa faktor penting yang mampu mempengaruhi proses pada fermentasi etanol. Nilai pH dari media sangat mempengaruhi pertumbuhan khamir pada starter. Setiap khamir mempunyai pH minimal, maksimal dan optimal untuk pertumbuhannya. Berikut merupakan hasil sidik ragam menunjukkan bahwa nilai pH pada setiap taraf perlakuan berpengaruh

nyata terhadap bioetanol dari air kelapa. Adapun rata-rata pH pada larutan dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Nilai Rata-rata pH Pada Larutan Bioetanol dari Air Kelapa pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan	pH
P1 = Starter dari Tapai Singkong	$3,53 \pm 0,02$ a
P2 = Starter dari Tapai Ketan Hitam	$3,61 \pm 0,07$ c
P3 = Starter dari Tapai Ketan Putih	$3,52 \pm 0,06$ a
P4 = Starter dari Tapai Beras	$3,58 \pm 0,02$ b

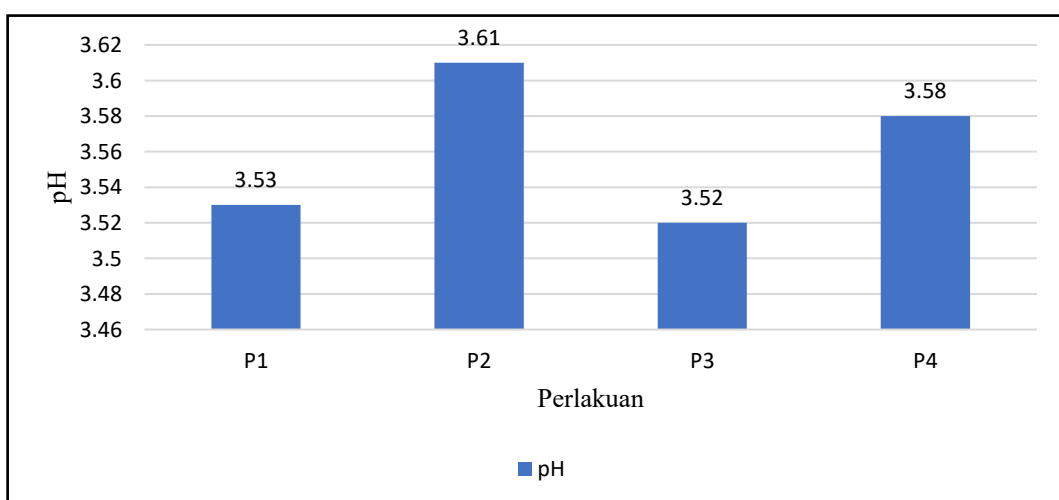
Ket : Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata pada taraf 5% berdasarkan uji DNMR

Berdasarkan **Tabel 6**. Dapat dilihat bahwa Starter dari beberapa jenis tapai berbeda nyata terhadap pH yang dihasilkan. Berdasarkan **Tabel 6**. Starter dari tapai singkong berbeda nyata terhadap starter dari tapai ketan hitam dan starter dari tapai beras namun tidak berbeda nyata terhadap starter dari tapai ketan putih. Starter dari tapai ketan hitam berbeda nyata terhadap starter dari tapai singkong, starter dari tapai ketan putih, dan starter dari tapai beras. Starter dari tapai ketan putih berbeda nyata terhadap starter dari tapai ketan hitam dan starter dari tape beras namun tidak berbeda nyata terhadap starter dari tapai singkong. Starter dari tapai beras berbeda nyata terhadap starter dari tapai singkong, starter dari tapai ketan hitam dan starter dari tapai ketan putih. Nilai pH optimum untuk proses fermentasi sama dengan pH optimum untuk proses pertumbuhan khamir yaitu pH 4,0 - 4,5 (Anggraini dkk, 2017). Nilai pH tertinggi didapatkan pada perlakuan starter dari tapai ketan hitam yaitu 3,61 dan nilai pH terendah didapatkan pada perlakuan starter dari tapai ketan putih yaitu 3,52.

Berdasarkan **Tabel 6**. Starter dari tapai ketan putih menghasilkan nilai pH terendah dibandingkan starter dari tapai singkong, starter dari tapai ketan hitam, dan starter dari tapai beras. Hal ini diduga karena kandungan karbohidrat dari bahan baku tapai ketan putih mengandung karbohidrat tertinggi yaitu 79,40 g dalam 100 g. Dengan tingginya kandungan karbohidrat dari ketan putih menyebabkan ketika dilakukannya fermentasi pembuatan tapai, karbohidrat pada ketan putih dikonversi menjadi gula sederhana serta berbagai asam organik. Asam yang terdapat pada tapai ketan putih menyebabkan penurunan pH pada perlakuan starter dari tapai ketan putih ketika dilakukan fermentasi bioetanol.

Nilai pH awal sebelum fermentasi pada masing-masing medium adalah 4,5. Hasil pengukuran pH pada semua medium berkisar antara 3,55-3,62. Nilai pH medium tersebut masih berada dalam batas normal untuk pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* yaitu 2,5-8,5, sehingga perubahan pH pada semua medium tidak menghambat pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* (Purwitasari dkk, 2004). Nilai pH pada medium mengalami penurunan diduga karena selama proses fermentasi berjalan akan menghasilkan gas CO₂ yang bersifat asam. Nilai pH yang rendah juga menyebabkan kadar etanol yang dihasilkan rendah, hal ini sejalan dengan pernyataan Volk (1993) dalam Anggraini dkk (2017) bahwa semakin rendah pH maka hasil fermentasi etanol akan semakin rendah karena proses fermentasi berjalan lambat.

Penurunan pH juga diakibatkan karena fermentasi menghasilkan asam organik. Menurut Putra dan Amran (2009) penurunan pH juga disebabkan karena fermentasi akan menghasilkan asam organik oleh khamir. Asam-asam organik tersebut seperti asam malat, asam tartarat, asam sitrat, asam laktat, asam asetat, asam butirat dan asam propionat sebagai hasil sampingan, asam ini menurunkan pH medium. Dengan demikian semakin lama fermentasi maka pH semakin kecil. Menurut Li dan Enrique (2007) dalam Sadzvirani dkk (2017), Proses metabolisme gula selain menghasilkan etanol, juga menghasilkan asam-asam organik sehingga dapat menurunkan nilai pH.



Gambar 2. Grafik Nilai Rata – rata pH pada Bioetanol dari Air Kelapa

4.4 Rendemen

Rendemen adalah perbandingan hasil etanol dengan bahan baku yang digunakan. Menurut Yusra (2011) dalam Nainggolan (2023) proses perhitungan rendemen etanol dilakukan dengan membagikan banyak alkohol yang diperoleh dengan masa kulit nanas yang digunakan. Berikut merupakan hasil sidik ragam menunjukkan bahwa rendemen pada setiap taraf perlakuan berpengaruh nyata terhadap bioetanol dari air kelapa. Adapun rata-rata rendemen pada larutan dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Nilai Rata-rata Rendemen Pada Larutan Bioetanol dari Air Kelapa pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan	Rata-Rata Rendemen (%)
P1 = Starter dari Tapai Singkong	12,79 ± 0,19 a
P2 = Starter dari Tapai Ketan Hitam	9,84 ± 0,11 b
P3 = Starter dari Tapai Ketan Putih	8,51 ± 0,17 d
P4 = Starter dari Tapai Beras	9,50 ± 0,11 c

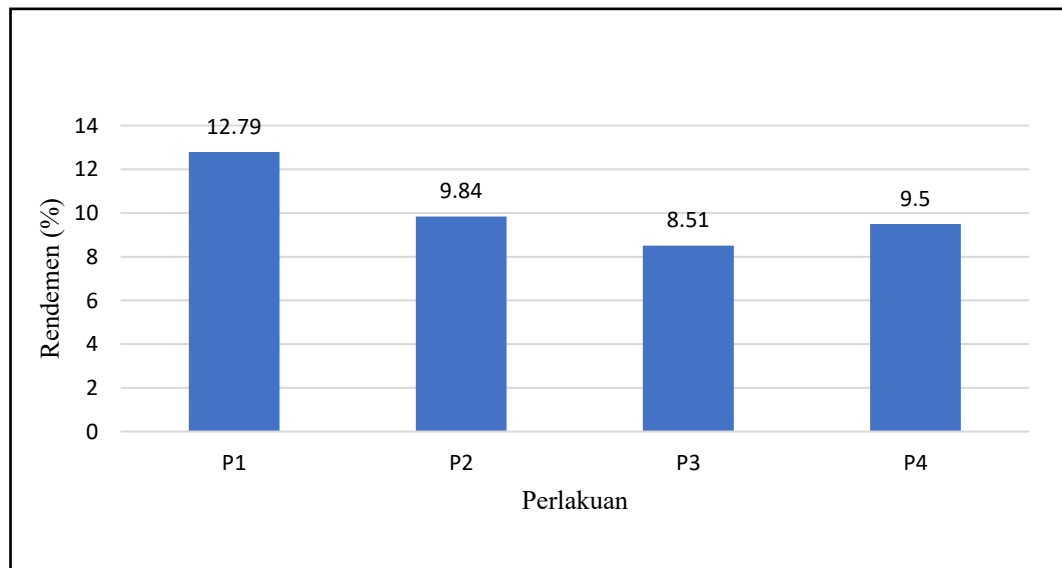
Ket : Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata pada taraf 1% berdasarkan uji DNMRT

Berdasarkan **Tabel 7**. Dapat dilihat bahwa Starter dari beberapa jenis tapai berbeda sangat nyata terhadap rendemen yang dihasilkan. Berdasarkan **Tabel 7**. Starter dari tapai singkong berbeda sangat nyata terhadap starter dari tapai ketan hitam, starter dari tapai ketan putih dan starter dari tapai beras. Starter dari tapai ketan hitam berbeda sangat nyata dengan perlakuan starter dari tapai singkong, starter dari tapai ketan putih dan starter dari tapai beras. Starter dari tapai ketan putih berbeda sangat nyata dengan starter dari tapai singkong, starter dari tapai ketan hitam dan starter dari tapai beras. Starter dari tapai beras berbeda sangat nyata dengan starter dari tapai singkong, starter dari tapai ketan hitam dan starter dari tapai ketan putih.

Berdasarkan **Tabel 7**. Nilai rendemen tertinggi didapatkan pada starter dari tapai singkong yaitu 12,79 %, dan nilai rendemen terendah didapatkan pada starter dari tapai ketan putih yaitu 8,51%. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan kandungan karbohidrat dalam bahan baku starter yang digunakan pada setiap perlakuan. Singkong merupakan bahan baku dengan kandungan karbohidrat terendah, hal ini mengakibatkan starter yang terbentuk banyak mengandung enzim

invertase. Enzim invertase yang terkandung dalam tapai singkong akan menghasilkan bioetanol dengan rendemen tertinggi.

Rendemen etanol diperoleh dari perhitungan hasil akhir dengan banyaknya larutan yang digunakan pada saat proses destilasi berlangsung, Banyaknya larutan yang diproses yaitu 500 ml. Rendemen etanol dipengaruhi oleh starter dan nutrisi. Semakin baik starter yang digunakan dan cukupnya nutrisi didalam bahan baku akan menghasilkan rendemen yang tinggi. Semakin cukup makanan yang diperoleh starter, maka semakin banyak etanol yang dihasilkan (Oetoyo, 1987 dalam Rahmadina, 2019).



Gambar 3. Grafik Nilai Rata – rata Rendemen (%) pada Bioetanol dari Air Kelapa

4.5 Perlakuan Terbaik

Penentuan perlakuan terbaik dapat dilakukan dengan melihat nilai dari rata – rata parameter pengujian dalam suatu penelitian, parameter pengujian pada penelitian ini yaitu : kadar etanol, dan rendemen. Setiap parameter diberikan bobot nilai variable 1 – 4 (terburuk – terbaik). Perlakuan dengan total nilai tertinggi merupakan perlakuan terbaik pada penelitian. Adapun hasil perhitungan perlakuan terbaik dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Perlakuan Terbaik

Perlakuan	Kadar Etanol	Rendemen	Total Skor
P1 = Starter dari Tapai Singkong	4	4	8
P2 = Starter dari Tapai Ketan Hitam	2	3	5
P3 = Starter dari Tapai Ketan Putih	1	1	2
P4 = Starter dari Tapai Beras	3	2	5

Berdasarkan **Tabel 8.** dapat dilihat bahwa Starter dari tapai singkong merupakan perlakuan terbaik dengan total skor 8. Starter dari tapai singkong merupakan starter yang terbentuk dari bahan baku yang memiliki kadar karbohidrat yang paling rendah, hal ini menyebabkan starter dari tapai singkong akan memproduksi enzim lebih banyak. Enzim invertase yang dihasilkan akan mengubah glukosa pada air kelapa menjadi alkohol, sehingga semakin banyak enzim invertase yang terbentuk maka semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan.

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Starter dari beberapa jenis tapai berpengaruh sangat nyata terhadap kadar etanol, dan rendemen, berpengaruh nyata terhadap nilai pH, namun tidak berpengaruh nyata terhadap kadar gula pada air kelapa.
2. Perlakuan P1 yaitu starter dari tapai singkong merupakan perlakuan terbaik dalam menghasilkan bioetanol dari air kelapa dengan kadar etanol 9,50% , nilai pH 3,53, dan rendemen 12,79%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disarankan menggunakan starter dari tapai singkong untuk produksi bioetanol dari air kelapa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Z.R. (2005). Pemanfaatan Khamir *Saccharomyces cerevisiae* untuk ternak, Wartazoa 15 (1) : 49-50
- Agustining, D. (2012). Daya hambat *saccharomyces cerevisiae* terhadap pertumbuhan jamur fusarium oxysporum. Skripsi. Universitas Jember
- Anggraini, S.P, Abrina., Yuniningsih, S., Sota, M. M.(2017). Pengaruh pH Terhadap Kualitas Produk Etanol. Program Studi Teknik Kimia. Universitas Tribuana Tungadewi Malang. 2(2), 99–105.
- Anwar, F., & Subagyo, R. (2020). Pembuatan Bioetanol Berbahan Baku Ampas Tebu Dan Kulit Pisang Dengan Variasi Massa Ragi. *Jtam Rotary*, 2(1), 123-136
- Arif , Y. (2011). Balai Besar Teknologi Pati (B2TP). Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lampung.
- Arlianti, L. (2018). Bioetanol Sebagai Sumber Green Energy Alternatif yang Potensial di Indonesia. vol. 1, hal. 16–22.
- Aro, S.O. (2008). Improvement in the Nutritive Quality of Cassava and Its by-Products Through Microbial Fermentation. *African Journal of Biotechnology*. Vol 7(25). Hal :4789-4797.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). Bioetanol Terdenaturasi untuk Alkohol. SNI 7390:2012.
- Badan Pusat Statistik (2023). Provinsi Jambi. *Luas Areal Tanaman Perkebunan Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Tanaman di Provinsi Jambi (ribu ha)*. Diakses pada 15 Februari 2025.
- Chairul., Silvia R N. (2013). Pembuatan Bioetanol Dari Nira Nipah Menggunakan *Sacharomyces Cereviceae*: Pekanbaru. Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau.
- Child, R. Nathanael, W.R.N. (2016). Changes in The Sugar Composition of Coconut Water During Maturation and Germination. *Tropical Agriculture*, 2(103) : 326-329.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2017). Statistik Perkebunan Indonesia. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Effendi, W. (2012). Bioetanol Kulit Buah Kakao; Menuju Indonesia Mandiri Bahan Bakar Nabati.

- FAO. (2018). Transforming Food and Agriculture to Achieve the SDGs. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fathur, (2019). Uji Kadar Alkohol Pada Tapai Ketan Putih (*Oryza sativa L. var glutinosa*) dan Singkong (*Manihot sp.*) Melalui Fermentasi dengan Dosis Ragi Yang Berbeda. Jurnal Agrisistem. Vol 15, No. 2.
- Haerani., Hamdana. (2016). Pengembangan Kecap dari Air Kelapa. 335 – 348.
- Harada, R., Okamura, N., Furumoto, S., & Yanai, K. (2018). Imaging protein misfolding in the brain using β -sheet ligands. *Frontiers in neuroscience*, 12, 585.
- Haryadi, H. (2013). Analisa Kadar Alkohol Hasil Fermentasi Ketan dengan Metode Kromatografi Gas dan Uji Aktifitas *Saccharomyces cereviceae* secara Mikroskopis (Analysis of Alcohol Content Fermented Glutinous by Method Chromatography Gas and Test Activity *Saccharomyces Cereviceae* in a Microscopic Manner). (Doctoral dissertation, Undip).
- Hasanah, H., (2008). Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol tape ketan hitam (*Oryza sativa L var forma glutinosa*) dan tape singkong (*Manihot utilissima Pohl*), Skripsi, Universitas Islam Negeri Malang, Malang.
- Hastuti, E. D., Prihastanti, E., Haryanti, S. (2015). Efektivitas Penambahan Ragi dan Pupuk terhadap Kadar Alkohol Bioetanol dengan Bahan Baku Jambu Citra. Buletin Anatomi dan Fisiologi. Vol. 23, No. 1.
- Indriani, F., Nurhidajah, & Suyanto, A. (2013). Karakteristik Fisik, Kimia dan Sifat Organoleptik Tepung Beras Merah Berdasarkan Variasi Lama Pengeringan. Jurnal Pangan dan Gizi. 4(8). Hal : 27-34.
- Islami, R. (2018). Pembuatan Ragi Tapai dan Tapai. Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Agrokompleks. Vol 1 (2). Hal : 56-63.
- Jean W. H. Yong, Liya Ge, Yan Fei Ng and Swee Ngim Tan. (2009). The Chemical Composition and Biological Properties of Coconut (*Cocos nucifera L.*) Water. *Molecules*, 14, 5144-5164.
- Jumari, A. (2009). Pembuatan Etanol dari Jambu Mete dengan Metode Fermentasi. Program Studi Teknik Kimia FT – UNS.
- K. Chojnacka, K. Moustakas, and A. Witek-Krowiak, (2020). Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy. *Bioresour. Technol.*, vol. 295.
- Kementerian Kesehatan RI (2018) Tabel Komposisi Pangan Indonesia Tahun 2017. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.

- Khurniawati, Fathoni, M. U., & Sari, N. K. (2019). Pembuatan Bioetanol Berbasis Glukosa Off Grade Dengan Proses Fermentasi Menggunakan Fermiol
Manufacture of Glucose-Based Bioetanol Off Grade With the Fermentation Process Using Fermiol. *Jurnal Teknik Kimia*, 13(2), 48–52.
- Kurniawan, T. B. (2014). Efek Interaksi Ragi Tapai dan Ragi Roti Terhadap Kadar Bioetanol Ketela Pohon (*Manihot utilissima, pohl*) Varietas Mukibat. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Li, X., dan I. Enrique.(2007) Selective oxidation of ethanol to acetic acid on dispersed mo-v-nb mixed oxides. *Chemistry European Journal*. 10.13.9324-9330.
- Lin, Y., Chomvong, K., Acosta-Sampson, L., Estrela, R., Galazka, J. M., Kim, S. R., ... & Cate, J. H. (2014). Leveraging transcription factors to speed cellobiose fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology for biofuels*, 7, 1-15.
- Maharani, M. Mega., Bakrie, M., Nurlela. (2021). Pengaruh Jenis Ragi, Massa Ragi dan Waktu Fermentasi Pada Pembuatan Bioetanol dari Limbah Biji Durian. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Palembang.
- Malle, D., L.B.D. Kapelle., Lopulalan, F. (2014). Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Air Kelapa Melalui Proses Fermentasi. Fakultas Pertanian. Universitas Pattimura.
- Marlina, L. & Hainun, W.N. (2020). Pembuatan Bioetanol dari Air Kelapa Melalui Fermentasi dan Destilasi-Dehidrasi Dengan Zeolit. *Teknik Kimia, Politeknik TEDC Bandung*. Vol. 14. No.3.
- Muchsin, A. R. (2017). Perbandingan Media Bekatul Dengan Penambahan Glukosa dan Tanpa Penambahan Glukosa Terhadap Pertumbuhan *Aspergillus sp.* Akademi Kesehatan Muhammadiyah Makassar.
- Mukti, R, A. & Sutjahjo, D, H. (2013). Bahan Bakar Alternatif Bioethanol Dari Limbah Kulit Kelapa Muda Segar Sebagai Extender Premium. *Jtm*, vol. 2, no. 1, pp. 57–64.
- Nainggolan, A.V. (2023). Pengaruh Perbandingan Urea dan NPK Terhadap Kadar Etanol Dari Kulit Nanas (*Ananas comosus L. Merr*). [skripsi] Program Studi Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jambi.
- Nurichana. (2011). Teknologi Produksi Bioetanol. Nuansa Bandung.
- Oetoyo, S. (1987). Diktat Aneka Industri Kimia. Akademi Teknologi Industri Akprind. Yogyakarta.

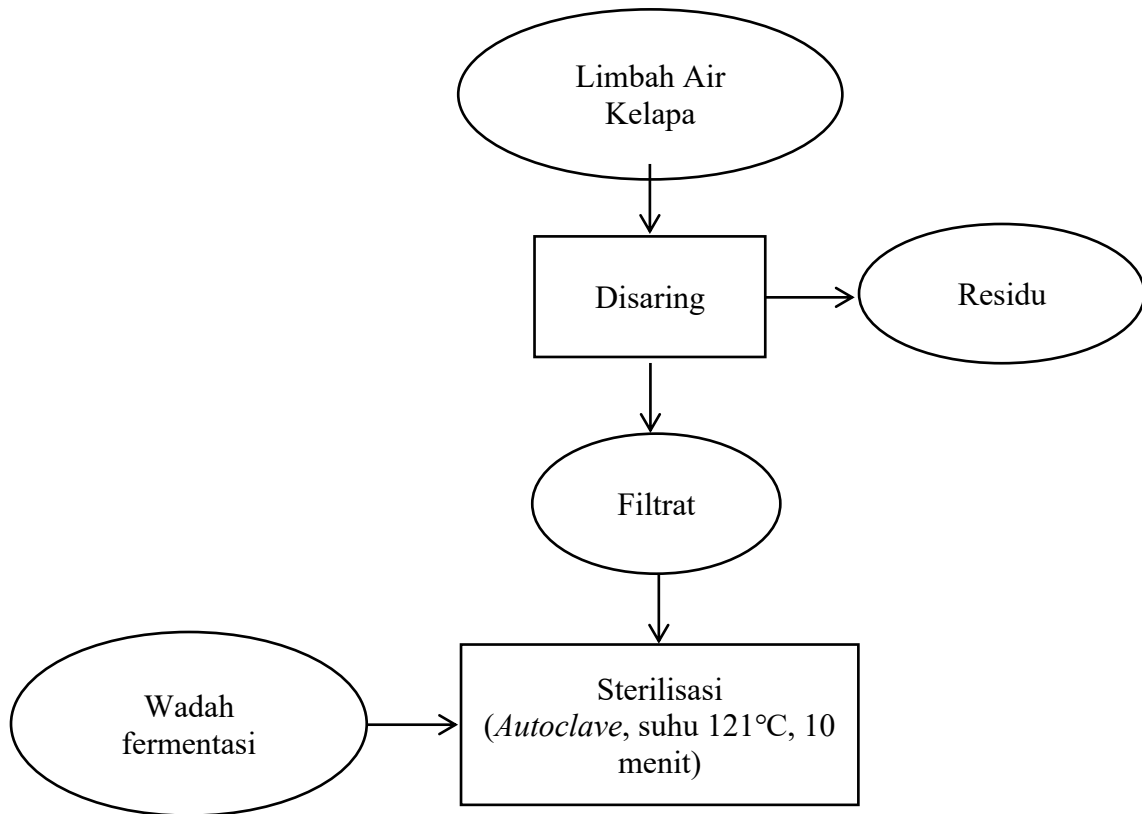
- Putra., E. A., Amran. (2009). Pembuatan Bioetanol Dari Nira Siwalan Secara Fermentasi Fase Cair Menggunakan Fermipan. Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro, Semarang.
- Putri, R.I.A. (2018). Pengaruh Perbedaan Konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* Terhadap Kadar Etanol Pada Bioetanol Dari Kulit Nanas Madu (*Ananas comosus, merr*). Skripsi. Yogyakarta. Universitas Sanata Dharma.
- Purwitasari, E., Pangastuti, A., Septyaningsih, R. (2004). Pengaruh Media Tumbuh terhadap Kadar Protein *Saccharomyces cerevisiae* dalam Pembuatan Protein Sel Tunggal. Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Sebelas Maret. Bioteknologi 1 (2): 37-42.
- Rahmadina, R Ayu. (2019). Pengaruh Jenis Ragi Terhadap Kadar Bioetanol dari Kulit Nanas (*Ananas Comosus*). Jurusan Teknologi Pertanian. Universitas Jambi.
- Reynad, D.P.G. (2017). Pemanfaatan Limbah Air Kelapa Menjadi Pupuk Organic Cair Menggunakam Mikroorganisme dan Bioaktivator. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Riski, A. (2019). Pengaruh Perbedaan Jenis Ragi Terhadap Kadar Bioetanol Dari Kulit Nenas. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Jambi.
- Sadzvirani, S., Restuhadi, F., Rossi, E. (2017). Bioetanol Dari Nira Nipah Kental Secara Nir-Sinambung (Batch) Dengan Penambahan *Codyceps mycelium* Powder dan Urea. Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau. Jom Faperta UR Vol. 4 No. 1.
- Satheesh, Neela and N.B.L Prasad. (2004). Production of virgin coconut oil by induced fermentation with *Lactobacillus plantarum* NDRI strain 184. Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition 9 (1-2) 37-42.
- Seftian, D., Antonius, F., & Faizal, M. (2012). Pembuatan etanol dari kulit pisang menggunakan metode hidrolisis enzimatik dan fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1).
- Sofyan, Y. (2012). Development of a new simple hydrostatic equilibrium model for sustainable evaluation in geothermal energy. *Energy Procedia*, 14, 205-210.
- S. Achinas and G. J. W. Euverink (2016). Consolidated briefing of biochemical ethanol production from lignocellulosic biomass. *Electron. J. Biotechnol.*, vol. 23, pp. 44–53.

- S. N. Naik, V. V. Goud, P. K. Rout, and A. K. Dalai, (2010). Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 2, pp. 578–597.
- S. Rezanian, Oryani, B., Cho, J., Talaiekhosani, A., Sabbagh, F., Hashemi, B., Rupani, P. F., & Mohammadi, A. A., (2020). Different pretreatment technologies of lignocellulosic biomass for bioethanol production: An overview. *Energy*. vol. 199, p. 117457.
- Suaniti, N.M. (2015). Kadar Etanol dalam Tapai sebagai Hasil Fermentasi Beras Ketan (*Oryza sativa glutinosa*) dengan *S. cerevisiae*. *Jurnal Virgin*, 1(1):16-19.
- Sulaiman, D., Syahdan, S., & Ulva, S. M. (2021). Analisis uji karakteristik bioetanol dari pisang hutan terhadap variasi massa ragi. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(3), 169-176.
- Suprihatin. (2010). *Teknologi Fermentasi*. UNESA Press.
- Susanti, A. D., Puspito, T. P. & Hari, P. (2013). Pembuatan bioetanol dari kulit nanas melalui hidrolisis dengan asam. *Ekuilibrium*. 12 (1):11 – 16.
- Tiara. I, Citraresmi, Alumni, Yudi. G, Iyan Sofyan. (2015). Pengaruh Konsentrasi Urea dan Terhadap Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* Pada Produk Ragi Tapai. Skripsi, Fakultas Teknik Unpas.
- Trinanda, M.A. (2015). Studi Aktivitas Bakteri Asam Laktat (*L. plantarum* dan *L. Fermentum*) Terhadap Kadar Protein Melalui Penambahan Tepung Kedelai Pada Bubur Instan Terfermentasi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Yogyakarta.
- Ting Y, Chong., Siang A, Cheah., Chin T, Ong., Lee Y, Wong., Chern R, Goh., Inn S, Tan., Henry C., Yew F., Man K, Lam., Steven L. (2020). Techno-economic evaluation of third-generation bioethanol production utilizing the macroalgae waste: A case study in Malaysia. *Energy*. Volume 210.
- Turnip, T. Titus., Restuhadi. F., Rossi, E. (2016). Potensi Air Kelapa Dalam Proses Fermentasi Bioetanol dengan Penambahan NPK dan Tween 80 TM. *Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau, Pekanbaru*. Jom Faperta Vol. 3 No. 2
- U.S W, Associates. (2008). *Pedoman Penggunaan Ragi dan Enzim*. Jakarta:Djambatan.
- Walker, Graeme M. (2010). *Bioethanol : Science and Technology of Fuel Alcohol*. University of Abertay : Scotland.
- Warisno. (2003). *Budi Daya Kelapa Genjah*. Yogyakarta: Kanisius.

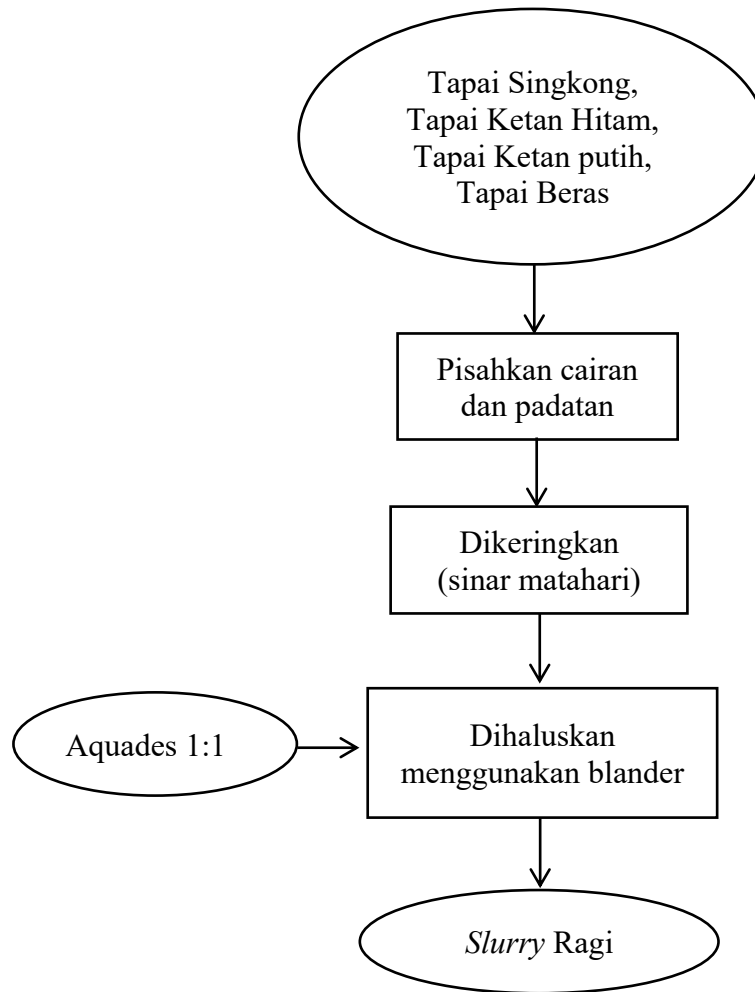
- Warisno. (2004). *Mudah dan Praktis Membuat Nata De Coco*. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Wrasianti, L. P, Arnata, I. W, Yoga, I. W. G, Wijaya, I. M. M, (2013). Pemanfaatan Limbah Air Kelapa Menjadi Produk Coco Cider: Kajian Penambahan Gula dan Waktu Fermentasi. *Jurnal Bumi Lestari*. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Yudayana. Vol 13, No.1.
- Yudiswantoro, Fajar. (2016). Pembuatan Energi Biogas Dari Fermentasi Kulit Buah Nanas Dengan Biodigester Berkapasitas 200 Liter.Kediri: FT UN PGRI.
- Yuniarti, D. P, Surya, H., Efrinalia, W. (2018). Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi Pada Pembuatan Bioetanol Dengan Bahan Baku Ampas Tebu. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Tamansiswa Palembang*. Vol 3. No.2.
- Yusra, I. (2011). Pemanfaatan Kulit Nanas Sebagai Bahan Pembuatan Bioetanol. Skripsi. Keteknikan Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Zahro, F. (2014). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat Asal Fermentasi Markisa Ungu (*Pasiflora edulis* var. Sims) Sebagai Penghasil Eksopolisakarida. SKRIPSI. Jurusan Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Zou, H., Jiang, Q., Zhu, R., Chen, Y., Sun, T., Li, M., ... & He, Q. (2020). Enhanced hydrolysis of lignocellulose in corn cob by using food waste pretreatment to improve anaerobic digestion performance. *Journal of environmental management*, 254, 109830.

LAMPIRAN

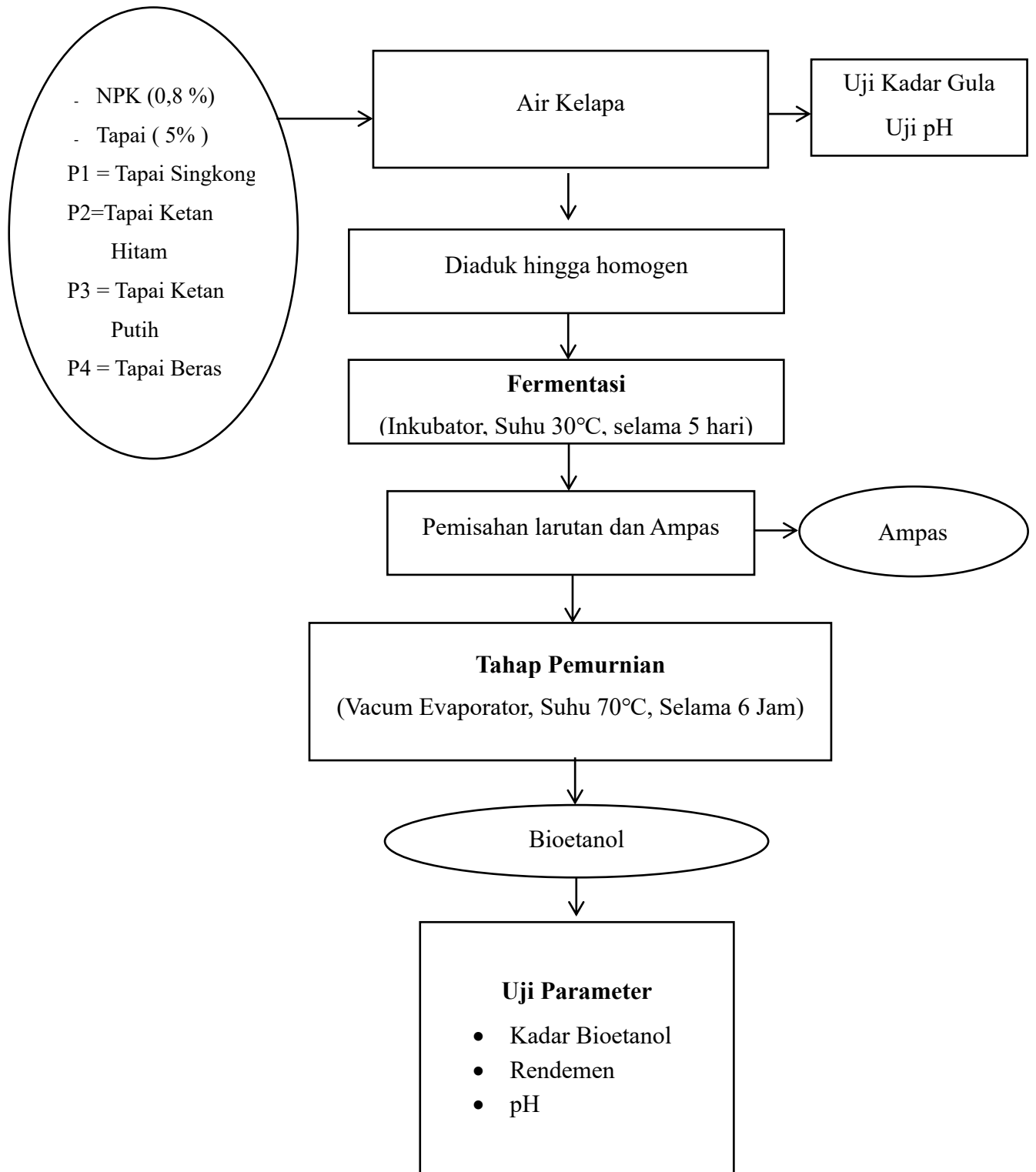
Lampiran 1. Diagram Alir Persiapan Bahan Baku Air Kelapa



Lampiran 2. Diagram Alir Pembuatan Ragi dari Tapai



Lampiran 3. Diagram Alir Pembuatan Bioetanol Air Kelapa



Lampiran 4. Data Perhitungan Bahan Baku

Bahan	Perlakuan			
	Tapai singkong	Tapai ketan hitam	Tapai ketan putih	Tapai beras
Air kelapa	500 ml	500 ml	500 ml	500 ml
NPK	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%
Tapai	5%	5%	5%	5%

Lampiran 5. Data Hasil Pengamatan dan Sidik Ragam Kadar Gula

a. Hasil perhitungan Rata – rata Kadar Gula pada air kelapa

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata – Rata
	U1	U2	U3	U4		
Tapai singkong	4,2	4,1	4,1	4,1	16,5	4,12
Tapai ketan hitam	4,1	4,0	4,1	4,0	16,2	4,05
Tapai ketan putih	4,3	4,1	4,1	4,1	16,4	4,10
Tapai beras	4,3	4,1	4,2	4,1	16,7	4,17
Jumlah	16,8	16,2	16,5	16,3	65,8	16,45
Rata – Rata	4,20	4,05	4,13	4,08	16,45	4,11

b. Data Analisis Sidik Ragam Kadar Gula Pada Larutan

SK	DB	JK	KT	F Hitung	Notasi	F Tabel	
						0.05	0.01
Perlakuan	3	0,0325	0,0108	2,0000	ns	3,4903	5,9525
Galat	12	0,0650	0,0054				
Total	15	0,0975					

Keterangan : ** = Berpengaruh Sangat nyata

* = Berpengaruh nyata

ns = Berpengaruh tidak nyata

F Hitung < F Tabel maka tidak dilakukan uji lanjut DNMRT

Lampiran 6. Data Hasil Pengamatan dan Sidik Ragam Kadar Etanol

a. Hasil Perhitungan Kadar Etanol

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata – Rata
	U1	U2	U3	U4		
Tapai singkong	10	9	9	10	38	9,50
Tapai ketan hitam	9	6	6	8	29	7,25
Tapai ketan putih	2	4	3	4	13	3,25
Tapai beras	9	8	8	9	34	8,50
Jumlah	30	27	26	31	114	28,50
Rata – Rata	7,5	6,75	6,5	7,75	28,5	7,13

b. Data Analisis Sidik Ragam Kadar Etanol

SK	DB	JK	KT	F Hitung	notasi	F Tabel	
						0.05	0.01
Perlakuan	3	90,250	30,083	31,391	**	3,490	5,953
Galat	12	11,500	0,958				
Total	15	101,750					

Keterangan : ** = Berpengaruh Sangat nyata

* = Berpengaruh nyata

ns = Berpengaruh tidak nyata

F Hitung < F Tabel maka tidak dilakukan uji lanjut DNMRT

c. Tabel uji lanjut DNMRT

P	2	3	4
SSR %	2,99	3,29	3,5
LSR %	0,7318	0,8052	0,8566
SD = 0,2447363			
Perlakuan	Rata-Rata	Rata-Rata + DNMRT	Notasi
P3	3,25	3,9818	d
P2	7,25	8,0552	c
P4	8,50	9,3566	b
P1	9,50		a

Lampiran 7. Data Hasil Pengamatan dan Sidik Ragam pH

a. Hasil Perhitungan pH

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata – Rata
	U1	U2	U3	U4		
Tapai singkong	3,50	3,52	3,55	3,54	14,11	3,53
Tapai ketan hitam	3,55	3,62	3,70	3,58	14,45	3,61
Tapai ketan putih	3,51	3,47	3,61	3,49	14,48	3,52
Tapai beras	3,58	3,56	3,61	3,60	14,35	3,58
Jumlah	14,14	14,17	14,47	14,21	56,99	14,25
Rata – Rata	3,53	3,54	3,62	3,55	14,25	3,56

b. Data Analisis Sidik Ragam pH

SK	DB	JK	KT	F Hitung	Notasi	F Tabel	
						0.05	0.01
Perlakuan	3	0,0246	0,0082	3,6171	*	3,4903	5,9525
Galat	12	0,0272	0,0022				
Total	15	0,0518					

Keterangan : ** = Berpengaruh Sangat nyata

* = Berpengaruh nyata

ns = Berpengaruh tidak nyata

F Hitung < F Tabel maka tidak dilakukan uji lanjut DNMRT

c. Tabel uji lanjut DNMRT

P	2	3	4
SSR %	2,99	3,29	3,5
LSR %	0,035604	0,039176824	0,041677
SD = 0,0119078			
Perlakuan	Rata-Rata	Rata-Rata + DNMRT	Notasi
P3	3,5200	3,5556	a
P1	3,5275	3,5667	a
P4	3,5875	3,6292	b
P2	3,6125		c

Lampiran 8. Data Hasil Pengamatan dan Sidik Ragam Rendemen

a. Hasil Perhitungan Rendemen

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata – Rata
	U1	U2	U3	U4		
Tapai singkong	12,79	13,02	12,79	12,56	51,16	12,79
Tapai ketan hitam	9,67	9,89	9,89	9,89	39,34	9,84
Tapai ketan putih	8,51	8,72	8,51	8,30	34,04	8,51
Tapai beras	9,33	9,56	9,56	9,56	38,00	9,50
Jumlah	40,30	41,19	40,75	40,30	162,55	40,64
Rata – Rata	10,08	10,30	10,19	10,08	40,64	10,16

b. Data Analisis Sidik Ragam Rendemen

SK	DB	JK	KT	F Hitung	notasi	F Tabel	
						0.05	0.01
Perlakuan	3	40,728	13,576	599,012	**	3,490	5,953
Galat	12	0,272	0,023				
Total	15	41,000					

Keterangan : ** = Berpengaruh Sangat nyata

* = Berpengaruh nyata

ns = Berpengaruh tidak nyata

F Hitung < F Tabel maka tidak dilakukan uji lanjut DNMRT

c. Tabel uji lanjut DNMRT

P	2	3	4
SSR %	2,99	3,29	3,5
LSR %	0,112533	0,123824233	0,131728
SD = 0,0376365			
Perlakuan	Rata-Rata	Rata-Rata + DNMRT	Notasi
P3	8,5106	8,6231	d
P4	9,5000	9,6238	c
P2	9,8352	9,9669	b
P1	12,7907		a

Lampiran 9. Tabel Konversi Berat Jenis Alkohol

%	Berat Jenis (g/mL)	%	Berat Jenis (g/mL)	%	Berat Jenis (g/mL)	%	Berat Jenis (g/mL)	%	Berat Jenis (g/mL)
1	0,99379	21	0,96242	41	0,92558	61	0,88044	81	0,83224
2	0,99194	22	0,96087	42	0,92344	62	0,87809	82	0,82974
3	0,99014	23	0,95929	43	0,92128	63	0,87574	83	0,82724
4	0,98839	24	0,95769	44	0,91910	64	0,87337	84	0,82473
5	0,98670	25	0,95607	45	0,91692	65	0,87100	85	0,82220
6	0,98507	26	0,95442	46	0,91472	66	0,86863	86	0,81965
7	0,98347	27	0,95272	47	0,91250	67	0,86625	87	0,81708
8	0,98189	28	0,95098	48	0,91028	68	0,86387	88	0,81448
9	0,98031	29	0,94922	49	0,90805	69	0,86148	89	0,81186
10	0,97875	30	0,94741	50	0,90580	70	0,85908	90	0,80922
11	0,97723	31	0,94557	51	0,90353	71	0,85667	91	0,80655
12	0,97573	32	0,94370	52	0,90125	72	0,85426	92	0,80384
13	0,97424	33	0,94180	53	0,89896	73	0,85184	93	0,80111
14	0,97278	34	0,93986	54	0,89667	74	0,84941	94	0,79835
15	0,97133	35	0,93790	55	0,89437	75	0,84698	95	0,79555
16	0,96990	36	0,93591	56	0,89206	76	0,84455	96	0,79271
17	0,96844	37	0,93390	57	0,88975	77	0,84211	97	0,78981
18	0,96697	38	0,93186	58	0,88744	78	0,83966	98	0,78684
19	0,96347	39	0,92979	59	0,88512	79	0,83720	99	0,78382
20	0,96395	40	0,92770	60	0,88278	80	0,83473	100	0,78075

Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Pembuatan Tapai Singkong



Gambar 2. Pembuatan Tapai Beras



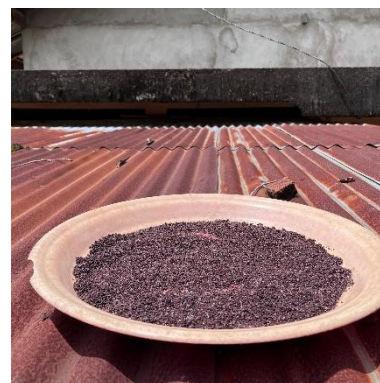
Gambar 3. Pembuatan Tapai Ketan
Putih



Gambar 4. Pembuatan Tapai Ketan
Hitam



Gambar 5. Pengeringan Tapai Singkong



Gambar 6. Pengeringan Tapai Ketan
Hitam



Gambar 7. Pengeringan Tapih Ketan Putih



Gambar 8. Pengeringan Tapih Beras



Gambar 9. Air kelapa



Gambar 10. Uji kadar gula pada air kelapa



Gambar 11. Penimbangan Tapih



Gambar 12. Penimbangan NPK



Gambar 13. Sterilisasi



Gambar 14. Penyesuaian pH



Gambar 15. Pembuatan Slurry Tapai



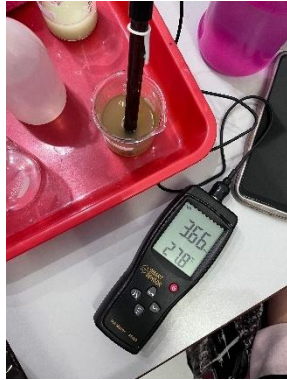
Gambar 16. Pencampuran



Gambar 17. Fermentasi



Gambar 18. Penyaringan Ampas



Gambar 19. Uji pH



Gambar 20. Hasil Fermentasi



Gambar 21. Destilasi



Gambar 22. Hasil Destilasi Bioetanol



Gambar 23. Uji Kadar Etanol