

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (N. Azizah dkk, 2012) mengenai pengaruh durasi fermentasi terhadap kadar alkohol, pH, dan produksi gas dalam proses fermentasi bioetanol dari whey dengan substitusi kulit nanas. Penelitian ini menggunakan metode perlakuan monofaktor, yaitu variasi durasi fermentasi dalam lingkungan rancangan acak lengkap (RAL), dengan pengamatan terhadap kadar alkohol, pH, dan produksi gas sebagai respons. Perlakuan tersebut dibagi ke dalam 5 tingkatan dengan 4 kali ulangan. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan ANOVA, dan jika terdapat perbedaan, dilanjutkan dengan uji wilayah ganda duncan. Adapun tingkatan perlakuan yang diterapkan adalah sebagai berikut:

T1 = lama fermentasi 12 jam

T2 = lama fermentasi 24 jam

T3 = lama fermentasi 36 jam

T4 = lama fermentasi 48 jam

T5 = lama fermentasi 60 jam

Dan didapatkan hasil penelitian berupa

Berdasarkan hasil penelitian, data rerata nilai kadar alkohol, pH, dan produksi gas setiap perlakuan disajikan pada tabel dibawah

Tabel 2. 1 Kadar alkohol, pH, dan produksi gas (N.Azizah, dkk, 2012)

Perlakuan	Kadar Alkohol (%) ^{ns}	pH	Produksi Gas (L) ^{ns}
T1	1,25	3,70 ^b	0,16
T2	2,04	3,72 ^b	0,26
T3	2,25	3,86 ^a	0,29
T4	1,71	3,60 ^b	0,44
T5	1,21	3,50 ^c	0,51

Keterangan: ns = tidak signifikan; superskrip huruf yang berbeda pada kolom menunjukkan adanya perbedaan ($P < 0,05$).

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa lama fermentasi 60 jam pada proses fermentasi bioetanol dari whey dengan substitusi kulit nanas dengan

penambahan *Saccharomyces cerevisiae* berpengaruh dalam menurunkan nilai pH, tetapi tidak menunjukkan adanya pengaruh dalam meningkatkan kadar alkohol dan produksi gas.

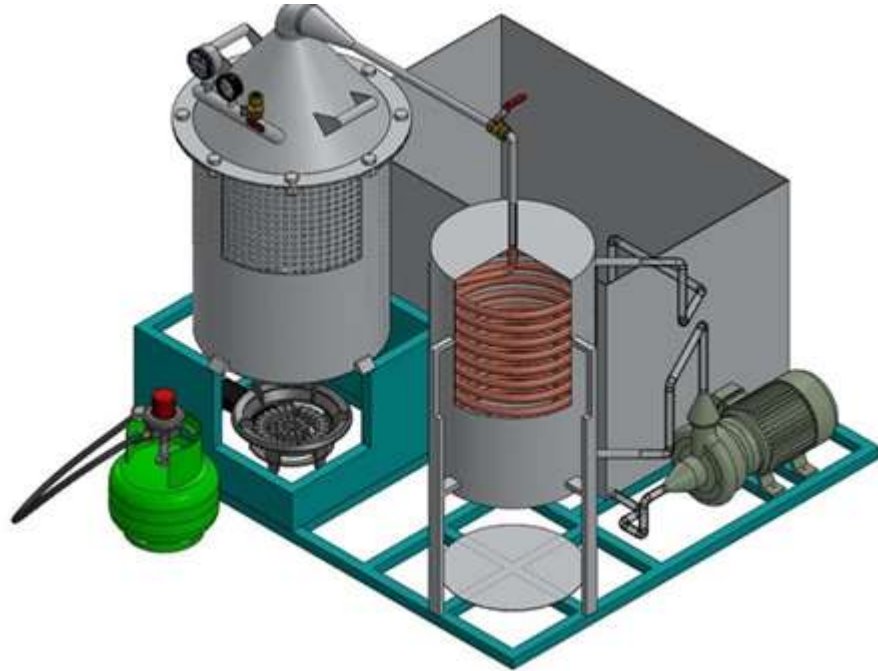
Lalu, penelitian yang dilakukan oleh (Anis Artiyani dkk.,2011) tentang bioetanol dari limbah kulit singkong melalui proses hidrolisis dan fermentasi dengan *saccharomyces cerevisiae*. Dengan metode yang digunakan berupa *pretreatment* dengan NaOH , hidrolisis, fermentasi menggunakan ragi *saccharomyces cerevisiae*, dan distilasi.

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses *pretreatment* yang optimum adalah *pretreatment* dengan NaOH 10% dimana paling tinggi mendegradasi lignin dan banyak menghasilkan glukosa. Lignin yang tertinggal dalam tepung hanya sebesar 2,035%. Kadar glukosa yang diperoleh sebesar 4,279%.
2. Proses hidrolisis yang lebih baik adalah hidrolisis asam dengan H₂SO₄ 4% dengan waktu hidrolisis selama 240 menit. Sedangkan hidrolisis biologis dengan *Trichoderma viride* menghasilkan glukosa terbaik pada konsentrasi 1% dengan waktu hidrolisis 72 jam.
3. Kombinasi variabel yang menghasilkan bioetanol terbanyak dalam proses fermentasi selama 96 jam dari kulit singkong dengan *Saccharomyces cerevisiae* 20% adalah fermentasi dari hasil hidrolis asam H₂SO₄ 4% selama 240 menit yaitu menghasilkan etanol sebesar 0,225%, selanjutnya di destilasi konsentrasi etanol meningkat menjadi 1,637%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Deni Arifianto dkk 2023) tentang perancangan alat destilasi limbah ampas tahu menjadi bahan bakar bioetanol melalui metode *quality function deployment* (QFD). Dengan metode yang digunakan berupa metode *quality function deployment* (QFD). Penelitian ini memanfaatkan metode destilasi konvensional dengan penambahan komponen yang diharapkan dapat memproduksi bioetanol berkualitas tinggi. Desain alat destilasi dilakukan dengan pendekatan QFD (*Quality Function Development*). Oleh karena

itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi karakteristik teknis dari sistem destilasi bioetanol berdasarkan kebutuhan pengguna.



Gambar 2. 1 Gambar 3D alat destilasi kapasitas 10kg (Deni Arifianto, dkk, 2023)

kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Pemilihan bahan dan spesifikasi alat sangat berpengaruh pada hasil, dalam pembentukan *design* dan tata letak juga sangatlah berpengaruh maka dari itu kami sangat memperhitungkan ukuran, dimensi dan tata letak. Pada proses awal bahan baku yang sudah melalui proses hidrolisa dan fermentasi dimasukan dalam tabung vesel selanjutnya akan di tutup dan kencangkan semua sekrup, kemudian mulai menyalakan pemanas suhu yang ada didalam harus selalu dijaga pada 60-75 drajat karna jika suhu melebihi maka akan berpengaruh pada hasil ethanol, karena jika suhu melebihi yang sudah di tentukan akan menyebabkan kandungan air yang ada pada bahan baku ikut terbawa, lalu proses selanjutnya uap akan naik kedalam tabung kondensor pada proses ini uap akan di dinginkan dan akan berubah menjadi ethanol.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Nasrun dkk, 2015) tentang pengaruh jumlah ragi dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi kulit pepaya. Dengan metode yang digunakan dengan proses pembuatan bioetanol berbahan dasar kulit pepaya dengan proses fermentasi menggunakan ragi roti dengan variasi (10, 15 dan 20 gr) dan waktu fermentasi (3, 4 dan 5 hari).

Tabel 2. 2 Data hasil penelitian (Nasrun dkk 2015)

No	Waktu Fermentasi (hari)	Jumlah Ragi (gr)	Volume Etanol (ml)	Densitas (gr/ml)	pH Fermentasi	Rendemen (%)
1	3	10	28,73	0,862	4	5,746
		15	29,58	0,870	4	5,916
		20	26,67	0,847	5	5,334
2	4	10	29,92	0,874	4	5,984
		15	31,17	0,883	4	6,234
		20	28,29	0,878	5	5,658
3	5	10	28,12	0,838	4	5,658
		15	26,93	0,839	5	5,386
		20	26,30	0,833	5	5,260

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah volume bioetanol tertinggi 31,17 ml didapatkan pada perlakuan waktu fermentasi selama 4 hari dan penambahan ragi *Saccaromyces cereviceae* sebanyak 15 gram, densitas bioetanol tertinggi diperoleh pada jumlah ragi 15 gram dengan waktu fermentasi 4 hari yaitu 0,883 gr/ml, pH media tertinggi selama fermentasi yaitu 5 yang terdapat pada jumlah ragi 20 gram dengan waktu fermentasi 3, 4, dan 5 hari. Rendemen bioetanol yang paling tinggi diperoleh pada jumlah ragi 15 gram dengan waktu fermentasi 4 hari yaitu sebesar 6,23%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Sifa Rahmawati dkk.,2023) tentang konversi ampas tebu dan sabut kelapa menjadi bioetanol dengan metode hidrolisis enzimatik. Dengan metode yang digunakan hidrolisis enzimatik, hidrolisis enzimatik adalah proses pemecahan polimer menjadi monomer dengan bantuan enzim sebagai katalisator (Arlianti, 2018). Meskipun terdapat banyak macam metode hidrolisis, pembuatan bioetanol banyak menggunakan metode hidrolisis asam dan hidrolisis enzimatik terutama pada bahan baku biomassa.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum dan terbaik terdapat di volume enzim 15 ml yang menghasilkan kadar glukosa 15,6 % dan kadar bioetanol 25,1 %. Untuk waktu optimum hidrolisis yaitu selama 75 menit, kadar glukosa cenderung naik dari waktu 45 menit hingga 75 menit. Lalu cenderung turun ketika waktu hidrolisis melebihi 75 menit. Waktu fermentasi terbaik dengan waktu 75 menit hidrolisis, menghasilkan 13 ml bioetanol dengan kadar 25,1%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Ratna Dewi Syarifah.,2022) tentang *trash can-composter*: alat pencacah sampah organik untuk pencacah sampah limbah pertanian. Dengan maksud dari pembuatan penelitian ini untuk mengenalkan dan mensosialisasikan alat pencacah sampah organik, yaitu *Trash Can-Composter* (TCC): sebuah prototipe komposter yang berfungsi sebagai tempat sampah sekaligus penghasil kompos organik, yang dapat mempercepat proses pembuatan pupuk cair maupun kompos. Selain itu, kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk memberikan pelatihan pembuatan kompos kepada masyarakat Desa Pujer Baru. Diharapkan melalui pelatihan ini, pengetahuan dan keterampilan masyarakat dalam mengelola sampah organik akan meningkat.



Gambar 2. 2 Praktek penggunaan mesin pencacah sampah, *Trash Can-Composter* oleh mitra (Ratna Dewi Syarifah dkk.,2022)

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pembuatan kompos merupakan salah satu solusi mengatasi permasalahan sampah organik di Desa Pujer Baru. Sampah organik yang dicacah dengan menggunakan mesin TCC juga mampu menghasilkan cacahan sampah dengan ukuran yang kecil sehingga dapat mempercepat proses pembuatan kompos. Berdasarkan observasi selama kegiatan berlangsung kemampuan (*hardskill*) mengoperasikan mesin TCC juga mengalami peningkatan dari yang pada awalnya tidak mengetahui mesin TCC sampai bisa mengoperasikan dan merawat mesin TCC dan juga memiliki kemampuan membuat kompos. Kegiatan pengabdian ini diharapkan dapat dilanjutkan pada tahun berikutnya agar masyarakat semakin terampil dalam membuat kompos. Produk kompos yang dihasilkan diharapkan mampu memiliki nilai jual yang tinggi sehingga dapat dijual dan meningkatkan perekonomian.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Endang Lovisia, 2022) tentang bioetanol dari singkong sebagai sumber energi alternatif. Dengan objek yang digunakan sebagai bahan untuk pembuatan bioetanol adalah dari singkong. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisau untuk mengupas singkong, pamarut singkong (blender), wadah masak (panci), wadah fermentasi, alat destilasi (*Pyrex*), alat penyaring, timbangan analitik, *erlenmeyer* (*Pyrex*), gelas ukur 1 liter, batang pengaduk, pH meter digital, piknometer 100 ml (*Pyrex*) dan alat tulis menulis. Bahan utama yang digunakan adalah singkong dan bahan pembantu yaitu bakteri *Saccharomyces cerevisiae*, air, dan HCl 0,1 N.

Pada penelitian yang telah dilakukan mendapatkan hasil dan kesimpulan berupa, Proses fermentasi dan destilasi memengaruhi jumlah bioetanol yang dihasilkan. Dalam penelitian ini, waktu yang diperlukan untuk fermentasi adalah 3 hari. Proses destilasi dilakukan sebanyak 3 kali, dan rata-ratanya menghasilkan sampel sebesar 0,59 liter. Hasil rendemen fermentasi mencapai 66,34%, sedangkan rendemen destilasi adalah 2,78%. Dari setiap kilogram singkong, diperoleh bioetanol sebanyak 0,098 liter. Salah satu kelemahan dari penelitian ini adalah belum dilakukan analisis kualitas bioetanol sebagai bahan bakar. Oleh karena itu, disarankan untuk penelitian selanjutnya agar melakukan uji kualitas bioetanol

berdasarkan kadar etanol dan pengukuran pH, yang merupakan syarat penting dalam standar mutu bioetanol untuk bahan bakar.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Harimbi Setyawati dan Nanik Astuti Rahman, 2017) tentang bioetanol dari kulit nanas dengan variasi massa *saccharomyces cereviceae* dan waktu fermentasi. Dengan objek yang digunakan sebagai bahan untuk pembuatan bioetanol adalah dari nanas. Penelitian ini dilaksanakan melalui metode eksperimen menggunakan rancangan perlakuan untuk menghasilkan substrat sari kulit nanas yang siap diolah menjadi bioetanol melalui proses fermentasi. Selanjutnya, substrat tersebut ditambahkan dengan *Saccharomyces cerevisiae* pada berbagai variabel, lalu proses fermentasi dilakukan. Hasil fermentasi kemudian dianalisis untuk mengetahui kadar glukosa yang tersisa dan kadar bioetanolnya menggunakan GC. Sari kulit nanas dianalisis untuk mengetahui kadar glukosanya, kemudian ditambahkan air dengan perbandingan 1:2 dan disterilisasi. Proses fermentasi dilakukan pada suhu 25–30°C, pH 4–5, dan ditambahkan urea. Setelah itu, proses distilasi dilaksanakan pada suhu 78°C, dan kadar bioetanol yang dihasilkan dianalisis.

Pada penelitian yang telah dilakukan mendapatkan hasil dan kesimpulan berupa,

Tabel 2. 3 Data hasil fermentasi destilasi pada λ 540 nm (Harimbi Setyawati.,2017)

No	Penambahan <i>Saccaromyces Cereviceae</i> (g)	Hari ke	A	pH Akhir	Berat Jenis	Kadar Glukosa sisa (%)	Kadar Ethanol (%)
1	20	2	11229	4	0,9767	6,1625	0,991
		6	0,935	4,5	0,9752	3,6925	3,810
		8	0,865	5	0,9735	4,3425	3,831
		10	0,713	5	0,9716	3,5825	3,886
		4	1,315	4,5	0,9771	6,5925	3,454
2	30	2	1,682	4,5	0,9772	8,4275	0,793
		6	1,240	4,5	0,9762	6,2175	3,771
		8	1,183	4,5	0,9744	5,9325	3,932
		10	1,018	4,5	0,9715	5,1075	3,965
		4	1,307	4,5	0,9752	6,5525	3,728
3	40	2	1,525	4	0,9753	7,6425	0,983
		6	1,036	4,5	0,9742	5,1975	3,778
		8	0,944	5	0,9722	4,7375	3,832
		10	0,848	5	0,9722	4,2575	3,873

Kulit buah nanas dapat ditingkatkan potensinya menjadi bioetanol. Penambahan *Saccaromyces cerevisiae* dan waktu fermentasi berpengaruh terhadap kualitas bioetanol yang dihasilkan dari kulit buah nanas. Kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada penambahan *Saccaromyces cerevisiae* 30 g dan waktu fermentasi 10 hari sebesar 3,965%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Farida Hanum.,2013) tentang pengaruh massa ragi dan waktu fermentasi terhadap bioetanol dari biji durian. Dengan objek yang digunakan sebagai bahan untuk pembuatan bioetanol adalah dari biji durian. Dengan metode yang digunakan berupa perbandingan massa ragi dan waktu pada saat melakukan fermentasi. Pemilihan sel khamir dilakukan berdasarkan jenis karbohidrat yang digunakan sebagai medium untuk produksi alkohol. Untuk medium berupa pati dan gula, digunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Proses fermentasi berlangsung pada pH optimal untuk pertumbuhan khamir, yaitu antara pH 4,0 hingga 4,5. Etanol dihasilkan dari gula sebagai hasil aktivitas fermentasi oleh sel khamir. Genus *Saccharomyces* dipilih karena cocok untuk menghasilkan etanol. Kriteria pemilihan khamir untuk produksi etanol mencakup laju fermentasi dan pertumbuhan yang cepat, hasil etanol yang tinggi, ketahanan terhadap konsentrasi etanol dan glukosa yang tinggi, toleransi terhadap konsentrasi garam tinggi, pH dan suhu fermentasi optimal (25–30°C), serta ketahanan terhadap stres fisik dan kimia.

Pada penelitian yang telah dilakukan mendapatkan hasil dan Kesimpulan berupa:

1. Jumlah bioetanol optimum yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 3,7 ml dengan densitas 0,9669 gr/ml dengan waktu 48 jam dan pemberian jumlah ragi 6% .
2. Kadar bioetanol yang diperoleh sebesar 18,999 % dengan waktu fermentasi 48 jam.
3. Nilai kalor optimum sebesar 167,092 kkal/kg dengan waktu fermentasi 48 jam
4. dan pemberian jumlah ragi sebesar 6% dari jumlah bahan baku.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (T. Handoko dkk.,2012) tentang hidrolisis serat selulosa dalam buah bintaro sebagai sumber bahan baku bioetanol. Penelitian ini menggunakan buah bintaro yang diperoleh dari tanaman peneduh jalan sebanyak 34 buah. Enzim yang digunakan dalam proses hidrolisis adalah enzim *Cellusoft L* dengan konsentrasi 5 g/L dalam *buffer* sitrat. Penelitian dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap penelitian pendahuluan yang meliputi perlakuan awal serta penentuan kandungan selulosa dan lignin, dan tahap penelitian utama yang mencakup hidrolisis enzimatis pada buah bintaro. Dalam penelitian utama, serbuk buah bintaro yang sudah mengalami *pretreatment* fisik sebanyak 20 g dihidrolisis dengan variasi pengenceran larutan enzim, yaitu tanpa pengenceran dan dengan pengenceran 10 kali.

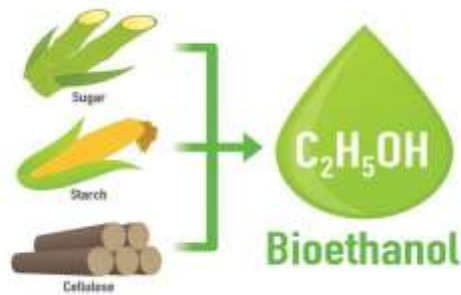
Pada penelitian yang telah dilakukan mendapatkan hasil dan kesimpulan berupa buah bintaro memiliki kandungan selulosa yang setara dengan jerami, tetapi kandungan ligninnya lebih tinggi, yang menunjukkan bahwa buah ini berpotensi sebagai sumber bahan baku bioetanol. Dengan enzim *Cellusoft L* pada konsentrasi 5 g/L tanpa pengenceran, selulosa pada buah bintaro dapat dikonversi menjadi glukosa dengan konsentrasi tertinggi sebesar 7,69 g/L dan perolehan 20,822% pada substrat 100 g/L. Perolehan maksimum mencapai 51,591% saat jumlah substrat dan enzim disamakan. Konsentrasi substrat optimal adalah 80 g/L, dengan rasio enzim terhadap substrat 1:16, dan waktu hidrolisis optimal selama 72 jam.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Bioetanol

Menurut penelitian J. musanif (2008), Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari tanaman. Proses pembuatannya dimulai dengan mengubah gula dalam tanaman menjadi alkohol melalui fermentasi, lalu disuling dan dimurnikan. Proses pemurnian akhir menggunakan teknologi khusus untuk menghilangkan kandungan air, sehingga bioetanol siap digunakan sebagai bahan bakar kendaraan. Bioetanol menawarkan beberapa keunggulan, di antaranya ramah lingkungan, terbarukan, dan dapat diproduksi dari berbagai jenis bahan baku, termasuk limbah pertanian. Mengolah limbah pertanian menjadi bioetanol adalah strategi yang efektif untuk memanfaatkan sumber daya yang belum termanfaatkan sepenuhnya,

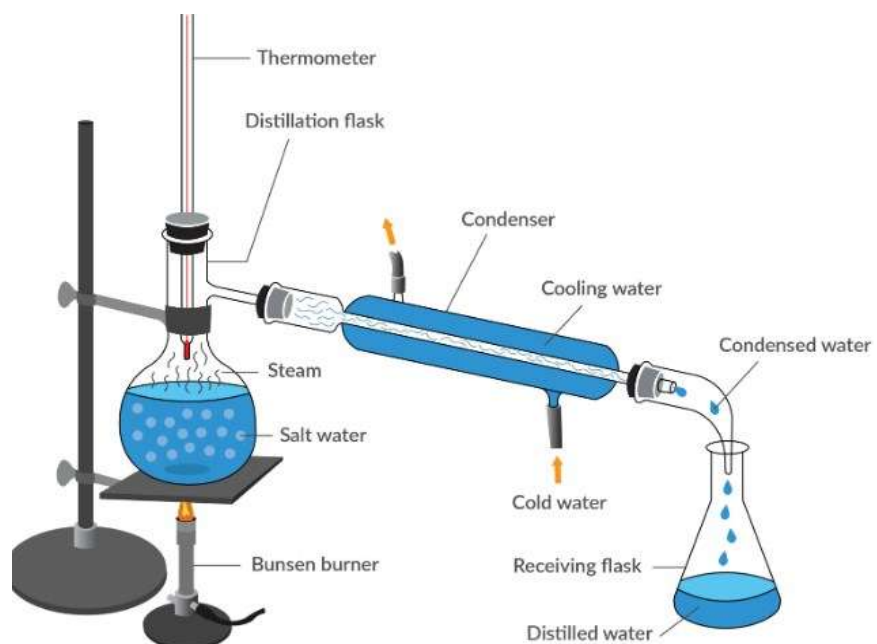
sekali­gus membantu mengur­angi emisi karbon dan polusi ling­kungan yang di­hasil­kan dari pembakaran limbah.



Gambar 2. 3 Gambar Ilustrasi bioethanol (sumber: FOTO/iStockphoto)

2.2.2 Distilasi

Distilasi adalah cara pemisahan zat cair dari campurannya berdasarkan perbedaan titik didih atau berdasarkan kemampuan zat untuk menguap. Dimana



Gambar 2. 4 Gambar proses sederhana distilasi zat cair dipanaskan hingga titik didihnya, serta mengalirkan uap ke dalam alat pendingin kondensor dan mengumpulkan hasil pengembunan sebagai zat cair. Pada kondensor digunakan air yang mengalir sebagai pendingin (Tia Setiawan, 2018).

2.2.3 Fermentasi

Menurut Ganjar (1983) fermentasi adalah suatu proses kimiawi yang berasal dari senyawa-senyawa organik (karbohidrat, lemak, protein dan bahan organik lain) baik dalam keadaan aerob maupun dalam keadaan anaerob, yang dihasilkan melalui kerja enzim oleh mikroba. Proses fermentasi dapat dipengaruhi oleh faktor Suhu dan ragi (jamur yang digunakan).

Dalam proses fermentasi ragi *Saccharomyces cerevisiae* digunakan untuk meningkatkan hasil yang diperoleh dari produksi bioethanol dari gula karena dalam proses tersebut tidak membutuhkan sinar matahari dalam proses pertumbuhannya dan dapat langsung digunakan untuk fermentasi bioethanol. Kurniawan dan rekan-rekan (2014) menyatakan bahwa jenis khamir yang paling efektif untuk memproduksi bioetanol berasal dari genus *Saccharomyces*. Hal ini disebabkan oleh kemampuan *Saccharomyces cerevisiae* dalam memproduksi enzim *zimase* dan *invertase*. Enzim *zimase* berfungsi untuk menguraikan sukrosa menjadi *monosakarida* (glukosa dan fruktosa), sedangkan enzim *invertase* berperan dalam mengubah glukosa menjadi bioetanol.

2.2.4 Hidrolisis

Hidrolisis menurut Fessenden, (1958) adalah merupakan proses pemecahan ikatan suatu senyawa oleh molekul air (H_2O). Dalam proses hidrolisis memerlukan pengadukan agar tidak terjadi pengendapan pada saat proses hidrolisis berlangsung serta pengaduk juga berfungsi sebagai alat untuk mempercepat proses hidrolisis. Hidrolisis terbagi menjadi 2 yaitu hidrolisis kimia dan hidrolisis biologi, biasanya pada hidrolisis kimia menggunakan campuran asam sulfat dan hidrolisis enzimatik menggunakan enzim selulase untuk memecah selulosa menjadi gula.

2.2.5 Limbah Pertanian

Limbah pertanian adalah sisa atau buangan yang dihasilkan dari kegiatan pertanian, seperti budidaya tanaman, peternakan, serta proses pengolahan hasil pertanian. Limbah ini bisa berbentuk padat, cair, atau gas, dan biasanya dihasilkan dari berbagai aktivitas seperti pemanenan, pemrosesan produk pertanian, pemeliharaan ternak, dan penggunaan pupuk atau pestisida. Limbah pertanian bisa berupa sisa tanaman, kotoran hewan, air limbah, hingga bahan kimia yang

digunakan dalam perawatan lahan. Limbah tanaman merupakan sisa-sisa tanaman seperti jerami, dedaunan, batang, akar, dan kulit buah. Limbah ini dihasilkan saat proses panen atau pembersihan hasil pertanian. Limbah pengolahan hasil pertanian adalah limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan produk pertanian, seperti kulit buah dan biji dari proses pembuatan minyak, atau kulit kacang dan ampas dari penggilingan biji-bijian. Dalam penelitian kali ini berpotensi menggunakan beberapa limbah pertanian buah busuk yang mengandung glukosa tinggi seperti mangga, apel, pisang, nanas, dll. Dikarenakan pada limbah yang berpotensi tadi terdapat kandungan glukosa yang tinggi yang dapat meningkatkan kualitas bioetanol.

Dampak limbah pertanian:

Limbah pertanian dapat memberikan dampak negatif pada lingkungan apabila tidak dikelola dengan benar. Beberapa dampak yang bisa ditimbulkan antara lain:

- a. Pencemaran air dan tanah: Kandungan zat kimia dan nutrisi berlebihan, seperti nitrogen dan fosfor, dapat mencemari air tanah serta aliran sungai dan danau, yang pada akhirnya merusak ekosistem air.
- b. Pencemaran udara: Limbah organik yang tidak dikelola dengan baik dapat menghasilkan gas metana dan amonia, yang berpotensi menyebabkan bau tidak sedap dan berkontribusi terhadap efek rumah kaca.
- c. Gangguan kesehatan: Penggunaan bahan kimia berlebihan pada tanaman bisa merusak kesehatan manusia dan hewan karena residu bahan kimia yang tersisa di produk pertanian.

Pengelolaan limbah pertanian:

Untuk mengurangi dampak buruknya, limbah pertanian perlu dikelola dengan berbagai cara:

- a. Pengomposan: Limbah organik dari tanaman dan kotoran hewan dapat diolah menjadi kompos yang berguna sebagai pupuk alami.
- b. Biogas: Limbah ternak, terutama kotoran hewan, bisa diolah menjadi biogas yang berfungsi sebagai sumber energi terbarukan.

- c. Penggunaan pupuk organik: Dengan mengolah sisa tanaman menjadi pupuk organik, petani dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia.
- d. Rotasi tanaman dan teknik pertanian berkelanjutan: Ini membantu menjaga kesuburan tanah dan mengurangi penggunaan pestisida yang berlebihan.

Dengan pengelolaan yang baik, limbah pertanian tidak hanya dapat mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga menjadi sumber daya yang bermanfaat bagi pertanian itu sendiri.

2.2.6 Perhitungan Debit

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

Q = Debit air (biasanya dalam satuan m³/detik atau liter/menit)

V = Volume air (biasanya dalam satuan m³ atau liter)

t = Waktu (biasanya dalam satuan detik, menit, atau jam)

2.2.7 Laju Aliran Massa ($\dot{m}$)

$$\dot{m} = Q \times \rho \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

$\dot{m}$ = Laju aliran massa (Kg/s)

Q = Debit volumetrik (L/min)

ρ = Densitas air (1kg/L)

2.2.8 Laju Perpindahan Kalor Pendingin (Q_c)

$$q_c = \dot{m}_c \times c_{pc} \times \Delta T_c \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

q_c = laju perpindahan kalor air pendingin (watt)

$\dot{m}_c$ = Laju aliran massa pendingin (Kg/s)

c_{pc} = Kapasitas panas spesifik air pada suhu 18C (4186 J/Kg.C)

ΔT_c = selisih suhu air pendingin ($T_{out}-T_{in}$)

2.2.9 Laju Perpindahan Kalor Bietanol (Q_h)

$$q_h = \dot{m}_h \times c_{ph} \times \Delta T_h \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

q_h = Laju perpindahan kalor bioetanol (watt)

$\dot{m}h$ = Laju aliran massa pendingin (Kg/s)

c_{ph} = Kapasitas panas spesifik air pada suhu 18C (4186 J/Kg.C)

ΔT_h = selisih suhu air pendingin ($T_{out} - T_{in}$)

2.2.10 Selisih Suhu Air Pendingin (ΔT_1)

$$\Delta T_1 = T_{hi} - T_{ci} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

ΔT = selisih suhu air pendingin

T_{hi} = suhu bioetanol masuk

T_{ci} = suhu air masuk

2.2.11 Selisih Suhu Air Pendingin (ΔT_2)

$$\Delta T_2 = T_{ho} - T_{co} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

ΔT = selisih suhu air pendingin

T_{ho} = suhu bioetanol masuk

T_{co} = suhu air masuk

2.2.12 Beda Suhu Rata-Rata Logaritmik (ΔT_{LMTD})

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

ΔT_{LMTD} = Beda suhu rata-rata logaritmik

ΔT_1 = Perbedaan suhu antara fluida panas dan fluida dingin di ujung 1

ΔT_2 = Perbedaan suhu antara fluida panas dan fluida dingin di ujung 2

$\ln$ = Logaritma natural

2.2.13 Laju Kapasitas Panas (C_c) / (C_h)

$$C_c = \dot{m}_{ic} \cdot C_{pc} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$C_h = \dot{m}_h \cdot C_{ph} \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan :

C_c / C_h = Laju kapasitas panas *cold* dan *hot* (Watt/C)

$\dot{m}_{ic} / \dot{m}_h$ = Laju aliran massa fluida dingin & panas (kg/s)

C_{pc} / C_{ph} = Kapasitas panas spesifik fluida dingin & panas (J/kg.C)

Jika laju kapasitas dari kedua fluida lebih kecil maka akan dianggap sebagai nilai C_{min} , dan jika nilai laju kapasitas dari keduanya lebih besar maka akan di anggap C_{max}

2.2.14 Laju Perpindahan Panas Maksimum (q_{max})

$$q_{max} = Ch(Thi - Tci) \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

q_{max} = Laju perpindahan panas maksimum (Watt)

Thi = Suhu fluida panas saat masuk (*Hot In*)

Tci = Suhu fluida dingin saat masuk (*Cold In*).

2.2.15 Effectiveness (ϵ)

$$\epsilon = \frac{q}{q_{max}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

ϵ = Effectiveness (nilainya dari 0-1)

q = Laju perpindahan kalor bioetanol (Watt)

q_{max} = Laju perpindahan panas maksimum (Watt)

2.2.16 Koefisien Perpindahan Panas (UA)

$$UA = \frac{q}{\Delta T_{LMTD}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

q = Laju perpindahan kalor bioetanol (Watt)

U = Koefisien perpindahan panas ($W/m^2.C$)

A = Luas area permukaan (m^2)

ΔT_{LMTD} = Beda suhu rata-rata logaritmik

2.2.17 Number of Transfer Unit (NTU)

$$NTU = \frac{UA}{C_{min}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

NTU = Number of transfer unit

U = Koefisien perpindahan panas ($W/m^2.C$)

A = Luas area permukaan (m^2)

C_{min} = Kapasitas panas minimum (Watt/C)

2.2.18 Kapasitas Rasio (Cr)

$$Cr = \frac{C_{min}}{C_{max}} \dots \dots \dots (2.14)$$

Keterangan :

Cr = Rasio kapasitas panas

Cmin = Kapasitas panas minimum (Watt/C)

Cmax = Kapasitas panas maximum (Watt/C)

2.2.19 Alkoholmeter

Alkoholmeter adalah alat yang dirancang khusus untuk mengukur kadar etanol dalam suatu larutan. Anda cukup menempatkan alkoholmeter dalam larutan, lalu membaca skala ditunjukkan.



Gambar 2. 5 Gambar Alkoholmeter

2.2.20 Termokopel

Termokopel adalah sensor suhu yang mengubah perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan, yang terjadi karena variasi kerapatan dari setiap logam, bergantung pada massa jenisnya. Seperti sensor lainnya yang berfungsi sebagai

input dalam sistem kendali, termokopel tidak hanya dapat mendeteksi perubahan suhu tetapi juga dapat digunakan sebagai input analog dalam sistem kendali. Dalam industri, termokopel sering digunakan pada sistem yang memerlukan suhu tertentu untuk mengaktifkan *output*, atau ketika suhu dijadikan sebagai input analog (Wendri dkk., 2012).