

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Pengertian Bioetanol

Bioetanol adalah suatu senyawa yang memiliki rumus molekul C_2H_5OH dengan rumus bangunnya CH_3-CH_2-OH namun sering ditulis dengan EtOH. Bioetanol diproduksi dari biomassa yang mengandung gula, pati, dan selulosa (Arlianti, 2018). Bioetanol pada prinsipnya adalah etanol yang diperoleh melalui proses fermentasi sehingga dinamakan bioetanol.

Bioetanol dihasilkan dari distilasi bir hasil fermentasi. Bioetanol merupakan bahan bakar nabati yang relatif mudah dan murah diproduksi (Jorge A.Ferreira et al., 2019) sehingga industri rumahan sederhana pun mampu membuatnya. Biasanya bioetanol dibuat dengan teknik fermentasi biomassa seperti umbi-umbian, jagung atau tebu dan dilanjutkan dengan destilasi. Bioetanol dapat digunakan secara langsung maupun tidak langsung sebagai bahan bakar (Wijaya, 2017).

Pemakaian bioetanol sebagai bahan bakar dapat dicampur dengan bensin dengan berbagai komposisi. Pemakaiannya memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan pemakaian bioethanol adalah (G. Marlair et al., 2007) :

- Bioetanol aman digunakan sebagai bahan bakar, titik nyala etanol tiga kali lebih tinggi dibandingkan bensin.
- Emisi hidrokarbon lebih sedikit.

Kekurangan-kekurangan bioetanol dibandingkan bensin:

- Pada mesin dingin lebih sulit melakukan starter bila menggunakan bioetanol.
- Bioetanol bereaksi dengan logam seperti magnesium dan aluminium.

SEKOLAH PASCASARJANA

Sebagai negara yang luas pertanian dan perkebunannya, Indonesia kaya dengan bahan baku untuk pembuatan bioethanol, bahan baku bioetanol dapat diambil dari:

- Bahan dengan kandungan glukosa tinggi seperti tebu dan sisa produknya (molase, *bagase*), gula bit, tapioka, kentang manis, sorgum manis.

- Bahan dengan kandungan pati tinggi (*starchy materials*) diantaranya ubi kayu, jagung, sorgum biji, sagu, tapioka, maizena, barley, gandum, padi, dan kentang.
- Bahan lignoselulosa terdapat di berbagai sumber selulosa dan lignoselulosa yakni limbah seperti serat kayu, sekam padi, jerami, tongkol jagung serta limbah domestik berupa sampah organik (Arlianti et al., 2018).

Karakteristik bioetanol dapat diklasifikasikan berdasarkan kandungan air, proses produksi

1. Berdasarkan bahan baku dan proses produksi :
 - a. Secara mikrobiologis menggunakan bahan baku mengandung pati (jagung, ubikayu, ubijalar, dan aneka umbi-umbian) dan bahan mengandung gula (molases, tebu, sweet sorghum, aren, dan jenis palm lainnya).
 - b. Secara sintesis menggunakan bahan baku antara lain miyak mentah dan gas (etanol sintesis)
2. Berdasarkan kandungan air :
 - a. Etanol 95-96% (alkohol prima super, prima I, prima II)
 - b. Etanol 99,5% (*anhydrous etanol*) dengan kandungan air 0,5%
3. Berdasarkan pemanfaatannya :
 - a. Untuk industri sebagai pelarut, bahan baku kloroform, pelarut senyawa polar
 - b. Untuk minuman beralkohol
 - c. Untuk bahan bakar (*Ethanol grade fuel*) (Nurichana et al., 2011).

SEKOLAH PASCASARJANA

Sebagai bahan bakar bioetanol memiliki standar mutu atau baku mutu sesuai SNI (Standar Nasional Indonesia)

Tabel 2.1. Standar bioetanol sebagai bahan bakar

Parameter	Satuan	FGE
Kadar etanol	%v, min	99,5 (sebelum denaturasi)
		94,0 (setelah denaturasi)
Kadar metanol	mg/L, max	300
Kadar air	%v, max	1
Kadar denaturan	%v, min	2
		5
Kadar tembaga (Cu)	mg/kg, max	0,1
Keasaman	mg/L, max	30
Tampakan		jernih dan terang, tidak ada endapan dan kotoran
Kadar ion klorida	mg/L, max	40
kandungan belerang	mg/L, max	50
kadar getah	mg/100 mL, max	5
pH		6,5-9,0

Sumber: Departemen Energi dan SDM RI, 2008

Berikut beberapa kriteria pemanfaatan produk bioetanol:

- a. Kadar 60% sampai dengan 70% sebagai substitusi bahan bakar minyak jenis minyak tanah
- b. Kadar 70% sampai dengan 80% sebagai substitusi produk alkohol (industri farmasi)
- c. Kadar 70% sampai dengan 90%, sebagai bahan pendukung produksi makanan dan minuman

- d. Kadar 99,5 % dapat digunakan sebagai substitusi bahan bakar minyak jenis bensin (Loupatty, 2014).

II.2. Potensi Bahan Bakar Nabati (BBN)- Bioetanol di Indonesia

Indonesia mempunyai potensi yang sangat besar apabila dilihat dari iklim dan geografis yang merupakan dasar dari daerah yang bagus untuk pertanian dan perkebunan. Selama ratusan tahun masyarakat Indonesia sebagian besar bekerja di sektor tersebut, dan sudah mempunyai pengalaman yang bagus dalam mengelola bidang pertanian dan perkebunan. Hal tersebut merupakan modal utama selain lahan yang cukup tersedia sangat luas (Dewati, 2008).

Banyak tanaman yang dikembangkan di Indonesia mempunyai potensi untuk dijadikan bahan bakar nabati seperti : singkong, tebu, buah pisang, buah coklat, jarak, buah nanas dan tanaman lainnya yang mempunyai kadar selulosa dapat dijadikan Etanol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati) menggunakan bantuan mikroorganisme (Dewati, 2008).

Bahan Bakar Nabati (BBN) adalah sumber energi terbarukan yang paling menjanjikan sebagai substitusi BBM fosil. Oleh karena itu *Biofuel* sering disebut dengan energi hijau karena asal usul dan emisinya yang bersifat ramah lingkungan. Biofuel yang populer dewasa ini adalah biodiesel dan bioetanol. Biodiesel diperuntukkan bagi mesin disesel, diperoleh dari hasil transesterifikasi. Sedangkan bioetanol adalah etanol yang diperoleh dari proses fermentasi dari tanaman yang mengandung unsur karbon (Wijaya, 2017).

Negara Brazil telah sukses mengembangkan dan memproduksi bioethanol dari tanaman yang mempunyai nilai karbohidrat untuk dijadikan bahan bakar nabati yang ramah lingkungan. Produksi negara Brazil adalah skala nasional untuk memenuhi kebutuhan energi nasional negara tersebut (M. L. Lopes *et al.*, 2016)

Tabel 2.2. Potensi beberapa tanaman untuk bahan baku bioetanol

Jenis Tanaman	Hasil Panen(ton/ha/tahun)	Etanol (lt/ha/tahun)
Jagung	1-6	400-2500
Ubi Kayu	10-50	2000-7000
Tebu	40-120	3000-8500
Ubi Jalar	10-40	1200-5000
Sorgum	3-12	1500-5000
Sweet Sorgum	20-60	2000-6000
Kentang	10-35	1000-4500
<i>Beet</i>	20-100	3000-8000

Sumber: Ditjen Pangan, 2010

Berdasarkan kenyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa bahan baku pembuatan bioetanol sangat beragam dan sangat berpotensi untuk menambah produksi energi terbarukan, yang dibutuhkan di Indonesia.

II.3. Jenis-Jenis Bioetanol

Berdasarkan bahan baku yang digunakan, bioetanol dapat dikelompokkan menjadi

1. Generasi Pertama (G1)

Pembuatan bioetanol, melalui fermentasi gula adalah salah satu proses yang diketahui sejak lama. Bioetanol yang dibuat dari pati serta fermentasi bahan yang mengandung gula. Bahan baku yang umum dipakai adalah gula tebu, gula *beet*, molase gula tebu dan *beet*, atau pati dari ubi kayu, jagung, sorgum, gandum (S. Rezanía *et al.*, 2020) Pembuatan bioetanol skala kecil banyak dilakukan di laboratorium penelitian.

Alur proses dalam pembuatan bioetanol ini adalah persiapan bahan baku seperti penghalusan ukuran umpan, pemisahan pati dari serat, hidrolisa pati

menjadi gula, fermentasi gula menjadi alkohol, proses distilasi, dan dehidrasi sehingga dihasilkan etanol untuk bahan bakar (M. H. Hassan et al., 2013).

- Hidrolisa : dapat dilakukan dengan menggunakan zat asam dan enzim.
- Dehidrasi : proses penghilangan kadar air melalui distilasi dan adsorpsi. Proses ini sangat penting dalam keperluan untuk bahan bakar, karena proses ini mampu mengatasi sifat azeotropik campuran etanol dan air, sehingga dihasilkan kemurnian diatas 99,6% (E. R. S. Dantas et al, 2020)

Proses pembuatan bioetanol generasi pertama pada akhir-akhir ini dikaji kembali karena berkompetisi dengan bahan pangan, sehingga akan mendorong kenaikan harga komoditi pangan; hanya menggunakan pati, membuang lignoselulosa yang ada dalam bahan baku awal, sehingga limbah berjumlah besar; mendorong peningkatan produksi pupuk (K. Chojnacka et al., 2020).

2. Generasi Kedua

Bioetanol yang dikategorikan generasi kedua dibuat dari komponen biomassa seperti selulosa dan hemiselulosa, sehingga sering disebut etanol-selulosa (S. N. Naik et al., 2010). Biomassa yang pernah diteliti adalah berbagai jenis rumput, kayu lunak, dan limbah biomassa terutama yang berupa limbah pertanian, perkebunan, pengolahan hasil hutan, serta sampah padat kota. Proses produksi ini menjadi perhatian besar dibanyak lembaga litbang diberbagai negara karena bahan baku tidak berkomptisi dengan bahan pangan, terbarukan, memanfaatkan limbah yang belum dimanfaatkan, dan biaya bahan baku yang diperhitungkan lebih murah, karena bahan terkonsentrasi pada industri pengolahan (Aiman, 2014).

Proses pengolahannya adalah biokonversi dari komponen ligninselulosa menjadi etanol dihambat oleh struktur dan kompleksitas senyawa kimia biomassa itu sendiri. Agar biomassa dapat dimanfaatkan, matrix biomassa yang terutama terdiri dari lignin, hemiselulosa, dan selulosa harus dipecah dan komponen dipisah-pisahkan. Selulosa dan hemiselulosa dikonversi menjadi senyawa gula yang dapat difermetasi menjadi etanol, sedangkan lignin yang jumlahnya cukup

besar serta relatif sulit dihancurkan secara mikrobiologis akan menjadi limbah (H. Zou *et al.*, 2020)

Macam-macam proses produksi bioetanol generasi kedua

a. Proses Konversi Termo-Kimia

Dalam proses ini biomassa, melalui proses gasifikasi, diubah menjadi gas sintesa yaitu campuran H₂ dan CO₂, dan kemudian gas sintesa melalui proses katalisis diubah menjadi alkohol, antara lain etanol. Proses pembuatan bioetanol cara ini mirip dengan proses pembuatan etanol sintesis yang menggunakan batu bara dan minyak bumi. Proses ini menarik karena menghasilkan etanol yang jauh lebih cepat dibandingkan dengan melalui tahap fermentasi, tidak ada limbah lignin ikut dikonversi menjadi gas sintesa (E. T. Liakakou *et al.*, 2019).

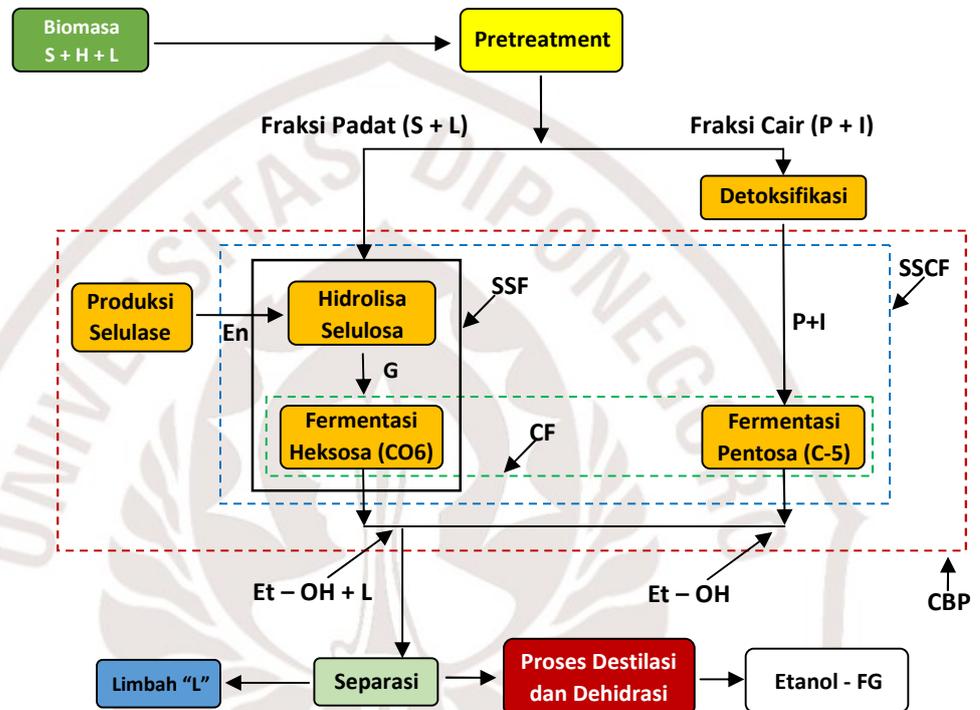
b. Proses Konversi Termo-Biokimia

Proses ini dapat dibedakan atas dua pendekatan yaitu:

- i. Konversi biomassa melalui gasifikasi menjadi gas sintesa, kemudian diikuti dengan konversi gas sintesa menjadi etanol secara mikrobiologis, (V. S. Sikarwar *et al.*, 2017).
- ii. Penghancuran matrix biomassa, diikuti dengan hidrolisa selulosa menjadi gula, dan fermentasi gula menjadi etanol (Z. Anwar *et al.*, 2014)

Proses (ii) merupakan proses yang banyak diteliti, biomassa yang telah dikeringkan dan dihaluskan pada tahap persiapan bahan, kemudian pada tahap *pretreatment* biomassa dihancurkan untuk memisahkan lignin dari selulosa dan hemiselulosa. Tahap berikutnya adalah hidrolisa selulosa (dengan asam atau enzim) untuk memecah selulosa menjadi senyawa gula yang selanjutnya gula melalui fermentasi menjadi etanol (M. M. M'Arimi *et al.*, 2020).

SEKOLAH PASCASARJANA



Gambar 2.1. Skema Alur Proses Etanol dari ligninselulosa melalui berbagai kemungkinan cara fermentasi (Aiman, 2014).

3. Generasi Ketiga (G3)

Bioetanol dikelompokkan berdasarkan bahan baku yang berasal dari alga, baik mikro ataupun makroalga, sehingga sering disebut Etanol Alga (T. Y. Chong *et al.*, 2020). Pembuatan bioetanol dari alga dilakukan melalui dua pendekatan yaitu:

- a. Menciptakan kondisi sedemikian rupa sehingga mikroalga tertentu misalnya *Chloococcum littorale*, *Chlamydomonas reinhardtii* menghasilkan etanol melalui proses intraseluler, atau
- b. Memanfaatkan massa mikroalga itu sendiri sebagai bahan baku untuk menghasilkan etanol (J. L. da Maia *et al.*, 2020).

4. Generasi Keempat (*Advanced Biofuel*)

Etanol lanjut adalah bioetanol yang dihasilkan melalui biomassa yang telah mengalami modifikasi genetika (GMO) (S. Achinas et al., 2016), dimana didalam matrix biomassa terdapat enzim yang akan membantu penghancuran matrix biomassa itu sendiri, sehingga akan mempermudah proses *pretreatment*. Brazil mengembangkan tanaman tebu menghasilkan enzim melalui modifikasi genetika yang mampu melakukan *autohydrolysis* (B. E. L. Baêta et al., 2016))

II.4. Proses Produksi Bioetanol

Pada umumnya tahapan-tahapan pada proses produksi bioetanol adalah sebagai berikut:

1. Hidrolisa

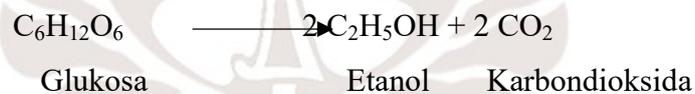
Hidrolisis adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah atau terurai. Reaksi ini merupakan reaksi orde satu, karena air yang digunakan berlebih, sehingga perubahan reaktan dapat diabaikan. Proses hidrolisis bisa dilakukan dengan 4 metoda yaitu :

- a. Hidrolisis murni atau tanpa katalis, kekurangan proses ini berlangsung lambat karena hanya menggunakan air sebagai katalis.
- b. Hidrolisis dengan asam, asam disini berfungsi sebagai katalisator untuk mengaktifkan air dari kadar asam yang encer. Biasanya asam yang digunakan adalah asam encer atau pekat.
- c. Hidrolisis dengan basa, basa yang dipakai adalah basa encer, basa pekat dan basa padat. Reaksi bentuk padat sama dengan reaksi bentuk cair. Hanya reaksinya lebih sempurna atau lebih reaktif dan hanya digunakan untuk maksud tertentu, misalnya proses peleburan *benzene* menjadi *phenol*
- d. Hidrolisis dengan enzim sebagai katalisator. Enzim adalah protein yang diproduksi dari sel hidup dan digunakan oleh sel-sel untuk mengkatalisis reaksi kimia yang spesifik. Hidrolisis enzimatik adalah proses pemecahan

polimer menjadi monomer-monomer penyusunnya dengan bantuan enzim. Enzim *amylase* adalah enzim yang mampu menurunkan energi aktivasi sehingga dapat mempercepat pemecahan rantai polimer polisakarida menjadi monomer gula penyusunnya (Susanti, 2013).

2. Fermentasi

Proses fermentasi merupakan proses biokimia dimana terjadi perubahan-perubahan atau reaksi-reaksi kimia dengan pertolongan jasad renik penyebab fermentasi tersebut bersentuhan dengan zat makanan yang sesuai dengan pertumbuhannya (K. Mastanjević *et al.*, 2018). Akibat terjadinya fermentasi sebagian atau seluruhnya akan berubah menjadi alkohol setelah beberapa waktu lamanya. Fermentasi oleh *yeast*, misalnya *Sacharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan etil alkohol (etanol) dan CO₂ melalui reaksi:



Pada proses ini glukosa difermentasikan dengan enzim zimase/ invertase yang dihasilkan oleh *Sacharomyces cerevisiae*. Fungsi enzim *zimase* adalah untuk memecah polisakarida (pati) yang masih terdapat dalam proses hidrolisis untuk diubah menjadi monosakarida (glukosa). Sedangkan enzim invertase selanjutnya mengubah monosakarida menjadi alkohol dengan proses fermentasi (Susanti, 2013).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi (Y. Lin *et al.*, 2014) adalah :

- pH (derajat keasaman).

Untuk mencapai pH optimum dapat ditambahkan asam seperti asam tartarat, malat atau sitrat. Biasanya selama fermentasi pH akan mengalami penurunan.

- Suhu.

Temperatur optimal untuk *Saccharomyces cerevisiae* berkisar antara 25-30 °C dan temperatur maksimal antara 35-47 °C.

- Jenis mikroba.

Pemilihan mikroba untuk fermentasi haruslah diperhatikan, mikroba yang baik adalah mikroba yang dapat tumbuh dengan cepat dan menghasilkan enzim-enzim esensial untuk proses fermentasi (R. Harada et al., 2018).

- Oksigen.

Oksigen diperlukan untuk mikroorganisme yang bersifat aerob. Sehingga kecukupan oksigen akan mempengaruhi jumlah etanol yang terbentuk.

- Nutrisi.

Mikroorganisme memerlukan nutrisi yang baik agar dapat memperoleh hasil fermentasi yang baik. Nutrisi utama adalah Nitrogen yang diperoleh dari penambahan NH_3 , garam ammonium, pepton, asam amino, urea. Nitrogen yang dibutuhkan sebesar 400- 1000 gr/1000 L cairan. Dan *Phospat* yang dibutuhkan sebesar 400 gr/ 1000L cairan sedangkan ammonium sulfat sebesar 70-400 gr/1000 L cairan (Arlianti, 2018).

Urea adalah senyawa organik yang tersusun dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen dengan rumus CON_2H_4 atau $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Urea juga dikenal dengan nama carbamide yang terutama digunakan di kawasan Eropa. Nama lain yang juga sering dipakai adalah carbamide resin, isourea, carbonyl diamide dan carbonyldiamine. Senyawa ini adalah senyawa organik sintesis pertama yang berhasil dibuat dari senyawa anorganik, yang akhirnya meruntuhkan konsep vitalisme. Nitrogen dalam urea berfungsi sebagai penyedia asam nukleat dan asam amino tunggal serta vitamin yang dibutuhkan *Saccharomyces cereviceae* untuk hidup (N. R Abdelsalam, 2018).

Pupuk NPK adalah pupuk dengan kandungan unsur hara 15% nitrogen (NH_3), 15% fosfor (P_2O_5) dan 15% kalium (K_2O). Fosfor merupakan salah satu unsur penting dalam kehidupan *Saccharomyces cereviceae* terutama untuk pembentukan alkohol dari gula. Pemberian pupuk NPK sebagai sumber nitrogen, fosfor dan kalium bagi *Saccharomyces cereviceae* untuk hidup, berkembang, melakukan aktivitas serta meningkatkan pertambahan jumlah sel. Unsur N berguna bagi pembentukan asam nukleat dan asam-asam amino, unsur K merupakan kofaktor enzim dan unsur P berguna untuk sintesis asam nukleat,

adenosine trifosfat (ATP), fosfolipid, dan senyawa yang mengandung fosfor lainnya (Fara P. et al., 2019).

Penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* dalam produksi etanol secara fermentasi telah banyak dikembangkan di beberapa negara, seperti Brasil, Afrika Selatan, dan Amerika Serikat. Hal ini disebabkan karena *Saccharomyces cerevisiae* dapat memproduksi etanol dalam jumlah besar dan mempunyai toleransi terhadap alkohol yang tinggi (S. H. Mohd Azhar *et al.*, 2017).

Syarat-syarat untuk memperoleh proses fermentasi yang baik adalah:

- Mikroorganisme harus menghasilkan produk yang dikehendaki, harus cepat berkembang-biak dan dapat mempertahankan sifat-sifat biologisnya yang *uniform*.
- Bahan dasar (*raw material*) sebagai tempat hidup harus murah dan hasilnya harus berguna.
- Fermentasi harus terjadi dengan cepat dan zat yang dihasilkan harus mudah dimurnikan (Andaka, 2010).

3. Distilasi

Distilasi adalah metode pemisahan komponen-komponen dari suatu campuran berdasarkan perbedaan titik didih masing-masing komponen penyusun dan distribusi fase gas serta fase cair dari komponen dalam campuran. Titik didih dari campuran zat cair tergantung pada konsentrasi komponen yang terkandung didalamnya. Sehingga proses distilasi tergantung pada karakteristik tekanan uap dari campuran, dimana tekanan uap tersebut terjadi karena adanya suplai panas sebagai faktor pemisah (*separating agent*) (Poespowati, 2016).

Didalam proses distilasi, untuk memisahkan campuran menjadi produk yang dihasilkan maka diperlukan kondisi operasi yaitu suhu, dan tekanan yang sesuai dengan kondisi yang diperlukan (Poespowati, 2016). Titik didih etanol murni adalah 78 °C. Proses distilasi akan meningkatkan kandungan etanol hingga 95%. Sisa air yang masih ada dihilangkan dengan proses dehidrasi hingga kandungan etanol mencapai 99,5%.

4. Kromatografi Gas

Kromatograf gas adalah instrumen analisis kimia untuk pemisahan bahan kimia dalam suatu sampel kompleks. Kromatograf gas menggunakan tabung pendek beraliran yang dikenal sebagai *kolom*, yang di dalamnya dialirkan gas (gas pembawa, *fasa gerak*) sambil membawa konstituen sampel yang mengalir dengan laju yang berbeda bergantung pada sifat fisika dan kimia komponen sampel tersebut serta interaksi spesifik dengan pengisi kolom yaitu [fasa diam](#). Setelah sampel keluar di ujung kolom, hasil pemisahan dideteksi dan diidentifikasi secara elektronik. Fungsi fasa diam di dalam kolom untuk memisahkan komponen yang berbeda, mengakibatkan masing-masing keluar dari kolom pada saat yang berbeda (*waktu retensi*). Parameter lain yang dapat digunakan untuk mengubah urutan atau waktu retensi adalah laju aliran gas pembawa, panjang kolom dan temperatur (Khopkar, 2014).

Dalam analisis KG, sejumlah volume gas atau cairan [analit](#) yang diketahui diinjeksikan ke dalam lubang masuk kolom, biasanya menggunakan *micro*[syringe](#) (atau serat mikroekstraksi fasa padat, atau sistem pengalih sumber gas). Saat gas pembawa membawa molekul analit melalui kolom, pergerakan ini dihambat oleh [adsorpsi molekul](#) analit pada dinding kolom atau bahan yang terikat dalam kolom. Laju progres molekul sepanjang kolom bergantung pada kekuatan [adsorpsi](#), yang pada gilirannya bergantung pada jenis molekul dan bahan fasa diam. Oleh karena masing-masing jenis molekul mempunyai laju progresi yang berbeda, berbagai komponen campuran analit terpisah sesuai progres sepanjang kolom dan mencapai ujung kolom pada waktu yang berbeda (waktu retensi). Sebuah detektor digunakan untuk memantau aliran outlet dari kolom; sehingga, waktu komponen mencapai outlet, jumlah komponen dapat ditentukan. Umumnya, bahan diidentifikasi (secara kualitatif) berdasarkan urutan waktu elusi dari kolom dan waktu retensi analit di dalam kolom (Khopkar, 2014).



Gambar 2.2. Alat test kromatografi gas

II.5. Limbah Kulit Nanas Madu

Nanas berasal dari Brasilia (Amerika Selatan). Nanas masuk ke Indonesia pada abad ke-15, (1599). Tumbuhan nanas termasuk tumbuhan kering yang menyimpan air. *Ananas Comosus L* termasuk tumbuhan (CAM) *Crassulacean Acid Metabolism*. Terdapat dua kelompok utama berdasarkan duri daun, yaitu berduri dan tidak berduri. Nanas yang daunnya tidak berduri termasuk varietas *Cayenne*. Sedangkan *Queen* dan *Spanish* mewakili kelompok nanas dengan daun berduri. Tanaman nanas madu merupakan salah satu tanaman buah-buahan yang memiliki prospek penting di Indonesia. Hal ini disebabkan nanas madu memiliki rasa yang lebih manis dibandingkan dengan nanas biasa, sehingga nanas madu banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Nanas madu memiliki kandungan air dan gula.



Gambar 2.3. Nanas Madu

Nanas madu tanpa duri (*Ananas comosus L*) adalah tanaman buah berbentuk semak dan hidupnya bersifat tahunan (perennial). Buah nanas madu memiliki kadar air yang tidak terlalu banyak dengan tingkat kemanisan yang jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan nanas lainnya, akan tetapi kondisi tersebut mempengaruhi ukuran nanas ini. Jika dibandingkan dengan nanas lain, nanas madu ini jauh lebih kecil (Deska Fikania et al., 2017).

Limbah nanas berupa kulit, ati/bonggol buah, atau cairan buah/gula dapat diolah menjadi produk lain seperti sari buah atau sirup. Secara ekonomi kulit nanas masih bermanfaat untuk diolah menjadi pupuk dan pakan ternak.



Gambar 2.4. Limbah kulit nanas

Metode analisis nutrien limbah kulit nanas, dapat dilakukan dengan dua cara yaitu kulit nanas basah (*wet matter*), dan kulit nanas kering (*dry matter*).

Berdasarkan kandungan nutriennya (Tabel 2.3), ternyata limbah kulit nanas untuk massa 100 gram dalam keadaan basah mengandung 86,7% air, 0,69 % protein, 0,02% lemak, 0,48% abu, 1,66% serat basah, 10,54% karbohidrat. Mengingat kandungan karbohidrat yang cukup tinggi maka kulit nanas memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol (Casabar et al., 2019). Pada keadaan kering (Tabel 2.4), kulit nanas mengandung 14% selulosa, 20,2% hemiselulosa, 1,5% lignin, 1,5% abu, dan 64,8% CSM. Mengingat kandungan selulosa dan hemiselulosa yang cukup tinggi maka kulit kering limbah nanas madu dapat dimanfaatkan sebagai pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi (Antonio, R. M. D. R., et.al. 2015).

Komposisi limbah nanas dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.3. Komposisi limbah kulit nanas

Komposisi	Rata-rata Berat Basah (%)
Air	86,7
Protein	0,69
Lemak	0,02
Abu	0,48
Serat basah	1,66
Karbohidrat	10,54

Sumber: Wijana, 1991

Tabel 2.4. Komposisi bahan kering buah nanas

Komposisi	Berat Kering (%)			
	Buah	Kulit	Mahkota	Bubur
Selulosa	19,4	14	29,6	14,3
Hemiselulosa	22,4	20,2	23,2	22,1
Lignin	4,7	1,5	4,5	2,3
Ash (abu)	0,7	0,6	0,4	0,2
CSM (<i>Cell Soluble Matter</i>)	53,4	64,8	42,5	61,4

Sumber: Casabar, 2019

SEKOLAH PASCASARJANA